

Potenciál travních pásů z hlediska zadržení povrchového odtoku a sedimentu

TOMÁŠ LABURDA, MICHAL VRÁNA, MARTIN NEUMANN, JAN-FRANTIŠEK KUBÁT,
DAVID ZUMR, JOSEF KRÁSA, PETR KOUDELKA, TOMÁŠ DOSTÁL

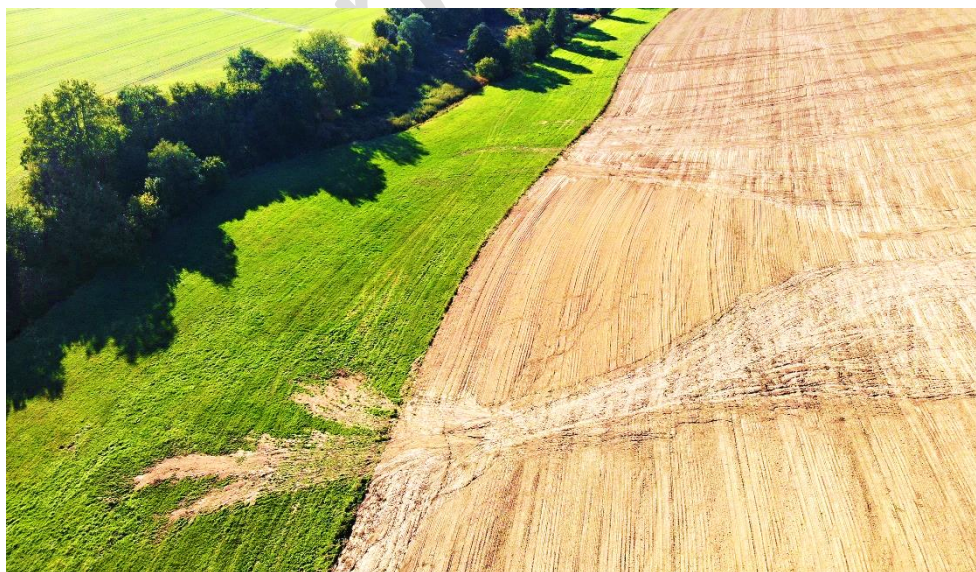
Klíčová slova: travní pásy – vegetační ochranné pásy – povrchový odtok – sediment – eroze půdy

ABSTRAKT

Obečným předpokladem použití travních pásů v zemědělské krajině je jejich schopnost účinně snižovat množství povrchového odtoku a transportu erodovaných částic a zároveň přispívat k vyšší biodiverzitě a stabilitě krajiny. Tato studie se zaměřila na kvantifikaci vlivu délky zatravnění na zachycení sedimentu unášeného povrchovým odtokem při využití experimentálních ploch o rozměrech 8 x 1 m. Testovány byly čtyři varianty s 0, 2, 4 a 8 metry zatravnění, vždy ve třech replikacích. Jako náhrada povrchového odtoku byla vytvořena suspenze vody a mikromletého písku o střední velikosti zrna 27 μm s cílenou koncentrací 40 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, která byla do ploch aplikována průtokem 1 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ po dobu 20 minut od začátku povrchového odtoku. Na základě výsledků se relativní výše odtoku snížila ze 100 % (varianta 1) na 91 % (varianta 2), 76 % (varianta 3) a 71 % (varianta 4). Transport sedimentu poklesl ještě výrazněji, a to ze 100 % na 51 %, 24 % a 15 %. Rychlost povrchového odtoku klesla v prostoru zatravnění přibližně 6,4krát oproti rychlosti na ploše bez vegetace. Střední velikost zrna smyvu se snížila na hodnotu 6,6 μm u varianty se 100% zatravněním oproti hodnotě 36 μm u varianty bez zatravnění. Výsledky ukázaly, že za daných podmínek experimentálního měření dochází při rostoucím poměru zatravnění k významnému poklesu povrchového odtoku i sedimentu. Zároveň byl patrný vliv vegetace na selektivní sedimentaci hrubších částic z důvodu výrazného snížení rychlosti povrchového odtoku v prostoru vegetačního pokryvu.

ÚVOD

Travní pásy v zemědělské krajině se obecně považují za efektivní metodu pro snižování množství povrchového odtoku a zamezení transportu erodovaných částic dále po svahu [1] (*Obr. 1*). Z tohoto důvodu jsou běžně využívány jako samostatný agrotechnický prvek nebo mohou být součástí širšího systému ochranných pásů v rámci standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES) a Společné zemědělské politiky EU (SZP).



Obr. 1. Ukázka erozní události na rozhraní travního pásu a orné půdy (foto: T. Laburda)

Fig. 1. Example of an erosion event at the boundary between a grass strip and arable land (photo: T. Laburda)

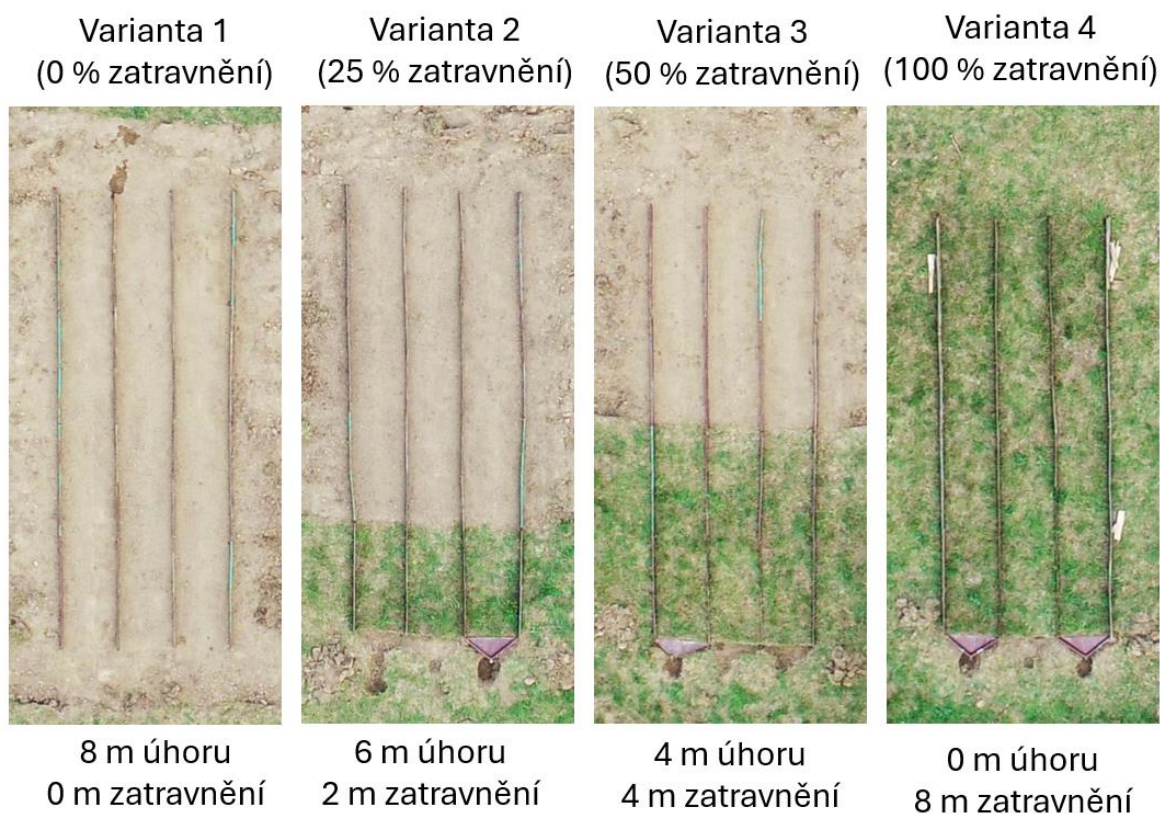
Přínos travních pásů spočívá nejen v ochraně půdy, ale má i pozitivní vliv na kvalitu vodních ekosystémů a stabilitu krajiny [2–4]. Tím, že poskytují vhodné prostředí pro různé druhy rostlin a živočichů, podporují biodiverzitu a stávají se klíčovým prvkem udržitelného hospodaření s krajinou [5]. Rostliny s hlubokým kořenovým systémem navíc pomáhají zpevnit půdní strukturu a zvyšují její odolnost vůči erozi [6]. Účinnost těchto opatření spočívá nejen ve zpomalování odtoku a zvyšování infiltrace vody [7, 8], ale také v efektu usazování sedimentu před vstupem do travního pásu, což vede k dlouhodobému postupnému vytváření teras a snižování podélného sklonu svahu zpomalujícím další erozi [9]. K hodnocení účinnosti travních pásů se využívají různé experimentální metody s využitím přirozených srážek [10, 11], simulace deště pomocí dešťových simulátorů [12] nebo přímé simulace povrchového odtoku [13, 14]. Některé studie dokonce kombinují využití dešťových simulátorů s vypouštěním povrchového odtoku pro vytvoření co nejrealističtějších podmínek více metod, aby co nejpřesněji analyzovaly vliv vegetace na erozi a sedimentaci v reálných podmínkách [12, 15]. Kromě několik metrů širokých travních pásů se lze setkat i s úzkými travnatými bariérami, jejichž pevná stébla vybraných druhů vegetace s menšími prostorovými nároky účinně zachycují sediment a mohou být efektivnější i při koncentrovaném povrchovém odtoku [16, 17].

Prezentovaná studie se zaměřuje na hodnocení účinnosti travních pásů při snižování eroze půdy, odtoku a transportu sedimentů za kontrolovaných podmínek. Její přínos spočívá především v ověření metodického přístupu pro co nejrealističtější kvantifikaci efektů travních pásů. Hlavními cíli studie jsou (1) vyvinout a otestovat systém simulující povrchový odtok a transport sedimentů na zemědělských pozemcích a (2) testovanou metodiku využít na posouzení vlivu různých délek zatravnění (resp. šířky travního pásu) na schopnost zachycovat povrchový odtok a sediment. Stanovené cíle však představují pouze dílčí krok pro posouzení aplikovatelnosti tohoto měření při rozsáhlejší výzkumu, který by na tuto pilotní aktivitu měl navazovat.

METODIKA

Experimentální měření bylo provedeno v lokalitě Řisuty v České republice, která se nachází ve středních Čechách, přibližně 30 km severozápadně od Prahy (50.2173N, 14.0169E), v nadmořské výšce 310–315 m n. m. Oblast má vlhké kontinentální klima s průměrnou roční teplotou 8 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 500 mm. Svrchní vrstva půdy obsahuje 9 % jílu, 55 % prachových částic a 36 % písku, což podle klasifikačního systému USDA-NCRS odpovídá prachovité hlíně. Dominantním druhem travního pokryvu byl bojínek luční (*Phleum pratense*) a okrajově byly zastoupeny jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) a kostřava luční (*Festuca pratensis*).

Experimentální plochy měly rozměr 8 x 1 m a byly vytvořeny ve čtyřech variantách (Obr. 2) dle poměru zatravnění od 0 % (varianta 1), 25 % (varianta 2), 50 % (varianta 3) do 100 % (varianta 4). V reálných podmínkách by tyto varianty odpovídaly situaci pole s úhorem bez travního pásu (varianta 1), respektive polím s travním pásem o šířce 2, 4 a 8 m (varianta 2–4). Každá varianta byla vytvořena a testována vždy ve třech replikacích z důvodu statistické relevance.



Obr. 2. Ortofoto snímky experimentálních ploch testovaných variant 1–4

Fig. 2. Orthophoto images of the experimental plots for tested variants 1–4

Experimentální měření spočívalo ve vypouštění připravené suspenze směsi pevných částic simulujících erozní sediment a vody do experimentální ohraničené plochy a následné zachytávání povrchového odtoku na výtoku z plochy. Koncentrace suspenze byla cílena na $40 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a jako materiál byl vybrán mikromletý písek se střední velikostí zrna $27 \mu\text{m}$. Přítok do plochy na její horní hraně byl nastaven na $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Tyto hodnoty byly zvoleny na základě ustálených hodnot odtoku při předchozích opakovaných měřeních pomocí dešťového simulátoru na téže lokalitě. Jedná se tedy o hodnoty reálné, které během skutečných erozních situací mohou nastat. Mikromletý písek byl zvolen jako velmi dobře definovaný zrnitý materiál, jehož zrnitost i objemová hmotnost opět velmi dobře odpovídala hodnotám erozního smyvu, měřeným během reálných erozních experimentů s dešťovým simulátorem na reálných pozemcích. Suspenze byla připravována v nádrži o objemu 500 l, do které byl konstantně přiváděn přítok vody tak, aby byla udržena konstantní úroveň hladiny (pro zajištění ustáleného gravitačního vypouštění průtoku na pozemek). Do nádrže byl v krátkých intervalech dávkován uvedený sediment, který byl udržován ve vzhledu kalovým čerpadlem pracujícím nepřetržitě v nádrži. Homogenita suspenze byla kontrolována opakovanými odběry vzorků z prostoru nádrže a na nátok do experimentálních ploch.

Experiment trval vždy 20 minut od začátku vzniku povrchového odtoku v uzavěrovém profilu. Povrchový odtok se měřil prvních deset minut v jednodominutových intervalech a dalších deset minut ve dvouminutových intervalech. Vždy se měřil čas odběru vzorku pro zjištění průtoku v čase. Další vyhodnocení odebraných vzorků probíhalo v laboratoři, kde byly vzorky filtrovány, vysušeny a bylo zjištěno množství (hmotnost) sedimentu.

Vybraný počet vzorků (celkem tři vzorky z průběhu každého měření, a to ve 4., 9. a 20. minutě povrchového odtoku) byl dále analyzován pomocí laserového difraktometru Mastersizer 3000 (Malvern Panalytical) pro zjištění zrnitostního složení.

Rychlost povrchového odtoku byla měřena na každé variantě a replikaci třikrát po sobě po 15. minutě experimentu. Byla použita metoda měření pomocí barevného roztoku (Brilliant blue), který byl aplikován na začátek souvislé plochy s holou ornou půdou a zatravnění a zároveň byl měřen čas k dosažení konce tohoto úseku.

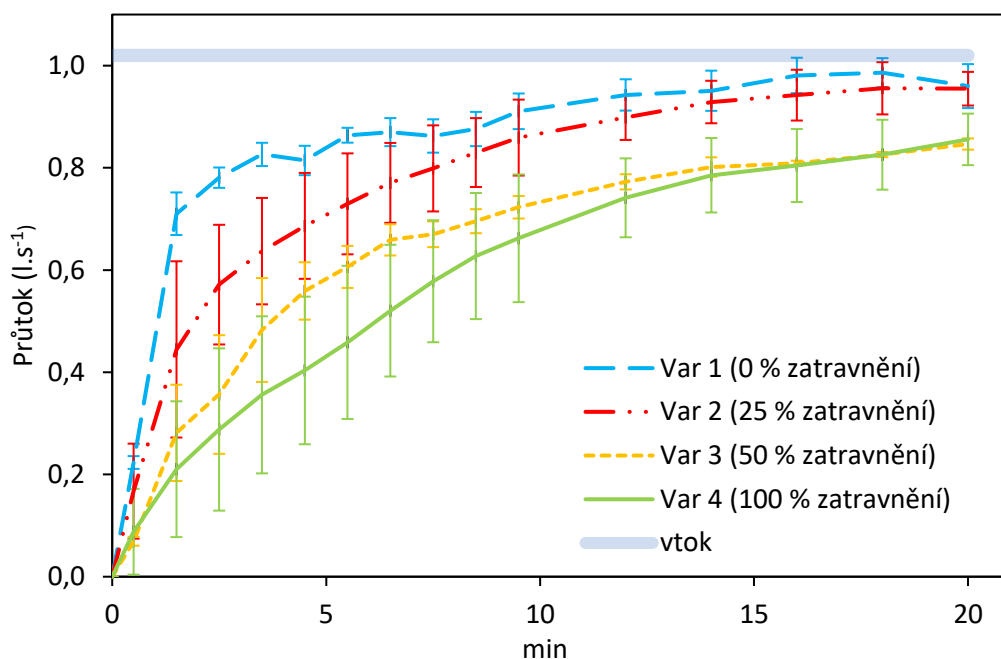
Experimentální měření bylo provedeno na základě předchozích zkušeností získaných v rámci mezinárodního projektu LTAUSA19019, během něhož bylo otestováno zařízení pro vypuštění suspenze nahrazující povrchový odtok na několika dalších lokalitách za stejných podmínek.

VÝSLEDKY

Na základě kontrolních měření byl vypočítán skutečný průměrný průtok a koncentrace suspenze na přítoku do experimentálních ploch. Průměrný přítok do plochy dosáhl hodnoty $1,02 \pm 0,13 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a průměrná koncentrace vytvořené suspenze byla $33,5 \pm 3,7 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Povrchový odtok

Graf na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** ukazuje průměrné hodnoty odtoku jednotlivých repetíc z ploch pro varianty 1–4 od počátku povrchového odtoku. Nejrychlejší vzestup odtoku byl dosažen u varianty 1 bez travního pokryvu. U dalších variant byl vzestup odtoku pomalejší dle poměru zatravnění. Po 20 minutách povrchového odtoku bylo u varianty 2 dosaženo téměř shodného odtoku přibližně $0,95 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, jako v případě varianty 1 bez zatravnění. Naopak varianty 3 a 4 dosáhly na konci experimentu také velmi podobné hodnoty přibližně $0,85 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 3. Průběh povrchového odtoku testovaných variant 1–4. Jde o průměrné hodnoty ze tří replikací pro každou variantu; chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku jednotlivých replikací

Fig. 3. Surface runoff progression for tested variants 1–4. The values shown are the averages of three replicates for each variant; error bars represent the standard deviation of the individual replicates

Průměrné hodnoty rychlosti povrchového odtoku jednotlivých variant ploch jsou uvedeny v Tab. 1. Celková průměrná rychlost povrchového odtoku dosáhla na části s úhorem hodnoty $0,58 \pm 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ s velmi malým rozptylem mezi jednotlivými variantami. Na zatravněné části byla průměrná rychlost povrchového odtoku $0,09 \pm 0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrně došlo na ploše se zatravněním k poklesu rychlosti přibližně 6,4krát oproti ploše bez vegetačního pokryvu.

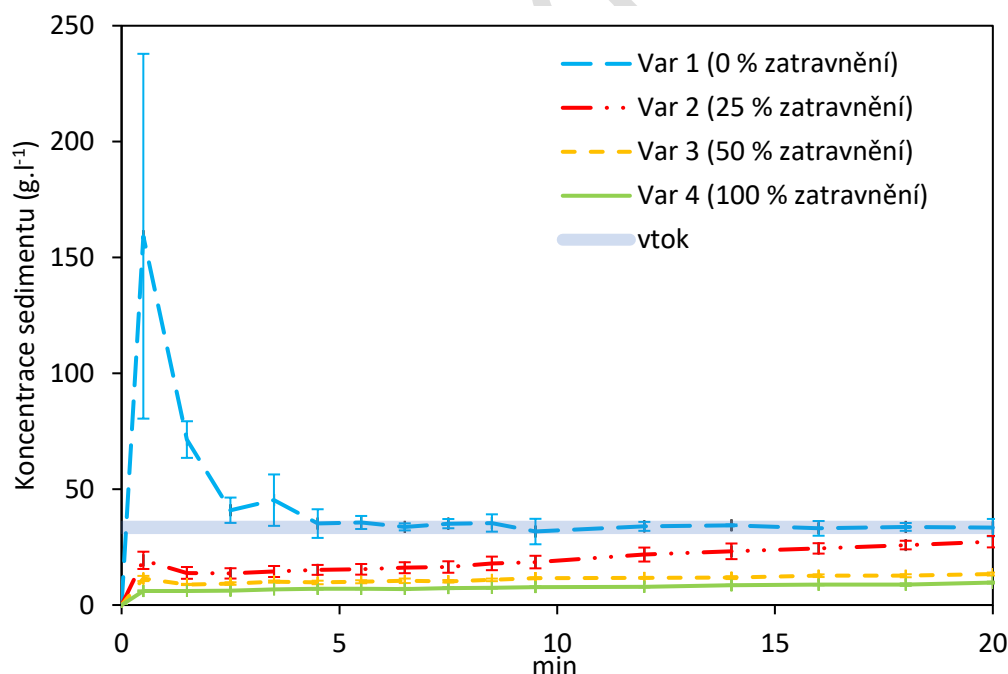
Tab. 1. Průměrné rychlosti povrchového odtoku varianty 1–4

Tab. 1. Avarage surface runoff velocities of variants 1–4

Povrch	Průměrná rychlost povrchového odtoku jednotlivých repetíc a jejich směrodatná odchylka [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]			
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Úhor	$0,60 \pm 0,04$	$0,59 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,04$	-
Zatrávnění	-	$0,09 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,007$

Sediment

Graf na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** ukazuje průměrné hodnoty koncentrace odtoku z ploch variant 1–4 od počátku povrchového odtoku. Varianta 1, bez zatrávnění, dosahuje v prvních dvou minutách odtoku velmi vysokých hodnot až ke $160 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, následuje rychlý pokles na ustálenou hodnotu přibližně $33 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Tento vývoj ukazuje na velmi vysokou erozi nechráněné půdy na počátku a následně téměř žádnou schopnost zachytávat další sediment z vypouštěné suspenze. Naopak u varianty 2 lze pozorovat, že počáteční eroze z holé půdy je díky – byť minimálnímu – zatrávnění silně redukována. V prvních dvou minutách odtoku dosahuje koncentrace ve svém maximu hodnoty pouze $19 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Následně také dochází k rychlému poklesu a poté k pouze mírnému růstu s tím, jak se vyčerpává kapacita zatrávnění zachytávat částice sedimentu z vypouštěné suspenze. Na konci experimentu je dosaženo hodnot přibližně $27 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Varianta 3 má na začátku také lokální zvýšení koncentrace kvůli erozi holé půdy, ale následný nárůst je již velmi pozvolný a na konci experimentu dosahuje hodnot přibližně $13 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. U varianty 4 lze sledovat chybějící lokální nárůst koncentrace při začátku odtoku díky absenci plochy s holou nechráněnou půdou. I přes to dochází i u této varianty k velmi pomalému nárůstu koncentrace odtoku na hodnotu přibližně $9 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

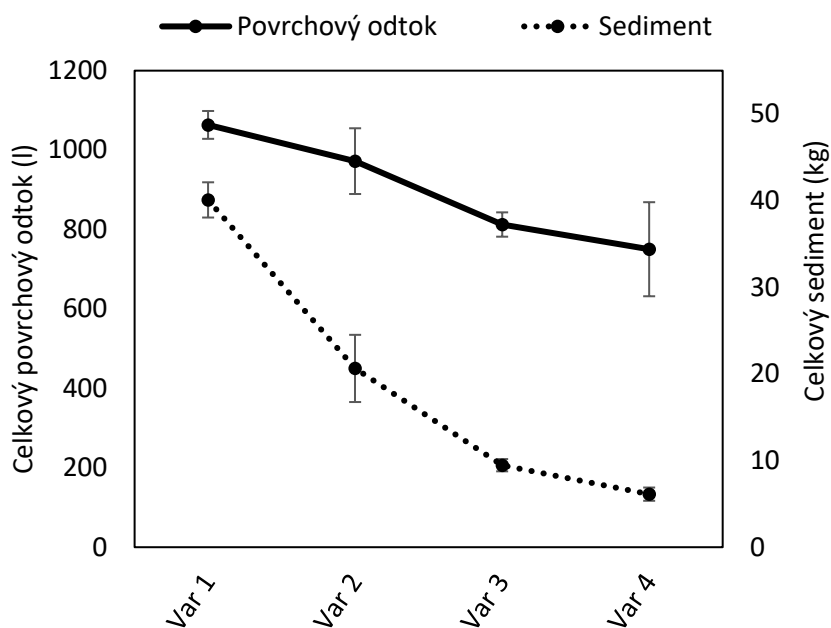


Obr. 4. Průběh koncentrace povrchového odtoku testovaných variant 1–4. Jde o průměrné hodnoty ze tří replikací pro každou variantu; chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku jednotlivých replikací

Fig. 4. Surface runoff concentration progression for tested variants 1–4. These values represent the averages of three replicates for each variant, with error bars indicating the standard deviation of the individual replicates

Efektivita zachycení sedimentu a snížení odtoku

Na základě naměřených hodnot v průběhu experimentů byly spočítány kumulativní hodnoty množství odtoku a sedimentu pro jednotlivé varianty, které jsou zobrazeny na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Koncentrace sedimentu na odtoku z ploch varianty 1 bez zatravnění byly dle očekávání nejvyšší, a proto byly považovány za 100 %. Poměrově k hodnotám varianty 1 byly dopočítány poklesy ostatních variant.



Obr. 5. Celkové množství povrchového odtoku a sedimentu variant 1–4. Jde o průměrné hodnoty ze tří replikací pro každou variantu; chybové úsečky reprezentují směrodatnou odchylku jednotlivých replikací

Fig. 5. Total amount of surface runoff and sediment for variants 1–4. These values represent the averages of three replicates for each variant, with error bars indicating the standard deviation of the individual replicates

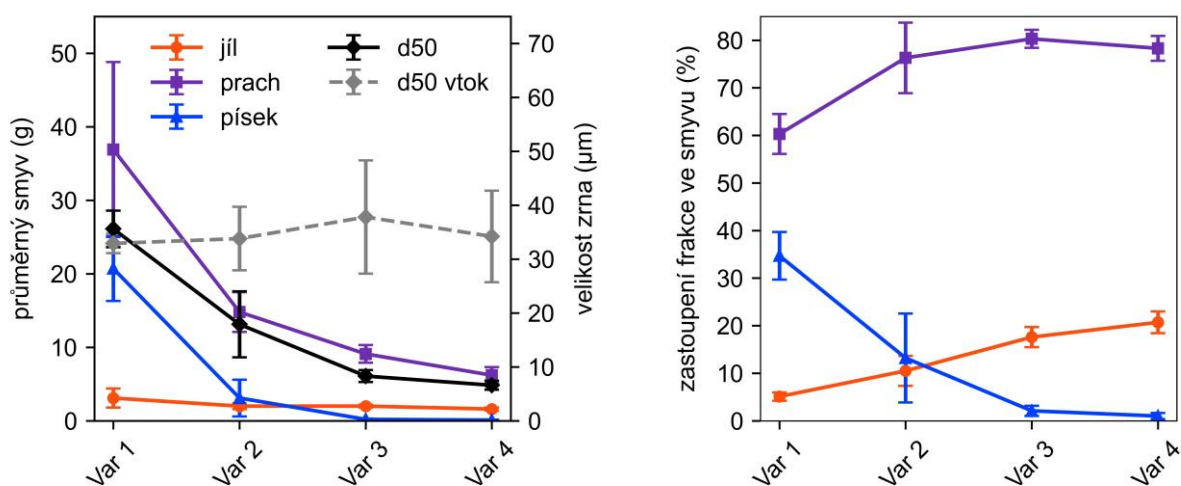
Výše uvedený graf ukazuje, že s vyšším podílem zatravnění klesá celkové množství odtoku i smyvu. U varianty 2 (25% zatravnění) došlo ke snížení odtoku o 9 %, u varianty 3 (50% zatravnění) k poklesu o 24 % a u varianty 4 (100% zatravnění) se povrchový odtok snížil o 29 %. Celkem tak došlo k poklesu z 1 063 l na 972 l a z 812 l až na 750 l. Množství sedimentu kleslo díky efektu zatravnění ještě výrazněji. U varianty 2 (25% zatravnění) došlo ke snížení množství sedimentu již o 49 %, u varianty 3 (50% zatravnění) ke snížení o 76 % a u varianty 4 (100% zatravnění) se množství sedimentu snížilo celkem o 85 %. Celkem množství sedimentu ubylo z původních 40 kg na 21 kg a z 9 kg až na 6 kg.

Zrnitostní složení

Graf na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** ukazuje zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí částic v odtoku pro varianty 1–4 spolu se střední velikostí zrna d_{50} . Převedením celkového rozdělení zrnitostního složení sedimentu na kategorie jíl (částice menší než $2\ \mu\text{m}$), prach (částice od $2\ \mu\text{m}$ do $50\ \mu\text{m}$) a písek (částice od $50\ \mu\text{m}$ do $2\ \text{mm}$), je zobrazen efekt travních pásů z hlediska selektivní sedimentace. Většina nutrientů, které negativně ovlivňují vodní toky a nádrže, jako jsou fosfor, dusík a

draslík, je mobilizována právě s částicemi jílové, tedy nejjemnější frakce. Porovnání jednotlivých variant ukazuje, že podíl pískové frakce se výrazně snižuje již u varianty 2 a je téměř nulový u variant 3 a 4. Tento výrazný pokles lze pozorovat i u prachové frakce u varianty 2, avšak následný úbytek již není tak výrazný. V případě jílové frakce dochází mezi variantou 1 a variantou 2 k poklesu v průměru o 1 g (33 %), avšak u dalších variant je změna již zanedbatelná.

Tento aspekt je vyjádřen i hodnotou d_{50} . U varianty 1 bylo na výtoku z plochy dosaženo hodnoty 36 μm z důvodu vysoké eroze nechráněné půdy. U varianty 2 se již projevila filtrace unášeného materiálu travním porostem, a tím postupného snižování střední velikosti zrna – u varianty 2 na 17,9 μm , u varianty 3 na 8,3 μm a u varianty 4 na 6,6 μm . Z výše uvedeného vyplývá, že travní pásy účinně zpomalují pohyb hrubých částic, ale mají podstatně menší vliv na mobilitu jílových částic, jež jsou z hlediska kvalitativního znečištění nejrizikovější. Je třeba zopakovat, že jde o výsledky předběžné a orientované na ověření metodiky experimentu. Poměr zachycení bude silně záviset na šířce pásu a na délce odtokové epizody, stejně jako na množství odtékající vody.



Obr. 6. Průměrný smyv (g) a zastoupení (%) jílu, prachu a písku varianty 1–4 včetně hodnoty střední velikosti zrna d_{50} smyvu a vtoku (připravené suspenze); chybové úsečky zobrazují výběrovou směrodatnou odchylku

Fig. 6. Average soil erosion (g) and the particle size distribution (%) of clay, silt, and sand for variants 1–4, including the median grain size d_{50} of both the transported material and the inlet (prepared suspension); error bars represent the sample standard deviation

DISKUZE

Výsledky ukazují, že travní pásy mohou být velmi efektivním opatřením pro snížení povrchového odtoku a transportu sedimentu. Celková efektivita však velmi závisí na šířce travního pásu a je různá pro redukci odtoku a sedimentu. Např. hodnoty u plně zatravněné varianty 4 dosahovaly, v porovnání s celkovými hodnotami varianty 1, pouze 71 % celkového množství povrchového odtoku a 15 % celkového množství sedimentu. Trend výsledků zcela jednoznačně prokázal, že se zvětšujícím se podílem vegetace dochází k větší redukci odtoku i sedimentu, což jsou závěry, jež se shodují s dalšími studiemi [4, 18]. Ačkoli prezentovaná studie netestovala více variant sklonu, jiné studie [19, 20] naznačují, že primární vliv na efektivitu redukce odtoku a smyvu má především délka travního pásu, a nikoli sklon, v němž se pás nachází.

Na základě analýzy zrnitostního složení byl zjištěn pokles střední velikosti zrna smyvu se zvětšujícím se podílem vegetace, což naznačuje schopnost travních pásů efektivně zachytávat pouze určité frakce

částic. Tento efekt byl potvrzen i v dalších studiích [4, 8, 10]. Efekt selektivní sedimentace v prostoru vegetačního pokryvu je zcela zásadní s ohledem na transport nutrientů, který je spojen především s transportem jílovitých částic ($< 2 \mu\text{m}$). V tomto ohledu lze říci, že v rámci testovaných podmínek s touto druhovou skladbou a hustotou vegetace představují travní pásy pouze minimální překážku pro transport jílovitých částic.

ZÁVĚR

Uvedené experimenty byly provedeny na základě požadavku na stanovení jednoduše porovnatelných parametrů různých variant délky zatravnění. Z výsledků experimentů vyvstává celá řada otázek souvisejících s vlivem velikostí zvoleného průtoku, sklonem svahu, hustotou a druhovou skladbou vegetace, s dobou odtoku a šířkou travního pásu. Nicméně tato pilotní studie s omezeným počtem experimentů prokázala, že i relativně úzké travní pásy mohou výrazně snižovat povrchový odtok a množství sedimentu. Při úplném zatravnění bylo dosaženo až 29% redukce odtoku a 85% redukce sedimentu, což zdůrazňuje potenciál těchto opatření v ochraně zemědělské půdy před erozí i vodních zdrojů před zanášením sedimentem. Předpokládaný efekt na snižování transportu živin je nižší, neboť travní pásy zachycují především větší částice, což mění poměr obohacení. Přesto mohou být travní pásy účinným řešením jak pro zemědělskou produkci, tak pro ochranu kvality vody. K dalšímu rozvoji a pochopení všech přínosů, stejně jako k optimalizaci návrhu, dimenzování a údržby travních pásů, může významně přispět prezentovaná pilotní studie společně s navazujícím výzkumem. Aby bylo možné získat reprezentativní měření, je vhodné zvažovat různé konfigurace experimentálních ploch. Kromě zvoleného vypouštění uměle připravené suspenze může být další možností využití holé orné půdy před travním pásem, která by zajistila dostatečné množství erodovaného materiálu bez nutnosti dodatečného vypouštění suspendovaných částic. V tomto případě by se mohl osvědčit dešťový simulátor schopný generovat potřebný erodovaný materiál. Další možností je aplikace suspenze přímo na zatravněné plochy, kdy by naopak nebyl využit efekt sedimentace před travním pásem (v tomto případě šlo o variantu 4). Experimentální ověření by bylo nutné provést i pro různé podélné sklony, různé průtoky vypouštěné suspenze a dobu vypouštění s cílem dosáhnout ustálených podmínek. V neposlední řadě je možné ověřovat tyto přístupy i na různých typech porostů s odlišnou druhovou skladbou, stářím a hustotou, což by mohlo přinést další poznatky o účinnosti vegetace při snižování obsahu půdních částic.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen grantem Technologické agentury ČR č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“ a SGS23/155/OHK1/3T/11 „Experimentální výzkum a monitoring srážkoodtokových a erozních procesů na zemědělských půdách“.

Literatura

- [1] MUÑOZ-CARPENA, R., PARSONS, J. E., GILLIAM, J. W. Modeling Hydrology and Sediment Transport in Vegetative Filter Strips. *Journal of Hydrology*. 1999, 214(1–4), s. 111–129. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00272-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00272-8)
- [2] ARPINO, M. et al. Effectiveness of Side-Inlet Vegetated Filter Strips at Trapping Pesticides from Agricultural Runoff. *Science of the Total Environment*. 2022, 879, 162881. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162881>
- [3] LEI, J., CHEN, J., YIN, W. Retention Efficiency of Vegetative Filter Strips for Nitrogen in Danjiangkou Reservoir Area, Central China. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 2019, 26(2), s. 279–297. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0020>
- [4] YU, C., DUAN, P., YU, Z., GAO, B. Experimental and Model Investigations of Vegetative Filter Strips for Contaminant Removal: A Review. *Ecological Engineering*. 2019, 126, s. 25–36. Dostupné z: , 2019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.10.020>

- [5] HADDAWAY, R. et al. The Multifunctional Roles of Vegetated Strips Around and within Agricultural Fields. A Systematic Map Protocol. *Environmental Evidence*. 2016, 5(1), s. 1–11. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0067-6>
- [6] BLANCO-Canqui, H., GANTZER, C. J., ANDERSON, S. H., ALBERTS, E. E. Grass Barriers for Reduced Concentrated Flow Induced Soil and Nutrient Loss. *Soil Science Society of America Journal*. 2007, 68(6), s. 1 963–1 972. Dostupné z: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1963>
- [7] KRUTZ, L. J., SENSEMAN, S. A., ZABLOTOWICZ, R. M., MATOCHA, M. A. Reducing Herbicide Runoff from Agricultural Fields with Vegetative Filter Strips: A Review. *Weed Science*. 2005, 53(3), s. 353–367. Dostupné z: <https://doi.org/10.1614/WS-03-079R2>
- [8] LAMBRECHTS, T., FRANÇOIS, S., LUTTS, S., MUÑOZ-CARPENA, R., BIELDERS, C. L. Impact of Plant Growth and Morphology and of Sediment Concentration on Sediment Retention Efficiency of Vegetative Filter Strips: Flume Experiments and VFSSMOD Modeling. *Journal of Hydrology*. 2014, 511, s. 800–810. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.030>
- [9] WELLE, S., CHANTAWARANGUL, K., NONTANANANDH, S., JANTAWAT, S. Effectiveness of Grass Strips as Barrier against Runoff and Soil Loss in Jijiga Area, Northern Part of Somali Region, Ethiopia. *Kasetsart Journal – Natural Science*. 2006, 40(2), s. 549–558. Dostupné z: <https://coilink.org/20.500.12592/c5v59j>
- [10] BISSONNAIS, Y. L., LECOMTE, V., CERDAN, O. Grass Strip Effects on Runoff and Soil Loss. *Agronomie*. 2004, 24(3), s. 129–136. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/agro:2004010>
- [11] ZHANG, Y., GAO, J., LI, Q., ZHUANG, S. Reduction of Nitrogen Loss in Runoff from Sloping Farmland by a Ridged Biochar Permeable Reactive Barrier with Vegetated Filter Strips. *Frontiers in Environmental Science*. 2024, 12, s. 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1381781>
- [12] PAN, C., MA, L., SHANGGUAN, Z. Effectiveness of Grass Strips in Trapping Suspended Sediments from Runoff. *Earth Surface Processes Landforms*. 2010, 35(9), s. 1 006–1 013. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/esp.1997>
- [13] VAN DIJK, P. M., KWAAD, F. J. P. M., KLAPWIJK, M. Retention of Water and Sediment by Grass Strips. *Hydrological Processes*. 1996, 10(8), s. 1 069–1 080.
- [14] WU, S., CHUI, T. F. M., LI, C., LUO, M., PAN, C. A Trapping Capacity Constraint Model for Sediment Transport in Vegetative Filter Strips (VFS) on Sloping Surfaces. *Hydrological Processes*. 2023, 37(4), s. 1–13. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/hyp.14868>
- [15] LEE, K. H., ISENHART, T. M., SCHULTZ, R. C., MICKELSON, S. K. Nutrient and Sediment Removal by Switchgrass and Cool-Season Grass Filter Strips in Central Iowa, USA,” *Agroforestry Systems*. 1998, 44(2–3), s. 121–132. Dostupné z: <https://doi.org/10.1023/A:1006201302242>
- [16] RITCHIE, J. C., KEMPER, W. D., ENGLERT, J. M. Narrow Stiff Grass Hedges for Erosion Control. *Human Impact on Erosion and Sedimentation. Proceedings of the Rabat Symposium, April*. 1997, 245, no. 245, pp. 195–203, 1997. Dostupné z: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134059258>
- [17] BLANCO-CANQUI, H., GANTZER, C. J., ANDERSON, S. H., ALBERTS, E. E., THOMPSON, A. L. Grass Barrier and Vegetative Filter Strip Effectiveness in Reducing Runoff, Sediment, Nitrogen, and Phosphorus Loss. *Soil Science Society of America Journal*. 2004, 68(5), s. 1 670–1 678, 2004. Dostupné z: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1670>

- [18] REICHENBERGER, S., BACH, M., SKITSCHAK, A., FREDE, H. G. Mitigation Strategies to Reduce Pesticide Inputs into Ground- and Surface Water and Their Effectiveness: A Review. *Science of The Total Environment*. 2007, 384(1–3), s. 1–35. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.046>
- [19] BARTOLOZO, F. R., FAVARETTO, N., DIECKOW, J., DE MORAES, A., VEZZANI, F. M., BORGES DA SILVA, É. D. Water, Sediment and Nutrient Retention in Native Vegetative Filter Strips of Southern Brazil. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2015, 4(5), s. 426–436. Dostupné z: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2015/13788>
- [20] ZHANG, Y., BHATTARAI, R., MUÑOZ-CARPENA, R. Effectiveness of Vegetative Filter Strips for Sediment Control from Steep Construction Landscapes. *Catena*, 2023, 226, 107057. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107057>

Autoři

Ing. Tomáš Laburda, Ph.D.

tomas.laburda@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0001-6022-1604

Ing. Michal Vrána

michal.vrana@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0002-9849-0217

Ing. Martin Neumann, Ph.D.

martin.neumann@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0003-2416-9700

Ing. Jan-František Kubát

jan-frantisek.kubat@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0001-9160-3277

doc. Ing. David Zumr, Ph.D.

david.zumr@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0002-0330-7716

doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.

josef.krasa@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0003-4067-5806

Ing. Petr Koudelka, Ph.D.

petr.koudelka@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0001-6961-2249

prof. Dr. Ing. Tomáš Dostál

dostal@fsv.cvut.cz

ORCID: 0000-0003-3984-3462

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Praha (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2025.03.004

ISSN 0322-8916/© 2025 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

THE POTENTIAL OF GRASS STRIPS FOR RETAINING SURFACE RUNOFF AND SEDIMENT

LABURDA, T.; VRÁNA, M.; NEUMANN, M.; KUBÁT, J.-F.; ZUMR, D.; KRÁSA, J.; KOUDELKA, P.; DOSTÁL, T.

Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague (Czech Republic)

Keywords: grass strips – vegetative filter strips – surface runoff – sediment – soil erosion

The use of grass strips in agricultural landscapes is widely recognized for their ability to effectively reduce surface runoff and the transport of eroded particles while simultaneously enhancing biodiversity and landscape stability. This study aimed to quantify the impact of grass strip length on sediment retention in surface runoff. Experimental measurements were conducted on enclosed plots measuring 8×1 meters, each with varying proportions of grass cover to simulate different grass strip widths under real-world conditions. Four treatment variants were tested: Variant 1 with 0% grass cover (8 meters of bare soil), Variant 2 with 25% grass cover (6 meters of bare soil and 2 meters of grass), Variant 3 with 50% grass cover (4 meters of bare soil and 4 meters of grass), and Variant 4 with 100% grass cover (8 meters of grass). Each variant was tested in triplicate. To simulate surface runoff with a high sediment load, an artificial suspension composed of water and finely ground sand with an average particle size of $27 \mu\text{m}$ and a target concentration of $40 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ was applied to the plots via a distribution system at a flow rate of $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ for 20 minutes from the onset of runoff. Results indicated that the relative runoff volume decreased progressively with increasing grass cover, from 100% in the bare soil variant to 91%, 76%, and 71% in the 25%, 50%, and 100% grass cover treatments, respectively. Sediment transport was reduced even more substantially, from 100% in bare soil conditions to 51%, 24%, and 15% with increasing grass cover. Additionally, the velocity of surface runoff within the grass-covered areas was approximately 6.4 times lower than in bare soil conditions. The mean grain size of transported sediment decreased from $36 \mu\text{m}$ in the bare soil variant to $6.6 \mu\text{m}$ in the 100% grass cover treatment. These findings demonstrate that, under the given experimental conditions, increasing the proportion of grass cover significantly reduces both surface runoff and sediment transport. Moreover, vegetation plays a crucial role in promoting the selective deposition of coarser sediment particles due to the substantial reduction in runoff velocity within the vegetated area.