

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL

**PŘÍRODNÍ MATERIÁLY PRO PODPORU PROTIEROZNÍHO VÝSEVU A
VÝSADBY**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Bakalant: David Hlava

Praha 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Hlava

Územní plánování

Název práce

Přírodní materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby

Název anglicky

Natural materials to support anti-erosion seeding and planting

Cíle práce

Cílem práce je shrnutí zásad navrhování protierozních opatření přírodního charakteru na svazích pozemních komunikací v souladu s aktuální praxí a potřebami. Práce je prováděna v rámci projektu revize Technických podmínek 53 "Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací".

Metodika

Rešerše dostupné literatury a článků. Přímá komunikace se všemi dodavateli protierozních opatření na území ČR a zástupci Ředitelství silnic a dálnic ČR. Setkání bude probíhat formou odborného semináře pořádaného v Kostelci nad Černými Lesy. Podchycení důležitých a platných informací také ze stávajících Technických podmínek 53 "Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací".

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č. 1/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

eroze, svah, povrchový odtok, sítě, vegetace

Doporučené zdroje informací

- ALBALADEJO MONTORO, J., et al. Three hydro-seeding revegetation techniques for soil erosion control on anthropic steep slopes. *Land degradation & development*, 2000, 11.4: 315-325.
- ÁLVAREZ-MOZOS, Jesús, et al. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 1: Effects on runoff and soil loss. *Catena*, 2014, 118: 168-178.
- ÁLVAREZ-MOZOS, J., et al. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 2: Influence on the establishment and growth of vegetation. *Catena*, 2014, 121: 195-203.
- CABLÍK, J. – JŮVA, K. *Protierozní ochrana půdy : Celost. vysokošk. učebnice : Určeno stud. vys. škol zeměd. a techn.* Praha: SZN, 1963.
- MEYER, L. D.; WISCHMEIER, W. H.; FOSTER, G. R. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil Science Society of America Journal*, 1970, 34.6: 928-931.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 16. 9. 2022

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 02. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Přírodní materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 30. března 2023

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí práce Ing. Janě Kalibové, Ph.D. za velmi cenné rady a připomínky, trpělivost a možnost zúčastnit se obohacujícího semináře pořádaného Ředitelstvím silnic a dálnic ČR. Dále bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům firem zúčastněných na semináři, za cenné poznatky z praxe. V neposlední řadě bych rád také poděkoval kolegům z týmu za přínosnou spolupráci. Nesmím opomenout ani poděkování rodině, především za podporu při studiu a tvorbě práce.

Abstrakt:

Práce poskytuje shrnutí aktuálně používaných přírodních protierozních opatření na nezemědělských svazích. Slouží zároveň jako podklad pro sestavení revize TP 53, na kterém jsem se podílel v rámci týmové spolupráce. Díky propojení poznatků z praxe a výzkumu, může být práce přínosná pro aktualizaci teoretických východisek pro navrhování přírodních protierozních opatření a materiálů.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na přírodní protierozní materiály a jejich využití při ochraně svahů pozemních komunikací. Dále propojuje poznatky z praxe a výzkumu a přináší doporučení pro správné navrhování ochrany svahů s použitím geotextílií a georochoží. Cílem ochrany svahů by mělo být dosažení vegetačního pokryvu, který však často potřebuje podporu geosyntetických protierozních materiálů. Optimálním výsledkem protierozního zabezpečení, ať už u svahu pozemních komunikací, nebo na jiných nezemědělských svazích, by měl být vždy ozeleněný svah.

Klíčová slova: eroze, svah, povrchový odtok, sítě, vegetace

Abstract

The thesis provides a summary of currently used natural erosion control measures on non-agricultural slopes. It also serves as a basis for the revision of TP 53, on which I participated as part of a team collaboration. Thanks to the integration of practical and research knowledge, the thesis can be beneficial for updating theoretical frameworks for designing natural erosion control materials and measures.

This bachelor thesis focuses on natural erosion control materials and their use in protecting slopes of land transportation. The thesis integrates practical and research knowledge and provides recommendations for proper slope protection design using geotextiles and geocells. The goal of slope protection should be achieving vegetation cover, which often requires the assistance of geosynthetic erosion control materials. A successful result of erosion control, whether on slopes of land transportation or other non-agricultural slopes, should always be a vegetated slope.

Key words: erosion, slope, surface runoff, geotextiles, vegetation

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Metodika.....	2
4. Eroze a její vznik	2
4.1. Vodní eroze	5
4.2. Větrná eroze	6
4.3. Ledovcová eroze.....	6
5. Povrchový odtok.....	7
6. Protierozní opatření a jeho funkce.....	8
7. Vegetační protierozní opatření	10
7.1. Travní porost.....	10
7.2. Hydroosev.....	11
7.3. Dřeviny a vegetace	13
8. Přírodní protierozní materiály	16
8.1. Geotextílie.....	17
8.1.1. Jutová.....	19
8.1.2. Kokosová	23
8.2. Travní rohože.....	27
8.3. Mulčovací rohože.....	28
9. Trvalé protierozní materiály	29
10. Diskuze	29
11. Závěr a přínos práce	34
12. Termíny a definice	35
13. Přehled literatury a použitých zdrojů.....	39
14. Seznam obrázků	42

1. Úvod

Problematika ochrany půdy před erozí je v dnešní době už poměrně známá i u širší veřejnosti, ale spíše se mluví o erozi na zemědělských půdách. Protierozní ochrana a eroze svahů nezemědělských již není tolik zdůrazňována a není ani tolik známa. Eroze u svahů pozemních komunikací však může bezprostředně ohrožovat bezpečnost silničního provozu. Může napáchat jak ekonomické, tak ekologické škody, jako jsou například zanesení odvodňovacích kanálů nebo narušení biodiverzity v dané lokalitě. Eroze na povrchu svahu může mít následky nejenom pro samotný svah, ale i pro jeho okolí. Následky se dělí na vnitřní a vnější. Konkrétní následky jsou uvedeny v [kapitole 4](#).

Pro navrhování a realizaci protierozního zabezpečení povrchu strmých svahů funguje manuál Technické podmínky 53 "Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací" (dále jen TP 53), který vydalo Ministerstvo dopravy ČR. V současné době je však tento manuál zastaralý a je třeba ho aktualizovat. Proto byla v rámci týmové spolupráce zahájena revize TP 53. Předkládaná bakalářská práce se bude zabývat jen částí revize, a to vegetačním protierozním opatřením a přírodními protierozními materiály.

TP 53 se zabývá povrchem svahu, tedy vegetační částí, nikoli stabilitou zemního tělesa. Avšak základními předpoklady navrhování přírodních protierozních materiálů je stabilní zemní těleso a odvedená cizí voda, pokud nebudou zajištěny tyto dvě podmínky, je zbytečné navrhovat protierozní ochranu. V práci budou stručně shrnuty problematiky samotné eroze a protierozních opatření včetně jejich funkcí. Podrobněji práce rozebere samotnou vegetační ochranu proti erozi, a hlavně přírodní protierozní materiály, kde bude věnována pozornost kolizi teorie s praxí. Důležité je navrhnout vhodné opatření, dodržení metod osevu a pokládky, následný monitoring svahu a jeho údržba.

Práce vychází z dostupných odborných publikací a zahrnuje také konzultaci se zhotoviteli i zadavatelem. K prozkoumání je tedy soulad teoretických východisek s konkrétní praxí. Kromě poskytnutí aktualizovaného seznamu platných protierozních ochranných opatření pro podmínky strmých nezemědělských svahů, práce shrne i korektní terminologii relevantní dané problematice. Pro příklad můžeme uvést prostou variabilitu termínu geotextílie, který je jasně daný, ale v praxi používaný například jako „sítě“ či „rohože“. I takto mohou vznikat problémy v komunikaci mezi realizační firmou a projektanty či zadavatelem. V práci se této problematice věnuje [kapitola 12](#). Jsou zde popsány platné termíny a definice, kde stěžejní pro tuto práci byla norma

ČSN EN ISO 10318-1:2015 Geosyntetika – Část 1: Termíny a definice. Pro pochopení textu jsou ve zmíněné kapitole uvedeny i termíny a definice z platných norem či odborné literatury.

2. Cíle práce

Cílem práce je shrnutí zásad navrhování protierozních opatření přírodního charakteru na svazích pozemních komunikací v souladu s aktuální praxí a potřebami. Práce je prováděna v rámci projektu revize Technických podmínek 53 "Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací".

3. Metodika

Bakalářská práce rešeršní formou zpracuje téma eroze, povrchového odtoku a erozního rizika na strmých zemědělských svazích. Bude vycházet z dostupných odborných publikací a z poznatků získaných na osobním setkání členů řešitelského týmu pro revizi TP 53. Tento tým se skládá ze zástupců Ministerstva dopravy ČR, Ředitelství silnic a dálnic ČR, Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, Fakulty životního prostředí ČZU, Fakulty lesnické a dřevařské ČZU, Fakulty stavební ČVUT a hlavních dodavatelů protierozních zabezpečení svahů. Osobní setkání bude probíhat formou odborného semináře pořádaného v Kostelci nad Černými lesy. Účelem tohoto semináře je zachytit poznatky a příklady z praxe a také nové možné metody využití protierozních materiálů u svahů pozemních komunikací. Poznatky z praxe od zástupců či dodavatelů budou citovány jako jméno a příjmení autora, ústní sdělení a datum. Dále budou podchyceny důležité a platné informace také ze stávajících TP 53. V rámci novějších poznatků z oblasti přírodních protierozních materiálů budou tyto materiály blíže specifikovány a budou podrobněji popsány jejich vlastnosti a použití v praxi. V práci budou také zmíněny postupy pokládky materiálů na svah. V rámci vegetačních protierozních opatření budou upřesněny vhodné dokumenty k volbě druhu vegetace, zmíněny příklady druhů a budou vyjmenovány vhodné oseední postupy. Poznatky budou doplněny ukázkami z realizací nebo z experimentálních studií.

4. Eroze a její vznik

Eroze je přírodní proces, kdy dochází k rozrušování, odnosu a sedimentaci zemského povrchu vlivem přírodních činitelů, jako je voda a vítr. Lidská činnost však může pomáhat těmto činitelům a podílet se na větší erozi. Podle činitelů se tedy dělí eroze na vodní, větrnou a ledovcovou (Cablík, Jůva 1963; TP 53 2003).

Tento proces byl a neustále je přítomen v přírodě a za neporušených přírodních podmínek, zejména vegetačních, probíhá pomalu a téměř nepozorovatelně v lidském měřítku. Většinou je bez většího vlivu na okolní prostředí, takže se označuje jako "normální" eroze, protože většinou nezpůsobuje příliš velký erozní odnos. (Cablík, Jůva 1963). Dlouhodobou ztrátu půdy erozními činiteli lze vypočítat z univerzální rovnice pro dlouhodobou ztrátu půdy s názvem USLE (1), kde jsou zahrnuty tyto faktory:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

G... Průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R... Faktor erozní účinnosti deště

K... Faktor erodovatelnosti půdy

L... Faktor délky svahu

S... Faktor sklonu svahu

C... Faktor ochranného vlivu vegetace

P... Faktor vlivu protierozních opatření

Eroze se v principu projevuje všude stejně. Jednotlivé typy opatření se liší podle toho, zda se jedná o svah na zemědělské, či nezemědělské půdě. Rovnice (1) není používána k výpočtu ztráty půdy na svazích pozemních komunikacích, ale můžeme z ní vyčíst faktory, které ovlivňují erozi, ať už jsme na zemědělské, či nezemědělské půdě.

Máme tedy několik Faktorů, které ovlivňují erozi:

- **Klimatické a hydrologické poměry** – liší se v závislosti na zeměpisné poloze, nadmořské výšce, teplotě, množství srážek, oslunění, výparu, odtoku, a směru větru. Srážky jsou hlavním faktorem ovlivňujícím proces vodní eroze a jsou charakterizovány intenzitou, trváním a rozsahem. Účinnost erozní tvorby dešťových srážek se jeví nejvýraznější při vzniku erozního procesu. Hydrologické vlastnosti půdy jako rychlost infiltrace nebo retence vody hrají také významnou roli v procesu eroze. Odtok na svahu se vyskytuje, když dešťová intenzita přesáhne vsakovací schopnost půdy. Další významnou roli má sluneční expozice. Na jižních a západních svazích má velký vliv na intenzitu eroze ročním období (Janeček a kol. 2008; TP 53 2003).
- **Geologické a půdní poměry** – mají významný vliv na odolnost půdy vůči erozi a intenzitu erozních procesů. Soudržnost půdních částic a infiltrační

schopnost půdy jsou klíčovými faktory při určování erodovatelnosti půdy. K obnažení podložní horniny často dochází v zářezech komunikací. V půdním profilu jsou úrovně s rozdílným zrnitostním složením a rozdílnou infiltrační schopností. Pokud je například vrstva pod svrchním propustným horizontem výrazně méně propustná, může dojít k přesycení vrchní vrstvy vodou a k jejímu smyvu (Janeček a kol. 2008; TP 53 2003).

- **Morfologické poměry** – sklon, délka a tvar svahu ovlivňují sílu vodní eroze. Čím delší a strmější je svah, tím větší je intenzita eroze. Sklon svahu je zásadním faktorem ovlivňujícím erozi, který může být oslaben dalšími činiteli např. vlastnostmi půdy. Ztráta půdy je vyšší spíše s rostoucím sklonem než s délkou svahu. Délka svahu je důležitá pro definování vzdálenosti od místa, kde vzniká povrchový odtok, k místu, kde dochází k akumulaci erodovaného materiálu. Na nepřerušovaných délkách svahu se zvyšuje rozsah vodní eroze. Různé tvary svahu, jako konvexní, konkávní a kombinovaný, mají také významný vliv na intenzitu eroze. Nejvyšší riziko vodní eroze je na svazích s konkávním tvarem, zatímco nejnižší na svazích s konvexním tvarem (při stejné délce svahu a převýšení) (Janeček a kol. 2008; TP 53 2003).
- **Vegetační faktor** – Vegetace chrání povrch půdy před destruktivním působením dešťových kapek a větru a zvyšuje drsnost povrchu a snižuje rychlost povrchového odtoku. Vegetace také ovlivňuje půdní vlastnosti a mechanické zpevnění půdy kořenovým systémem. Hustota a pokryvnost porostu jsou klíčové pro ochranný účinek vegetace. Lesní a travní porosty chrání půdu nejlépe, zatímco širokořádkové plodiny půdu chrání nedostatečně. Výskyt vodní eroze na zemědělských pozemcích může způsobovat vznik cizí vody na svazích přilehlých komunikací, a to způsobuje problémy jako jsou zanášené a znečištěné příkopy a samotné komunikace nebo narušení samotného svahu (Janeček a kol. 2008; TP 53 2003).
- **antropogenní činitelé** – Technické zásahy do krajiny mohou negativně ovlivnit intenzitu erozních procesů. Je důležité respektovat podmínky, které ovlivňují vznik a průběh eroze při navrhování a provádění technických projektů. Činnosti, které negativně ovlivňují vznik eroze půdy jsou například: nevhodné protierozní opatření a nerespektování přirozených svodnic v krajině, špatné posouzení vzniklých podmínek (morfologických, půdních i klimatických) a jejich vliv na možné vytvoření nového vegetačního krytu nebo nově vybudované svahy, které jsou dlouhodobě ponechány nechráněné proti erozi a nejsou napojeny na odvodňovací zařízení (Janeček a kol. 2008; TP 53 2003).

Tato bakalářská práce je zaměřena na protierozní opatření na nezemědělských svazích s důrazem na svahy pozemních komunikací. Nyní budou podrobněji rozepsány jednotlivé typy eroze dle přírodních činitelů.

4.1. Vodní eroze

Vodní eroze je způsobena především mechanickou silou tekoucích vod na povrchu. Tento proces mohou vyvolat jak občasné vodní proudy, vznikající po intenzivních deštích nebo tání sněhu, tak i trvale proudící vody v bystřinách, potocích a řekách. Eroze vodou v klidných vodách, jako jsou rybníky, jezera a moře, se projevuje pouze při vlnobití, kdy jsou vlny hnány větrem (v případě moře i přílivem). Podzemní voda může vyvolat erozi chemickou, v krasových oblastech i mechanickou. Vodní eroze je také často spojena s půdním sesouváním. Hlavním znakem vodní eroze je, že tekoucí voda splachuje, vymývá a odnáší půdu a přemísťuje ji na jiná místa, kde vzniká usazování (sedimentace) těchto uvolněných částic půdy (Cablík, Jůva 1963).

Dle FAY et al. (2012) vodní erozi rozdělujeme dle formy na tři základní, a to na povrchovou, rýhovou a výmolovou:

- Povrchová neboli plošná eroze má dva stupně, přičemž první stupeň odnáší drobné půdní částice a vrchní část půdy se stává více hrubozrnnou. V druhém stupni plošné eroze je půda odnášena ve vrstvách v širokých pruzích nebo po celé ploše svahu.
- U rýhové eroze dochází k zářezům do půdního profilu, které se postupně prohlubují a spojují.
- Výmolová eroze přechází z rýhové a tvoří v půdním profilu výmoly. Může vést až k roklinám, či stržím v půdním profilu.

Tyto erozní formy na sebe v přírodě obvykle navzájem navazují. V začátcích erozního procesu vyvolává dešťová voda plošnou erozi, která se projevuje menším nebo vůbec nezatelným odnosem půdy. Postupné soustředování dešťové vody do brázdíček a stružek vede k vývoji rýhové eroze a následně ke vzniku výmolové eroze (Cablík, Jůva 1963).

Intenzita vodní eroze je závislá na mnoha faktorech. Určuje ji charakter srážek, povrchový odtok, půdní poměr, morfologie území (sklon, délka a tvar svahů), vegetační poměry a způsob využití půdy, včetně používaných agrotechnologií. (Janeček a kol., 2012).

4.2. Větrná eroze

Větrná eroze je geologický proces, který vzniká působením větru na povrch země. Mechanická síla větru zapříčiňuje narušení půdního povrchu a uvolňuje půdní částice, které mohou být přenášeny na různé vzdálenosti a po snížení rychlosti větru se usazují. Nejčastěji se větrná eroze vyskytuje tam, kde nalezneme nízkou vegetační pokrývnost a nízký obsah organické hmoty v půdě. V tomto případě jsou půdní částice méně vázány a snáz se uvolní. Důležitý faktor, který ovlivňuje větrnou erozi je rychlost a směr větru, dále charakter půdního povrchu a vlhkost půdy. (Janeček a kol., 2012). V oblastech se suchým klimatem a na vyschlých půdách je tato forma eroze velmi škodlivá a nebezpečná. Větrná eroze se může vyskytovat po celý rok, ale nejvíce poškozuje půdu na jaře, které následuje po suché, sněhem chudé zimě. Silný vítr odnáší vyschlou ornici, jemný písek a hnojiva z holých nebo málo zakrytých polí a ukládá je v závětví na sousedních polích, v územních propadlinách nebo v příkopech. Na stepních územích, které byly původně zatravněné a později zorány a přeměněny na pole, se tato forma eroze projevuje výrazně (Cablík, Jůva 1963).

- JANEČEK a kol. (2012) míní, že unášecí silou větru se posouvají půdní částice, a to v těchto třech formách: Nejmenší částice jsou posouvány formou suspenze. Jedná se o drobné prašné částice, které jsou posouvány na velké vzdálenosti.
- Částice, které jsou větší, jsou posouvány tzv. skokem, při této formě se přemísťuje největší množství půdy.
- Největší částice jsou posouvány sunutím. Tyto částice bývají těžké, takže je síla větru není schopna nadzvednout.

Větrná eroze se v České republice nejčastěji vyskytuje v suchých oblastech nebo na půdách nepokrytých souvislou vegetací, především na jižní Moravě a Polabí (TP 53 2003).

4.3. Ledovcová eroze

Ledovcová eroze neboli glaciální, je způsobena pohybem ledovců, které se přirozeně vlivem gravitace posouvají z hor do údolí a vytvářejí velké množství horninových zvětralin. Pohyb ledovců je podobný tekoucí vodě, ale mnohonásobně pomalejší. Rychlost pohybu se mění podle sklonu podloží, ročních dob a let. Ledovce ohlazují a vybrušují skalní podloží, drtí a mělní valouny a vytvářejí velké množství jemného písku a bahna, což zvyšuje jejich

erozní účinek. Když dosáhne nižších a teplejších poloh, roztaje a zásobuje vodou bystřiny (Cablík, Jůva 1963).

Celková činnost ledovců závisí na různých faktorech, jako je spád terénu, rychlost ledovcového pohybu, klimatické podmínky, tloušťka nebo váha ledovce. Ledovec dopravuje suť z hor do nižších poloh a vytváří morény, což jsou nánosy z usazených hornin. Existují různé typy morén, jako jsou morény svrchní, boční a spodní. Morénovými produkty mohou být štěrk a bahno, které mohou zanášet řeky a bystřiny (Cablík, Jůva 1963).

Výše jsou tedy zmíněny hlavní typy eroze, nicméně z pohledu ohrožení svahů pozemních komunikací je zásadní eroze vodní, která má největší následky jak na místě svahu, tak mimo něj. První část problému je, že vodní eroze může narušit stabilitu svahu, to je problém na místě, tedy následek vnitřní. To může mít negativní vliv na bezpečnost provozu, odvedení srážkových vod nebo biodiverzitu v dané lokalitě. Druhá část problému je, že eroze může způsobovat škody i v blízkém okolí, to je problém vnější. Eroze může vést například k nepříznivým dopadům v daném povodí. Díky menším délkám svahů, oproti zemědělským, není větrná eroze stěžejní pro navrhování protierozní ochrany svahů pozemních komunikací, protože není prostor pro rozvinutí kinetické energie větru. Ledovcová eroze se pro navrhování protierozní ochrany svahů na území České republiky řešit nemusí (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022).

5. Povrchový odtok

Protože nejzávažnějším problémem je eroze vodní, práce zmiňuje také povrchový odtok, který je hlavním erozním činitelem. Povrchový odtok je pohyb nevsáknuté vody po povrchu země. Nastává, když intenzita deště přesáhne vsakovací schopnost půdy. Povrchový odtok je proudění nevsáknuté vody po povrchu země, která se vyskytuje tehdy, pokud intenzita srážek překročí vsakovací schopnost půdy. Na začátku srážkového dění bývá tato schopnost nejvyšší a později se snižuje. Voda proniká do půdy gravitačně přes hrubé póry, a jakmile se tyto póry naplní, voda proniká pouze kapilárními póry. To výrazně zpomaluje proces vsakování vody. (Cablík, Jůva 1963). Při výpočtu povrchového odtoku je zapotřebí brát v úvahu různé faktory, jako jsou povrchová struktura, úroveň propustnosti půdy, sklon terénu, vegetace a srážky. Podobné situace může zapříčinit jarní tání, kdy se voda z tajícího sněhu není schopna dostatečně vsakovat do půdy, která je často již nasycena vodou nebo je zmrzlá. (Janeček a kol. 2008).

Pro svahy pozemních komunikací je vhodné rozdělit výpočty odtokových poměrů na:

- Výpočet odtoku ze zpevněných povrchů tělesa pozemní komunikace. Jedná se o plochy vozovky, krajnice, opevněných svahů apod. Odvodnění těchto ploch se provádí dle TP 83.
- Výpočet odtoku ze svahů pozemní komunikace. V TP 83 je doporučena metoda dle návrhového deště. Výpočetní modely mohou kromě posouzení vhodného opatření poskytnout i údaje o maximálním průtoku, objemu odtoku a tvaru hydrogramu. KAVKA et al. (2020) v jejich metodice považují intenzitní metodu k výpočtu maximálního průtoku za nedostačující a navrhují novou přesnější metodu se zjednodušeným výpočtem.
- Výpočet „vnějších, cizích“ vod z přilehlého okolí pozemní komunikace. Vnější vody jsou odtoky z přilehlých pozemků, které směřují na řešenou plochu. Zemní tělesa musí být chráněna před negativními účinky vod z okolí stavby a jejich odvedení mimo vlastní těleso stavby, tj. vnějších nebo cizích vod (ČSN 75 0142). Vnější vodám je nutno zamezit, například korytem nebo retenčními prostory, konkrétní postupy jsou uvedené v TP 83.

6. Protierozní opatření a jeho funkce

V této kapitole budou obecně shrnuty protierozní opatření a bude upřesněno, čím se dále bude bakalářská práce zabývat. Dle JANEČKA a kol. (2012) existují tři typy protierozního opatření: organizační, agrotechnická a technická protierozní opatření.

- Mezi organizační protierozní opatření patří pásové střídání plodin, protierozní rozmístování plodin, delimitace kultur, tvar a velikost pozemku.
- U agrotechnických opatření se jedná zejména o zpracování a přípravu půdy, secí techniku, hrázkování, důlkování, mulčování a nakládání s posklizňovými zbytky.
- K technickým opatřením řadíme například terasování, protierozní příkopy, průlehy, hrázky, meze a ochranné nádrže.

JANEČEK a kol. (2012) dále uvádějí, že nejčastěji se jedná o soubor organizačních, agrotechnických a technických opatření, které se vzájemně doplňují a zároveň respektují aktuální základní požadavky. Opatření na zemědělských svazích je dobré zmínit, protože zásadně ovlivňují příchod cizích vod na svahy pozemních komunikací. Proto je vhodné řešit protierozní ochranu v rámci celého povodí. Dále se bude práce zabývat opatřeními pro protierozní ochranu strmých svahů.

Protierozní ochrany svahů pozemních komunikací před vodní a větrnou erozí lze dosáhnout pomocí zdravé a udržované vegetace. Geologický podklad a klimatické podmínky ovlivnit nelze. Primárním cílem protierozní ochrany svahů je prevence vzniku eroze. Kvalitní instalace, kotvení a údržba protierozních materiálů jsou klíčové pro spolehlivé plnění funkce protierozního opatření (TP 53 2003).

Volba konkrétních opatření závisí na několika kritériích, jako je druh erozního ohrožení, morfologie svahu, zamýšlený cílový stav svahu a možnosti údržby a následné péče o svah. Dle JANY KALIBOVÉ (ústní sdělení, 2022) a TP 53 (2003) je základem protierozní ochrany svahu v podstatě:

- efektivní odvod vnějších, cizích vod;
- prevence vzniku a efektivní odvod povrchového odtoku, který vzniká na svahu v důsledku srážek;
- ochrana povrchu půdy před kinetickou energií dopadajících dešťových kapek;
- ochrana povrchu před vlivy větru;
- podpora erozní odolnosti půdy prostřednictvím zvýšení vlhkosti a podílu organické hmoty;
- podpora vsakování vody do půdy zlepšením její struktury a omezením zhutnění;
- kvalitní aplikace ochranných materiálů na svah, zejména zajištění kontaktu materiálu s povrchem půdy a stabilního kotvení produktu na svahu.

V některých případech mohou být ochranná opatření proti vodě a větru navzájem kontradiktorická. V takových případech se doporučuje upřednostnit opatření proti erozi, která by mohla mít v dané lokalitě vážnější následky. Dle JANY KALIBOVÉ (ústní sdělení, 2022) a TP 53 (2003) existují různé typy protierozních opatření v závislosti na použitém materiálu:

- Mezi technická protierozní opatření řadíme odvodňovací systémy, úpravu morfologie svahu, rozprostření vegetační vrstvy půdy, ochranu horní hrany svahu, plůtky ze suchého dřeva a z řeziva a zápletové plůtky ze suchého proutí, klestu, dřeva nebo řeziva.
- Biologická protierozní opatření zahrnují travní a travinobylinná společenstva, porosty keřových nebo stromových dřevin a mulčování/hnojení přírodními látkami.
- Chemická opatření zahrnují chemické stabilizátory a umělá hnojiva, které se často používají při hydroosevu.

- Kombinovaná protierozní opatření zahrnují zakládání porostů za podpory geosyntetik z přírodních nebo syntetických materiálů, zakládání travních a travinobylinných společenstev hydroosevem za pomoci geosyntetik, zakládání travních a travinobylinných společenstev, při trvalé podpoře zatravnovacích prefabrikátů (betonových/železobetonových), tzv. polovegetačních dílců, zakládání travních a travinobylinných společenstev za podpory zatravnovacích dílců ze syntetických hmot a zakládání porostů za podpory 3D ocelových panelů (např. systém KRISMER).

Kromě toho existují také opatření pro zachycení sedimentu, která se používají v případech, kdy primární protierozní opatření selže. Tato opatření zabrání zanášení níže položených objektů sedimentem a zahrnují například odvodňovací příkopy (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022; TP 53 2003).

7. Vegetační protierozní opatření

CERDÀ (2007) ve své práci pro vědecký časopis potvrdil, že vegetační úpravy hrají velmi podstatnou roli i u násypu pozemních komunikací. Při jeho studii, kde zkoumal násypy komunikací pokryté vegetací a násypy komunikací, tehdy ještě ve výstavbě bez pokryvu vegetace, došel k závěru, že holé násypy komunikací pomohly rozšíření eroze až třicetinásobně. Zmiňuje také, že i přes vzrostlejší vegetaci v zimním období než v letním, byla míra eroze větší v období zimním.

Vegetace je tedy klíčovým faktorem pro budoucí ochranu svahu proti erozi. Bakalářská práce dělí vegetační protierozní opatření na travní porost, hydroosev a dále na dřeviny a vegetace.

7.1. Travní porost

Travní porost je nejběžnější ochrana před vodní a větrnou erozí. Při setí je vhodné použít kombinaci popínavých a shlukových trav. Popínavé trávy mají bohatý souvislý kořenový systém, zatímco shlukové mohou mít velké kořeny, ale kořenový systém není souvislý. Pokud navrhujeme travní porost na erodovaný svah, je důležité zvážit použití původních odrůd. Je vhodné si na pomoc pozvat ekologa či botanika (Shah 2008).

Dle TP 53 (2003) je pro úspěšné založení travních a travinobylinných společenstev klíčové zvolit vhodné osivo s ohledem na požadované vlastnosti budoucího porostu. Pro určení správného množství osiva se nejčastěji používá hmotnostní stanovení, které pro travní směsi na svazích obvykle činí 25 - 30 g/m². Důležité je zohlednit zastoupení trav a bylin ve směsi, podíl rychle

vzcházejících druhů, svažitost a termín výsevu. Pokud jsou podmínky pro výsev složité, je třeba zvýšit výsevek a použít technologii s rychle úchytnou krycí plodinou. Výsevky travinobylinných směsí se obecně pohybují v rozmezí 2 - 30 g/m² v závislosti na účelu pěstování, typu směsi a dalších faktorech, ale vždy je důležité respektovat doporučená výsevní množství výrobcem směsi. Existují tři základní způsoby, jak ochránit travní a travinobylinné společenstva před erozí na ohrožených svazích. Nejčastějším, nejjednodušším a nejlevnějším způsobem je výsev generativních orgánů rostlin. Další možností je výsadba předpěstovaného rostlinného materiálu, například koberců, trsů nebo jednotlivých rostlin. Kombinací výsevu a výsadby lze dosáhnout nejlepších výsledků (doc. Ing. Milán Rajnoch, CSc. Akademický pracovník – Ústav biotechniky zeleně (ZF), ústní sdělení 2022)

MILÁN RAJNOCH (ústní sdělení, 2022) předkládá, že pro vytvoření základu rostlinného porostu máme čtyři způsoby (metody) výsevu. Použití výsevu travinobylinné směsi nevede k okamžitému vytvoření plnohodnotného společenstva. Vytváří pouze základní strukturu porostu. Tento základ porostu dále ovlivňují přirozené procesy v rámci sukcese:

- Hydroosev (viz samostatná [podkapitola 7.2.](#)).
- Přímý výsev je nejčastější na rovinatých pozemcích a osivo se rozsype na připravenou plochu. Osivo se musí před výsevem pečlivě míchat, aby se zabránilo "samotřídění" semen. Pro optimální růst trav se doporučuje vysévat do hloubky cca 3 cm, zatímco semena bylin se obvykle vysévají na povrch půdy.
- Výsev s krycí plodinou se používá především jako protierozní technologie, kdy se krycí plodina následně musí odstranit. Jde hlavně o pozdní výsevy, kdy se vysévaná směs nedokáže ujmout.
- Přísev se provádí do stávajícího porostu. Před samotným přísevem se porost nízko pokosí a posečené zbytky se odstraní. Lze použít čistou bylinnou směs nebo směs bylin s travami, přičemž byliny by měly tvořit minimálně 10 % směsi a měly by být zvoleny rostlinné druhy s rychlejším růstem a vyšší konkurenceschopností.

7.2. Hydroosev

Metoda hydroosevu je nejúčinnější způsob založení travního i travinobylinného porostu na erozně ohrožených stanovištích, zejména na svazích se sklonitým terénem nad 30 %. Tato metoda je nejvýznamnější pro

společenstva, která zahrnují dvouděložné rostliny s pomalejším vývojem než trávy. Směs osiva, pojiva, půdních látek, mulčovacích materiálů, hnojiv, organické hmoty a vody je promíchána a nastříkována na plochu vysokotlakým hydroseederem. Tento postup umožňuje udržet půdu a osivo na místě až do doby, než vlastní porost převezme tuto funkci. Hydroosev se tradičně používal pro rychlé založení porostů na obtížně dostupných místech, ale díky menším modelům hydroseederů se používá i na rovinatých plochách. Tato metoda umožňuje aplikaci organické hmoty a řízků sukulentů, což je užitečné na skalnatých zářezích, lomech a na plochách s horší kvalitou zeminy nebo bez vegetačního substrátu. Příklad 1 uvádí travinobylinnou směs pro hydroosev na skalnatých zářezích (Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

Hydroosevní technologie může vhodně doplnit geotextílie na exponovaných nebo strmých svazích. Postup aplikace geotextílie je stejný jako u aplikace geotextílie na osetý svah viz [kapitola 8.1](#). Tato geotextilie je poté přestříkána směsí hydroosevu. Směs hydroosevu obsahuje vodu, osivo, hnojivo, organickou hmotu a protierozní přísady (lepidlo). Konkrétní složení této směsi se mění v závislosti na požadované funkci, sklonu terénu, orientaci světových stran, půdních podmínkách a nadmořské výšce. Pro větší sklony než 45° lze použít mechanické zpevnění svahu pomocí různých variant geotextilií/geosyntetik, technických nebo kombinovaných (biotechnických) opatření (plůtky, povázky apod.). Pro kombinaci geotextilií s hydroosevem se používá tkaná geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² kvůli průniku hydroosevní směsi až na povrch zeminy a utvoření jednotné vrstvy bez vzduchových bublin (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022; Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

Hydroosev je běžná praxe, která zahrnuje rozprašování směsi na povrch půdy u svahů s cílem zvýšit vegetační pokryv a snížit erozi. Co se týče složek ve směsi, jsou zde jisté alternativy a možnosti využití odpadních materiálů. Například na základě výsledků studie o erozi a pokryvu vegetace svahů silnic hydroosetých s čistírenskými kaly (De Oña et al. 2011) je možné usoudit, že přidání čistírenských kalů do směsi vylepšilo násyp tím, že snížilo erozi a efektivně zvýšilo vegetační pokryv více, než směsi bez přidání čistírenského kalu. ALBALADEJO et al. (2000) zkoumali ztrátu půdy a povrchový odtok na pěti experimentálních polích při přidání dávek (65, 130, 195 a 260 Mg ha⁻¹) směsi z městského odpadu do hydroosevní směsi a došli

k závěru, že optimální je hodnota kolem 100 Mg ha⁻¹. Větší dávky mohou zvýšit riziko znečištění půdy.

Příklad 1 – Travinobylinná směs pro hydroosev na skalnatých zářezích – složení:

Trávy 90%: Psineček obecný (*Agrostis capillaris*) 1%, Kostřava červená trsnatá (*Festuca rubra commutata*) 15%, Kostřava červená pravá (*Festuca rubra rubra*) 26%, Kostřava krátce výběžkatá (*Festuca rubra trichophylla*) 14%, Kostřava drsnolistá (*Festuca trachyphylla/brevipila*) 26%, Lipnici luční (*Poa pratensis*) 8%. Byliny 5%: Řebříček obecný (*Achillea millefolium*) 2,3%, Hvozdík kropenatý (*Dianthus deltooides*) 0,6%, Máchelka podzimní (*Leontodon autumnalis*) 0,2%, Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*) 0,4%, Smolnička obecná (*Lychnis viscaria*) 0,2%, Mochna stříbrná (*Potentilla argentea*) 0,2%, Krkavec menší (*Sanguisorba minor*) 0,4%, Silenka nadmutá (*Silene vulgaris*) 0,6%, Mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*) 0,1%. Jeteloviny 5%: Úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria*) 1,2%, Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) 1,8%, Tolice dětelová (*Medicago lupulina*) 2%. Doporučený výsevek na svazích: 12-15 g/m² (Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

7.3. Dřeviny a vegetace

Stromy a keře mohou být vhodným doplňkem pro vegetační úpravy. Kořenový systém dřevin může napomoci ke zpevnění svahu. Výběr vhodných dřevin u svahů pozemních komunikací se provádí dle TP 99. TP 53 (2003) uvádí, že uspořádání dřevin na svahu pozemních komunikací je z hlediska protierozní ochrany i následné údržby svahů vhodné do pásů, případně jiného uspořádání viz kap. 8.4 a obr. 3.04-4.02 TP 99.

Volba druhové skladby dřevin vychází z typologického systému ČR (typologický systém ÚHÚL, příp. STG). Sadební materiál musí odpovídat ČSN 464902. Doporučené druhy najdeme v SPPK A02 010 Péče o dřeviny kolem veřejné dopravní infrastruktury.

Způsoby zakládání porostů dřevin dle MILÁNA RAJNOCHA (ústní sdělení, 2022):

- zakládání porostů dřevin na zářezových svazích: V lesních oblastech je vhodné nechat plochy s přirozenou sukcesí. Na ostatních úsecích je doporučeno používat krytokořenné sazenice pro výsadbu dřevin, spolu

s vylepšením půdy v připravených brázdách. Tyto brázdy jsou vedeny šikmo, možno i po vrstevnicích nebo ve sklonu shodném s podélným sklonem vozovky. Brázdy také zvyšují retenci srážkové vody do půdy. Nicméně je důležité, aby srážková voda nezůstávala v brázdách a nezpůsobovala erozní problémy.

- zakládání porostů dřevin na násypových svazích: Po zhutnění násypů je nutné co nejdříve provést zatravnění, aby se vytvořil travní drn, který zabrání vzniku eroze. Proto je vhodná metoda hydroosevu. Poté může být zahájena výsadba dřevin.
- zakládání porostů dřevin na úzkých doprovodných pásech: Tyto úseky jsou rovinaté a bez zářezových nebo násypových svahů. Tyto úseky mohou sloužit jako vsakovací, sedimentační nebo retardační pásy na hraně násypu. Použitý sadební materiál a technologie výsadeb jsou podobné jako na zářezových svazích.

Na silniční svahy se ukázalo jako účinné použití keřovitých vrb, které snáší nedostatek zavlažování. Řízky vrb jsou vhodné na půdách bez konkurence travních porostů a plevelů. Prosperují také na kamenitých svazích bez živin. Naopak na humózní půdy vrby nejsou příliš vhodné. Největším nepřítelem nově vysazených řízků vrb je konkurence plevelů. Řízky je také možno využít ke kotvení geotextilií na svah (TP 53 2003).

Další možností pro protierozní opatření jsou vytrvalé byliny. V praxi se osvědčily rostliny z čeledi bobovitých, které jsou považovány za nejvhodnější. Jsou obvykle přidávány do travních směsí a mají za cíl obohatit půdu o organickou hmotu a dusík. Používají se na stanovištích, kde není možné poskytnout dodatečnou výživu. Takové rostliny jsou schopny asimilovat vzdušný dusík, který se při jejich rozkladu uvolňuje (TP 53 2003).

Příkladné doporučené druhy dle MILÁNA RAJNOCHA (ústní sdělení, 2022):

Jetel plazivý (*Trifolium repens*)

Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*)

Tolice dětelová (*Medicago lupulina*)

Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*)

Čičorka pestrá (*Securigera varia*)

Bukvice lékařská (*Betonica officinalis*)

Jetel luční (*Trifolium pratense*)
Kmín kořený (*Carum carvi*)
Chrpa luční (*Centaurea jacea*)
Mrkev obecná (*Daucus carota*)
Kuklík městský (*Geum urbanum*)
Chrastavec rolní (*Knautia arvensis*)
Kohoutek luční (*Lychnis flos-cuculi*)
Černohlávek obecný (*Prunella vulgaris*)
Pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*)
Krvavec toten (*Sanguisorba officinalis*)
Svízel bílý (*Galium album*)
Mochna stříbrná (*Potentilla argentea*)
Krkavec menší (*Sanguisorba minor*)
Mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*)
Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*)

Do travních směsí se zpravidla přidávají v množství do 5 %, výjimečně do 10 %, a to především ve vlhkých půdních podmínkách (TP 53 2003). Příklad 2 uvádí travinobylinnou směs pro suché půdní podmínky, zatímco příklad 3 uvádí travinobylinnou směs pro vlhké půdní podmínky.

Příklad 2 – Travinobylinná směs pro suché půdní podmínky – složení:

Trávy 96,9%: Sveřep vzpřímený (*Bromus erectus*) 3%, Kostřava červená pravá (*Festuca rubra rubra*) 10%, Kostřava červená (*Festuca rubra trichophylla*) 15%, Kostřava červená trsnatá (*Festuca rubra commutata*) 12%, Kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*) 3%, Kostřava drsnolistá (*Festuca trachyphylla*) 34%, Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) 14,9%, Lipnice luční (*Poa pratensis*) 5%. Byliny 1,3%: Řebříček obecný (*Achillea millefolium*) 0,2%, Chrpa luční (*Centaurea jacea*) 0,1%, Chrpa čekánek (*Centaurea scabiosa*) 0,1%, Mrkev obecná (*Daucus carota*) 0,1%, Svízel bílý (*Galium album*) 0,1%, Svízel syřišťový (*Galium verum*) 0,1%, Máchelka podzimní (*Leontodon autumnalis*) 0,1%, Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*) 0,2%, Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*) 0,1%, Jitrocel prostřední (*Plantago media*) 0,1%, Krvavec menší

(*Sanguisorba minor*) 0,1%. Jeteloviny 1,8%: Úročník bolhoj (*Anthylis vulneraria*) 0,2%, Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) 0,2%, Tolice dětelová (*Medicago lupulina*) 0,4%, Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*) 1%. Doporučený výsevek na svazích: 18-20 g/m² (Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

Příklad 3 – Travinobylinná směs pro vlhké půdní podmínky – složení:

Trávy 90%: Psineček obecný (*Agrostis capillaris*) 1%, Psineček veliký (*Agrostis gigantea*) 5%, Psárka luční (*Alopecurus pratensis*) 5%, Pohánka hřebenitá (*Cynosurus cristatus*) 8%, Metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*) 12%, Kostřava luční (*Festuca pratensis*) 8%, Kostřava červená pravá (*Festuca rubra rubra*) 13%, Kostřava červená (*Festuca rubra trichophylla*) 5%, Kostřava červená trsnatá (*Festuca rubra commutata*) 3%, Medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*) 5%, Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) 2%, Bojínek luční (*Phleum pratense*) 3%, Lipnice hajní (*Poa nemoralis*) 10%, Lipnice bahenní (*Poa palustris*) 7%, Lipnice luční (*Poa pratensis*) 3%. Byliny 7%: Bukvice lékařská (*Betonica officinalis*) 0,4%, Kmín kořený (*Carum carvi*) 0,8%, Chrupa luční (*Centaurea jacea*) 0,3%, Mrkev obecná (*Daucus carota*) 0,2%, Svízel bílý (*Galium album*) 0,3%, Kuklík městský (*Geum urbanum*) 0,5%, Chrastavec rolní (*Knautia arvensis*) 0,8%, Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*) 1,2%, Kohoutek luční (*Lychnis flos-cuculi*) 0,3%, Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) 0,15%, Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*) 0,3%, Černohlávek obecný (*Prunella vulgaris*) 0,6%, Pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*) 0,3%, Krvavec toten (*Sanguisorba officinalis*) 0,2%, Silenka dvoudomá (*Silene dioica*) 0,3%, Řimbaba chocholičnatá (*Tanacetum corymbosum*) 0,2%, Rozrazil dlouholistý (*Veronica longifolia*) 0,15%. Jeteloviny 3%: Hrachor černý (*Lathyrus niger*) 0,3%, Hrachor luční (*Lathyrus pratensis*) 0,2%, Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) 1,5%, Tolice dětelová (*Medicago lupulina*) 0,5%, Jetel luční (*Trifolium pratense*) 0,5%. Doporučený výsevek na svazích: 10-12 g/m² (Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

8. Přírodní protierozní materiály

Geosyntetické materiály z přírodních vláken (nejvíce jutové nebo kokosové) nebo z přízí zpracovaných do struktury tkané i netkané geotextilie, geosítě nebo georochože. Přírodní Geotextilie se v praxi prokázaly jako účinná protierozní opatření. Používají se například k ochraně břehů řek, výstavbě venkovských silnic, stabilizaci násypů, konsolidaci měkkých půd atp. (Ghosh et al. 2017). Tkané protierozní geotextilie z přírodních vláken jsou vyrobeny tkaním vláken do otevřené

dvourozměrné struktury a používají se pro dočasnou ochranu svahu a k omezení pohybu zeminy a osiv po povrchu svahu. Tyto geotextilie jsou většinou výhodnější pro podporu protierozního výsevu a výsadby než netkané geotextilie nebo georochože, kvůli jejich otevřené struktuře. Tato bakalářská práce se bude zabývat především jutovou a kokosovou geotextilií, protože ty se v praxi používají nejčastěji.

8.1. Geotextílie

V případě, že osetí svahu travní směsí nestačí na ochranu proti erozi, mohou být použity geotextilie z přírodních materiálů, které jsou zakotveny na povrchu svahu. Tyto geotextílie mohou být kombinovány s trvalými plůtky, které zajišťují protierozní stabilitu půdy na svahu (Fay et al. 2012). V praxi je spíše používán termín „sítě“ díky jejich podobě. Geotextílie jsou tedy tkaniny organického původu, tudíž jsou biodegradovatelné. Geotextílie chrání povrch půdy před vznikem eroze, odnosem splavenin, zlepšují infiltraci vody do půdy a také umožňují zachycení semen porostu. Při rozkladu sítě fungují jako mulč pro vegetaci. Sítě jsou opatřením dočasným pro zlepšení založení vegetace (Fay et al. 2012). Jak shrnuje LIU et al. (2022), kombinace přírodní geotextílie s vhodným vegetačním krytem může efektivně přispět k protierozní ochraně a ke kontrole povrchového odtoku.

Přírodní geotextílie se běžně používají na svazích do sklonu 45-60° a používají se nejčastěji na půdách, které jsou příliš tvrdé na to, aby se vegetace usadila bez pomoci. Geotextílie by se neměly používat na měkkých nebo špatně odvodněných půdách a jsou nefunkční, pokud je umístíme na půdy s vysokou mírou mělkého sesouvání (Howell 1999).

Studie experimentálních výzkumů od BHATTACHARYYA et al. (2010) prokazuje, že v rámci ztráty půdy:

- plošnou erozi ovlivňuje: procentuální pokrytí geotextilií, délka svahu, sklon svahu, trvání dešťových srážek a poměr písku, bahna, jílu a organické půdní hmoty.
- rýžkovou erozi ovlivňuje: procentuální pokrytí geotextilií, intenzita srážek a poměr písku a bahna.
- rýhovou až výmolvou erozi ovlivňuje: sklon svahu, intenzita srážek, trvání srážek a poměr písku, bahna a jílu.

Dále studie uvádí, že délka svahu nemá přímý vliv na faktor účinnosti geotextílie nebo ztrátu půdy, nicméně délka svahu, trvání deště a typ půdy v nevhodné kombinaci exponenciálně ovlivňují účinnost geotextílie pro téměř

všechny erozní procesy. Exponenciální vztah tedy vysvětluje, že geotextílie jsou dlouhodobě méně účinné na delších svazích.

Při aplikaci geotextílií je nutné dbát na zásady navrhování, jakožto přesah jedné geotextílie přes druhou, pokládka geotextílie kolmo k vrchní hraně svahu, správně vyřešené kotvení skobami či kolíky v ploše svahu pozemní komunikace (zpravidla 1 skoba na 1m²) a správně vyřešený detail kotvení zámku na vrchu svahu. Nejedná se o statické kotvení svahu, nýbrž jen o upevnění geotextílie (JUTA, ústní sdělení 2022). Při nedodržování těchto zásad může být půda na svahu náchylnější k erozi ještě více než bez použití geotextílie, příkladný následek můžeme vidět na obrázku 1. Může také docházet k usazování povrchové vody na nežádoucích místech, případně až k usazování smytých geotextílií.



Obrázek 1 – Nevhodný směr pokládky a typ přírodního protierozního materiálu na zářezovém svahu (JUTA, 2013)

8.1.1. Jutová

Jutové geotextílie zprvu poskytují ochranu proti rozpadu půdy, poté slouží jako mulč pro vysázenou vegetaci. Jutová geotextílie má několik výhod, jako jsou například její 3D vlákna, které kladou překážky po dráze toku. Póry tkaniny zlepšují infiltraci vody a růst vegetace je mnohem přehlednější díky okům v síti (Ghosh et al. 2017). U jutových tkaných geotextílií se používá plošná hmotnost 250 a 500 g/m², větší plošná hmotnost je znázorněna na obrázku 2, kde můžeme vidět velikost vláken. Jutové netkané geotextilie se v praxi samy o sobě příliš nepoužívají, jsou součástí geokompozitů nebo se vyrábí pouze na zakázku. Jutové vlákna jsou biologicky snadno rozložitelná proto jutové geotextílie vydrží 1-2 roky, a poté se v půdě rozloží (Mitchell et al. 2003). Jutové geotextílie mají efektivní využití pouze u svahů se sklonem menším než 45°. U svahů se sklonem vyšším je vhodnější použít kokosovou geotextílii jako přírodní materiál, nebo vhodný trvalý protierozní materiál (J. Álvarez-Mozos et al. 2014a; J. Álvarez-Mozos et al. 2014b).



Obrázek 2 – Vzorek jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² (Hlava, 2023)

Jak uvádí RANGANATHAN (1994) vystavený povrch půdy je chráněn díky 40% přímému krytí jutové geotextílie. Ve zbývající otevřené ploše (60%) vyčnívající jutová vlákna zpomalují a snižují

povrchový odtok. Díky dobré přizpůsobivosti se jutové geotextílie přizpůsobí morfologii svahu a jsou v přímém kontaktu s půdou, což brání transportu půdních splavenin. Pro ukázkou přilnutí je uveden obrázek 3, kde po jednom roce položení úspěšně zakořenila vegetace. Dále autor uvádí, že jutové geotextílie absorbují až pětkrát svou vlastní hmotnost, čímž inhibují další průtok, podobně jako houba. V tomto případě jsou přírodní materiály lepší než syntetické, ty dokážou absorbovat pouze 40 až 120 % své váhy.



Obrázek 3 – Detail jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² po jednom roce položení (JUTA, 2022)

Ve vztahu k vegetaci dále RANGANATHAN (1994) zmiňuje, že jutové geotextílie brání vegetačním semenům v odplavení z jejich výsevných pozic. Hrubé jutové nitě stíní slunce a chrání mladé rostliny před větrem. Obsah vody absorbovaný jutovými geotextíliemi během dešťů se pomalu zasakuje do půdy a rostlin, takže rostliny postupně čerpají vláhu. Geotextílie také chrání nově vysázené svahy před ptáky a jinou zvěří. Jelikož se jedná o přírodní jutová vlákna, její rozložení trvá dva roky a v průběhu těchto let poskytuje již zmíněnou ochranu. Rostliny by měly na konci životaschopnosti geotextílie být schopny samy stabilizovat vrchní vrstvu půdy. Při rozkládání juty se do půdy uvolňují živinové složky vhodné jak pro půdu, tak pro rostliny.

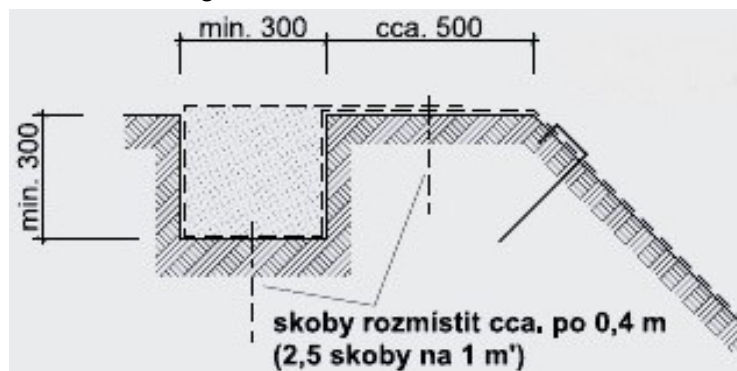
Jutové geotextílie, jak shrnuje po svém výzkumu RICKSON (2006), mají obecně nižší ochranu před deštěm a před povrchovým odtokem. Účinnost juty se snižuje při intenzivních a dlouhotrvajících srážkách. (Chen et al. 2011). To potvrdil i výzkum zmiňovaného ÁLVAREZE-MOZOSE et al. (2014), kdy míra eroze u zkoumaných

svahů 45° a 60° byla u jutové geotextílie vyšší než u kokosové rohože nebo u geomříží. Potvrzuje to tedy, že jutové geotextílie jsou spíše materiálem pro zlepšení protierozního výsevu a výsadby u svahů s menšími sklony, kde zásadní je budoucí vegetace.

Zásady navrhování a pokládky jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² (JUTA, ústní sdělení 2022):

- důležitý přesah geotextílií přes sebe alespoň 200 mm;
- kotvení ocelovými skobami, kolíky;
- dodržování správného kotvení a pokládky;
- kotvení geotextílie v ploše svahu každý 1 metr po svahu a každý jeden metr horizontálně. (1 skoba/m²);
- správně vyřešený detail kotvení zámku na vrchu svahu. Skoby se u zámku rozmisťují hustěji, tedy každá kotva po 0,4 m (2,5 skoby/m²). Přesah minimálně 800 mm od hrany vrchu svahu, přičemž na posledních 300 milimetrech by měla být vytvořena vana na zapuštění zbylé geotextílie, a její následné zasypání. Geotextílie by měla být zapuštěna do hloubky 300 mm. Pro ilustraci je přiložen obrázek 4;
- pokládka geotextílie by měla směřovat vždy od vrchní hrany svahu kolmo dolů, nikoliv rovnoběžně s vrchní hranou svahu, pro znázornění je přiložen obrázek 5;
- pokládka by měla probíhat formou rolování. Je nežádoucí, aby se geotextílie pokládala natažená, protože může docházet k neúplnému kontaktu.

Tyto zásady navrhování a pokládky by se pro funkční protierozní ochranu měli dodržovat i u jutových geotextílií o plošné hmotnosti 250 g/m².



Obrázek 4 – Detail řešení a kotvení zámku (JUTA, 2019)



Obrázek 5 – Pokládka jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² u zářezového svahu železničního koridoru ve městě Tábor (JUTA, 2022)

Na obrázku 6 můžeme vidět stav svahu po jednom roce pokládky. Jutové geotextílie se nemusí udržovat, avšak je nutná kontrola jejich provedení, následné pozorování pokrývnosti vegetace a ujmoutí sadebního materiálu. Jako průkazní výsledek zkoušek se považují doklady o shodě dle zákona č. 22/1997 Sb, dále ve změně tohoto zákona č. 526/2020 Sb a dle nařízení vlády č. 163/2006 Sb. (JANA KALIBOVÁ, ústní sdělení 2022).



Obrázek 6 – Stav zářezového svahu železničního koridoru traťového úseku Modřice – Brno Horní Heršpice jeden rok po položení jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² (JUTA, 2022)

8.1.2. Kokosová

Kokosová vlákna patří mezi nejodolnější přírodní vlákna, díky jejich vysokému obsahu ligninu. Mezi přednosti kokosových geotextilií patří nízká hmotnost, snadná pokládka a biologická rozložitelnost. (Nallakumarasamy et al. 2015) Na obrázcích 7 a 8 jsou vzorky pro detailní představu velikosti vláken a ok v geotextílii.



Obrázek 7 – Vzorek kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² (Hlava, 2023)



Obrázek 8 – Vzorek kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 700 g/m² (Hlava, 2023)

Obdobně jako jutové geotextílie poskytují ochranu vrchní vrstvě půdy a po rozložení slouží jako mulč. (Ghosh et al. 2017) Kokosové tkané geotextílie jsou vyráběny o plošné hmotnosti 400 a 700 g/m² v šířkách 1 a 2 m. Plošná hmotnost 700 g/m² se používá spíše na strmější svahy, jak můžeme vidět na příkladu na obrázku 9. Pro speciální použití se vyrábějí také geotextílie s vyšší plošnou hmotností (900 a 1200 g/m²). Kokosové netkané geotextílie se dodávají o plošné hmotnosti 400 a 700 g/m² a šířce 3,0 m. Kokosové netkané geotextílie se používají spíše k mulčování nebo bývají součástí protierozních geokompozitů (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022).



Obrázek 9 – Kokosová geotextílie o plošné hmotnosti 700 g/m² v městském parku u pozemní komunikace v Brně (JUTA, 2022)

ASHA'ARI et al. (2021) na svém experimentu poukazuje na fakt, že na studovaném svahu o sklonu 27° byl povrchový odtok oproti holé půdě až o 4x vyšší. Z toho vyplývá, že za studovanou dobu pěti měsíců nebyla zlepšena infiltrace půdy. Z krátkodobého hlediska, co se týče infiltrace vody do půdy, měla holá půda lepší výsledky. Avšak z dlouhodobého hlediska, například v případě období stálých intenzivních dešťů, může kokosová geotextílie zabránit přebytečnému nasycení půdy, a efektivně tak pomáhat proti vzniku eroze. Dále po rozpadu, jakožto mulč, pomáhá růstu vegetace, která nadále může pomáhat k infiltraci vody do půdy i k ochraně proti erozi. Naproti tomu KALIBOVÁ et al. (2016) na experimentálním svahu v laboratoři o sklonu 9° došla k výsledkům, které naznačují, že holé plochy produkovaly výrazně vyšší povrchový odtok, výtok i ztrátu půdy. Při experimentu byly použity kromě jutové (500 g/m²) také kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 a 700 g/m² a obě dosáhly zmiňovaného lepšího výsledku než holá půda. U geotextílií byl v průběhu času sledován také její výkon, který postupně klesal. Geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m², která je na obrázku 10, byla ve výsledcích méně účinnější než geotextílie jutová a kokosová o vyšší plošné hmotnosti. Z kolize výsledků o povrchovém odtoku můžeme usoudit, že sklon svahu výrazně ovlivnil míru povrchového odtoku. Přestože vykazuje kokosová síť o vyšší plošné hmotnosti lepší výsledky, není příliš vhodná, pokud se nejedná o velmi strmý svah, kde může efektivně zabraňovat vodní erozi po dobu její životnosti (3-8 let). Díky jejím tlustým vláknům (8mm) a okům o rozměrech pouze

20 x 20mm, může bránit prorůstání nově vysázené vegetace (JUTA, ústní sdělení 2022).



Obrázek 10 – Stav svahu mostu u dálnice jeden rok po položení kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² (JUTA, 2022)

Zásady navrhování a pokládky kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² (JUTA, ústní sdělení 2022):

- přesah geotextílií přes sebe alespoň 200 mm;
- kotvení ocelovými skobami, kolíky;
- správné kotvení a pokládka;
- kotvení geotextílie v ploše svahu, a to v poměru 1,5 skoby/m²;
- správně vyřešený detail kotvení zámku na vrchu svahu. Každá kotva po 0,4 m (2,5 skoby/m²). Přesah pak minimálně 800 mm od hrany vrchního svahu, přičemž na posledních 300 milimetrech by měla být vytvořena vana na zapuštění zbylé geotextílie, a její následné zasypání. Geotextílie by měla být zapuštěna do hloubky 300 mm. Pro ilustraci je přiložen obrázek 4;
- pokládka geotextílie by měla směřovat od vrchní hrany svahu kolmo dolů, nikoliv rovnoběžně s vrchní hranou svahu, pro znázornění je přiložen obrázek 5;
- pokládka by měla probíhat formou rolování. Je nežádoucí, aby se geotextílie pokládala natažená, může totiž docházet k neúplnému kontaktu. Na obrázku 10 můžeme pozorovat zmíněný kontakt, geotextílie je zde viditelně přilnutá na svah.

Zásady navrhování a pokládky kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 700 g/m² jsou velmi obdobné, rozdíl je jen v kotvení

geotextílie v ploše svahu, kdy se zvyšuje poměr skob na m² a to 2,5 skoby/m² (JUTA, ústní sdělení 2022).

Zásady navrhování jsou tedy velmi podobné jako u jutové geotextílie, rozdíl je jen v počtu skob na m². Co se týče kontroly a údržby, platí stejné zásady, jako u jutové geotextílie, viz [kapitola 8.1.1](#), musíme však dbát ohled na jejich delší dobu rozkladu (JANA KALIBOVÁ, ústní sdělení 2022).

8.2. Travní rohože

Pro rychlé zatravnění erozně ohroženého svahu lze použít takzvané travní rohože s osivem. Jedná se o georohože, které obsahují netkané geotextílie z přírodních vláken, umělých vláken, nebo jejich kombinaci a dále nosič osiva (například papír), lepidlo, a vlastní osivo. Jednotlivé vrstvy jsou prošity přírodními nebo syntetickými provazy či nitěmi. Výjimečně mohou být vrstvy spojovány termicky či slepováním (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022). Zmiňované rohože disponují vyšším stupněm ochrany svahů než geotextílie, vhodným pro nesoudržné zeminy nebo zeminy s vyšším obsahem prachových částic, strmé a dlouhé svahy, svahy vystavené soustředěnému odtoku ze sousedních pozemků (tzv. cizí vodě), svahy vystavované intenzivním přívalovým srážkám, polohy nad 700 m. n. m. (TP 53 2003).

Travní rohože jsou sice v porovnání s geotextíliemi nákladnější a pracnější na pokládku, ale mají určité užitky, jimiž dle TP 53 (2003) jsou:

- okamžitá ochrana svahu proti erozi;
- možnost pokládky po celý rok (osivo je chráněno před vlivem vody, větru a náletem ptactva, travní porost vyrostě, až když má vhodné podmínky);
- omezení růstu plevelů z podloží;
- rovnoměrné rozložení osiva na ploše, rovnoměrný růst díky stejné hloubce uložení osiva;
- udržení vlhkosti pro rostliny;
- možnost stabilizace větších terénních nerovností a hlubokých erozních rýh pro vytvoření odtokových koryt s přirozeným travním povrchem.

Tento typ opatření funguje i jako mulč. Travní rohože lze uplatnit na svazích do 45°. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat složení oseední směsi, aby se zamezilo zavlečení invazních druhů rostlin. Při skladování nesmí travní

rohože s osivem vyschnout ani být vystaveny dešti nebo zemní vlhkosti, byla by ztracena ujímavost osiva. Současně je třeba zajistit dostatečnou závlahu. Případná náprava je velmi problematická. Proto se na svazích touto metodou v současné době zakládá jen velmi malé procento travních nebo travinobylinných porostů (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022; Milán Rajnoch, ústní sdělení 2022).

Při přípravě podloží pro položení travní rohože je třeba odstranit plevele, kamínky a staré kořeny a zajistit, aby podloží obsahovalo minimálně 20 cm úrodné půdy. Při pokládce geotextilie je nutné ji přichytit ocelovými skobami nebo plastovými či dřevěnými kolíky. Dále se musí překrýt vrstvou zeminy nebo písku o tloušťce 1 - 2 cm. Oproti geotextíliím je nutná údržba, a to v podobě zalévání. Během klíčení osiva je třeba pravidelně a hojně zalévat, aby nedocházelo k proschnutí. Poprvé trávník sečeme na cca 1/3 délky, jakmile dosáhne výšky 10 cm. Poté se postupuje jako při jiných způsobech ozelenění. Kontroly se provádějí obdobně jako u geotextílií (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022; TRAVNÍROHOŽ, 2023).

8.3. Mulčovací rohože

Mulčovací rohože jsou typem georochoží, které můžou být vyrobeny z přírodních či syntetických materiálů, nebo jejich kombinací. Nejčastěji je používána kokosová mulčovací rohož. V praxi se k ochraně svahů příliš nepoužívají, vhodné rohože jsou ty o malé plošné hmotnosti (např. 280 g/m^2), při větší plošné hmotnosti by na strmých svazích mohly bránit prorůstání vhodné vegetace (Ramos-Scharón et al. 2022).

V Portoriku, v oblasti farmy, kde se pěstuje káva, zkoumal na zářezových svazích RAMOS-SCHARÓN et al. (2022), vliv protierozního opatření, jakožto kokosové mulčovací rohože (kompresována a spojena dvěma polypropylenovými vrstvami) o nízké plošné hmotnosti 280 g/m^2 , a sledoval průběh růstu vegetace. Studie byla prováděna na neošetřených a ošetřených svazích účelových komunikací farmy, v aktivně obdělávané tropické oblasti. Svahy měly sklon od 45° do 75° a v průběhu 1 roku se prováděla kontrolní měření erodovaného sedimentu pomocí zachytávačů sedimentu. Na obrázku 11 můžeme vidět pokládku a kotvení kokosové rohože. Výsledky jednoznačně prokázaly účinnost kokosové geotextilie a nově vzrostlé vegetace. Nejenom, že ošetřené svahy výrazně snížily množství usazeného sedimentu, ale také celkově snížily míru eroze v celé oblasti farmy.

Tento fakt dokazuje, že neošetřené svahy komunikací mohou negativně ovlivnit i okolní oblasti. V České republice se dle příkladů z praxe spíše setkáváme se zanášením odtokových kanálů, které pak mohou způsobit problémy u daného povodí.



Obrázek 11 – Pokládka kokosové rohože na svah (Ramos-Scharrón et al., 2022)

Kokosové rohože mají lehce odlišné způsoby navrhování. Pro zajištění stability svahu se v koruně a patě vytvoří kotevní rýhy hloubky minimálně 250 mm a šířky 500 mm. Od vrchní hrany svahu musí být kotevní rýhy vzdálené minimálně 300 mm. Poté jsou zásady podobné jako u geotextilií. Rohož se roluje na předem upravený a osetý svah. Minimální přesah stačí u rohoží 100 mm. Kotví se dřevěnými nebo ocelovými kolíky. Podél okrajů a v místech překladů se rohože kotví po 1-1,5 metru. Kotvení po ploše závisí na sklonu svahu a provádí se v roztečích od 1 metru u strmějších svahů, a až 2 metry u mírných svahů. V případě použití mulčovacích materiálů na rohože je potřeba instalovat vodorovně uložená dřevěná prkna. Údržba a kontrola je stejná jako u geotextilií (GEOROHOŽE; Jana Kalibová, ústní sdělení 2022).

9. Trvalé protierozní materiály

Georohože se používají k ochraně proti erozi na březích a svazích. Vyrábí se z propustných polymerních vláken a spojují se různými způsoby. Mohou být vyztuženy geomříží nebo ocelovou sítí, která zajišťuje vyšší pevnost. Po instalaci se rohože zasypávají směsí humusu s travním semenem, a to napomáhá přirozenému vzhledu krajiny.

Geomříže jsou materiály, které se využívají především v dopravním stavitelství. Jsou určeny k vyztužení a stabilizaci zeminy, zpevnování opěrných zdí a svahů. Existují různé tvary a formy, které nabízejí různé možnosti.

Geosít' je plochý polymerní produkt složený z husté sítě žeber spojených do rovnoběžných sad a překrývajících se pod různými úhly. Na rozdíl od geomříží slouží lépe ke správnému odvodnění vody.

3D panely jsou ocelové mřížové struktury, které se používají na velmi strmých svazích, které tvoří nesourodý sypký materiál. Panely se vyrábí žárovým zinkováním nebo poplastováním. Spoje jsou tvořeny vázacími smyčkami a vyztuženy jsou ocelovými tyčemi. Do svahu se kotví pomocí kotevních tyčí.

Gabion je konstrukční prvek, vyrobený v podobě ocelového koše, který může být chráněn plastovou vrstvou nebo pozinkováním. Nejčastěji se vyplňuje kamením nebo drceným betonem. Gabion umožňuje růst vegetace díky volnější struktuře usazení zeminy. V porovnání s jinými opěrnými zdmi jsou gabiony méně nákladné. Navíc propouštějí vodu, a tak není nutná dodatečná drenáž.

Zatravňovací betonová dlažba podporuje stabilitu svahu a podporuje růst zeleně. Používá se především na ohrožených svazích. Je vyráběna vibrolisováním směsi betonu, a proto je těžší než plastové zatravňovací dlaždice. Vyrábí se v různých barvách, tvarech a provedeních.

Plastové zatravňovací dlaždice umožňují lepší vsakování vody do podloží v porovnání s betonovými dílci. Dlaždice se skládají z různých prvků, které kopírují reliéf terénu. Nejčastěji se používají na vodních či drážních tělesech nebo u svahů a srázů silnic a dálnic.

Geobuňky jsou trojrozměrné prvky, tvořeny z pásků fólie spojených lokálně svářením, lepením nebo páskováním k sobě. Otvory ve fólii umožňují propustnost vody. Geobuňky se používají pro stabilizaci strmých opěrných svahů, nebo jako protierozní ochrana svahů a koryt řek.

Geokompozit je materiál, který se skládá z geosítě nebo jiného materiálu, který tvoří jádro a geotextilie, a geomembránou nebo jiným materiálem v horní a dolní vrstvě. Účelem je především zábrana vniknutí částic zeminy do drenážního systému. Geokompozit se obvykle používá pro zajištění stability a odvodnění konstrukcí.

3D kompozitivní síť je vyrobena pletením a je nejčastěji použita pro stabilizaci zemních konstrukcí příkrých svahů. Zajišťuje vysokou pevnost v tahu a celkovou stabilitu. Podporuje ozelenění svahů a současně chrání izolační vrstvy před narušením rostlin.

Této kapitole se více věnuje kolega Jakub Nývlt v jeho bakalářské práci „Trvalé materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby“. Popisuje zde důkladněji i způsoby navrhování a údržby.

10. Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo shrnutí zásad navrhování protierozních opatření přírodního charakteru na svazích pozemních komunikací v souladu s aktuální praxí a potřebami. Práce se zaměřuje na vegetační část a neřeší stabilitu zemního tělesa. Nové TP 53 by mělo v případě potřeby posloužit i laikům a mělo by pomoci porozumět problematice protierozní ochrany svahů u pozemních komunikací. Technické podmínky samy o sobě nejsou závazným právním předpisem, nicméně, právní předpis se v případě pochybení může opřít o adekvátní technické podmínky, a tím nabírají právní závaznost.

Při tvorbě této bakalářské práce byla velmi přínosná účast na odborném semináři, kde jsme byli seznámeni s nejčastějšími problémy u svahů pozemních komunikací. Nejčastějším zmiňovaným problémem bylo buď nevhodně zvolené protierozní opatření, nebo špatná aplikace protierozního materiálu. Předpokladem pro úspěšné zabezpečení svahu je kromě zajištěné stability zemního tělesa a odvedení cizích vod, volba vhodného protierozního materiálu, dodržení technických postupů při realizaci a odpovídající údržba. Materiál by měl být certifikovaný, avšak u přírodních materiálů je certifikace problémem. Vlákna přírodních materiálů totiž nemají konstantní vlastnosti. U přírodních prvků záleží na úrodě v daném roce (Jana Kalibová, ústní sdělení 2022).

Dokumentů, pro návrh a realizaci travinných společenstev a bylin pro podporu protierozního výsevu a výsadby, bylo dostatek již v době zpracovávání TP 53. Tato práce doplňuje TP 53 o více možností druhů bylin dle novodobých poznatků. Co se týče dřevin, myslím si, že zásadní novodobý dokument pro navrhování dřevin u pozemních komunikací je SPPK A02 010 (2020) – Péče o dřeviny kolem veřejné infrastruktury, kde jsou shrnuty parametry pro výsadby, a následnou péči zeleně u dopravní infrastruktury. Dokument doplňuje skutečnosti manuálu TP 99 a přispívá modernějšími znalostmi. U vegetačních materiálů se v případě navrhování v České republice musí dbát na přírodní a klimatické podmínky České republiky.

Nové metody se objevují u hydroosevu. Jelikož je hydroosev poměrně hojně používaná technologie, je na ni vypracováno mnoho vědeckých článků a studií. Tudíž technologie se může díky objevům neustále vyvíjet. Poměrně velkým trendem za posledních 20 let je přidávání směsi z městského odpadu či směsi

z čistírenského kalu do hydroosevní směsi. Výzkumy potvrzují výhodu nejenom ve využití části odpadního materiálu, ale i ve snižování povrchového odtoku a snížení důsledků eroze oproti hydroosevu bez přidání těchto směsí. Bylo by vhodné dále zkoumat a šířit tak výhodné inovativní metody.

Oproti staré verzi TP 53 byly v dané oblasti doplněny nejnovější vědecké poznatky a podrobný postup aplikace a údržby na základě znalostí z praxe. Přírodní geotextílie se používají především na svazích do 45-60°, v zásadě tam, kde je půda příliš tvrdá na zakořenění samotné vegetace (Howell 1999). Syntetické materiály by se měly navrhnout až v případech, kdy dochází k vysoké míře eroze, nebo v případech potřeby rychlého zatravnění pro snížení důsledků eroze až skoro okamžitě.

V případě, že erozí není svah ani jeho okolí zásadně ohroženo, a stabilita svahu je, a minimálně v následujících letech bude zajištěna, můžeme volit přírodní geotextílie. V praxi, jak již bylo v práci zmíněno, jsou tyto materiály spíše známé jako „sítě“ nebo „rohože“. To vyvolává otázku, proč není jednotná terminologie pro tyto materiály. Dá se předpokládat, že za to může vývoj materiálu a jeho podoba. Pro správné užívání termínu si myslím, že by mohlo pomoci do detailu zkoumat dané materiály v závislosti na délce svahu, sklonu svahu a typu půdy v našem podnebí a stanovit spolu se syntetickými materiály vzorové svahy pro každý typ půdy, dle kterého by mohlo být urychleno vybírání typu geotextílie.

V principu se jutová i kokosová geotextílie pokládá i navrhuje a realizuje stejně, rozdíl je jen u počtu skob či kolíků na m² a jejich volba v závislosti na svahu, kde jutové geotextílie jsou vhodnější na svazích s menšími sklony, naopak kokosové geotextílie se více hodí pro svahy s vyššími sklony. Na obrázku 5 si můžeme všimnout nesprávné pokládky, kde dochází k natahování geotextílie. Hrozí zde riziko špatného kontaktu geotextílie s povrchem. Dle zásad navrhování, by se geotextílie měly po svahu rolovat. Z obrázku 6 vyplívá, že nebyl dodržen přesah rolí, nebo nebylo správně vyřešené kotvení. Naopak na obrázku 10 můžeme pozorovat správné přilnutí geotextílie a růst vegetace. Výzkumy zkoumají jutovou i kokosovou geotextílii na různých sklonech svahu. Zajímavostí je porovnání dvou výsledků experimentu kokosové geotextílie s holou půdou. KALIBOVÁ et al. (2016) ve svém výzkumu v laboratorních podmínkách na svahu o sklonu 9° vyšly výsledky ve prospěch kokosových geotextílií obou zkoumaných plošných hmotností. Zatímco ASHA'ARI et al. (2021) na svém experimentu v kampusu ve státě Brunej, na svahu o sklonu 27° došel k výsledkům, že povrchový odtok na zkušebním svahu s kokosovou geotextílií, byl až o 4x vyšší než kontrolní svah s holou půdou. Ani jedna ze zmiňovaných studií neřešila obsah půdy. Samotné se používají pouze

tkané geotextílie, na ochranu vrchní vrstvy svahu proti erozi nejsou vhodné samotné netkané geotextílie. Zde se praxe od teoretických východisek neliší, a dle zástupců firem zúčastněných na semináři je toto dodržováno.

Přírodní materiály jsou výhodné díky své biodegradabilitě. V případě vhodného výběru materiálu mohou efektivně napomoci svahu obnovit přirozenou vegetaci. Ozeleněný svah, jak bylo v práci zmiňováno, je hlavním požadovaným výstupem navrhování přírodních protierozních opatření. Myslím si, že by přírodní geotextílie zasloužily více pozornosti a více výzkumů, které by mohly vést k informacím důležitým pro budoucí řešení této problematiky.

11. Závěr a přínos práce

Tato bakalářská práce pomůže ke zlepšení povědomí o problematice přírodních protierozních materiálů a může být také nápomocná při navrhování protierozní ochrany svahů pozemních komunikací. Stěžejním přínosem práce je propojení výstupů poznatků praxe a výzkumu.

Z odborného semináře v Kostelci nad Černými lesy vyplynulo, že nejvíce problémů na svazích vzniklo buď nedodrženými zásadami navrhování dané geotextílie, nebo špatně zvoleným materiálem. Proto je nutné dodržovat zmiňované zásady pro navrhování, jakožto přesah geotextílií, kotvení skobami či kolíky a správný detail zámku na vrchu svahu. Cílem zajištění protierozní ochrany není přírodní nebo trvalý protierozní materiál, ale vegetační pokryv, který ale zakořenění a následnou ochranu často nezvládá sám. Poté je třeba volit opatření přírodního charakteru, které by se mělo volit primárně, protože kromě stabilizující funkce má vliv i na vodní režim. Pokud by se vegetace na svahu nebyla schopna sama udržet, musí se přejít na trvalé protierozní materiály. Správným záměrem by tedy měl být ozeleněný svah.

Celkově vyšlo najevo, že použití přírodních geotextílií je při správném použití vhodné pro zpevnění vrchní části půdy a pro uchycení kořenů vegetace. I přestože nepomáhají ke statickému zajištění svahu, mají významný vliv na průběh eroze před tím, než vzroste vegetace, chrání osivo a mohou po rozkladu pomáhat jako mulč pro danou vegetaci. Z praxe vyšlo najevo, že je třeba dbát na jednotlivé zásady navrhování geotextílií a dané oševní postupy vegetací. V případě nedodržování postupů může eroze na svahu vést až k porušení statické části svahu. Ta, již zmíněnými protierozními opatřeními v této práci, řešit nelze. Odchytky v terminologii dle mého názoru není možno jednoduše eliminovat, díky „zajeté“ praxi.

12. Termíny a definice

Pro upřesnění a pochopení problematiky, je nutné znát terminologii dle platných norem. V praxi se často chybí v termínech spojených s přírodními protierozními materiály. Pro upřesnění jsou použity i termíny z odborné literatury. Použité normy: ČSN 75 0140, ČSN 75 0142, ČSN 83 9001, ČSN 83 9041, ČSN EN ISO 10318-1.

činitelé vodní eroze (soil water erosion factors) – jsou to faktory R - erozivity deště, K - erodovatelnosti půdy, L - délky svahu, S - sklonu svahu, C - ochranného vlivu vegetace, P - protierozních opatření (Novák, P., Zlatušková, S., 2012)

délka svahu (slope length) – vzdálenost mezi horním a dolním okrajem svahu po spádnicí (ČSN 75 0142)

dřevina (woody species, tree species) –víceletá rostlina, jejíž stonek nebo kmen dřevnatí při tloušťkovém a výškovém růstu. Člení se na stromy a keře (ČSN 75 014)

- **půdoochranná** – dřevina s vysokým půdoochranným a protierozním účinkem (ČSN 75 0140), podporující infiltraci vody do půdy.

eroze (erosion) - rozrušování zemského povrchu erozními činiteli, spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu (ČSN 75 0140)

- **větrná** (wind) – přírodní jev, při kterém vítr působí na povrch půdy svou mechanickou silou, rozrušuje půdy a uvolňuje půdní částice, které uvádí do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde po snížení rychlosti větru dochází k jejich ukládání (ČSN 75 0142)
- **vodní** (water) – rozrušování půdy nebo hornin zpravidla tekoucí vodou (ČSN 75 0142)

geobuňka (geocell) – trojrozměrná propustná polymerní (syntetická nebo přírodní) ve tvaru včelího plástu nebo podobné buněčné struktury, vyrobená spojením pásků geosyntetik; zkratka GCE (ČSN EN ISO 10318-1)

geokompozit (geocomposite) – průmyslově vyrobený sdružený materiál, který mezi svými složkami obsahuje nejméně jeden geosyntetický výrobek; zkratka GCO (ČSN EN ISO 10318-1)

geomříž (geogrid) – plošná polymerní konstrukce sestávající z pravidelné otevřené sítě pevně spojených tahových prvků, které je možné spojit

vytlačováním, pojením nebo propletením nebo provázáním a jejíž otvory jsou větší než její prvky; zkratka GGR (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97

geopás (geostrip) – polymerní materiál ve tvaru pásu o šířce maximálně 200 mm, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály v geotechnice a stavebním inženýrství; zkratka GST (ČSN EN ISO 10318-1)

georochož (geomat) – trojrozměrná propustná struktura vyrobená z polymerních monofilamentů / z polymerních nekonečných vláken a/nebo jiných prvků (syntetických nebo přírodních), mechanicky a/nebo tepelně a/nebo chemicky a/nebo jiným způsobem spojených; zkratka GMA (ČSN EN ISO 10318-1)

geosít' (geonet) – geosyntetika sestávající z rovnoběžných soustav žebér uložených přes sebe a pevně spojených obdobnými soustavami v různých úhlech (např. síťováním / uzlováním); zkratka GNT (ČSN EN ISO 10318-1)

geotextilie (geotextile) – plošný, propustný, polymerní (syntetický nebo přírodní) textilní materiál, který může být netkaný, pletený nebo tkaný, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály v geotechnice a stavebním inženýrství; zkratka GTX (ČSN EN ISO 10318-1)

- **netkaná** (nonwoven geotextile) – geotextilie vyrobená z urovnaných nebo nahodile orientovaných staplových vláken, nekonečných vláken nebo jiných prvků pojených mechanicky, tepelně nebo chemicky; zkratka GTX-NW (ČSN EN ISO 10318-1)
- **pletená** (knitted geotextile) – geotextilie vyrobená proplétáním smyček z jedné nebo více přízí, nekonečných vláken nebo jiných prvků; zkratka GTX-K (ČSN EN ISO 10318-1)
- **tkaná** (woven geotextile) – geotextilie vyrobena provazováním, obvykle v pravém úhlu, dvou nebo více soustav nití z nekonečných vláken, pásků nebo jiných prvků; zkratka GTX-W (ČSN EN ISO 10318-1)

geosyntetika (geosynthetic) – druhový termín popisující výrobek, u něhož alespoň jedna složka je vyrobena ze syntetického nebo přírodního polymeru ve tvaru fólie, pásu nebo trojrozměrné struktury, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály v geotechnice a stavebním inženýrství; zkratka GSY (ČSN EN ISO 10318-1)

hydroosev (hydroseeding) – způsob zakládání porostu, nejčastěji trávníku, při kterém se nastříkuje na povrch terénu osivo promíchané s vodou jako nosným

médiem, materiály na zlepšení půdy, hnojivy, pojivem a mulčovacím materiálem (ČSN 83 9001)

metoda výsevu (Seed sowing method) – výsev, při kterém je osivo zapraveno do půdy v kombinaci s některými materiály a látkami (hnojiva, pojiva, mulčovací materiály, látky a materiály pro zlepšování půdy) (ČSN 83 9041)

ochrana proti erozi povrchu (svahu) (surface erosion control) – použití geosyntetických materiálů k zabránění nebo omezení pohybů zeminy nebo jiných částic, např. po povrchu svahu (ČSN EN ISO 10318-1)

ochrana (svahu) (protection) – zabránění nebo omezení místního poškození daného prvku nebo materiálu použitím geosyntetického materiálu (ČSN EN ISO 10318-1)

odolnost půdy proti erozi (erosion resistance) – schopnost půdy odolávat erozi podmíněná fyzikálně – chemickými vlastnostmi půdy (ČSN 75 0142)

odtok (runoff) – odtékání vody, jak po povrchu, tak i půdou. Množství povrchové nebo podpovrchové vody odtékající z povodí za časové období (Hrazení bystřin – slovník, 1984).

- **povrchový** (surface runoff) – pohyb části srážkové vody, která se nevypařila ani nevsákla; složka celkového odtoku, která odtéká z povodí po povrchu terénu (ČSN 75 0142); určuje se jako objem za uvažované období (ČSN 75 0140)

plošná hmotnost (mass per unit area) – poměr hmotnosti zkušební vzorku, o stanovených rozměrech, k jeho ploše (POZNAMKA 1 k heslu Veličina se vyjadřuje v gramech na metr čtvereční (g/m^2)). (ČSN EN ISO 10318-1)

rohož zatravnovací (weeding mat, matting) – rohož se zetlívající nosné tkaniny s vloženým osivem (ČSN 83 9041)

rýha erozní (erosion rill) – zářez v půdě o hloubce a šířce několika desítek centimetrů vzniklý erozní činností vody (ČSN 75 0140)

rýžka erozní (erosion rill) – zářez v půdním povrchu hloubce a šířce několika centimetrů vzniklý erozní činností vody nebo tajícího sněhu (ČSN 75 0140)

sediment erodovaný (eroded sediment) – přemístěný erodovaný materiál, který se usadil (ČSN 75 0142)

sedimentace (sedimentation) – tvořivá činnost vnějších geologických a erozních sil – větru, vody, ledovců a organismů, ukládání materiálu odneseného z jiných částí zemského povrchu (Novák, P., Zlatušková, S., 2012)

voda vnější, cizí voda (extraneous water) – povrchová a podpovrchová voda přitékající na dané území ze sousedních ploch (ČSN 75 0142)

13. Přehled literatury a použitých zdrojů

ALBALADEJO MONTORO J., CASTILLO V., DÍAZ E., 2000: Soil loss and runoff on semiarid land as amended with urban solid refuse. *Land Degradation and Development*, Volume 11, P. 363-373

ÁLVAREZ MOZOS J., ABAD E., GIMENÉZ R., CAMPO M. A., GOÑI M., ARIVE M., CASALÍ J., DÍEZ J., DIEGO I., 2014a: Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 1. *Catena*, Volume 118, P. 168-178

ÁLVAREZ MOZOS J., ABAD E., GOÑI M., GIMENÉZ R., CAMPO M. A., DÍEZ J., CASALÍ J., ARIVE M., DIEGO I., 2014b: Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 2 Influence. *Catena*, Volume 121, P. 195-203

ASHA'ARI M. A., RAHMAN E. K. A., RATNAYAKE U., JIANN TAN S., SHAMS S., 2021: Field evaluation of using coconut husk and fibre to control slope erosion. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Volume 646, Article 012044

BHATTACHARYYA R., SMETS T., FULLEN M.A., Poesen J., BOOTH C.A., 2010: Effectiveness of geotextiles in reducing runoff and soil loss: A synthesis. *Catena*, Volume 81, P. 184-195

CABLÍK J., JÚVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy; Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Státní zemědělské vydavatelství, Praha, 324 s.

CERDÀ A., 2007: Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. *Science of the Total Environment*, Volume 378, P. 151-155

ČSN 83 9041:2006 Technologie vegetačních úprav v krajině – Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy, výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce

ČSN 75 0140:2016 Meliorace - Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy

ČSN 75 0142:1992 Vodní hospodářství. Názvosloví protierozní ochrany půdy

ČSN 83 9001:1999 Sadovnictví a krajinářství - Terminologie - Základní odborné termíny a definice

ČSN EN ISO 10318-1:2015 Geosyntetika - Část 1: Termíny a definice

DE OÑA J., OSORIO F., FERRER A., 2011: Erosion and vegetation cover in road slopes hydroseeded with sewage sludge. *Transportation Research Part D* 16, P. 465 - 468

FAY L., SHI X., AKIN M., 2012: Cost-Effective and Sustainable Road Slope Stabilization and Erosion Control. National Academy of Sciences, WASHINGTON, D.C., 83 s.

GEORHOŽE: Georohože (online) [cit. 2023.03.29], dostupné z: <<https://www.georohoze.cz/>>.

GHOSH S. K., BHATTACHARYYA R., MONDAL M.M., 2017: Potential Applications of Open Weave Jute Geotextile (Soil Saver) in Meeting Geotechnical Difficulties. Procedia Engineering, Volume 200, P. 200 – 205

HOWELL J., 1999: Roadside bio-engineering. Department of Roads, His Majesty's Government of Nepal, Babar Mahal, 162 s.

CHEN S., CHANG K. T., 2011: The efficiency of artificial materials used for erosion control on steep slopes. Environmental Earth Sciences, Volume 62, P. 197-206

JANEČEK M., a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Metodika, VUMOP, Praha, 117 s., dostupné na: <https://knihovna.vumop.cz/media-viewer?rootDirectory=27&origin=https%3A%2F%2Fknihovna.vumop.cz%2Frecords%2Fbfc7fcb2-35ba-486b-93fe-c2d00a31b8d9#!?file=90>

JANEČEK M a kol., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 173 s.

KALIBOVÁ J., JAČKA L., PETRŮ J., 2016: The effectiveness of jute and coir blankets for erosion control in different field and laboratory conditions. Solid Earth, Volume 7, P. 469-479

KAVKA P., VANÍČEK M., MAREK O., ZUMR D., TEJKL A., KUBÍNOVÁ R., NEUMANN M., DUFKA D., 2020: Ochrana umělých svahů před erozí a stabilizace povrchové vrstvy. Metodika, ČVUT v Praze. 29 s., dostupné na: https://smoderp.fsv.cvut.cz/data/files/Metodika_SVAHY_X.pdf

LIU H., LIU L., ZHANG K., GENG R., 2022: Effect of combining biogeotextile and vegetation cover on the protection of steep slope of highway in northern China: A runoff plot experiment. International Journal of Sediment Research, doi:10.1016/j.ijsrc.2022.11.003

MITCHELL D.J., BARTON A.P., FULLEN M.A., HOCKING T.J., WU BO ZHI, ZHENG YI, 2003: Field studies of the effects of jute geotextiles on runoff and erosion in Shropshire, UK. Soil Use and Management, Volume 19, P. 182-184

NALLAKUMARASAMY G., JAGADEESH D., VENKATACHALAM R., 2015: Tribological and Thermal Characterization of Glass Fiber-A Review. J. Environ. Nanotechnol, Volume 4, P. 27–30

Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky

NOVÁK P., ZLATUŠKOVÁ S., 2012: Výkladový terminologický slovník pedologie. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i, Praha, 150 s.

RAMOS-SCHARRÓN C. E., ALICEA-DÍAZ E. E., FIGUEROA-SÁNCHEZ Y. A., VIQUEIRA-RÍOS R., 2022: Road cutslope erosion and control treatments in an actively-cultivated. Catena, Volume 209, Part 2, Article 105814

tropical montane setting

RANGANATHAN S. R., 1994: Development and Potential of Jute Geotextiles. Geotextiles and Geomembrane, Volume 13, P. 421-433

RICKSON R. J., 2006: Controlling sediment at source an evaluation of erosion control geotextiles. Earth Surface Processes and Landforms, Volume 31, P. 550-560

SHAH B.H., 2008 Field Manual of Slope Stabilization. United Nations Development Program, Pakistan, 80 s., dostupné na: <http://www.erra.gov.pk/Reports/Environment/slope%20stabilization.pdf>

SPPK A02 010:2020 Péče o dřeviny kolem veřejné dopravní infrastruktury

TP 53: 2003 Protierozní ochrana na svazích pozemních komunikací

TP 83: 1997 Odvodnění pozemních komunikací

TP 99: 2004 Vysazování a ošetřování silniční vegetace

TRAVNÍROHOŽ, 2023: Travní rohož s osivem EKOGRASS (online) [cit. 2023.03.29], dostupné z: <<https://www.travnirohoz.cz/travni-rohoz-s-osivem-ekograss/>>

ÚVTIZ a ČSA, 1984: Hrazení bystřin: český a slovenský terminologický slovník s ruskými, německými a anglickými ekvivalenty. Praha, 79 s.

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Zákon č. 526/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, ve znění pozdějších předpisů

14. Seznam obrázků

Obrázek 1: Nevhodný směr pokládky a typ přírodního protierozního materiálu na zářezovém svahu (JUTA, 2013)

Obrázek 2: Vzorek jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² (Hlava, 2023)

Obrázek 3: Detail jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² po jednom roce položení (JUTA, 2022)

Obrázek 4: Detail řešení a kotvení zámku (JUTA, 2019)

Obrázek 5: Pokládka jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² u zářezového svahu železničního koridoru ve městě Tábor (JUTA, 2022)

Obrázek 6: Stav zářezového svahu železničního koridoru traťového úseku Modřice – Brno Horní Heršpice jeden rok po položení jutové geotextílie o plošné hmotnosti 500 g/m² (JUTA, 2022)

Obrázek 7: Vzorek kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² (Hlava, 2023)

Obrázek 8: Vzorek kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 700 g/m² (Hlava, 2023)

Obrázek 9: Kokosová geotextílie o plošné hmotnosti 700 g/m² v městském parku u pozemní komunikace v Brně (JUTA, 2022)

Obrázek 10: Stav svahu mostu u dálnice jeden rok po položení kokosové geotextílie o plošné hmotnosti 400 g/m² (JUTA, 2022)

Obrázek 11 – Pokládka kokosové rohože na svah (Ramos-Scharrón et al., 2022)