

# TP 53

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

## **PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ NA SVAZÍCH PK**

TP 53

prosinec 2023





Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem liniových staveb a silničního správního úřadu pod č. j. MD-43117/2023-930/2 ze dne 19. 12. 2023 s **účinností od 1. 1. 2024**, se současným zrušením TP 53 Protierozní opatření na svazích PK schválené Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. 304/03-120-RS/1 ze dne 3. června 2003 s účinností od 1. července 2003.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

**Distribuce pouze v elektronické podobě na webu [pjpk.cz](http://pjpk.cz).**

# Obsah

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
1.1 Předmět technických podmínek .....	5
1.2 Změny oproti předchozí verzi .....	6
1.3 Související právní předpisy.....	6
1.4 Související technické normy.....	7
1.5 Související technické předpisy .....	9
1.6 Související zahraniční předpisy .....	9
1.7 Použitá literatura .....	9
1.8 Termíny a definice.....	12
1.9 Značky .....	19
<b>2 EROZE A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ JEJÍ VZNIK .....</b>	<b>21</b>
2.1 Vodní eroze .....	21
2.2 Větrná eroze.....	21
2.2.1 Klimatické a hydrologické poměry.....	21
2.2.2 Morfologické poměry .....	22
2.2.3 Geologický a půdní faktor .....	22
2.2.4 Vegetační faktor.....	23
2.2.5 Antropogenní činitelé .....	23
<b>3 VÝPOČET ODTOKOVÝCH POMĚRŮ.....</b>	<b>24</b>
3.1 Výpočet odtoku ze zpevněných povrchů tělesa pozemní komunikace .....	25
3.2 Výpočet odtoku ze zemních svahů pozemních komunikací.....	25
3.3 Výpočet „vnějších, cizích“ vod .....	26
3.3.1 Základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400.....	27
3.3.2 Metoda čísel odtokových křivek (CN) .....	27
3.3.3 Fyzikálně založené metody určení hydrologických charakteristik.....	29
3.4 Zdroje dat pro výpočet odtoku .....	30
3.4.1 Tvar povrchu .....	30
3.4.2 Informace o typu povrchu .....	31
3.4.3 Půdní data.....	31
3.4.4 Návrhové srážky a stav počátečního nasycení.....	31
<b>4 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ (PEO).....</b>	<b>33</b>
4.1 Metody a materiály pro protierozní ochranu .....	34
4.1.1 Způsoby založení protierozních travních a travinobylinných společenstev .....	35
4.1.2 Způsoby výsadby protierozních porostů dřevin .....	40
4.1.3 Přírodě blízké materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby .....	42
4.1.4 Trvalé materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby .....	46
4.1.5 Biotechnické protierozní konstrukce.....	48
4.1.6 Technické protierozní konstrukce.....	54
4.1.7 Sanační protierozní opatření .....	60
4.2 Protierozní opatření realizovatelná na přilehlých pozemcích .....	60

4.2.1	Organizační .....	60
4.2.2	Agrotechnická .....	61
4.2.3	Technická .....	61
4.3	Protierozní opatření realizovatelná na zemním tělese komunikací.....	61
4.3.1	Technická .....	62
4.3.2	Biologická .....	62
4.3.3	Kombinovaná .....	62
<b>5</b>	<b>ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ (PEO) .....</b>	<b>63</b>
5.1	Obecné zásady .....	63
5.1.1	Předpoklady pro úspěšný návrh .....	63
5.1.2	Pokyny investora.....	63
5.1.3	Podklady a výsledky průzkumných prací .....	64
5.1.4	Vlastní návrh protierozních opatření.....	64
5.1.5	Kontrola realizace PEO.....	65
5.2	Postup aplikace jednotlivých opatření.....	65
5.2.1	Opatření na povrchu svahu.....	66
5.2.2	Opatření těsně pod povrchem svahu .....	72
5.2.3	Opatření „v zemním tělese“ .....	73
<b>6</b>	<b>ÚDRŽBA .....</b>	<b>74</b>
6.1	Údržba technických protierozních opatření.....	74
6.2	Péče o vegetaci .....	75
6.2.1	Péče o travní porosty .....	75
6.2.2	Péče o dřeviny.....	76
6.3	Sanace erozí poškozených svahů .....	77
6.3.1	Posouzení příčin vzniku poškození.....	77
6.3.2	Způsoby provádění sanací .....	77
<b>7</b>	<b>ZKOUŠENÍ A KONTROLA.....</b>	<b>77</b>
7.1	Druhy zkoušek geosyntetik .....	78
7.2	Kontrola a zkoušení hotového protierozního opatření.....	78

## Seznam příloh

Příloha 1	Kritické, normové tečné napětí a maximální přípustná rychlost proudění vody, resp. suspenze vody, splavenin a spláví .....	79
Příloha 2	Manningův drsnostní součinitel .....	81
Příloha 3	Řešený příklad výpočtu odtoku ze zemních svahů pozemních komunikací.....	83
Příloha 4	Číslo odtokové křivky CN .....	88
Příloha 5	Řešený příklad výpočtu „vnějších, cizích“ vod .....	89
Příloha 6	Hodnoty pro půdy podle české klasifikace a USDA klasifikace .....	91
Příloha 7	Doporučené travní a travinobylinné směsi .....	93
Příloha 8	Doporučené dávkování fixačních a mulčovacích materiálů do směsi pro hydroosev .....	95
Příloha 9	Seznam dřevin doporučených k výsadbě podél silničních komunikací – ukázka.....	96
Příloha 10	Klejonáž – postup prací při realizaci .....	108

# 1 Úvod

## 1.1 Předmět technických podmínek

Technické podmínky jsou zaměřeny především na vodní erozi půdy na svazích zemních těles pozemních komunikací, na příčiny vzniku eroze na těchto plochách a na protierozní opatření, která souvisejí s ochranou povrchu zemního tělesa pozemní komunikace před nepříznivým působením klimatických vlivů. Řešení větrné eroze půdy na pozemcích pozemních komunikací není technicky proveditelné; každé protierozní opatření pro ochranu proti vodní erozi má současně vliv na snížení větrné eroze půdy a prašnosti v koridoru pozemní komunikace.

Technické podmínky se zabývají jednotlivými technologiemi, které mají protierozní charakter a vhodně spojují technická a biologická opatření. Vegetace je tím nejvhodnějším materiálem, který nejen chrání svahy před erozí, ale i vhodně začlení technické dílo do krajiny. Pouze spojení technických a biologických opatření dává záruku dobře a trvale chráněných svahů pozemních komunikací proti erozi a umožňuje včasnou a efektivní údržbu.

Termín „ochrana proti erozi povrchu“ je definovaný v ČSN EN ISO 10318-1:2015 + A1:2018. Podmínky pro návrh a aplikaci geosyntetik s funkcí ochrana proti erozi povrchu jsou obsaženy v TP 53.

Předpis shrnuje současné poznatky z výzkumu a praxe a platí pro navrhování, provádění, opravy a údržbu protierozních opatření na svazích zemního tělesa pozemních komunikací (dále jen PK).

Při tvorbě byly využity výstupy výzkumných projektů NAZV, Ministerstva zemědělství ČR:

- QK21020069 „Korekce hodnot erodovatelnosti půdy dle morfologie terénu v rámci erozně uzavřených celků pro potřeby zpřesnění identifikace erozně ohrožených ploch“.
- QK22020053 „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“.
- QK22020146 „Technická doporučení pro hospodaření s vodou v rámci lesní dopravní sítě“.

Předmětem předpisu je:

- ochrana svahu PK proti erozi povrchu tvořeného půdou / zeminou s různým podílem štěrku v rostlém stavu (výkopy) nebo ve formě (umělých) násypů, resp. protierozní ochrana vegetační vrstvy půdy uložené na povrchu svažitých ploch zemního tělesa PK, které vznikají tzv. jemnými terénními úpravami (humusováním / ohumusováním),
- stanovení podmínek a požadavků pro návrh a aplikaci geosyntetik s funkcí ochrany proti erozi povrchu,
- způsob návrhu protierozních opatření podle daných stanovištních podmínek a podle požadovaného koncového stavu svahu,
- identifikace vlastností geosyntetik, které jsou pro danou funkci klíčové, jejich specifikace,
- vyjmenování postupů nutných k protieroznímu zabezpečení povrchu svahu PK,
- shrnutí zásad pro manipulaci a skladování ochranných materiálů tak, aby nedošlo k jejich poškození před aplikací na svah,
- hodnocení erozního poškození / rizika,
- metody sanace erozí poškozených svahů,
- stanovení požadavků na průkazní a kontrolní zkoušky geosyntetik.

#### Předmětem předpisu není:

- statická stabilita svahu a celého zemního tělesa – viz ČSN 73 6133, ČSN EN 1990, ČSN EN 1997-1,
- návrh opěrných, zárubních a obkladních zdí – viz ČSN EN 1991, TKP 30, M2,
- způsob návrhu geosyntetik v rámci zemního tělesa pozemních komunikací – viz TP 97,
- technické řešení konstrukčních vrstev vozovek – viz TP 115, TP 147 a TP 170,
- zlepšování podloží – ČSN EN 1997-1, TP 94,
- erozi vznikající přítokem „vnější, cizí“ vody na svah – viz TP 83, TP 204, TP232, VL 1, VL 2,
- erozi / abrazi / sufozi svahů ovlivněných hladinou povrchové vody (vodní toky, vodní nádrže, mokřady, kanály, příkopy apod.) – viz ČSN 73 6133, ČSN 75 2310, ČSN 75 2410,
- ochrana skalních svahů – ČSN 73 6133,
- vysazování a ošetřování silniční vegetace – ČSN 83 9001, ČSN 83 9011, ČSN 83 9021, ČSN 83 9031, ČSN 83 9051, ČSN 83 9061, TP 99, TKP 13.

Předpis je určen především správcům a všem dodavatelům prací na PK zabývajícím se projektováním, prováděním a údržbou svahů PK.

## **1.2 Změny oproti předchozí verzi**

Předpis TP 53 doznal oproti předchozí verzi zásadních změn po obsahové stránce. Kapitola 1 byla přepracována dle aktuálního typového obsahu TP a doplněna o aktuální definice z technických norem, anglické ekvivalenty, odkazy na citované technické normy. Názvosloví (kapitola 2) bylo zařazeno jako čl. 1.8. Termíny a definice. Kapitola 3 (Eroze a faktory ovlivňující její vznik) byla přepracována včetně navázání na obor pozemkové úpravy a zařazena jako kapitola 2. Kapitola Hydrologické a hydrotechnické výpočty (čl. 3.4) byla aktualizována, doplněna o příklady řešení a nově zařazena jako samostatná kapitola 3. Protierozní opatření a způsob jejich navrhování (kapitoly 4 až 8) byly přepracovány, aktualizovány a bylo změněno členění protierozních opatření tak, aby odpovídalo členění protierozních opatření v oboru pozemkových úprav, resp. hrazení bystrin a strží. Kapitoly Opravy a údržba (kapitoly 9 a 10) byly nově strukturovány, aby odpovídaly struktuře předchozích kapitol; jsou zařazeny jako společná kapitola 6. Kapitola Zkoušení a kontrola (kapitola 11) byla řešena odkazem na kapitolu 11 a 12 TP 97 (Geosyntetika v zemním tělese PK) a specifické podmínky pro geosyntetika s protierozní funkcí; a zařazena jako kapitola 7. Bezpečnost práce a ochrana zdraví (kapitola 12) byla vypuštěna. Kapitola Související předpisy a normy (kapitola 13) byla aktualizována a přesunuta jako čl. 1.3 až 1.7 včetně. Přílohy byly zcela přepracovány, navázány na aktuální text TP 53 a nově bylo zařazeno 10 Příloh.

## **1.3 Související právní předpisy**

Zákon č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích

Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

Zákon č. 334/1992 Sb., zákon o ochraně zemědělského půdního fondu

Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí

Zákon č. 114/1992 Sb., zákon o ochraně přírody a krajiny

Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách



## 1.4 Související technické normy

ČSN EN ISO 11091 (01 3448) Výkresy pozemních staveb – Kreslení zahradních úprav

ČSN 01 3466 Výkresy inženýrských staveb – Výkresy pozemních komunikací

ČSN 01 3473 Výkresy inženýrských staveb. Výkresy hydromeliorací

ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin. Společná a základní ustanovení

ČSN EN ISO 1043-1+A1 (64 0002) Plasty – Značky a zkratky – Část 1: Základní polymery a jejich zvláštní charakteristiky

ČSN EN ISO 14688-1 (72 1003) Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis

ČSN EN ISO 14688-2 (72 1003) Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 2: Zásady pro zatřídování

ČSN EN 16907-1 (72 1017) Zemní práce – Část 1: Zásady a obecná pravidla

ČSN EN 16907-2 (72 1017) Zemní práce – Část 2: Klasifikace materiálů

ČSN EN 16907-4 (72 1017) Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

ČSN EN 16907-5 (72 1017) Zemní práce – Část 5: Kontrola kvality

ČSN EN 16907-6 (72 1017) Zemní práce – Část 6: Rekultivace terénu materiálem těženým z vody

ČSN EN 13383-1 (72 1507) Kámen pro vodní stavby – Část 1: Specifikace

ČSN 72 1860 Kámen pro zdivo a stavební účely. Společná ustanovení

ČSN EN 13282-1 (72 2488) Hydraulická silniční pojiva – Část 1: Rychle tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva – Složení, specifikace a kritéria shody

ČSN EN 13282-2 (72 2488) Hydraulická silniční pojiva – Část 2: Normálně tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva – Složení, specifikace a kritéria shody

ČSN EN 13282-3 (72 2488) Hydraulická silniční pojiva – Část 3: Hodnocení shody

ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1997-1 + A1 + Opr.1 (73 1000) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla

ČSN EN 14475 (73 1045) Provádění speciálních geotechnických prací – Vyztužené zemní konstrukce

ČSN EN 1996-2 (73 1101) Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva

ČSN 73 6133 + Z1 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod

ČSN 75 2310 Sypané hráze + Opr.1

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

ČSN 75 0120 Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky

ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy

ČSN 75 0142 Vodní hospodářství – Názvosloví protierozní ochrany půdy

ČSN 75 2106-1 Hrazení bystřin a strží – Část 1: Obecně

ČSN 75 2106-2 Hrazení bystřin a strží – Část 2: Navrhování konstrukcí a objektů hrazení bystřin a strží

ČSN 75 4500 + N Protierozní ochrana zemědělské půdy

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky + Oprava 1

ČSN EN ISO 9862 (80 6121) Geosyntetika – Odběr a příprava vzorků ke zkouškám

ČSN EN ISO 13437 (80 6140) Geosyntetika – Instalace a extrakce vzorků v půdě pro posouzení trvanlivosti

ČSN EN 12224 (80 6146) Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování odolnosti proti povětrnostním vlivům

ČSN EN 12225 (80 6147) Geosyntetika – Zjišťování odolnosti proti mikroorganismům pomocí zkoušky zahrabáním do zeminy

ČSN EN 12226 (80 6148) Geosyntetika – Všeobecné zkoušky pro následné hodnocení po zkoušení odolnosti

ČSN EN 13253 (80 6153) Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbách na ochranu proti erozi (ochranu pobřeží, opevňování břehů)

ČSN EN 12447 (80 6160) Geosyntetika a výrobky podobné geosyntetikům – Zkušební metoda pro stanovení odolnosti vůči hydrolýze ve vodě

ČSN EN ISO 12960 (80 6161) Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zkušební metoda pro stanovení odolnosti vůči kyselinám a zásaditým kapalinám

ČSN EN 14574 (80 6171) Geosyntetika – Zjišťování odolnosti podložených geosyntetik proti proražení jehlanem

ČSN EN ISO 10318-1 + A1 (80 6172) Geosyntetika – Část 1: Termíny a definice

ČSN EN ISO 10318-2 + A1 (80 6172) Geosyntetika – Část 2: Symboly a piktogramy

ČSN EN ISO 13438 (80 6175) Geosyntetika – Zkušební metoda pro stanovení odolnosti geotextilií a výrobků podobných geotextiliím vůči oxidaci

ČSN 83 9001 Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice

ČSN 83 9011 Technologie vegetačních úprav v krajině – Práce s půdou

ČSN 83 9031 Technologie vegetačních úprav v krajině – Travníky a jejich zakládání

ČSN 83 9041 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 83 9051 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy

ČSN 83 9061 Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích

## **1.5 Související technické předpisy**

TP 83 – Odvodnění pozemních komunikací

TP 94 – Úprava zemin

TP 97 – Geosyntetika v zemních tělesech pozemních komunikací

TP 99 – Vysazování a ošetřování silniční vegetace

TP 202 – Monitorování srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací

TP 204 – Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích

TP 232 – Propustky a mosty malých rozpětí

TKP 1 – Všeobecně

TKP 4 – Zemní práce

TKP 13 – Vegetační úpravy

TKP 30 – Speciální zemní konstrukce

VL 1 – Vozovky a krajnice

VL 2 – Odvodnění

PPK – VEG – Požadavky na údržbu vegetace na dálnicích a silnicích ve správě Ředitelství silnic a dálnic

M2 – Gabionové konstrukce pozemních komunikací – metodika

## **1.6 Související zahraniční předpisy**

ASTM D1987-22 Standard Test Method for Biological Clogging of Geotextile, Drainage Geocomposites, or Soil/Geotextile Filters

DIN 18918:2021 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen – Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen (Technologie vegetačních úprav v krajině – Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy, výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce)

ISO/TR 18228-1:2020 Design using geosynthetics — Part 1: General

ISO/TR 18228-8: Design using geosynthetics — Part 8: Surface erosion control

## **1.7 Použitá literatura**

„Analýza výškopisu“, dostupné na: <https://ags.cuzk.cz/av/>, [cit. 17.02.2023]

„eKatalog BPEJ“, dostupné na: <https://bpej.vumop.cz/>

„Online dimenzování vsakovacích zařízení“ dostupné na:

[https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/vsakovani\\_a\\_retence/dimenzovani\\_vsakovaciho\\_zarizeni](https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/vsakovani_a_retence/dimenzovani_vsakovaciho_zarizeni), [cit. 16.03.2023]

„Výpočet množství dešťových (srážkových) odpadních vod Qr“, dostupné na: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/152-vypocet-mnozstvi-destovych-srazkovych-odpadnich-vod-qr>, [cit. 10.03.2023]

BEITLEROVÁ, H., DEVÁTÝ, J., STEHLÍK, M., LENZ, J., KAPIČKA, J., DOSTÁL, T., PAVEL, M., ŽÍŽALA, D., MINAŘÍK, R., JUŘICOVÁ, A., & ZELENKOVÁ, K. (2021). Využití matematického simulačního modelu EROSION-3D pro posuzování erozní ohroženosti a navrhování ochranných opatření (1. vydání). Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. ISBN 978-80-88323-63-1.

BEK, S., A KOL. (2014). Atlas EROZE. [Software], dostupné na: <https://www.atlasltd.cz/dmt/nastroje/modul-eroze/>, [cit. 17.03.2023]

CABLÍK, J., JÚVA, K. (1963). Protierozní ochrana půdy. SZN Praha, 324 s.

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ, ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ PRO ZEMĚDĚLSTVÍ (1984). Hrazení bystřin. Český a slovenský terminologický slovník s ruskými, německými a anglickými ekvivalenty. Praha, 147 s.

HEC-HSM, manuál modelu, dostupné na: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.10>

HRÁDEK, F., KOVÁŘ, P. (1994). Výpočet náhradních intenzit přívalových dešťů. Vodní hospodářství. 11, 49. ISSN 1211-0760.

JÁCHYMOVÁ, B., A KOL. (2019). „Atlas HYDROLOGIE.“ [Software] Dostupné na: <https://www.atlasltd.cz/dmt/nastroje/modul-hydrologie/>, [cit. 17.03.2023]

JANEČEK, M., A KOL. (2012). Ochrana zemědělské půdy před erozí. Powerprint, Praha. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9. 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>

KADLEC, A KOL. (2014). Navrhování technických protierozních opatření. Powerprint, Praha. 100 s. ISBN 978-80-87361-29-0. Dostupné na: [http://www.cmkpu.cz/upload/files/Metodika\\_TPEO.pdf](http://www.cmkpu.cz/upload/files/Metodika_TPEO.pdf)

KAVKA, P., A KOL. (2018). Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině. Certifikovaná metodika, číslo předpisu: 3/2018-SPU/O. České vysoké učení technické v Praze, Ústav fyziky atmosféry AV ČR v. v. i., Sweco Hydroprojekt a.s. 82 s. ISBN: 978-80-01-06363-7, [http://rain.fsv.cvut.cz/data/files/metodika\\_web.pdf](http://rain.fsv.cvut.cz/data/files/metodika_web.pdf)

KAVKA, P., A KOL. (2020). Ochrana umělých svahů před erozí a stabilizace povrchové vrstvy. Certifikovaná metodika. Strix Chomutov a.s., České Vysoké Učení Technické v Praze, Geosyntetika s.r.o., 29 s. ISBN 978-80-01-06806-9. Dostupné na: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Dopravni-stavitelstvi/Ochrana-umelych-svahu-pred-erozi-a-stabilizace-pov/Ochrana-umelych-svahu-pred-erozi-a-stabilizace-povrchove-vrstvy.pdf.aspx>

KAVKA, P., A KOL. (2023). Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině“. Certifikovaná metodika, číslo předpisu 2/2023/SPU/O. České vysoké učení technické v Praze, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., Český hydrometeorologický ústav, Sweco Hydroprojekt a.s. 69 s. ISBN: 978-80-01-07115-1. Dostupné na: [https://rain.fsv.cvut.cz/data/files/metodika\\_N\\_srazky\\_2023\\_web.pdf](https://rain.fsv.cvut.cz/data/files/metodika_N_srazky_2023_web.pdf)

KINCL, D. A KOL. (2020). Mobilní technické protierozní opatření „silt-fence“. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav meliorací, v.v.i. Praha & Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 48 str. ISBN 978-80-88323-20-4.

KOBLÍŽEK, J. (2006). Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. Sursum, Tišnov. 178 s. ISBN: 80-7323-117-4.

KUTÍLEK, M. (1966). Vodohospodářská pedologie. SNTL, Praha. 276 s.

MÁLEK, Z., A KOL. (2012). Stromy pro sídla a krajinu, Ing. Petr Baštan, Arboeko, s.r.o., Olomouc. 350 s. ISBN: 978-80-87091-98-2.

MAZÍN, V.A. (2012). Sborník pojmů pozemkových úprav a příbuzných oborů. ČMKPÚ a MZe ČR, Ústřední pozemkový úřad. ISBN 978-80-260-3618-0.

NOVÁK, P., ZLATUŠKOVÁ, S. (2012). Výkladový terminologický slovník pedologie. VÚMOP v.v.i. a MZe, Praha. 150 s. ISBN: 978-80-87361-12-2.

NOVOTNÝ, I., A KOL. (2017). Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. 3. aktualizované vydání. VÚMOP v.v.i., Praha. 92 s. ISBN 978-80-87361-67-2. Dostupné na: <https://knihovna.vumop.cz/media-viewer?rootDirectory=152&origin=https%3A%2F%2Fknihovna.vumop.cz%2Frecords%2F41a3b087-35ae-4c7e-89f2-dfbdec55dbff#!?file=942>

PONIKELSKÝ, Z., A KOL. (2011). Geosyntetika funkce, popis, terminologie, symboly. International Geosynthetics Society Česká republika, Praha. ISBN 978-80-903675-4-8.

SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS) (1972). National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. Department of Agriculture, Washington DC, 762 s.

SMODERP – Epizodní hydrologicko-erozní model. Dostupné na: <https://smoderp.fsv.cvut.cz/>

AOPK (2017). SPPK A02 010 Péče o dřeviny kolem veřejné dopravní infrastruktury. AOPK ČR, LDF, MENDELU v Brně. 34 s. Dostupné na: <https://nature.cz/platne-standardy/>

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. a BRÁZDIL, R. (1985). Denné úhrny zrážek s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období- 1901–1980. In: ŠAMAJ, F., ed.: Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu. ALFA, Bratislava., S. 9.

TRUPL, J., (1958). Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Práce a studie, sv. 97. VÚV, Praha. 76 s.

ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., A KOL. (2001). Dřeviny České republiky, Matice Lesnická, spol. s.r.o., Písek. 333 s. ISBN: 80-86271-09-9.

USDA NRSC (2009). National Engineering Handbook. Part 630 Hydrology. Chapter 7 Hydrologic Soil Groups. ISBN: 979-8355357214.

VOKURKA, A., ZLATUŠKA, K. (EDS.) (2020). Technická doporučení pro hrazení bystrin a strží. Česká společnost krajinných inženýrů ČSSI & Ministerstvo zemědělství ČR, Praha. 96 s. ISBN 978-80-7434-557-9. Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/stavby-pro-plneni-funkci-lesa/technicka-doporuceni-pro-hrazeni-bystrin.html>

VOPRAVIL, J., A KOL. (2018). Mapové vymezení infiltračních schopností a propustnosti zemědělských a nezemědělských půd ČR s celorepublikovou územní kategorizací. Osvědčení č. 8/14130-MZe-2018. VÚMOP v.v.i., Praha.

WERNER, M. (2006). Erosion-3D User Manual. Ver. 3.1.1." Berlin. Dostupné na: <http://www.bodenerosion.com/demos/e3d300/SampleProject.pdf>

ZACHAR, D., A KOL. (1984). Lesnické meliorácie. Bratislava: Príroda, 488 s.

ZLATUŠKA, K. (ED.) (2020). Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě. Česká zemědělská univerzita v Praze & Ministerstvo zemědělství ČR, Praha. 1245 s. ISBN 978-80-7434-556-2. Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/stavby-pro-plneni-funkci-lesa/technicka-doporuceni-pro-projektovani.html>

## 1.8 Termíny a definice

**bahno** (*fine sediment*) – jemné sedimenty minerálního a organického původu (ČSN 75 0140)

**činitelé vodní eroze** (*soil water erosion factors*) – jedná se o 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)

**číslo odtokové křivky CN** (*runoff curve number*) – číslo charakterizující hydrologické vlastnosti půd a působilost využívání a obdělávání půdy ve vztahu k povrchovému odtoku (ČSN 75 0140, ČSN 75 0142)

**degradace půdy** (*soil degradation*) – zhoršení stavu půdy následkem změny fyzikálních, chemických a biologických vlastností doprovázené zpravidla zhoršením úrodnosti (ČSN 75 0140)

**délka povrchového odtoku** (*flow length*) – vzdálenost od bodu vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon snižuje natolik, že voda přestává proudit, popř. kde voda vtéká do recipientu (ČSN 75 0142)

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

**denudace** (*denudation*) – rozrušování a zarovnávání zemského povrchu rozrušujícími a transportními činiteli (ČSN 75 0140, ČSN 75 0142)

**drn** (*sod*) – (1) část trávníku, která nepochází z trávníkářského porostu, připravená k přesazení, (2) porost bylin, složený převážně z trav, včetně prokořeněné vegetační vrstvy půdy (ČSN 83 9001)

**drnování** (*turfing, sodding, sod revetment*) – způsob zakládání trávníku pomocí travních dílců (travníkových koberců nebo travních drnů) (ČSN 83 9001)

**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 0140)

- **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 erosion*) – přírodní jev, při kterém vítr působí na povrch půdy svou mechanickou silou, rozrušuje jej 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 erosion*) – rozrušování zemského povrchu vodou spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu (Zachar a kol., 1984); rozrušování půdy nebo hornin zpravidla tekoucí vodou (ČSN 75 0142); tekoucí voda smývá, vymílá a odnáší půdy a přemísťuje je na jiná místa, kde se takto erodované usazují

**erozivita** (*erodibility*) – schopnost erozních činitelů vyvolat erozní činnost (ČSN 75 0142)

**filtrace** (*filtration*) – zadržování neřízeného průchodu zeminy nebo jiných částic vystavených působení hydrodynamických sil, přičemž je umožněn průtok kapalin geosyntetickým materiálem nebo přes geosyntetický materiál (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.2 TP 97 - zkratka F

**gabion kamenný; drátěný koš vyplněný kamenem / štěrkem; zdivo z lomového kamene na sucho dodrátěných košů** (*wire gabion, gabion*) – hranatý vyztužený koš z drátěného pletiva vyplněný kameny nebo štěrkem (ČSN 83 9041)

**garnisáž** (*brush gully checks, brush head plug, brush gully matting; brush gully check bottom; strengthening*) – ochranný kryt vrstev k zemi připevněného klestu, používaný k zabezpečení erozní rýhy (ČSN 75 0140, ČSN 75 2106-1); obdobně ČSN 83 9041

**geobuňka** (*geocell*) – trojrozměrná propustná polymerní (syntetická nebo přírodní) struktura 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); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97, Ponikelský a kol. (2011)

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

**geopokrývka** (*geoblanquet*) – propustná konstrukce z volných přírodních nebo syntetických vláken a geosyntetických prvků vzájemně spojených tak, aby byla vytvořena souvislá plocha; zkratka GBL (ČSN EN ISO 10318-1 A1)

**georohož** (*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 žeber 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); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97

- **netkaná** (*nonwoven geotextile*) – geotextilie vyrobená z urovnaných nebo nahodile orientovaných staplových vláken, nekonečných vláken nebo jiných prvků spojených mechanicky, tepelně nebo chemicky; zkratka GTX-NW (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97
- **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); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97
- **tkaná** (*woven geotextile*) – geotextilie vyrobená 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); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97

**geosyntetika** (*geosynthetic*) – druhový termín popisující výrobek, u něhož alespoň jedna složka je vyrobena ze syntetického nebo přírodního polymeru ve tvaru fólie, pásku nebo trojrozměrné struktury, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály v geotechnice a stavebním inženýrství; zkratka GSY (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.1 TP 97

**hnojení** (*fertilization*) - dodávání živin a obohacujících látek do půdního prostředí nebo přímo k rostlinám (ČSN 75 0140)

**humusování** – nesprávný název pro rozprostření vegetační vrstvy půdy, nejčastěji ornice (ČSN 83 9001); viz jemné terénní úpravy

**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, hnojiv, pojivem a mulčovacím materiálem (ČSN 83 9001)

**konstrukce oživená** (*willow structure*) - biotechnická konstrukce obsahující vegetační prvky (nejčastěji řízky a pruty), které jsou schopny oživení, tj. zakořenění a vytvoření nadzemních dřevitých částí (ČSN 75 2106-2)

**kordony z větví / sazenic** (*countour planting from branches / seedlings*) – do svahů nebo násypů zabudované vrstvy ze živých větví, větviček a/nebo živých sazenic (ČSN 83 9041)

**klejonáž** (*wattlework; surface layering; brush layering*) – kletový pokryv na ochranu povrchu obnažených příkrých svahů, kterým se zajišťuje založení a vývoj vegetace (ČSN 75 0140, ČSN 75 2106-1); obdobně ČSN 83 9041

**materiál erodovaný** (*eroded deposit*) – hmotný produkt erozní činnosti (ČSN 75 0142)

**nános** (*soil deposit, sediment*) – půda nebo zemina přenesená z místa erozního rozrušení a uložená na jiném místě (ČSN 75 0142)



**oddělování** (*separation*) – zabránění smíšení sousedních odlišných zemin a/nebo sypanin použitím geosyntetického materiálu (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.2 TP 97 – zkratka S

**odnos půdy** (*soil transport*) – přemístění erodovaných půdních částic vodou, větrem nebo ledem z původního místa (ČSN 75 0142)

**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); obdobně viz čl. 1.8.2 TP 97 – zkratka E

**ochrana (svahu)** (*protection*) – zabránění nebo omezení místního poškození daného prvku nebo materiálu použitím geosyntetického materiálu (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.2 TP 97 – zkratka P

**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 (Zachar a kol., 1984).

- **celkový** (*total runoff*) – součet všech složek odtoku v korytě toku (Zachar a kol., 1984)
- **hypodermický** (*hypodermic discharge, subsurface flow; subsurface runoff; interflow*) – v hydrologické bilanci složka celkového odtoku, která odtéká do sítě vodních toků bezprostředně pod povrchem terénu, aniž dosáhne hladiny podzemní vody (ČSN 75 0140)
- **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)
- **plošný** (*sheet runoff, overland flow*) – nesoustředěné stékání vody po povrchu terénu (ČSN 75 0140, ČSN 75 0142)
- **přímý** (*direct runoff*) – složka celkového odtoku tvořená povrchovým a hypodermickým odtokem (ČSN 75 0140, ČSN 75 0142)
- **soustředěný** (*concentrated surface runoff*) – srážková voda odtékající po povrchu svahu, vytvářející rýžky, rýhy a strže (ČSN 75 0140, ČSN 75 0142)
- **plocha odtoková** (*drainage area*) – plocha území, na které dochází k povrchovému odtoku (ČSN 75 0142)

**plůtek** (*wattling, fence*) – konstrukce z řady zatlučených kolíků spojených latěmi nebo propleteným proutím (ČSN 75 2106-1). Rozeznává se plůtek jednořadý, dvouřadý, laťový, palisádový a zápleťový (oživený) (ČSN 75 0140).

**podestýlka klestová** (*branching*) – vrstva klestu nebo hatí ke zpevnění dna obvykle pod příčnými nebo podélnými stavbami drobných a bystřinných vodních toků, výmolů a strží nebo v místech namáhaných menším nebo občasným proudem přepadající vody (ČSN 75 0140, ČSN 75 2106-1)

**porost dřevin** (*stand*) – ucelený soubor velkého počtu dřevin, z nichž většina roste uvnitř tohoto souboru; toto pravidlo nemusí platit u liniového porostu, kdy délka porostu je významně převládajícím rozměrem a pak může většina dřevin tvořit obvodový plášť (ČSN 83 9001)

**povázky** (*small fascine bundles*) – svazky (válce) z proutí, větví nebo větviček o průměru 0,1 až 0,15 m (ČSN 83 9041)

#### **protierozní** (*erosion control*)

- **hrázka** (*erosion control dike, antierosion dike*) – nižší zemní hráz pro ochranu pozemků a objektů před zaplavením vodou a před smyvem půdy (ČSN 75 0142)
- **lesní pás** (*erosion control forest strip*) – pás lesních dřevin různé šířky a výšky porostu jako ochrana proti erozi (ČSN 75 0140)
- **mez** (*erosion control buffer*) – mez vedoucí rovnoběžně s vrstevnicemi, sloužící k protierozní ochraně
- **nádrž vodní** (*sediment trap basin; soil erosion control reservoir; sedimentation pond*) – vodní nádrž sloužící k zachycení splavenin ve vodním toku (ČSN 75 0140)
- **obdělávání půdy** (*conservation tillage, soil erosion control cultivation*) – způsoby zpracování půdy snižující její náchylnost k erozi (ČSN 75 0142); agrotechnické způsoby zpracování a kultivace půdy snižující ztráty půdy erozí (Novák a Zlatušková, 2012); technologické postupy ponechávající většinu posklizňových zbytků plodin na povrchu půdy
  - **minimální** (*minimum erosion soil tillage, minimum tillage technology; minimum-tillage cultivation*) – provádění pouze nezbytně nutných mechanických zásahů do půdního povrchu s cílem snížit nebezpečí eroze (ČSN 75 0140)
  - **ochranné** (*conservation tillage*) – protierozní obdělávání zajišťující minimálně 30 % pokryvu vegetací nebo posklizňovými zbytky.
  - **vrstevnicové** (*contour tillage*) – zpracování povrchu půdy, výsadba, setí plodin ve směru vrstevnic (popř. s minimální odchylkou od vrstevnic) s cílem minimalizace možnosti vzniku vodní eroze (ČSN 75 0140)
- **obnova drnu** (*soil erosion control regeneration of greensward*) – obnova degradovaného trvalého travního porostu na erozně ohroženém pozemku prováděná speciální technologií s minimálním narušením půdního povrchu (ČSN 75 0142)
- **opatření** (*measurement of soil erosion, soil erosion control measures*) – opatření organizační, agrotechnická, technická a biologická k omezení ztrát půdy erozí (ČSN 75 0142); zkratka PEO
- **osevní postup** (*erosion control crop rotation*) – na erozně ohrožené půdě prováděné plánovité střídání plodin s převahou plodin se zvýšeným protierozním účinkem (ČSN 75 0142)
- **průleh** (*grassed waterway*) - liniový protierozní prvek umístěný na pozemku v místě nutného přerušování svahu, má tvar mělkého širokého příkopu s mírným sklonem svahů a přibližně parabolický profil. Průleh je mělký než příkop a umožňuje přejíždění, popřípadě zemědělské obdělávání. Průleh zachycuje povrchově stékající vodu a splaveniny. Sklon svahů 1:5 až 1:10 (ČSN 75 0140)
- **přehrážka** (*check dam, barrage*) – příčný objekt z různých materiálů, přehrazující koryto bystřiny nebo strže a vytvářející prostor pro zachycení splavenin a zmenšení sklonu dna nad objektem vodního toku (ČSN 75 0140)
- **příkop** (*erosion control ditch*) – zemní útvar lichoběžníkového profilu k zachycování a odvádění povrchové vody a splavenin. Dělí se na příkopy sběrné, svodné a záchytné (ČSN 75 0142)
- **půda** (*soil*) – vrchní část zemské kůry vytvořená půdotvornými procesy na zvětrávajících horninách (ČSN 83 9001)

#### **půdoochranné** (*soil conservation, soil protection*)

- **opatření** (*soil conservation measure*) opatření sloužící k ochraně půdy (Zachar a kol., 1984), ochraně níže ležícího území před účinky eroze
- **zalesňování, zalesnění** (*protective afforestation, conservation afforestation*) – zakládání a pěstování lesních porostů s prioritní funkcí ochranného působení na půdu (ČSN 75 0142)
- **zatravnění, zatravnňování** (*conservation grassing*) – založení a udržování trvalého travního porostu a) v půdních poměrech vylučujících orbu na zemědělské půdě v terénech při svažitosti 25 – 50 % jako opatření proti erozi; b) v údolnicích, které odvádějí z pozemků soustředěný povrchový odtok; c) na pozemcích odpovídajících kritériu svažitosti orné půdy, jsou však neoratelné pro vysoký stav podzemní vody nebo terénní překážky; d) na pozemcích nad výškovou hranicí pěstování polních plodin (Mazín, 2012)

**rohož zatravnňovací** (*weeding mat, matting*) – rohož ze zetlívající nosné tkaniny s vloženým osivem (ČSN 83 9041)

**rošt svahový** (*slope grillage*) – na svazích a na násypech položený nebo zabudovaný a zesponovaný podepřený nebo ukotvený, plošně pospojovaný systém (ČSN 83 9041)

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

**rýžka erozní** (*erosion rill*) – zářez v půdním povrchu o 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)

**soustava protierozní** (*erosion control system*) – soubor opatření k ochraně půdy před erozí (ČSN 75 0142)

**stěna korutanská; prostorová mřížová stěna; skeletová stěna** (*log cabin wall*) – prostorová konstrukce jako spojený systém na sobě postavených prvků ze dřeva, oceli, betonu nebo recyklovaného materiálu se ztuhnutou zemní výplní (ČSN 83 9041)

**sedimentace** (*sedimentation*) – usazování pevných látek, převážně ve vodě a ovzduší (obecně v kapalinách a plynech) (Zachar a kol., 1984); tvořivá činnost vnějších geologických a erozních sil – větru, vody, ledovců a organismů, ukládání materiálu odneseného z jiných částí zemského povrchu (Novák a Zlatušková, 2012); fyzikální proces pohybu těles v mechanicky hustém prostředí způsobený gravitací

**sesuv svahový** (*landslide*) – pohyb půdních vrstev do nižší polohy svahu způsobený zemskou přitažlivostí za součinnosti dalších vlivů. Svahový sesuv může být iniciován buď přírodními vlivy nebo zásahem člověka, popřípadě jejich kombinací. Nejčastěji k němu dochází při zvýšení vlhkosti hornin, změně zatížení jeho povrchu, narušení úpatí svahu apod. (ČSN 75 0140)

**skupina dřevin** (*clump*) – malý počet dřevin (nejméně 3 kusy) uspořádaných tak, že všechny nebo většina z nich tvoří obvodový plášť (ČSN 83 9001)

**smyv půdy** (*soil erosion*) – odnos půdy způsobený erozní činností vody stékající po povrchu (ČSN 75 0142)

**soliflukce** (*solifluction*) – pomalý pohyb rozmrzlého a rozbředlého půdního materiálu po nakloněné zmrzlé vrstvě působením gravitace (Zachar a kol., 1984); též půdotok. Jev při rozmrzání dlouhodobě zamrzlé půdy (tundra, vysoké hory), kdy je půda nasycená vodou a vrchní kašovitá vrstva půdy stéká po svahu; pomalé stékání horní vrstvy rozbředlé zeminy (Cablík a Jůva, 1963)

**solitéra** (*solitaire*) – osamoceně rostoucí dřevina, která má obvykle dokonale vyvinutý habitus typický pro daný taxon; tvoří významný prvek koncepce (ČSN 83 9001)

**stabilizace (svahu)** (*stabilization; slope stabilization*) – zlepšení mechanických vlastností nestmeleného zrnitého materiálu vložím jedné nebo více geosyntetických vrstev, přičemž dochází k minimalizaci pohybu nestmeleného zrnitého materiálu a při aplikovaném zatížení je redukována jeho deformace (ČSN EN ISO 10318-1 A1)

**strž** (*gully, ravine*) – terénní útvar vzniklý nadměrnou erozní činností soustředěného, povrchového odtoku vody; má zpravidla velmi malé povodí a velký podélný sklon, zpravidla převažuje stav bez průtoku; je definována geologickými a pedologickými podmínkami svého okolí; v případě průtoku vody strží se projevuje aktivní zpětná eroze dna a svahů, smyv půdního povrchu brání zarůstání svahů, erozní činnost vody ve strži je zdrojem splavenin povodí (ČSN 75 2106-1); terénní rýha nebo výmol vytvořené soustředěným erozivním povrchovým odtokem vody (ČSN 75 0140)

**sukcese** (*succession*) – dlouhodobý, samovolný, kvalitativní a kvantitativní vývoj rostlinného společenstva na určité lokalitě, který je provázen změnami základních charakteristik společenstva a směřuje k jeho stabilizaci (ČSN 83 9001)

**svah přímý** (*straight slope*) – svah, jehož sklon je po celé délce rovnoměrný (ČSN 75 0142)

**svah vydutý** (*concave slope*) – svah, jehož sklon se odshora postupně snižuje (ČSN 75 0142)

**svah vypuklý** (*convex slope*) – svah, jehož sklon se odshora postupně zvyšuje (ČSN 75 0142)

**svah kombinovaný** (*combined slope*) – kombinace svahu vypuklého se svahem vydutým, popř. přímým (ČSN 75 0142)

**teráska** – provozní výraz: předem připravená zemní plošina na svahu pozemní komunikace, která určuje směr liniové výsadby dřevin a ze které nebo do které se dřeviny vysazují

**úpravy, čisté terénní** (*subgrade landscaping*) – úpravy povrchu terénu zahrnující zejména úpravy pláň a svahování (ČSN 83 9001)

**úpravy, jemné terénní** (*fine landscaping*) – konečné úpravy terénu zahrnující zejména rozprostření vegetační vrstvy půdy a konečnou úpravu jejího povrchu (ČSN 83 9001)

**úpravy, hrubé terénní** (*rough landscaping*) – hrubá modelace terénu zahrnující zejména základní výškové úpravy terénu (odkopávky, prokopávky a navážky zemin a hornin) (ČSN 83 9001)

**urovnávky terénní** (*ground grading, land levelling*) – opatření ke snížení příčných a podélných nerovností (ČSN 75 0142)

**válce haťové** (*fascine bundles*) – svazky (válce) z proutí, větví nebo větviček o průměru 0,15 až 0,60 m (ČSN 83 9041)

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

**výmol** (*gill, hollows, scour, erosive pothole*) – erozní rýha, často s kaskádovitými stupni, široká několik desítek cm, vzniká v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, údolnicích, cestách, příkopech apod. (ČSN 75 0140)

**výrobek podobný geotextilii** (*geotextile – related product*) – plošný, propustný, polymerní (syntetický nebo přírodní) materiál, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály v geotechnice a stavebním inženýrství, který neodpovídá definici pro geotextilie; zkratka GTP (ČSN EN ISO 10318-1)

**vyztužování** (*reinforcement*) – využití vlastností napětí – deformace geosyntetického materiálu ke zlepšení mechanických vlastností zeminy nebo jiných stavebních materiálů (ČSN EN ISO 10318-1); obdobně viz čl. 1.8.2 TP 97 – zkratka R

## 1.9 Značky

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka slouží k hodnocení absolutní i relativní produkční schopnosti zemědělských půd a podmínek jejich nejúčelnějšího využití (<https://bpej.vumop.cz/>)

CORINE – Databáze s klasifikací pokryvu zemského povrchu v rozsahu ČR v roce 2018. Databáze CLC2018 byla interpretována z aktualizované databáze CLC2012. Velikost nejmenší mapovací jednotky pro polygony CLC2018 byla stanovena na 25 ha (<https://micka.cenia.cz/record/basic/5b7a9ba5-1f34-4aca-a6ec-5c87c0a80138> nebo <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> nebo <https://worldcover2020.esa.int/>)

D – odvodňování – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

DMR 4G – ZABAGED® - Výškopis - DMR 4G. Digitální model reliéfu České republiky 4. generace představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v pravidelné síti bodů (5 x 5 m) s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu – [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMR4G-V&mapid=8&menu=301](https://geoportal.cuzk.cz/(S(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMR4G-V&mapid=8&menu=301)

DMR 5G – ZABAGED® - Výškopis - DMR 5G. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu – [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302)

DMP 1G - ZABAGED® - Výškopis - DMP 1G. Digitální model povrchu České republiky 1. generace představuje zobrazení území včetně staveb a rostlinného krytu ve formě nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného krytu) [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMP1G-V&mapid=8&menu=303](https://geoportal.cuzk.cz/(S(b25t2uib5ozct11kswnn0ulm))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZZK-DMP1G-V&mapid=8&menu=303)

E – ochrana proti erozi půdy – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

F – filtrace – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

GBL – geopokrývka (ČSN EN ISO 10318-1 A1)

GCE – geobuňka (ČSN EN ISO 10318-1)

GCO – geokompozit (ČSN EN ISO 10318-1)

GGR – geomříž (ČSN EN ISO 10318-1)

GMA – georohož (ČSN EN ISO 10318-1)

GNT – geosíť (ČSN EN ISO 10318-1)

GST – geopás (ČSN EN ISO 10318-1)

GSY – geosyntetika (ČSN EN ISO 10318-1)

GTP – výrobek podobný geotextilii (ČSN EN ISO 10318-1)

GTX – geotextilie (ČSN EN ISO 10318-1)

GTX-NW – netkaná geotextilie (ČSN EN ISO 10318-1)

GTX-K – pletená geotextilie (ČSN EN ISO 10318-1)

GTX-W – tkaná geotextilie (ČSN EN ISO 10318-1)

HEC-HMS – hydrologický modelovací systém, navržený pro simulaci kompletních hydrologických procesů v síti dendritických povodí. Software zahrnuje řadu tradičních hydrologických analytických procedur, jako je infiltrace událostí, jednotkové hydrogramy nebo hydrologické směřování, a procedur potřebných pro kontinuální simulaci, jako je evapotranspirace, tání sněhu nebo započítávání vlhkosti půdy.

LPIS – Veřejný registr půdy - <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

P – ochrana – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

PEO – protierozní opatření (obecně)

R – vyztužování – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

SCS-CN – metoda čísel odtokových křivek (*CN – Curve Number*) odvozená v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (*SCS – Soil Conservation Service*)

TD HBS – Vokurka, Adam, Zlatuška, Karel (eds.) Technická doporučení pro hrazení bystrin a strží. Česká společnost krajinných inženýrů ČSSI & Ministerstvo zemědělství ČR. Praha 2020, ISBN 978-80-7434-557-9 dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/stavby-pro-plneni-funkci-lesa/technicka-doporuceni-pro-hrazeni-bystrin.html>

TD LDS – Zlatuška, K. (ed.) Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě. Česká zemědělská univerzita v Praze & Ministerstvo zemědělství ČR. Praha 2020, ISBN 978-80-7434-556-2, dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/stavby-pro-plneni-funkci-lesa/technicka-doporuceni-pro-projektovani.html>

USDA – U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Ministerstvo zemědělství USA)

X – stabilizace – viz čl. 1.8.2 TP 97 (ČSN EN ISO 10318-1)

ZABAGED – Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) je komplexní digitální geografický model území České republiky (ČR), který je spravován Zeměměřickým úřadem ve veřejném zájmu. ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřictví podle zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o zeměměřictví“) –

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(p5s5o0ytsichpi2q2qzdl30\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady\\_zabaged&side=zabaged&menu=24](https://geoportal.cuzk.cz/(S(p5s5o0ytsichpi2q2qzdl30))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)

## 2 Eroze a faktory ovlivňující její vznik

### 2.1 Vodní eroze

Vodní erozi způsobuje destruktivní činnost dešťových kapek, povrchový odtok a následný transport uvolněných půdních částic. V našich podmínkách se jedná o nejzávažnější druh eroze půdy. Rozsah vodní eroze ovlivňuje celá řada ukazatelů: intenzita a charakter srážek, půdní poměry, morfologie území (sklon, délka a tvar svahu), vegetační poměry či způsob využití pozemků. Tyto faktory ovlivňují vodní erozi vždy ve vzájemné kombinaci. Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje zejména vznikem rýžek, rýh, výmolů, případně strží v místech odtokových drah. V extrémních případech může docházet vlivem eroze i k sesuvu strmých svahů.

### 2.2 Větrná eroze

Při větrné erozi působí vítr na povrch půdy svou mechanickou silou, čímž uvolňuje půdní částice. Ty uvádí do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde po snížení rychlosti větru dochází k jejich ukládání. Činitelé ovlivňující erozi:

#### 2.2.1 Klimatické a hydrologické poměry

Klimatické a hydrologické poměry jsou charakterizovány zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou, teplotou, a především rozdělením a intenzitou dešťových srážek, půdními vlastnostmi, osluněním, výparem, odtokem, výskytem a směrem větru.

Srážky jsou hlavním činitelem ovlivňujícím proces vodní eroze. Vznik a průběh erozních procesů je ve většině případů vyvolán přívalovými srážkami, které jsou charakterizovány vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a omezeným plošným rozsahem – viz kapitola 3.

Výskyt a rozsah vodní eroze je závislý i na hydrologických vlastnostech půd, které ovlivňují rychlost infiltrace vody do půdy a schopnost vodu v půdě zadržovat. Rozlišujeme půdy s vysokou, střední, nízkou a velmi nízkou rychlostí infiltrace.

K povrchovému odtoku na svahu dochází tehdy, když intenzita deště překročí vsakovací schopnost půdy. Ta závisí na klimatických, fyzikálně geografických (morfologie území, geografické a půdní poměry, druh a složení vegetačního krytu) a antropogenních činitelích působících svými nepříznivými vlivy na vodní režim území. Rychlost infiltrace je dána zejména složením půdy a různými poměry písčitých, prachových a jílových frakcí půdy. Obecně platí, že čím větší je infiltrační schopnost půdy, tím menší je povrchový odtok půdy a transport půdy.

Na průběh eroze má vliv i expozice svahu vzhledem ke světovým stranám. Sluneční expozice na jižních a západních svazích způsobuje v jarních měsících rychlé tání sněhu, tím i větší povrchový odtok, vymrzání vegetace. V létě pak intenzivnější vysychání a rychlejší rozklad organických látek i usychání vegetace na propustných půdách. To následně zvyšuje intenzitu eroze ve srovnání se zastíněnými svahy severními a východními. Odtok sněhových vod je značný zejména ze závětrných svahů, na nichž se během zimy nahromadí vysoká vrstva sněhu.

### **2.2.2 Morfologické poměry**

Vodní erozi výrazně ovlivňují sklon, délka a tvar svahu. Obecně platí pravidlo, že čím delší svah a vyšší sklon, tím větší intenzita erozního procesu. Sklon svahu je jedním z rozhodujících erozních faktorů. Jeho vliv může být ostatními faktory zeslaben, nikdy však plně potlačen. Ztráta půdy se zvyšuje se vzrůstajícím sklonem svahu rychleji, než je tomu u rostoucí délky svahu.

V protierozní ochraně je délka svahu definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k místu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že dochází k akumulaci erodovaného materiálu či se povrchový odtok soustředí do odtokové dráhy. Dále se sleduje tzv. nepřerušovaná délka svahu. Je to místo v horní hraně pozemku (pokud se nepředpokládá povrchový odtok z vyšších částí) k prvku přerušujícímu povrchový odtok. Za takové místo lze považovat cestu s příkopem, příkop, průleh, hrázku apod. S rostoucí nepřerušovanou délkou svahu roste i rozsah vodní eroze.

Tvar svahu (konvexní, konkávní, kombinovaný) také výrazným způsobem ovlivňuje intenzitu eroze. Při stejné délce svahu a stejném převýšení je nejvyšší riziko vodní eroze na svazích vypouklého tvaru, naopak nejnižší na svazích vydatého tvaru.

Podstatně se na vzniku a průběhu vodní eroze projevuje i velikost plochy, ze které srážkové vody odtékají. Pokud není na velkých půdních blocích přerušena vhodným protierozním opatřením délka svahu, může k eroznímu smyvu půdy docházet i na méně sklonitých pozemcích.

V rámci samotného tělesa komunikace ať již plánovaného či stávajícího je vhodné pro posouzení morfologických poměrů využít prostředky geografických informačních systémů (GIS). Určitým ekvivalentem jsou mapové aplikace založené na GIS, které nabízejí podobné možnosti. Velice zdařilou aplikaci provozuje i Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK), kde jsou některé tyto analýzy k dispozici. Tato aplikace je dostupná na <https://ags.cuzk.cz/av/>.

### **2.2.3 Geologický a půdní faktor**

Odolnost půdy vůči erozi a tím i intenzitu erozních procesů ovlivňují půdní a geologické poměry území.

Geologická skladba podloží přímo ovlivňuje erozní proces v místech, kde je obnažena snadno zvětrávající podložní hornina a následně obvykle dochází k snadnému rozrušování této zvětralině a jejímu odnosu větrem či povrchovým odtokem. K obnažení podložní horniny často dochází v zářezích komunikací. Ke vzniku erozních rýh jsou náchylné například snadno zvětrávající slepence, pískovce a břidlice.

Nepřímý vliv geologického podkladu se projevuje ve vlastnostech půdotvorného substrátu, který podmiňuje význačné vlastnosti půd, zejména zrnitost, strukturu a obsah minerálních a chemických látek, jež spolu s organickými substancemi usměrňují půdotvorné procesy. Vzniklé půdy se vyznačují různou odolností vůči působení povrchově tekoucí vody a větru.



Náchylnost půdy k erozi se nazývá erodovatelnost. Čím větší je soudržnost půdních částic a agregátů, tím je potřeba více energie na jejich uvolnění a uvedení do pohybu. Čím vyšší je infiltrační schopnost půdy, tím dochází k menšímu povrchovému odtoku a transportu půdy.

Písčité půdy jsou méně soudržné než půdy jílovité, a proto se agregáty s vysokým obsahem písku snadněji rozpadají. Na druhou stranu jsou větší částice písku odolnější vůči transportu kvůli větší síle potřebné k jejich odnosu povrchovým odtokem. Dobře agregovaná jílovitá půda je odolnější vůči erozi než půdy s hrubou texturou. Jakmile se však částice jílu uvolní, jsou snadno odplaveny kvůli jejich malé velikosti a nízké hmotnosti. Půdy s vysokým obsahem prachových částic jsou nejvíce erodovatelným typem půdy.

Příznivé podmínky pro tvorbu půd odolných vůči erozi jsou na územích vápencových a dolomitických, méně příznivé v územích vyvěřelin, zejména starších a nejméně příznivé na různých sedimentech, zejména písčitých, hlinitých, jílovitých a křídových slínech. Velmi nepříznivé podmínky vytváří flyš, mimořádně nepříznivé jsou sprašové usazeniny.

V půdním profilu se nacházejí horizonty s rozdílným zrnitostním složením, a tedy i odlišnými infiltračními schopnostmi. Je-li například pod svrchním propustným horizontem vrstva výrazně méně propustná, může dojít k přesycení vrchní vrstvy vodou a k jejímu smyvu. Tento jev se vyskytuje například u podzolů. Z tohoto důvodu je při zjišťování vlivu půdního druhu na vodní erozi třeba zhodnotit celý půdní profil.

#### **2.2.4 Vegetační faktor**

Vliv vegetačního pokryvu na intenzitu erozních procesů se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a před působením větru. Vegetace dále zvyšuje drsnost povrchu půdy a tím snižuje rychlost povrchového odtoku. Vegetační pokryv dále ovlivňuje míru eroze i nepřímo, a to svým působením na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem omezujícím možnost odnosu půdy.

Při mechanickém zpevňování půdy kořenovým systémem je důležitá hustota kořenového systému, hloubka dosahu v půdním profilu i pevnost kořenů. Příznivý vliv vegetace na průběh a intenzitu erozních jevů se projevuje různě podle druhu, pokryvnosti a stavu vegetace.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný hustotě a pokryvnosti porostu. Řídká vegetace je méně účinná a může dokonce způsobovat koncentraci proudění. Z protierozního hlediska chrání půdu nejlépe lesní a travní porosty.

#### **2.2.5 Antropogenní činitelé**

Vedle přírodních jevů se na vzniku a průběhu eroze podílí i činnost člověka (antropogenní činnost). Pokud dojde k erozi půdy, která vznikla v důsledku lidské činnosti, jedná se o tzv. zrychlenou erozi. Působením zrychlené eroze dochází ke smyvu půdy v takovém rozsahu, že již nestačí být nahrazována přirozeným půdotvorným procesem. Při dlouhodobém působení zrychlené eroze dochází k degradaci půdy, díky čemuž postupně přestává plnit své funkce.

Při technických stavebních zásazích do krajiny často dochází k nepříznivému ovlivnění intenzity erozních procesů. S tímto by již měl počítat projektant a následně i dodavatel prací. Proto je třeba již

před začátkem projektování řádně posoudit všechny podmínky, které na daném stanovišti ovlivňují vznik a průběh eroze, a respektovat je při návrhu celého komplexu protierozních opatření.

Činnosti negativně ovlivňující vznik eroze půdy na svazích pozemních komunikací:

- 1) Projektant nerespektuje přirozené svodnice vody v krajině vytvořené a neřeší převedení soustředěné vody opevněným korytem, tj. nepodchytí cizí vodu přitékající na zářezový svah pozemní komunikace.
- 2) Může se stát, že projektant neposoudí citlivě nově vzniklé podmínky (půdní, morfologické i klimatické) a hlavně jejich vliv na možnost vytvoření nového vegetačního krytu, který nejlépe svahy komunikací proti erozi ochrání.
- 3) Projektant chybně dimenzuje odvodnění pozemní komunikace, resp. správce komunikace nesprávně udržuje toto odvodnění a přetékající soustředěný odtok poškozuje násypový svah pozemní komunikace.
- 4) Na vzniku eroze se mohou podílet dodavatelské stavební organizace, které nechávají nově vybudované svahy dlouhodobě proti erozi nechráněny, často dlouho chybí propojení systému odvodňovacího zařízení a silniční těleso je vystaveno erozi. Svahy bývají špatně upraveny, což vede k tomu, že některá protierozní opatření (geotextilie, travní rohože) nemohou plnit svoji funkci. Při stavební činnosti je proto nutno postupovat tak, aby již při výstavbě komunikace byla zajištěna ochrana svahů proti erozi.
- 5) I zemědělské subjekty se podílejí na vzniku eroze silničních svahů v zářezích a následně nadměrných nákladů na údržbu komunikací. Na zemědělských pozemcích svažujících se k zářezu komunikace je nutné hospodařit pomocí vhodných agrotechnických postupů, na která jsou dimenzovaná technická opatření pro zachycení cizích vod nad zářezovým svahem pozemní komunikace.

### 3 Výpočet odtokových poměrů

Pro výpočty srážkoodtokových poměrů na pozemních komunikacích lze využít metody uvedené např. v ČSN 75 6101, TP 83, TP 204, TP 232 apod. Tato kapitola uvádí další možnosti výpočtu na úrovni současného stavu poznání a současně upozorňuje na specifika hydrologického dimenzování protierozních systémů.

Výpočet a návrh protierozních opatření na svazích pozemních komunikací vychází ze standardních metod hydrologie a hydrauliky. Tato opatření slouží k zasažení a bezpečnému odvádění nadbytečných srážkových vod vznikajících na svazích komunikací. Podmínkou vyřešení protierozní ochrany je statická stabilita svahu i vegetační vrstvy půdy vytvořené na svahu (jemné terénní úpravy – ohumusování) a zamezení přítoku „vnější, cizí“ vody na plochu svahu. Opatření musí být navrhována funkčně a bezpečně s ohledem na estetiku stavby a okolní krajinu.

„Malá“ povodí a odtoky z ploch mimo vodní toky (včetně svahů PK) jsou řešeny pomocí srážkoodtokových modelů a návrh vychází z představy, že odtok o určité době opakování je vyvolán srážkou o stejné době opakování. Pro výpočet jsou tak využívány aplikační epizodní hydrologické modely pro získání návrhových charakteristik (průtok, objem, případně tvar odtokové vlny).

Samotný výpočet odtokových poměrů na svahu PK a v jeho okolí lze rozdělit na tři samostatné výpočty:

- 1) výpočet odtoku ze zpevněných povrchů tělesa PK,
- 2) výpočet odtoku ze zemních svahů PK,
- 3) výpočet „vnějších, cizích“ vod z okolí stavby.

### 3.1 Výpočet odtoku ze zpevněných povrchů tělesa pozemní komunikace

Základním předpokladem pro vyřešení protierozní ochrany svahů pozemních komunikací je zamezení přítoku vody ze zpevněných ploch tělesa pozemní komunikace (vozovky, krajnic, opevněných svahů apod.) a skalních ploch na plochu svahu. Odvodnění těchto ploch se řídí principy uvedenými v TP 83. Zde je pro výpočet uvedena racionální metoda dle návrhového deště (metoda A), která odpovídá způsobu výpočtu odtoku z plochy podle ČSN 75 6101.

V případě uvažovaného zatopení paty násypového svahu lze protierozní ochranu povrchu svahu řešit pouze od hrany svahu po uvažovanou hladinu ochrany území (po hladinu návrhového průtoku). Protierozní / protiabrazní / protisufozní ochrana svahu pod uvažovanou hladinu ochrany území se řeší podle 73 6133, ČSN 75 2310, ČSN 75 2410.

Ostatní metody uvedené v TP 83 (metoda B – pomocí charakteristik povodí) jsou určeny k výpočtu odtoku pro všechny otevřené vodoteče sbírající vodu především z povodí mimo komunikace a nejsou vhodné k výpočtu odtoku ze zpevněných povrchů tělesa pozemní komunikace. Jedná se o zjednodušené metody jako například Čerkašinův vzorec pro stanovení maximálního průtoku.

### 3.2 Výpočet odtoku ze zemních svahů pozemních komunikací

Empirické metody určení erozního ohrožení svahů a určení objemu odtoku jsou pro umělé sklonité svahy nedostatečné, pro návrh je vhodné využít modely založené na fyzikálních principech. Pro přímé svahy je možné využít profilové metody výpočtu, u konvergujících svahů je vhodné využít prostorové řešení.

Výpočet stability povrchové vrstvy vychází z posouzení limitních rychlostí povrchového odtoku a tečného napětí, tedy z určení charakteristik proudění. Získání těchto hodnot vychází z hydrologicko-hydraulického výpočtu a tím ze znalosti průtoků a objemů odtoku. Postup výpočtu včetně posouzení je uveden v metodice „Ochrana umělých svahů před erozí a stabilizace povrchové vrstvy“ (Kavka a kol., 2020).

Pro odtok ze zemních svahů do odvodňovacích zařízení PK a do vodotečí vyjádřený průtokem je doporučenou racionální metodou dle návrhového deště v TP 83. V současné době je ale možno využít přesnější metody, které uvádí Kavka a kol. (2020).

Při posouzení vhodnosti navržené protierozní ochrany na svahu pomocí tečného napětí musí platit rovnice (1):

$$\tau_0 < \tau_{crit} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

kde:  $\tau_0$  – tečné napětí vypočítané podle rovnice (2), v Pa,  
 $\tau_{crit}$  – kritické, normové tečné napětí, v Pa, viz Příloha 1.

Tečné napětí na zemním svahu je v případě plošného odtoku vypočteno podle:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i \quad [\text{Pa}] \quad (2)$$

kde:  $\gamma = \rho \cdot g \quad [\text{N/m}^3] \quad (3)$

$\gamma$  – měrná tíha  $[\text{N/m}^3]$ ,

$\rho$  – hustota látky (suspenze vody, splavenin a spláví)  $[\text{kg/m}^3]$ , v běžné praxi se uvažuje hustota vody,

$g$  – tíhové zrychlení,  $g = 9,81 \text{ [m/s}^2]$ ,

$R$  – hydraulický poloměr, v případě plošného odtoku průměrná výška hladiny  $[\text{m}]$ ,

$i$  – sklon svahu  $[-]$ .

Při posouzení vhodnosti navržené protierozní ochrany na svahu pomocí krajní nevymílací rychlosti musí platit rovnice (4):

$$v < v_{crit} \quad [\text{Pa}] \quad (4)$$

kde:  $v$  – rychlost proudění vody, resp. suspenze vody, splavenin a spláví podle rovnice (5)  $[\text{m/s}]$

$v_{crit}$  – maximální přípustná rychlost proudění vody, resp. suspenze vody, splavenin a spláví,  $[\text{m/s}]$ , viz Příloha 1.

Rychlost proudění při zjednodušení pomocí Manningova součinitele vychází v případě plošného odtoku z výpočtu průtoku v otevřených korytech:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \approx Q = \frac{1}{n} \cdot h^{3/2} \cdot i^{1/2} \quad [\text{m/s}] \quad (5)$$

kde:  $Q$  – průtok vody, resp. suspenze vody, splavenin a spláví,  $[\text{m}^3/\text{s}]$ ,

$A$  – průřezový profil (plocha odtoku),  $[\text{m}^2]$ ,

$R$  – hydraulický poloměr  $[\text{m}]$ ,

$i$  – sklon svahu  $[-]$ ,

$h$  – výška hladiny  $[\text{m}]$ ,

$n$  – Manningův drsnostní součinitel,  $[-]$ , viz Příloha 2.

V případě plošného odtoku jsou mocnitély u výšky hladiny a sklonu závislé na půdní textuře a od hodnoty pro otevřená koryta se mohou mírně lišit. Výška hladiny a z ní vypočtený odtok vychází z bilanční rovnice a rovnice kontinuity. Výpočet je možné řešit tabelárně a/nebo pomocí specializovaných SW. Tabelární řešení je uvedeno v metodice (Kavka a kol., 2020), kde je dále uváděn příklad využití fyzikálně založeného modelu SMODERP Line a SMODERP 2D, který je dostupný na stránkách <https://smoderp.fsv.cvut.cz/>.

Řešený příklad je uveden jako Příloha 3.

### 3.3 Výpočet „vnějších, cizích“ vod

Zemní tělesa musí být chráněna před negativními účinky vod z okolí stavby, tj. vnějších nebo cizích vod (ČSN 75 0142). Mezi vnější vody je možné zahrnout také sítě meliorací, případně vzniklá prameniště. Tyto bodové lokální zdroje je třeba řešit jejich bezpečným převedením mimo těleso stavby nebo do odvodnění PK.

Pro stanovení hodnot průtoku a případně objemu odtoku z povodí mimo těleso PK (v profilu řešené PK) se užívají následující metody:

- 1) pro povodí s vyvinutou sítí trvalých vodotečí: Základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400, které poskytuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) – [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz),
- 2) pro „zemědělská“ povodí o menší ploše s nedostatečně vyvinutou sítí trvalých vodotečí:
  - a. metoda odtokových křivek (CN),
  - b. fyzikálně založené metody hydrologických charakteristik.

Parametry koryt a retenčních prostorů se následně dimenzují postupy uvedenými např. v TP 83, TP 204, TP 232, ČSN 75 2106-1 a podle hydrologických principů uvedených v metodice využívajících krátkodobé srážky „Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině“ (Kavka a kol., 2023). Míra zabezpečení (návrhové průtoky) se stanovuje postupy uvedenými např. ve stejných předpisech.

### 3.3.1 Základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400

Český hydrometeorologický ústav poskytuje (za poplatek) následující standardní údaje, o vnějších vodách přitékajících k tělesu pozemní komunikace (ČSN 75 1400):

- plocha povodí A,
- dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí Pa,
- dlouhodobý průměrný odtok Qa,
- M-denní průtoky QMd nebo p-procentní denní průtoky Qp%d,
- N-leté (maximální) průtoky QN,
- N-letý průtok s dobou opakování N = 200 let a 500 let,
- teoretická povodňová vlna,
- pozorovaná povodňová vlna,
- dlouhodobě průměrné průtoky určitých měsíců nebo hydrologických sezon,
- pozorované časové řady průměrných denních, měsíčních, sezonních a ročních průtoků,
- funkce překročení průměrných denních, měsíčních, sezonních a ročních průtoků za víceleté období.

Výše uvedené údaje lze objednat na internetových stránkách ČHMÚ – [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz), resp. <https://www.chmi.cz/informace-a-sluzby/nabizene-sluzby/hydrologie/objednavky-hydrologickych-dat>.

### 3.3.2 Metoda čísel odtokových křivek (CN)

Metoda čísel odtokových křivek (CN – *Curve Number*) (Soil Conservation Service, 1972) představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích či jejich částech o velikosti do 10 km<sup>2</sup>.

V projekční praxi může být metoda odtokových křivek použita pouze v souladu s ČSN 75 1400 k navrhování technických protierozních opatření mimo vodní tok, jako jsou např. dráhy soustředěného povrchového odtoku (zatravněné údolnice), průlehy, příkopy, ochranné hrázky, a pro posuzování vlivu protierozních opatření na povrchový odtok (Janeček a kol., 2012; Kavka 2023).

Kombinace SCS-CN s příslušným typem hydrogramu slouží k určení:

- 1) objemu přímého odtoku,
- 2) maximálního průtoku – tvaru návrhové vlny.

Tato metoda je integrovaná do celé řady software nástrojů, například do volně dostupného HEC-HMS. Dále například do programu Atlas HYDROLOGIE (Jáchymová, 2019), který navíc v kombinaci s nástrojem Atlas EROZE (Bek, 2014) umožňuje určit erozní ohrožení.

### 3.3.2.1 Objem přímého odtoku

Metoda CN odvozuje výšku přímého odtoku z následujícího vztahu – rovnice (6):

$$H_o = (H_s - I_a)^2 / (H_s - I_a + A) \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

kde:  $H_o$  – výška přímého odtoku [mm],

$H_s$  – celkový úhrn srážky (návrhového deště), [mm],

$I_a$  – počáteční ztráty, [mm] – viz níže,

$A$  – maximální potenciální retence, [mm], viz níže.

Objem odtoku je získán přenásobením řešené plochy odtokovou výškou – rovnice (7).

$$O_{ph} = 1000 * P_p * H_o \quad [\text{m}^3] \quad (7)$$

kde:  $P_p$  – plocha povodí,  $\text{km}^2$

Z výše popsaných vztahů je zřejmé, že metoda CN nezohledňuje průběh vstupní srážky. Při použití vstupního hyetogramu příčinné srážky je možné odvodit i hyetogram efektivní srážky (rozdělení odtokových výšek vznikajících v jednotlivých časových krocích). Celková odtoková výška srážek s totožným úhrnem, ale odlišnými průběhy, je však vždy stejná. Metoda nerozlišuje mezi příčinnou srážkou v podobě rovnoměrného deště nízké intenzity a přívalovou srážkou, což je limitem této metody.

Počáteční ztráty  $I_a$  se vyjadřují jako procentuální podíl maximální potenciální retence  $A$  – rovnice (8):

$$I_a = \lambda * A \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

kde:  $\lambda$  – koeficient počáteční ztráty (-),

$\lambda = 0,2$  – nejčastější hodnota,

$\lambda = 0,1$  – urbanizovaná hladká povodí,

$\lambda = 0,25$  – povodí se členitým povrchem a hustou vegetací.

Maximální potenciální retence  $A$  se pak určí na základě čísla odtokové křivky CN pro zvolený stupeň předchozího nasycení vzorce (9):

$$A = 25,4 * \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

kde: CN – číslo odtokové křivky (-), viz Příloha 4.

Hodnoty CN se odvozují na základě tabelovaných kombinací hydrologické skupiny půdy (HSP) a kategorií půdního pokryvu; hydrologickou skupinu půd lze určit z několika zdrojů, které jsou uvedeny v kapitole 3.4 a softwarové aplikace eKatalog BPEJ. Lze je najít v řadě zdrojů, například v metodice CN (Janeček a kol., 2012) a manuálu Atlas HYDROLOGIE (Jáchymová, 2019).

Stupeň předchozího nasycení byl dříve charakterizován pětidenním indexem předchozích srážek (IPS). Z dat výzkumu výskytu srážek na území ČR v bezmrazovém období vyplývá, že na území ČR se vyskytuje běžný anebo zvýšený stav nasycení. Zjednodušený výpočet objemu odtoku se zahrnutím variability návrhových srážek a počátečního nasycení je online dostupný nástroj HydroRAIN-CN na stránkách <https://rain.fsv.cvut.cz/>. Detailněji je využití uvedeno v kap. 3.4 a metodice Kavka a kol. (2023).

### **3.3.2.2 Určení kulminačního průtoku**

Stanovení průběhu odtoku a z něj vycházejícího kulminačního průtoku se provádí transformací hyetogramu efektivní srážky do odtokové odezvy. K tomu je možné využít např. metodu jednotkového hydrogramu nebo tzv. Clarkova hydrogramu. Jedná se o jedno či víceparametrickou matematickou funkci rozkládající každý srážkový impuls do dílčí odtokové vlny. Výsledný hydrogram pak vzniká jejich součtem. Pro ruční výpočet je možné použít originální metodiky SCS-CN a jednoparametrický SCS-CN hydrogram. Také se doporučuje využití simulačních nástrojů (HEC-HMS, Atlas HYDROLOGIE).

Řešený příklad je uveden jako Příloha 5.

### **3.3.3 Fyzikálně založené metody určení hydrologických charakteristik**

Vedle metody SCS-CN jsou pro navrhování opatření v krajině využívány fyzikálně založené procesní modely. Většina aplikačních epizodních procesně založených modelů popisuje pouze vybrané procesy, základ tvoří bilanční vztahy a rovnice popisu proudění. Povrchový odtok je popsán bilancí vody na povrchu půdy, do kterého jsou uvažovány procesy infiltrace, retence a intercepce. Výpar a transpirace se vzhledem k epizodnímu řešení zanedbává. Popis proudění je řešen zjednodušeně, nejčastěji formou kinematické výjimečně difuzní vlny. Některé modely oddělují proces plošného odtoku od rýhového. Odtok sítí vodních toků je řešen samostatně. Rychlá složka proudění vody v půdním prostředí, která je také součástí přímého odtoku, je v modelech integrována méně často.

Výhodou procesně založených modelů je detailnější popis procesů. Příkladem může být počáteční nasycení, které je v procesních modelech definováno v počátečních podmínkách infiltrační rutiny prakticky spojitě, v metodě CN definováno třemi stavy CN1, CN2 a CN3. Vstupní datová základna je pro procesně založené modely dostatečná a v dostatečném rozlišení. Nevýhodou těchto modelů jsou větší nároky na uživatele a omezené množství sledovaných procesů (chybějící popis podpovrchového proudění vody, propojení povrchové domény a podpovrchových procesů atp.).

Je nad rámec této metodiky detailně popisovat jednotlivé modely a principy řešení, ty jsou uvedeny v manuálech příslušných modelů. Dále uvedené modely patří mezi ty, které jsou v českém prostředí využívány.

#### **3.3.3.1 SMODERP 2D**

Tento procesně založený srážko-odtokový model je přímo zacílen na navrhování drobných staveb v krajině. Výsledky tohoto epizodního modelu lze využít k získání příslušných návrhových parametrů pro navrhovaná opatření staveb v krajině. V modelu jsou zahrnuty procesy infiltrace (Philipova rovnice)

i povrchové retence. Tento model se v podobě profilové verze (1D) objevuje v předcházejících metodikách. Model je dostupný na stránkách Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulty stavební, ČVUT v Praze (<https://smoderp.fsv.cvut.cz/>). Vývoj profilové verze modelu byl již ukončen a byl nahrazen prostorovým řešením (2D), v němž jsou kromě plošného odtoku zahrnuty procesy soustředěného odtoku v rýhách a odtok ve vodních tocích.

Nově vyvíjená verze modelu SMODERP 2D je koncipována tak, aby bylo možné využít běžně dostupná data o půdě, vegetaci a morfologii. Doporučené střední hodnoty jednotlivých parametrů jsou součástí manuálu k modelu. V modelu bude také zahrnut výpočet ztráty půdy.

### **3.3.3.2 Erosion 3D**

Fyzikálně založený Erosion 3D (Werner, 2006) je epizodní distribuovaný model srážko-odtokových vztahů, erozních a transportních procesů, primárně odvozený pro prostředí Saska. Tento model je zaměřen především na erozní problematiku, ale lze jej použít i pro výpočet množství protékající vody v každém výpočetním elementu zvolené oblasti. Parametry modelu byly v letech 2018–2021 kalibrovány pro podmínky ČR. Praktické nasazení a využití modelu, včetně přehledu vstupních dat a jejich dostupnosti popsala Beitlerová a kol. (2021).

Výstup z modelu tvoří soubor rastrových vrstev pro jednotlivé výstupní veličiny, mimo jiné i objem odtoku a průtok. Tyto vrstvy je možné ukládat pro každý časový krok simulace. V případě použití dodatečného modulu pro sledování odtoku je možné definovat profily (buňky rastru), z nichž jsou hodnoty výstupních veličin ukládány jako časové řady v tabelované podobě.

Soustředěný povrchový odtok je simulován odděleně od plošného povrchového odtoku, tím je umožněno sledovat průtok například v korytě vodního toku.

## **3.4 Zdroje dat pro výpočet odtoku**

### **3.4.1 Tvar povrchu**

V případě odvodnění vlastního tělesa vozovky nebo svahů zemních těles je její geometrie dána navrhovanou konstrukcí. Podélnými (vodorovnými) a příčnými řezy a profily, případně 3D modelem.

Pro větší oblast je dostupný DMR 4G v rozlišení 5x5 a DMP 1G v podrobnějším měřítku pro celé území ČR – <https://www.cuzk.cz/>.



### 3.4.2 Informace o typu povrchu

Samotné těleso vozovky je z téměř nepropustných materiálů.

Svahové části tělesa jsou buď bez ochranného opatření nebo s ochranným opatřením. Pro jednotlivé skupiny materiálů jsou průměrné návrhové parametry součástí Přílohy 1 a 2.

Data o využití území v okolí stavby vychází z mapových podkladů. Doporučuje se terénní průzkum a zanesení nemapovaných prvků případně rozšíření nebo zmenšení hodnoceného území z důvodu přítomnosti odváděcích prvků v ploše povodí. Může se jednat o příkopy a průlehy vybudované v ploše povodí z důvodu protierozní ochrany. Dále upřesnit množství zpevněných ploch, které zásadně ovlivňují odtokovou odezvu zejména z návrhových dešťů o nižších intenzitách.

Pro území ČR jsou dostupné zdroje o využití území ve vektorové podobě v dostatečném rozlišení v ZABAGED. Pro zemědělskou půdu je pak zpřesněním veřejná část databáze Veřejný registr půdy LPIS, která obsahuje využití zemědělských pozemků. Kombinací těchto dvou vrstev je možné odvodit charakteristiky povrchu jak pro metodu CN (Janeček a kol., 2012 a pozdějších aktualizovaných předpisů), tak pro fyzikálně založené modely – viz čl. 3.3.3.

Dalšími možnostmi s nižší přesností jsou rastrová data CORINE, případně podrobnější produkty uvedené na <https://worldcover2020.esa.int/>. Naopak přesnějších dat je možné dosáhnout vlastním mapováním, například pomocí bezpilotních prostředků – UAV.

### 3.4.3 Půdní data

Vlastnosti půdy ovlivňují hydrologickou bilanci zejména infiltrací. Infiltrace do půdy je složitý proces, který je ovlivněn celou řadou podmínek. Zásadní vliv má půdní textura – zrnitostní složení, obsah organické hmoty a měrná hmotnost, resp. hustota. Mimo tyto fyzikálně popsatelné charakteristiky má zásadní vliv také pedogeneze. Důležitým parametrem je pak aktuální stav půdy z hlediska vlhkosti.

Nejpřesnější metodou získání charakteristik půdy je pedologický průzkum a odvození charakteristik půdy v terénu anebo z odebraných vzorků. Určitým zjednodušením jsou pak odvozené mapy. Pro metodu CN jsou přímo odvozeny mapy HSP (Vopravil a kol., 2018, Beitlerová a kol., 2021). Tyto zdroje uvádějí hodnoty CN pro běžný stupeň nasycení.

Přepočet hodnoty středního nasycení (CN<sub>2</sub>) na hodnoty zvýšeného nasycení (CN<sub>3</sub>) je možný pomocí následujícího vztahu – rovnice (10):

$$CN_3 = 23 \cdot CN_2 / (10 + 0,13 CN_2) \quad [-] \quad (10)$$

Pro fyzikální modely je možné odvodit infiltrační charakteristiky na základě pedotrasferových funkcí na základě půdní textury. Mapa texturních vlastností (Beitlerová a kol., 2021) je dostupná na <https://rain.fsv.cvut.cz/pudy/>. V Příloze 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty fyzikálních charakteristik zrnitostních tříd podle české (Novákovy) klasifikace a USDA klasifikace.

### 3.4.4 Návrhové srážky a stav počátečního nasycení

Pro návrhy odvodnění vlastních těles jsou využívány návrhové maximální intenzity deseti až patnácti minutových dešťů. Ty jsou v současné době dostupné pouze z velmi zastaralého zdroje Trupl (1958). Redukční metody denních úhrnů dle Hrádka a Kováře (1994) vycházejí rovněž z Truplových

maximálních intenzit a denních úhrnů podle Šamaj a kol. (1985) a jsou datově zastaralé. Prozatím lze využít maximální intenzity koncentrovaných tvarů šestihodinových návrhových srážek (A/B) podle větší pravděpodobnosti výskytu (dostupné na <https://rain.fsv.cvut.cz/>). Novější data o návrhových deštích jsou v současné době v přípravě a měla by být k dispozici v roce 2024. Primární institucí poskytující data je ČHMÚ.

Pro návrh odvodnění zemních svahů těles pozemních komunikací v souladu s metodikou „Ochrana umělých svahů před erozí a stabilizace povrchové vrstvy“ (Kavka a kol., 2020) je doporučováno využít pro návrh buď maximální intenzitu patnáctiminutového deště za podmínky, že bude uvažováno nasycení půdy a bude tím simulována pouze nejintenzivnější část srážky, a nebo bude posouzení provedeno na šestihodinové návrhové srážky včetně zahrnutí jejich tvaru v souladu s metodikou „Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině“ (Kavka a kol., 2023).

Pro výpočet odtoků z plochy přispívajícího povodí je situace odlišná a do výpočtu je třeba zahrnout nejistotu spojenou s návrhovými srážkami. Pro potřeby jsou návrhové šestihodinové srážky dostupné na <https://rain.fsv.cvut.cz/>. Zde uvedené srážky krom objemu také obsahují pravděpodobnostní zastoupení tvarů srážek. Od rovnoměrných srážek po velmi koncentrované. Detailněji popsáno v metodice „Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině“ (Kavka a kol., 2023).

Zde je rovněž uveden postup pro zahrnutí nejistot v intenzitě srážky, jejím průběhu a předpokládaném stupni nasycení. Jednotlivé varianty průběhu návrhových srážek se z hlediska zastoupení prostorově liší. Předchozí nasycenost se tak liší v závislosti na průběhu srážky a je také prostorově rozdílná. Obecně platí, že pro varianty srážek koncentrovaných do jednoho krátkého časového úseku jsou pravděpodobnosti výskytu abnormálního nasycení ( $q_{API}$ ) na většině území nižší než 20 %. Naopak silné srážky rozložené vcelku rovnoměrně do celého šestihodinového úseku se vyznačují zvýšenou pravděpodobností abnormální předchozí nasycenosti, což zřejmě souvisí s tím, že tyto srážkové události zpravidla trvají déle než šest hodin, někdy dokonce až několik dní. V rozsáhlé části území ČR dosahuje  $q_{API}$  hodnoty i přes 50 %, a to především v horských a podhorských oblastech. Tuto nejistotu způsobenou variabilitou srážek je třeba zahrnout do počítané hydrologické odezvy. Pro metodu SCS-CN v kombinaci s jednotkovým hydrogramem je hodnota  $q_{API}$  interpretována jako poměr mezi zastoupením CN2 a CN3 – viz Tabulka 1.

**Tabulka 1: Váhy zastoupení scénářů předchozího nasycení v metodě SCS-CN podle pravděpodobnosti abnormální nasycenosti**

<b>Pravděpodobnost abnormální nasycenosti*</b> <b><math>q_{API}</math></b>	< 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	> 0,80
<b>CN 2</b>	1,0	0,75	0,50	0,25	0
<b>CN 3</b>	0	0,25	0,5	0,75	1,0
<b>*pro hydrografické povodí IV. řádu dostupné na <a href="https://rain.fsv.cvut.cz/">https://rain.fsv.cvut.cz/</a></b>					

Podle metodiky (Kavka a kol., 2023) je druhým krokem výpočet sady všech relevantních modelových scénářů s požadovanou periodicitou příčinné srážky, průběhu intenzit příčinné srážky a relativní četnosti výskytu tohoto průběhu v kombinaci s pravděpodobným předchozím stavem nasycení. Z dílčích odezev těchto scénářů je následně vypočtena výsledná odtoková odezva s požadovaným návrhovým objemem či kulminačním průtokem. V případě metody SCS-CN se tak jedná o výpočet odtokové odezvy pro stavy CN2 a CN3. Výsledný objem odtoku v případě metody SCS-CN je součtem dílčích odezev na všechny návrhové hyetogramy vážený pravděpodobností výskytu příslušného hyetogramu a váhou zastoupení scénářů předchozího nasycení (CN2 a CN3) podle výše uvedené tabulky. Tento přístup je integrován v nástroji HydroRAIN-CN (<https://rain.fsv.cvut.cz/>)

## 4 Protierozní opatření (PEO)

Vodní a větrnou erozi zemních svahů pozemních komunikací lze omezit, případně úplně zastavit pomocí zdravé a udržované vegetace. V některých případech je účelná podpora zakládání a udržení vegetačního pokryvu za pomoci technických a biologických opatření, případně jejich kombinací. Geologický podklad a klimatické podmínky ovlivnit nelze. Protierozní ochrana svahů vede cestou zvýšení odolnosti půdy vůči erozi, úpravy reliéfu terénu a vegetačního pokryvu. Primárním cílem má být prevence vzniku eroze. V případě, že prevence selže nebo je nedostatečná, lze využít opatření pro zachycení sedimentu. Aby oba typy opatření dlouhodobě spolehlivě plnily funkci, je zásadní jejich kvalitní instalace, kotvení na svahu a údržba.

Volba konkrétních opatření se odvíjí od několika kritérií:

- druh erozního ohrožení,
- morfologie svahu,
- zamýšlený cílový stav (pokryvu) svahu,
- možnosti údržby a následné péče o svah.

V principu je protierozní ochrana svahu založena na:

- účinném odvedení vnější, cizí vody přitékající na svah z povodí nad korunou svahu,
- prevenci vzniku / účinném odvedení povrchového odtoku vzniklého na svahu z dešťových srážek,
- ochraně půdního povrchu před kinetickou energií dopadajících dešťových kapek,
- ochraně povrchu před účinky větru,
- podpoře erozní odolnosti půdy (zvýšení vlhkosti, podílu organické hmoty),
- podpoře vsaku vody do půdy (struktura půdy, omezení zhutnění),
- zpomalení povrchového odtoku (snížení unášecí síly),
- kontrole sedimentu (zachycení a následnému odstranění již erodovaného materiálu) v případě, že preventivní protierozní opatření selžou nebo jsou nedostatečná nebo nejsou dostatečně rozvinutá (v počátečním období po založení PEO),
- kvalitní aplikaci ochranných materiálů na svah (především kontakt materiálu s povrchem půdy a stabilní kotvení produktu na svah).

Ochranná opatření proti vodě a větru mohou mít v určitých případech protichůdný charakter. V takových případech je doporučeno upřednostnit opatření proti tomu typu eroze, který by v dané

lokalitě přinesl závažnější následky. V případě svahů PK většinou jednoznačně dopady eroze vodní, proto je primárně řešena tato.

Typy protierozních opatření (PEO) dle použitého materiálu:

#### 1) Technická PEO

- odvodňovací systémy ve svahu,
- úprava morfologie svahu (délka, sklon, tvar, terasování),
- rozprostření vegetační vrstvy půdy, nejčastěji ornice, tzv. humusování,
- ochrana horní hrany svahu,
- plůtky ze suchého dříví a z řeziva,
- zápletové plůtky ze suchého proutí, klestu, dříví nebo řeziva,
- haťové a haťošterkové válce a povázky ze suchého proutí a klestu.

#### 2) Biologická PEO

- (protierozní) travní a travinobylinná společenstva (porosty),
- (protierozní) porosty keřových nebo stromových dřevin,
- mulčování / hnojení přírodními látkami.

3) Chemická PEO – chemické stabilizátory a umělá hnojiva (protierozní přísady využívané především při hydroosevu)

#### 4) Kombinovaná PEO, tzv. vegetační či polovegetační konstrukce

- zakládání porostů za podpory geosyntetik z přírodních přízí,
- zakládání porostů za podpory geosyntetik ze syntetických materiálů,
- zakládání travních a travinobylinných společenstev hydroosevem za podpory geosyntetik,
- zakládání travních a travinobylinných společenstev za podpory zatravňovacích (betonových / ŽB) prefabrikátů, tzv. polovegetačních dílců,
- zakládání travních a travinobylinných společenstev za podpory zatravňovacích dílců ze syntetických hmot,
- zakládání porostů za podpory 3D ocelových panelů,
- zápletové plůtky s určitým podílem proutí nebo klestu dřevin umožňující vegetační množení,
- haťe a povázky.

Samostatnou kategorii tvoří opatření pro zachytávání sedimentu. Může se stát, že primární protierozní opatření selže. Pro tyto případy je vhodné připravit záložní opatření na zachycení smytého materiálu, které zabrání zanášení níže položených objektů (odvodňovací příkopy apod.) sedimentem.

### 4.1 Metody a materiály pro protierozní ochranu

Tato kapitola popíše jednotlivá ochranná opatření podle druhu zdrojového materiálu. Členění opatření podle umístění produktu v profilu svahu (na povrch, těsně pod ním, do zemního tělesa, do paty svahu, do koruny svahu) je uvedeno v čl. 4.2.

Přirozenou a účinnou ochranu před erozními činiteli půdě poskytuje zapojená a dostatečně vyvinutá vegetace. Primárním cílem protierozního zabezpečení svahu PK by proto mělo být založení a dosažení zapojeného vegetačního pokryvu. Po ukončení stavebních prací na zemním tělese komunikace

však povrch svahů zůstává holý, zcela bez vegetace. Rizikové je období mezi ukončením disturbancí svahu, kdy je povrch svahu většinou holý, a plným vyvinutím vegetačního pokryvu. Podpora vývoje protierozního výsevu a výsadby probíhá formou dočasných nebo trvalých opatření. Dočasná opatření chrání povrch půdy, dokud tuto funkci nepřevzme vzrostlá vegetace. Dočasné materiály se pak rozpadají, případně dodávají organický materiál do půdního profilu, čímž dodatečně podporují růst vegetace. V případě vysokého rizika eroze nebo extrémních stanovištních podmínek lze využít materiály, které trvale podporují stabilitu půdního profilu, osiva či kořenového systému ochranné vegetace. K tomu účelu jsou využívána tzv. geosyntetika s protierozní funkcí. Zpravidla se jedná o geotextilie nebo kombinaci geosítě a geomřížky, kombinované s materiály syntetickými a přírodními (sláma, juta, kokos, len, doplněné případně i o travní semeno) (Ponikelský a kol., 2011)

#### **4.1.1 Způsoby založení protierozních travních a travinobylinných společenstev**

##### **4.1.1.1 Předpoklady úspěšného založení**

K úspěšnému založení travních a jetelotravních společenstev může dojít pouze za předpokladu respektování optimálních podmínek pro výsev (výsadbu), správného sestavení složení směsi pro dané konkrétní využití a zvolení vhodné technologie pro založení a následnou péči porostu. Úspěšnost každého založení travních a travinobylinných společenstev závisí na kvalitní předseťové přípravě půdy, což je u výsevu na erozí ohrožených lokalitách často nemožné dodržet. O to více je třeba dbát na ostatní faktory ovlivňující založení porostu, což jsou i kvalifikované lidské zdroje. Protierozní travní a travinobylinné porosty se řadí mezi krajinné trávníky, jejichž péče je většinou pouze extenzivní a omezuje se především na kosení, mulčování porostu nebo se jedná o plochy bez jakýchkoliv zásahů. U krajinných trávníků se sleduje jejich krajinná, ekologická a estetická hodnota (zlepšení celkového stavu a vzhledu krajiny), ale i jejich technická hodnota, která spočívá právě v omezení vlivu vodní a větrné eroze. Při těsném kontaktu s komunikací jsou tyto typy krajinných trávníků také ohroženy kontaminací těžkými kovy a solemi, které se kolem cest hromadí. Z toho vyplývá, že výběr a použití směsi na lokalitě by měl být pestřejší a měl by zahrnovat, pokud je to možné, ve vztahu k velikosti a modelaci osévané lokality, nejen porosty s protierozní prioritou, s odolností vůči suchu a méně vzrůstné, ale také porosty s důrazem na biodiverzitu a na odolnost vůči zasolení, jestliže toto riziko hrozí. Založení dlouhodobě funkčního porostu musí předcházet pečlivá příprava v podobě analýzy stanovištních podmínek ve vztahu k požadovanému složení porostu a způsobu udržovací péče. Při zakládání krajinných trávníků je obohacení zahradnickým substrátem nebo rozprostření ornice nežádoucí. Toto neplatí pro ohumusování obnažených svahů při stavebních činnostech předepsané v projektové dokumentaci. Vysoký obsah živin ve vegetačním substrátu je naprosto nevhodný pro zakládání travinobylinných společenstev. V případě, že se na lokalitě nachází extrémně vysoký podíl vytrvalých plevelů nebo invazních druhů rostlin, je pro úspěšné založení a vývoj kvalitního rostlinného společenstva vhodné půdu před výsevem odplevelit. Výskyt jednoletých plevelů je běžný a není problémem.

Při zakládání travních a travinobylinných společenstev v krajině je nutné dodržovat Standardy péče o přírodu a krajinu C02 007 Krajinné trávníky.

#### 4.1.1.2 Termín založení

Směsi osiva je možné vysévat celoročně, přičemž termín výsevu má vliv na klíčení jednotlivých druhů rostlin, jejich složení a pokryvnost porostu. Významným činitelem je dostatek vláhy v daném období a teplota půdy. Dlouhodobě osvědčeným termínem výsevu jsou březen až první polovina května a září až říjen. V některých případech lze směsi vysévat na sklonku roku těsně před zámrazem, nejlépe tak, aby semena začala klíčit až počátkem následujícího roku, kdy mohou rostliny dobře využít zimní vláhu.

V případě výsevu mimo optimální termíny je třeba adekvátně uzpůsobit technologii dle individuálních podmínek konkrétního stanoviště, případně složení směsi doplnit vhodnou krycí plodinou.

#### 4.1.1.3 Výsevek

Základem úspěšného výsevu je volba vhodného osiva s ohledem na požadované vlastnosti budoucího porostu. Výrobci jednotlivých směsí zpravidla uvádějí doporučená výsevní množství. Nejjednodušší a nejpoužívanější metodou je hmotnostní stanovení výsevního množství, což je u travních směsí, zvláště na svazích množství 25 až 30 g/m<sup>2</sup>. Vyšší dávky osiva na jednotku plochy jsou rozhodně plýtváním. Dříve klíčící druhy znemožňují pak vzcházení pomaleji klíčících, a to především z důvodu nedostatku prostoru. Konkurenčně slabší druhy se neprosadí a výsledný porost neodpovídá vysévanému druhovému složení.

U travinobylinných směsí rozhoduje o výši výsevku především zastoupení trav a bylin ve směsi, dále podíl rychle vzcházejících druhů rostlin, svažitost a termín výsevu. Čím komplikovanější podmínky (nevhodný termín, extrémní sklon, pouze pomalu vzcházející druhy ve směsi) pro výsev travinobylinné směsi je třeba podstoupit, tím vyšší může být výsevek a potřeba použití technologie s rychle vzcházející krycí plodinou. Výsevky travinobylinných směsí se obecně pohybují v rozmezí 2 až 30 g/m<sup>2</sup> v závislosti na účelu pěstování, typu směsi a dalších faktorech, ale i zde je potřeba respektovat doporučená výsevní množství stanovená výrobcem směsi.

Při volbě osiva je vždy nutné brát v potaz konkrétní stanovištní podmínky. Zejména v případě špatně dostupných lokalit a lokalit s vysokou erozí, volíme vždy směs, jež bude následně tvořit co nejméně hmoty. Směs by měla obsahovat adekvátní travní a bylinné druhy dle stanovištních podmínek a zamýšleného účelu.

#### 4.1.1.4 Původ osiva

Při zatravnění erozí ohrožených ploch v krajině je třeba používat pouze střeoevropské druhy rostlin, odrůdy českého původu a odrůdy v České republice vypěstované a respektovat jejich ekologické požadavky na daném stanovišti. Zakázáno je používat odrůdy mezidruhových a mezirodových kříženců, odrůdy vzniklé polyploidizací, GM odrůdy a vysévat v krajinných trávnicích kostřavu rákosovitou (*Festuca arundinacea*). Výjimku tvoří výjimečných zatravnění technického charakteru a v odůvodněných případech ji lze použít v místech jejího přirozeného výskytu.

#### 4.1.1.5 Složení protierozních směsí

Sestavování vhodného složení směsi je sofistikovaná činnost, kterou je vhodné ponechat odborníkům. Snaha o dodržení podílu požadovaných druhů ve směsi dle katalogu biotopů naráží na nedostatek potřebného osiva rostlinných druhů na trhu a nereflexuje prioritu protierozního účinku na stanovišti. Fytocenologické složení porostu neodráží počet diaspor jednotlivých druhů ve směsi, je potřeba znát

hmotnosti tisíce semen, rychlost vývoje i konkurenční schopnosti všech použitých komponent ve směsi.

#### **4.1.1.6 Metody založení protierozních společenstev**

Na plochách, které jsou ohroženy erozí, je založení travních a travinobylinných společenstev možné těmito třemi základními způsoby:

- výsevem (generativními orgány rostlin), což je nejčastější, nejjednodušší a z hlediska nákladů nejlevnější metoda založení porostů,
- výsadbou (vegetativními orgány rostlin) předpěstovaného rostlinného materiálu v podobě koberců, trsů či jednotlivých rostlin,
- kombinací výsevu a výsadby.

#### **4.1.1.7 Metody výsevu**

Výsevem travinobylinné směsi nelze na rozdíl od travní směsi okamžitě vytvořit plnohodnotné společenstvo, složením směsi se vytváří pouze tzv. kostra porostu, která dále podléhá vývojovým změnám v rámci spontánní sukcese.

##### **4.1.1.7.1 Hydroosev**

Na erozí ohrožených stanovištích je hydroosev nejúčinnějším způsobem založení travního i travinobylinného porostu a vyloženě se doporučuje u sklonů terénu nad 30 %. U společenstev se zastoupením dvouděložných rostlin, které mají proti travám pomalejší vývoj, je hydroosev nejvýznamnější metodou výsevu.

Směs osiva, vhodného pojiva (fixátor), pomocných půdních látek (podpora klíčení, vzcházení), mulčovací materiálů, popř. hnojiv, organické hmoty a vody je vytvořena a promíchána ve speciálním stroji (hydroseederu) a pod vysokým tlakem rovnoměrně nastříkována na určenou plochu. Směs jednotlivých komponentů v zásobníku je navrhována v souladu s potřebami osévané plochy a na stanovišti pomáhá udržet půdu a osivo na požadovaném místě do doby, než tuto funkci převezme vlastní porost. Samotný nástřik se provádí hadicí nebo věžovou stříkací jednotkou zakončenou různými typy rozprašovacích trysek. Doposud se hydroosev nejčastěji používal pro rychlé založení porostů na složitě dostupných místech, ale s vývojem menších modelů hydroseederů dochází k využití této metody zakládání porostů i na rovinatých a bezproblémových plochách. Díky možné aplikaci organické hmoty je uplatnění hydroosevu významné na skalnatých zářezích, lomech a na plochách s horší kvalitou podkladové zeminy nebo bez vegetačního substrátu, kdy se spolu s výsevem speciální travinobylinné směsi mohou aplikovat i řízky sukulentů regionálního původu, přičemž při nástřiku je vyžadován mechanismus, který řízky nepoškozuje. Jako alternativu ornice lze v těžko dostupných místech použít biotické půdní medium. Jedná se o směs tepelně upravené kůry, dřevitých vláken, speciální směsi biopolymerů, biouhlu, výtažků z mořských řas, humínových kyselin, endomykorhizy atp.

##### **4.1.1.7.2 Přímý výsev**

Osivo se vysévá na předem připravenou plochu. Jedná se o nejčastěji používaný způsob na rovinatých pozemcích, je relativně rychlý a vytváří nejlepší předpoklady pro přirozený vývoj porostu. Menší, případně obtížně přístupné plochy, se zpravidla vysévají ručně, a to buď plošným ručním rozhozem semene, nebo s využitím ručních secích strojů různé konstrukce (štěrbínové vozíky, odstředivá rozmetadla apod.). U travinobylinných směsí výsev komplikuje rozdílná velikost semen jednotlivých

komponent. Vzhledem k rozdílným fyzikálním vlastnostem semen různých rostlinných druhů obsažených ve směsi je třeba osivo před výsevem vždy důkladně míchat, aby se předešlo tzv. „samotřídění.“ Jedná se o fenomén separace semen do rozdílných frakcí na základě hmotnosti, tvaru a velikosti. Roli zde hraje také obsah osin, háčků či jiných „zbytků“ rostlinného původu.

Pro trávy je optimální výsev do hloubky cca 3 cm, naopak semena bylin jsou v převážné většině velice drobná a vyhovuje jim výsev v podstatě na povrch půdy. Při výsevu travinobylinných směsí je proto nutně volit kompromis a v úvahu je třeba brát také aktuální vláhové poměry. Je však jisté, že hlubším výsevem se snižuje šance uplatnění bylin, při mělkém výsevu zase hrozí riziko podeschnutí, hlavně u trav. Při výsevu na povrch půdy je dobré povrch předtím upravit lehkými branami, menší plochy hráběmi. Semena zapadají do vzniklých nerovností a následným zaválením se dostanou do půdy, avšak blízko při povrchu. Při strojovém výsevu by bylo možné použít brány až po rozmetání, je však třeba zvážit, do jaké hloubky by se tak semena v dané půdě dostala. Pro rozsáhlejší plochy je účelné volit různé typy secích strojů pro plošný nebo řádkový výsev traktory se speciálními nosiči nářadí. Nedílnou součástí výsevu je i mělké zapravení osiva (max. 10 mm) a uválení povrchu pro obnovu půdní kapilarity a zabezpečení přísunu vody k semenům. Je vhodné poskytnout malým vyklíčeným rostlinám přístínění. Tuto funkci velmi dobře plní jednoleté plevely; v prvních letech, kdy je přístínění nejpotřebnější, je jich nejvíce, postupně ubývají, až vymizí úplně. Je také možné provést výsev s vhodnou krycí plodinou (viz čl. 4.1.1.7.3 Výsev s krycí plodinou).

#### **4.1.1.7.3 Výsev s krycí plodinou (kulturou)**

Se využívá především jako protierozní technologie, kdy je do základní vysévané travní nebo nejčastěji travinobylinné směsi s pomalým vývojem přidáván travní druh s rychlým vývojem a zapojením. Travinobylinná směs má díky svému složení dlouhodobě požadované vlastnosti (odolnost vůči suchu, druhová pestrost, nízká výška porostu), avšak krátkodobě, vzhledem ke svému pomalému vývoji, nespĺňuje potřebu rychlého zapojení na erozí ohroženém stanovišti.

Trvalé ponechání krycí kultury v rámci takto osévané plochy je nežádoucí, obvykle pro její ostatní nevhodné vlastnosti v rámci zamýšleného společenstva. Může jít o habitus, odolnost vůči suchu, nežádoucí konkurenční schopnosti apod.

Na svazích je tato technologie velmi vhodná, zejména při velmi pozdním výsevu, kdy by se vysévaná směs již nestihla v rámci stanoviště dostatečně ujmout a hrozila by eroze. Stejným případem jsou výsevy v termínu přívalových dešťů, kdy krycí plodina splní protierozní funkci před zapojením nově vysetého porostu. Pro tento účel se na svazích nejčastěji používá jílek jednoletý (*Lolium multiflorum* var. *westervoldicum*). Riziko této technologie spočívá ve vysemenění krycí plodiny (jílku) a potlačení vývoje pomalejšího požadovaného porostu při včasném neposečení krycí plodiny, zvláště při nepřiměřeně vysokém výsevku krycí plodiny vůči výsevku primárně vysévané směsi.

#### **4.1.1.7.4 Přísev**

Jedná se o dosev do stávajícího porostu. Před samotným přísevem je důležité porost nízko pokosit a odklidit posečenou hmotu. Vlastní přísev se provádí do narušeného travního drnu zpravidla speciálními přísévacími stroji. K přísevu lze použít čistou bylinnou směs, nebo i byliny ve směsi s travami, přičemž byliny by měly tvořit minimálně 10 % směsi a měly by být zvoleny rostlinné druhy s rychlejším vývojem a vyšší konkurenční schopností. Před přísevem musí být drn původního porostu důkladně rozvláčen nebo prořezán disky tak, aby vzniklo asi 40–50 % volného prostoru pro zdárné



vzcházení přisetého osiva. Čím vyšší podíl bude v přisévané směsi pomalu vzcházejících druhů, tím více musí být původní porost proředěn. Termín přisevu je nutné zvolit s ohledem na specifické podmínky lokality (pravidelné přísušky a zamokření).

#### **4.1.1.7.5 Mulčování zeleným senem**

Používá se tam, kde zůstaly zachovány původní druhově bohaté louky, které se pokosí (podmínkou je, aby semena byla zralá, ale ještě nevypadávala), pomocí řezačky se nadzemní hmota rozřeže a rozptýlí na cílové ploše. Pro přenos diaspor se dá využít i suché seno, ale to se musí po určité době odklidit. Tento způsob zakládání vyžaduje zajištění dostatečného množství zdrojových ploch a možnost opakování mulče. Výhodou je dodržení regionálního původu osiva, nevýhodou nedostatek informací o tzv. výtěžnosti semen v materiálu mulče, takže není nikdy úplně jisté, jestli bude osivo získané mulčem stačit na založení a dostatečně rychlé zapojení plánované plochy květnaté louky. V případě nedostatku mulče je výhodnější celou plochu osévat vhodnou travní směsí z méně konkurenčních travních druhů s použitím českých odrůd a semenným materiálem z mulče stávající porost průběžně obohacovat.

#### **4.1.1.7.6 Instalace suchých rohoží**

Touto metodou se v současné době zakládá jen velmi malé procento trávníků. Podstatou je textilie (rozložitelná z části nebo i zcela), na které je fixováno osivo určené na dané stanoviště. Textilie může být vyrobena z materiálu, který je schopen poutat vodu a dodávat mladým rostlinám živiny. Metoda instalace suchých rohoží je použitelná pro zakládání travnatých ploch na svazích i na rovinách za předpokladu intenzivní fixace rohože na povrch půdy a zajištění dostatku vláhy. V opačném případě osivo zaschne a textilie se dříve, než dojde k jejímu rozložení, spíše roztrhá. Jedná se o finančně náročnější způsob např. oproti založení výsevem.

#### **4.1.1.8 Metody výsadby**

Založení porostu pokládkou předpěstovaného společenstva je ojediněle používané protierozní opatření, které lze uplatnit také coby záchranný přenos stávajícího porostu. Jedná se o opevňování svahů, břehů koryt nebo hrází travními drny či koberci dle ČSN 75 0120. Drnování můžeme dle způsobu provedení rozdělit na celoplošné, šachovnicové a čelní. Využívá se především v případech potřeby rychlého ozelenění na menších plochách a může se jednat o koberce travní nebo travinobylinné, přičemž v travinobylinných kobercích svým zastoupením vždy výrazně převyšují trávy nad bylinami, které musí být mělce kořenící.

#### **4.1.1.9 Metoda založení společenstva kombinací výsevu a výsadby**

V podmínkách silniční vegetace je založení porostu travinobylinnou směsí s oddenky sukulentů je velmi okrajovým způsobem založení travinobylinného společenstva. Kombinuje se výsev a výsadba sazenic nebo oddenků, především sukulentů, a to při aplikaci travinobylinných směsí hydroosevem – viz čl. 4.1.1.7.1.

#### **4.1.1.10 Použité osivo**

Doporučené travní a travinobylinné směsi pro svahy pozemních komunikací jsou uvedeny v Příloze 7.

#### 4.1.2 Způsoby výsadby protierozních porostů dřevin

Při navrhování a zakládání protierozních porostů dřevin podél dálničních tahů je třeba vycházet z podrobné analýzy poměrů a na jejím základě stanovit pracovní postupy:

- stanovení prioritních funkcí dřevinné složky vegetačního doprovodu z hlediska výhledového významu,
- stanovení základních pěstebních zásahů do současných dřevinných porostů k dosažení požadovaných funkcí,
- určení a rozmístění dřevin v časoprostorově funkčním členění,
- stanovení základních pěstebních zásahů do současného bylinného patra i dřevinných vegetačních prvků za účelem jejich zkvalitnění a zajištění provozní bezpečnosti,
- vyčíslení a sestavení výkazu potřeb ploch k osázení, potřeb osiva, sadby a ostatních materiálů pro realizaci včetně chemikálií (hnojiva, pesticidy),
- sestavení rozpočtu finančních prostředků na realizaci,
- sestavení harmonogramu prací, personálního a materiálně technického vybavení.

Prioritní funkce dřevin se stanoví s ohledem na zjištěné přírodní a socio-ekonomické poměry v širším území i podél tělesa dálnice a na jejich prognózované změny. Přitom se přihlíží zejména k:

- reliéfu území a podílu vegetačních prvků trvalého charakteru,
- způsobu a stupni ekonomické a mimoekonomické exploatace a osídlení území,
- k zatíženosti dálnice provozem,
- charakteru poškození a znečištění základních přírodních zdrojů v území i podél komunikace.

Ekologická diferenciací stanovišť na dálničních tazích má následující charakteristiky:

- umístění ploch určených k vegetačnímu pokryvu ve vztahu k vlastní vozovce a k intenzitě negativních vlivů, vznikajících z provozních příčin,
- nadmořská výška a topografické utváření terénu s odlišnými klimatickými i půdními podmínkami a rozdílnými typy přírodního vegetačního krytu,
- stupeň devastace půdy při odkopech a násypech a při vytváření středových dělicích pásů (SDP),
- vliv okolních ploch, především s vegetačním krytem, na přirozené sukcesní procesy a postupné začlenění porostů do prostředí.

Vzájemnou kombinací uvedených vlivů vzniká velké množství odlišných stanovišť, která mají své specifické podmínky. V principu však lze z hlediska racionální tvorby (příp. obnovy) vegetačního krytu rozlišit tyto základní typy stanovišť:

- svahy zářezů s jejich vnitřní diferenciací podle expozice ke světovým stranám a stupni vylepšení rostlé půdy pomocí humusování,
- svahy zářezů s obdobnou diferenciací problematikou, avšak s tím rozdílem, že rostlá půda je zde nahrazena navážkou (násypem) poměrně těžko definovatelných kvalit a původu,
- úzké doprovodné pásy na okrajích dálničního tělesa v úsecích bez výrazných terénních úprav (zářezů, násypů); podmínky zde nejsou příliš diferencované a blíží se podmínkám na násypech;
- středové dělicí pásy, které ztrácejí význam z hlediska osázení dřevinami z důvodu jejich velmi nepříznivých podmínky pro vegetaci a častých stavebních úprav (vedení IS).

Uvedené typy stanovišť jsou z hlediska primárního vlivu vnějšího okolí výrazně modifikovány tím, že protínají souvislé komplexy lesních porostů, polí, příp. jiných typů území. To má vliv na přirozenou sukcesí dřevin (zvláště v lesnatých úsecích). V bezlesé krajině je nutno přistoupit k výsadbám.

V úsecích souvislých lesních komplexů, které bývají dálnicemi rozděleny, vznikají obnažené porostní stěny, v nichž hrozí nebezpečí vývrátů. Tento negativní jev lze eliminovat dvěma způsoby:

- výsadbou dřevin (stromů i keřů), které vytvoří porostní plášť (jedná se o způsob nákladný a do jisté míry zbytečný),
- přirozeným zmlazením (náletem) dřevin, které časem splní ochrannou funkci, i když se jedná zpravidla o dřeviny „pionýrské“ (ekonomicky podstatně výhodnější); jde především o úseky, kde v zářezích vystupuje obnažený skelet, který by bylo v případě sázení nutné humusovat (což je metoda poměrně nákladná a pro lesní komplexy nepřirozená).

Vzhledem k vysoce atakovanému prostředí, které vzniká v důsledku:

- zimní údržby vozovek (solení, postřiky  $\text{CaCl}_2$ ),
- zvýšeným výskytem zplodin (výfukové plyny, ropné úkapy),
- nepříznivých půdních podmínek, způsobených rozsáhlými přesuny půdy (zářezy, násypy),

je třeba uplatňovat odpovídající způsoby zakládání i další výchovy porostů. V první řadě se jedná o výběr dřevin, které budou splňovat následující požadavky:

- malá náročnost na kvalitu půdy,
- odolnost / toleranci vůči pevným a plyným imisím,
- odolnost / toleranci vůči solení a postřiku (je nutné rozlišovat dopady ze zasolení půdy od vlivu solného aerosolu a postřiku  $\text{CaCl}_2$ , které ulpívají na nadzemních částech rostlin a způsobují jejich odumírání).

Způsob zakládání porostů dřevin na svazích PK je podrobně popsán ve Standardu AOPK SPPK A02 010 (2017) a v TKP 13.

#### **4.1.2.1 Zakládání porostů dřevin na zářezových svazích**

V prostoru lesních komplexů se doporučuje ponechat plochy přirozené sukcese.

Na ostatních úsecích se doporučuje výsadba krytokořennými sazenicemi spolu s vylepšením půdy v jamkách / v předem připravených brázdách či teráskách vedených ve sklonu shodném s podélným sklonem vozovky, výjimečně po vrstevnicích, které usnadňují výsadbu a zvyšují retenci srážkové vody do půdy na svahu. Vedení na brázdy po svahu musí být navrženo tak, aby srážková voda nestagnovala v brázdách a tím ohrožovala svah tvorbou erozních rýh a sesuvů půdy (nátrží). Z hlediska řešení srážkoodtokových poměrů je však nejvýhodnější.

#### **4.1.2.2 Zakládání porostů dřevin na násypových svazích**

Po zhutnění násypů je nutné v co nejkratší době provést zatravnění (např. hydroosevem), aby se vytvořil travní drn, zabraňující vytváření erozních nátrží. Teprve pak lze přistoupit k výsadbě dřevin. Výběr dřevin a použití sadebního materiálu je obdobné jako na zářezových svazích. Uplatňuje se spojení brázd / terásek do plošných výsadeb (zahuštěné výsadby mají význam především ve spodních částech násypových svahů, přiléhajících k navazujícím plochám zemědělských pozemků – zabránění šíření plevelů).

V některých případech je násyp tvořen zeminou upravenou pojivem (ČSN EN 13282-1, - 2, -3, TP 94) na povrchu převrstvenou organickou zeminou, tzv. ohumusování. Upravenou zeminou vznikají naprosto nevyhovující podmínky pro růst vegetace (prokořenění) a kotvení dřevin je omezeno pouze

na ohumusování. V takových případech je nezbytné volit cílové složení dřevin, péstební péči a péstební zásahy, které omezí přetížení svahu:

- stagnací vody v brázdách během výsadby a v několika následujících letech;
- přetížení svahu vzrostlým porostem dřevin;
- pohybem pracovníků a strojů, kteří v porostech na svahu provádí péstební péči a výchovné zásahy.

#### **4.1.2.3 Zakládání porostů dřevin na úzkých doprovodných pásech**

Jedná se o úseky v rovinatém území, resp. bez zářezových či násypových svahů. Tyto pásy mohou v protierozní ochraně PK sloužit jako vsakovací, sedimentační nebo retardační pásy na hraně násypu nebo na lavičkách na ploše svahu. Technologie výsadeb a použitý sadební materiál jsou obdobné jako na zářezových svazích (vytváření liniových dřevinných vegetačních prvků – pásová výsadba, rozvolněná výsadba skupin keřů, doplněná soliterními stromy).

#### **4.1.2.4 Použitý sadební materiál**

Volba druhové skladby dřevin vychází z typologického systému ČR (typologický systém ÚHÚL, příp. STG). Sadební materiál (školkařské výpěstky) musí odpovídat ČSN 46 4902. Doporučené druhy dřevin a jejich nároky jsou uvedeny v Příloze 9.

#### **4.1.3 Přírodě blízké materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby**

Geosyntetika z přírodních materiálů jsou tvořena přírodními vlákny (nejčastěji juta, kokos) nebo přízemi zpracovanými do struktury netkané nebo tkané geotextilie, geosítě nebo georohože; alternativně se využívají směsná geosyntetika. Tkané protierozní geotextilie z přírodních vláken jsou vyrobeny tkaním do dvojrozměrné otevřené struktury vláken (osnovy a útky) (obrázek 1) a používají se k dočasné ochraně povrchu svahu zemního tělesa a pro prevenci nebo omezení pohybu zeminy nebo jiných částic (osiva) po povrchu svahu. Tkané geotextilie jsou většinou pro podporu protierozního výsevu a výsadby vhodnější než netkané geotextilie nebo georohože; použití geosít (a georohoží) z přírodních přízí je zcela výjimečné (s ohledem na jejich cenu) – viz definice v čl. 1.8. Otevřená struktura tkaných geotextilií umožňuje prorůstání vegetace, přístup vzduchu, vláhy a světla ke vzcházejícím rostlinám, zároveň zpomalují povrchový odtok. Ideální propustnost světla zajišťující zároveň pevnost i vhodné podmínky pro vývoj vegetace je 40–70 %. Po dobu své životnosti tak geotextilie zabezpečují optimální podmínky pro vývoj vegetace. Vegetace postupně přebírá ochrannou funkci, geosyntetika z přírodních materiálů se biologicky rozkládají a obohacují půdu o organický materiál. Protože se jedná o přírodní – ekologický materiál, nemá jejich rozklad negativní vliv na životní prostředí.



**Obrázek 1: Svah krytý jutovou (vlevo) a kokosovou (vpravo) tkanou geotextilií – foto: Jana Kalibová**

Jutové tkané geotextilie jsou dodávány o plošné hmotnosti 250 a 500 g/m<sup>2</sup>. Kokosové tkané geotextilie jsou dodávány o plošné hmotnosti 400 a 700 g/m<sup>2</sup>; pro speciální použití se vyrábějí také geotextilie s vyšší plošnou hmotností 900 a 1200 g/m<sup>2</sup>. Jutové netkané geotextilie se vyrábějí obvykle na zakázku nebo bývají součástí protierozních geokompozitů. Kokosové netkané geotextilie se vyrábějí v plošné hmotnosti 400 a 700 g/m<sup>2</sup>. Kokosové netkané geotextilie se častěji používají pro mulčování nebo bývají součástí protierozních geokompozitů, např. s papírovou vložkou a nalepeným osivem. Volba mezi jutou a kokosem a mezi tkanou geotextilií s oky nebo kompaktní netkanou geotextilií závisí na konkrétních podmínkách lokality. Kokosová vlákna mají vyšší pevnost a delší životnost (přibližně 3 až 5 let), lze je vystavit delšímu působení vody, nicméně vzhledem ke své vyšší tuhosti mají horší přilnavost k povrchu půdy. Juta má nižší pevnost a kratší životnost (cca 1 až 3 roky), nicméně výborně váže vodu a má skvělou přilnavost k povrchu. Přibližně lze na svahy o sklonu do 45° využít jutové sítě a kokosové sítě o plošné hmotnosti 400 g/m<sup>2</sup>. Na strmější svahy se doporučuje kokosová síť o plošné hmotnosti 700 g/m<sup>2</sup>.

#### **4.1.3.1 Geotextilie pro ochranu osetí svahu**

V podmínkách, ve kterých pouhé osetí svahu travní směsí nezaručuje dostatečnou protierozní odolnost, jsou na osetý, urovnaný a lehce zhutněný povrch svahu zemního tělesa položeny pásy geotextilie (výjimečně geokompozita) z přírodních materiálů, které jsou řádně zakotveny. Osetí se provádí vždy před aplikací protierozních geotextilií.

Geotextilie pro protierozní ochranu svahu se mohou kombinovat s trvalými, prkennými, laťovými nebo geotextilními plůtky zajišťujícími protierozní stabilitu vrchní vrstvy půdy na svahu (viz čl. 4.1.6.3 až 4.1.6.5 včetně). V takovém případě se geotextilie vždy pokládají až na povrch svrchní vrstvy (se zahrnutými prkennými plůtky) a kotví se do materiálu plůtek. Instalace plůtek nad protierozní geotextilii znamená rychlejší ztrátu protierozních funkcí použité geotextilie, nebezpečí uhnití a odtržení geotextilie v linii dotyku s plůtkem.

#### **4.1.3.2 Geotextilie s hydroosevem**

V podmínkách náročnějších na vzházení protierozní vegetace (exponované svahy, strmé svahy atp.) je na svah nejprve položena tkaná geotextilie, která je následně přestříkána směsí hydroosevu. Postup aplikace geotextilie před realizací hydroosevu je analogický pokládce geotextilie na osetý svah, tj. nejprve se položí protierozní geotextilie, následně se aplikuje hydroosev. Používá se gramáž 400 g/m<sup>2</sup>, aby aplikovaná hydroosevní směs pronikla až na povrch zeminy a utvořila jednotlou vrstvu bez vzduchových bublin.

Směs hydroosevu tvoří v základu voda, osivo, hnojivo, organická hmota a protierozní přísady (lepidlo). Konkrétní složení směsi se liší podle požadované funkce, sklonu terénu, orientace světových stran, půdních podmínek, nadmořské výšky apod. Příklad složení směsi osiva pro hydroosev je uveden v Příloze 7.

Pomocí základních komponent a přirozené vegetace lze samotným hydroosevem řešit sklony 0-45°. Pro větší sklony lze řešení doplnit o mechanické zpevnění svahu pomocí různých variant geotextilií / geosyntetik nebo technických nebo kombinovaných (biotechnických) opatření (plůtky, povázky apod.). Použitím flexibilního růstového media s polyvlákny (FGM) lze nahradit pokládku geotextilií u pevných nesympkých svahů. Aplikace do geotextilie se musí provádět hadicí, nikoliv dělem,

aby se směs dostala až na zeminu. Použití fixačních a mulčovacích materiálů dle sklonu svahu v hydroosevní směsi je uvedeno v Příloze 8.

#### **4.1.3.3 Travní rohože s osivem**

Pro potřebu rychlého zatravnění erozně ohroženého svahu lze využít tzv. travních rohoží s osivem; jedná se o geokompozita, která obvykle tvoří netkaná geotextilie z přírodních vláken, z umělých vláken nebo směsná. a dále nosič osiva (např. papír), lepidlo a vlastní osivo. Jednotlivé vrstvy bývají spojeny prošíváním přírodními nebo syntetickými provazy nebo nitěmi; v případě použití syntetických materiálů mohou být spojovány termicky; výjimečně slepováním. V některých případech je osivo nasypáno mezi dvě netkané geotextilie, které jsou vzájemně spojeny prošíváním.

Jedná se o vyšší stupeň ochrany, než jsou geotextilie, vhodný pro:

- nesoudržné zeminy,
- zeminy s vyšším obsahem prachových částic,
- strmé a dlouhé svahy,
- svahy vystavené soustředěnému odtoku ze sousedních pozemků (tzv. cizí vodě),
- místa vystavovaná intenzivním přívalovým srážkám,
- polohy nad 700 m n. m.

Travní rohože jsou sice v porovnání s geotextilií nákladnější a na pokládku pracnější, ale jejich výhodou je:

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

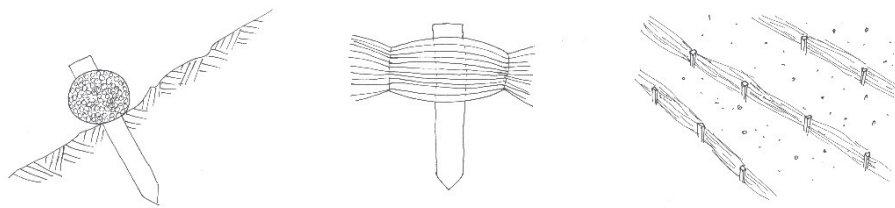
Toto opatření funguje i jako mulč a brání prorůstání plevelů. Toto opatření lze uplatnit na svazích do sklonu 45°. Zvýšenou pozornost je však nutné věnovat složení osevní směsi, aby se omezilo riziko zavlečení invazních druhů rostlin. Skladování musí probíhat v takových podmínkách, aby byla zachována klíčivost osiva (předcházet extrémním teplotám), zároveň nesmí být rohože vystaveny dešti či skladovány na zemi – hrozí výskyt plísní nebo předčasného klíčení osiva. Případná náprava / oprava je velmi problematická. Proto se touto metodou v současné době zakládá jen velmi malé procento travních nebo travinobylinných porostů na rovině i na svazích.

#### **4.1.3.4 Geosyntetika pod stromy a na strmých svazích**

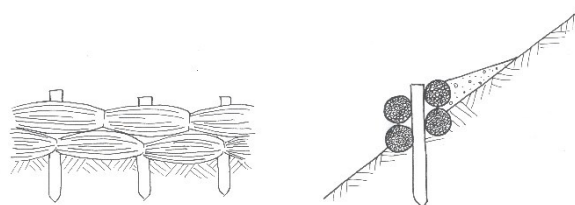
Specifickým příkladem jsou stanoviště ve stínu budov / stromů. Zde není žádoucí využít geotextilie o vyšší plošné hmotnosti (500 a 700 g/m<sup>2</sup>) a hustotě (travní rohože, geokompozita). Tyto materiály by nepropustily dostatek slunečního světla, což by bránilo vývoji vegetace. Na urovnaný a osetý svah je v tomto případě uložena netkaná geotextilie z přírodních vláken o nízké plošné hmotnosti (150-250 g/m<sup>2</sup>), která je následně překryta tkanou geotextilií, nejčastěji kokosovou sítí o plošné hmotnosti 400 g/m<sup>2</sup>. Nebo lze aplikovat geokompozit složený z výše uvedených geosyntetik, nosiče osiva (např. papíru), lepidla a vlastního osiva (zakázková výroba).

#### 4.1.3.5 Povázky a haťové válce

Povázky a haťové válce se připravují předem. Základním materiálem je živé nebo suché proutí, větve nebo větvičky (klest). Povázky jsou svazky proutí, výjimečně klestu o průměru do 150 mm, ovázané černým (nikoliv pozinkovaným) drátem (ČSN EN 10218-1, -2) (obrázek 2). Mohou se připravovat jako „nekonečné“ a jejich délka se upravuje podle potřeby. Haťové válce jsou svazky proutí a/nebo klestu o průměru do 600 (800) mm (obrázek 3;) haťošťerkové válce mají jádro vyplněné směsí výkopku / sedimentu s hrubým šterkem. Haťové a haťošťerkové válce se s ohledem na jejich velikost a hmotnost připravují přímo nad místem uložení.



Obrázek 2: Povázka – kresba: Lucie Nebřenská



Obrázek 3: Haťový válec – kresba: Lucie Nebřenská

V případě proutí se používají živé, nejméně 1,2 m dlouhé, nerozvětvené nebo málo rozvětvené pruty a větve, které se musí dát splétat. Větve a větvičky se používají jak živé, tak suché. Musí být rozvětvené a nejméně 1 m dlouhé, pro kordony na rostlé půdě nejméně tak dlouhé, jako hloubka stupně a pro kordony v násypech dlouhé nejméně 1,6 m.

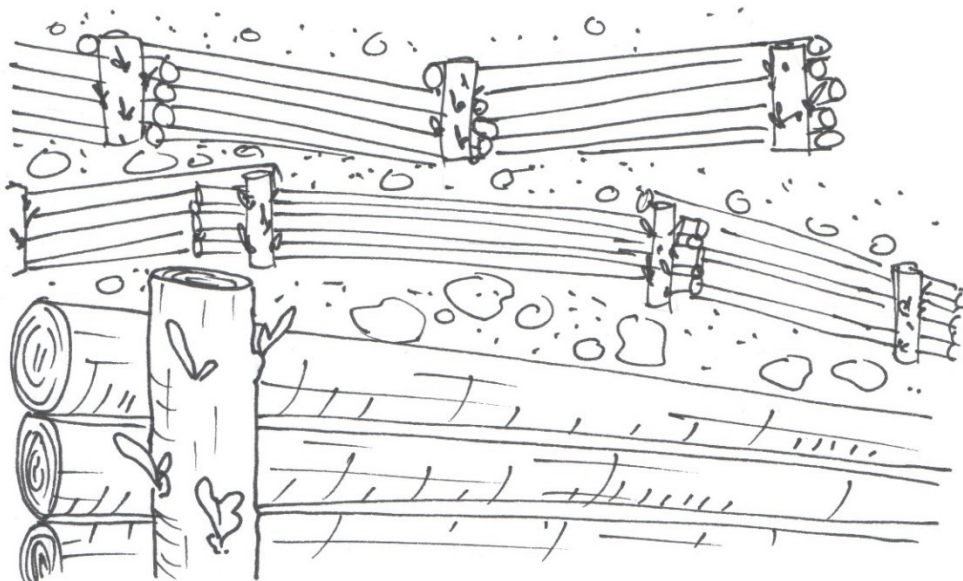
Živé části rostlin mají být, pokud možno, získány a použity v daném místě. Živé části dřevin musí být vyzrálé, s mízou, schopné zakořenění a vyrašení. Vhodné druhy jsou uvedeny v Příloze A ČSN 83 9041.

Alternativně je možno používat průmyslově vyráběné povázky a válce z kokosové tkané geotextilie (nebo geosítě) vyplněné kokosovými vlákny.

#### 4.1.3.6 Živé a suché dříví, kolíky, řízky

Pro kolíky a piloty do přírodě blízkých protierozních konstrukcí se používá suché dříví ve formě kolíků z tyčí, tyček nebo z řeziva nebo živé dříví ve formě vegetačních dřevitých řízků nebo křlových sazenic (sadebních holí) (obrázek 4). Kolíky musí mít průměr nejméně 30 mm a délku nejméně 500 mm, na tlustším konci musí být šikmo seříznuté nebo zašpičatělé. Kolíky pro palisády musí mít na tlustším konci průměr nejméně 50 mm.

Pro vodorovné a šikmé prvky se používá suché dříví ve formě dřevěných tyčí a stavebních výřezů nebo řeziva.



**Obrázek 4: Piloty / kůly z živých tyčí nebo tyček z dřevin schopných zakořenění a vodorovné tyče z dřevin neschopných zakořenění – ilustrační obrázek – kresba: Lucie Nebřenská**

Při výběru druhu dřeva je nutno přihlížet k požadované životnosti stavby, zejména při možném působení vody. Při stejné vhodnosti má být upřednostněno dřevo domácích druhů dřevin. Přípravky na ochranu dřeva je třeba volit podle požadované životnosti stavby a musí splňovat příslušné legislativní požadavky (viz Registr přípravků na ochranu rostlin přístupný na webových stránkách Ministerstva zemědělství). Dřevo ošetřené těmito prostředky nesmí poškozovat rostliny. Pro většinu protierozních konstrukcí na svazích PK v ČR vyhovuje dříví bez použití jakýchkoliv ochranných prostředků a bez specifikovaných vad dříví.

#### **4.1.3.7 Kámen a kamenivo**

Pro protierozní kamenné pohozy a záhozy vyhovuje kámen a kamenivo sbírané na místě (velikost od 125 mm v nejmenším rozměru). Kámen pro kamenné rovnaniny a pro kamenné zdivo musí vyhovovat ČSN EN 1996-2, ČSN 72 1860 a ČSN EN 13383-1.

#### **4.1.4 Trvalé materiály pro podporu protierozního výsevu a výsadby**

Na velmi strmých svazích, v místech dočasně zaplavených vodou, vystavených účinkům vln nebo proudící vodě, již přirozená vegetace nemusí poskytnout dostatečnou ochranu zemních svahů proti erozi. Vhodným řešením je pak využití trvalých materiálů v podobě georohoží, geosítí nebo geobuněk. Tyto materiály zpevňují povrch a chrání jej před erozními účinky srážek a povrchového odtoku, snižují transport sedimentu a podporují vývoj vegetačního pokryvu.

V rámci tohoto předpisu je řešena pouze protierozní ochrana svahu, nikoliv statická stabilita svahu, dimenzování kotvení trvalých materiálů ani dimenzování svahu ovlivněného proudící nebo stagnující vodou.



#### 4.1.4.1 3D georohože

3D georohože (obrázek 5) se používají k ochraně strmých svahů zejména u vodohospodářských staveb a u komunikací. Jejich využití je vhodné zejména pro svahy smáčené srážkami (náspy, zářezy, sanované svahy), střídavě smáčené svahy (přepady vodních staveb, hráze, protipovodňové násypy), v některých případech i trvale zavodňované svahy (břehy nádrží, vodních toků, kanálů). Jejich výhodou je chemická a biologická inertnost, nekorodující materiál, nulová nasákavost vody, vysoká tažná síla a pružnost, flexibilita při manipulaci a jednoduchá instalace.

Jelikož se ale vyrábí z v krajině nepůvodního materiálu, měly by být využívány až v případě, kdy přírodní materiály nejsou schopny poskytnout dostatečnou ochranu. Protierozní georohože nezvyšují celkovou stabilitu svahu. Ta musí být – např. u sesuvů svahů – vždy posouzena samostatně a stavebně realizována před aplikací protierozních materiálů (bez ohledu na typ protierozní ochrany).

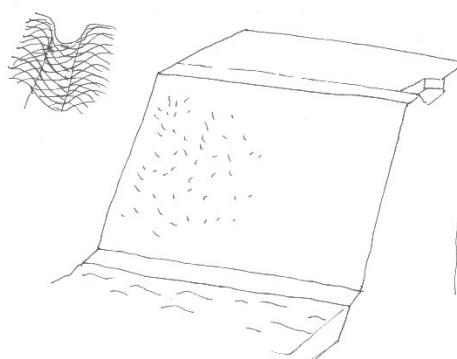
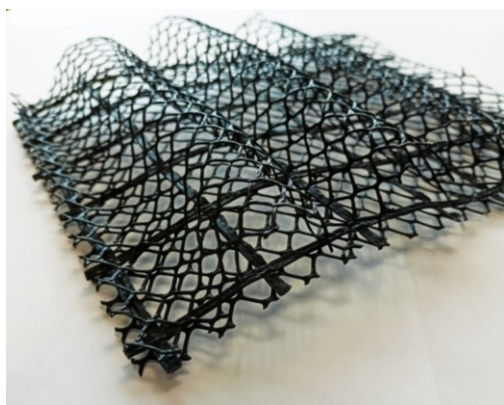
Georohože jsou vyráběny z polyethylenu nebo polypropylenu v různých barvách. Mají různou velikost ok s různým počtem spojů a různou tloušťkou. 3D struktura rohoží stabilizuje svrchní vrstvu zeminy a zlepšuje souvislost kořenového systému zaseté vegetace. Pro zásyp je vhodné použít jemnozrnnou zeminu (humus), aby jednotlivá zrna propadla oky sítě. Případně lze humózní zeminu do 3D rohože zaplavit proudem vody nebo deštěm. Samotné ozelenění je třeba provést před pokládkou zeminy, případně osivo promíchat se zeminou. V případě osetí až po pokládce rohože hrozí, že nedojde k plnému kontaktu osiva se zeminou a osivo zaschne.

3D rohože sestávají ze tří vrstev (obrázek 5):

- podkladní síť z vysokohustotního polyethylenu (HDPE);
- síť z polypropylenu (PP);
- HDPE síť ve tvaru vlny, výšky 25 mm.

U jiné řady je síť z polypropylenu nahrazena např. výztužnou polyesterovou (PES) geomříží v několika pevnostech.

Díky své struktuře a složení slouží jako trvalá a spolehlivá protierozní ochrana povrchové vrstvy svahů. S ohledem na široké rozmezí různých pevností je možné georohož použít na svahy různých délek a sklonů (konkrétní hodnoty poskytne projektant na základě údajů uvedených výrobcem).



**Obrázek 5: Příklad 3D georohože (vlevo) a ukázka její aplikace a funkce na svahu (vpravo) – foto: Jana Kalibová, kresba: Lucie Nebřenská**

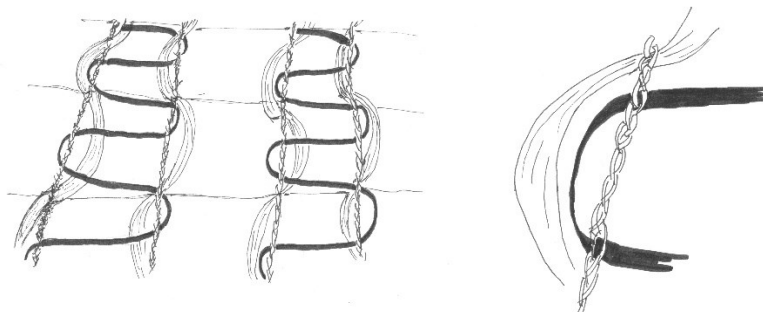
#### 4.1.4.2 Lineární textilní vlákno

Tato technologie je od ostatních výše zmíněných odlišná. Krátká lineární vlákna jsou smíchána se zeminou, případně i s osivem a aplikována na svah. Zeminy armované textilními vlákny mají zvýšenou pevnost v tlaku. S rostoucí délkou vláken roste jejich armovací schopnost. Textilní vlákna tvoří v zemině na svahu zpevnění podobné zpevnění kořeny vegetace a spolu s následným vrostlým travním porostem trvale zpevní svah a ochrání ho před erozí. Ve srovnání s předchozími opatřeními zde není nutné tak pečlivě urovnávat povrch svahu a není třeba kotvení. Nevýhodou je obtížnost dokonalého rozvolnění vláken a jejich promísení se zeminou. Tato metoda byla zmiňována v dřívějších předpisech, ovšem v současné době se od její aplikace z technologických (mísení zeminy s vláknem) i ekologických (nepůvodní materiál) důvodů upouští a využívá se jen v případě, že nemůže být nahrazena jinou metodou. Nahrazení umělých materiálů přírodními v podobě dřevité vlny nebo štěpky čelí úskalí v podobě růstu hub, které spotřebovávají dusík, který je nutno následně do půdy uměle dodávat. Navíc dřeviny mohou zvyšovat kyselost půdy.

#### 4.1.4.3 Kompozitní 3D výztužné sítě

3D kompozitní sítě (obrázek 6) jsou pro svou vysokou pevnost v podélném směru a 3D strukturu (garantující vysoké hodnoty tření na rozhraní vrstev GSY / zemina) vhodné jak k ochraně povrchu svahů před erozí, tak i pro stabilizaci zeminových konstrukcí. Pro zásyp je vhodné použít jemnozrnnou zeminu (humus), aby jednotlivá zrna propadla oky sítě. Samotné ozelenění je třeba provést před pokládkou zeminy, případně osivo promíchat se zeminou. V případě osetí až po pokládce rohože hrozí, že nedojde k plnému kontaktu osiva se zeminou a osivo zaschne.

Údržba a následná péče odpovídá péči o travní porost.



Obrázek 6: Příklad 3D kompozitní sítě – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.4.4 Drát, drátěná pletiva

Pro konstrukce protierozních opatření na svazích pozemních komunikací se používá černý drát (ČSN EN 10218-1, -2), nikoliv povrchově nebo jinak upravený. Důvodem je jeho dočasnost v konstrukcích, která má být do budoucna nahrazena kořeny vegetace.

### 4.1.5 Biotechnické protierozní konstrukce

#### 4.1.5.1 Drnování

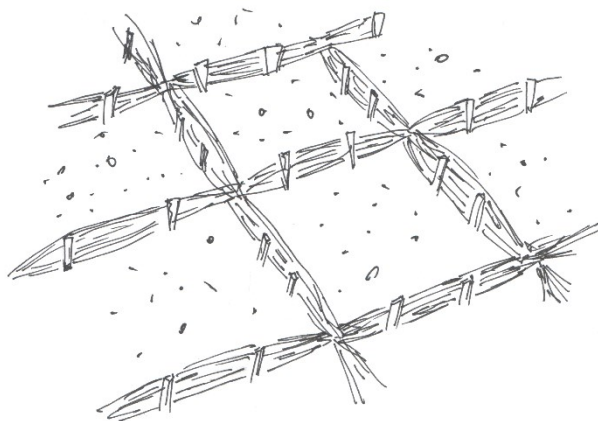
Drnování je původní, dosti pracnou metodou zakládání trávníků a zatravnění svahů. Ve formě zatravnění svahů se často využívalo při úpravách toků. Drnování předpokládalo „výrobu“ kvalitních

drnových dlaždic a pásů na louce a její následnou celkovou obnovu. Zejména s ohledem na zdoluhavé a náročné správní procedury se od drnování upustilo.

Alternativou je použití komerčně vyráběných travních koberců přizpůsobených svahům pozemních komunikací a způsobu jejich údržby. Použití travních koberců na svazích pozemních komunikací je však zcela ojedinělé.

#### **4.1.5.2 Svahové hatě**

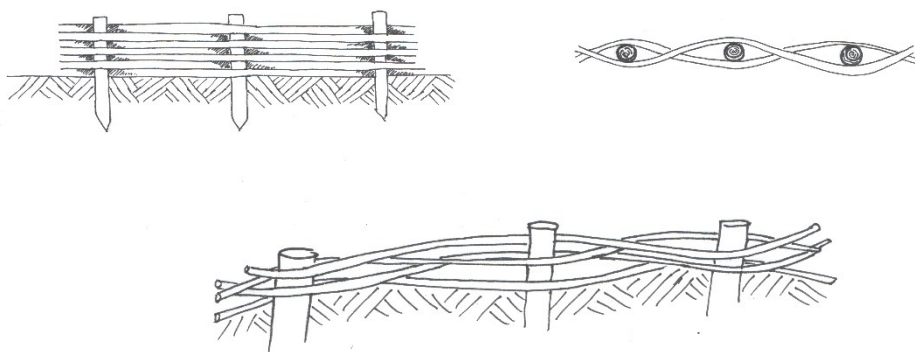
Povášky (obrázek 2) / haťové válce (obrázek 3) je nutno ukládat se sklonem nejméně 10 % (obrázek 7), zpravidla do rýh a v rozstupech asi 800 mm upevnit kolíky nebo ocelovými tyčemi o délce asi 600 mm. Kolíky nebo tyče je přitom třeba zatloukat svisle do svahu do úrovně horního okraje povázky / haťového válce. Po zabudování je třeba rýhy ihned zasypat a půdu ztuhnout. Výška hatě odpovídá výšce humusové vrstvy.



**Obrázek 7: Příklad vedení svahových hatí – kresba: Lucie Nebřenská**

#### **4.1.5.3 Zápleťové plůtky**

Zápleťové plůtky (obrázek 8) mají být zhotoveny před rozprostřením svrchní vrstvy půdy. Pokud je již na ploše vegetační vrstva, je nutno do ní vyhloubit rýhy odpovídající hloubky. Pro založení plůtek uspořádaných podélně nebo do kosočtverců je třeba zatlouct svisle kolíky nebo případně ocelové tyče v rozstupech asi 500 mm. Kolem kolíků nebo tyčí je nutno proplést proutí. Pokud to stanoviště dovoluje, musí se proutí zapíchat uříznutým koncem asi 200 mm hluboko do půdy. Předem vyrobené plůtky je třeba upevnit na kolíky nebo ocelové tyče. Plůtky uspořádané do kosočtverců se musí v místech křížení proplést, předem zhotovené plůtky svázat. Rýhy nebo prostor mezi plůtky je nutno ihned vyplnit zeminou a ztuhnout.



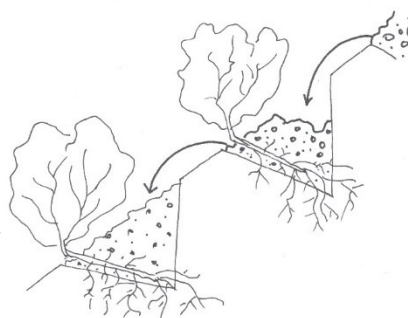
Obrázek 8: Příklad zápletkových plůtků z proutí – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.5.4 Kordony z větví a ze sazenic

K zabudování kordonů z větví do rostlé půdy je nutno vykopat stupně s přibližně 500 mm širokými dny a se sklonem směrem do svahu větším než 10 %. Na dno stupně se uloží křížem větve nebo větvičky, jejichž délka odpovídá nejméně hloubce stupně, takovým způsobem, aby dno bylo pokryto nejméně z 50 %. Následně je třeba větve zakrýt výkopkem ze stupně vyhloubeného výše. Větve nebo větvičky smí přecházet nejvýše o 100 mm. Ve vrstvených násypech je nutno větve a větvičky pokládat s přihlédnutím ke shora uvedeným ustanovením, avšak musí být nejméně po 1,5 m svazovány.

Kordony ze sazenic (obrázek 9) je nutno vytvářet obdobně jako kordony z větví, avšak výlučně s použitím listnatých dřevin. Na jeden metr se má vodorovně, do řady vedle sebe položit nejméně 5 sazenic (dvakrát školkovaných) nebo dostatečně silných rostlin ze spontánních porostů. Při volbě dřevin je nutno brát v úvahu poměry stanoviště a schopnost tvorby adventivních kořenů.

Kordony z větví a sazenic je nutno vytvářet obdobně jako kordony z větví nebo kordony ze sazenic, avšak navíc s použitím sazenic listnatých dřevin obdobně jako kordony ze sazenic. Na jeden metr se má položit nejméně jedna rostlina.



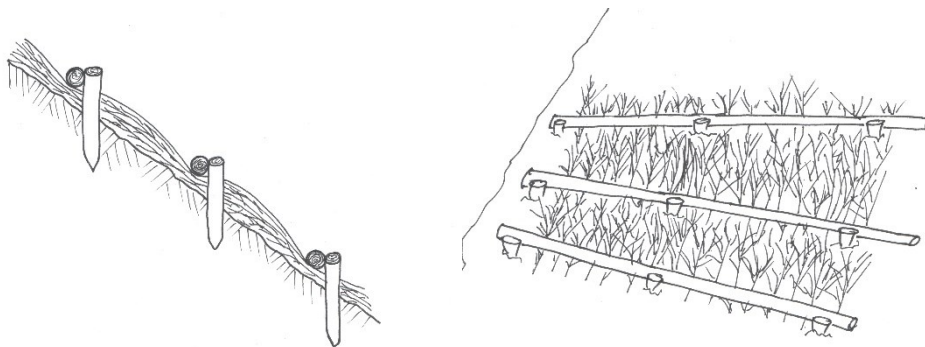
Obrázek 9: Příklad kordonové výsadby s vyznačením přesunu zeminy po svahu – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.5.5 Klejonáž

Starším způsobem ochrany svahů a rýh ve svazích je mj. klejonáž (obrázek 10). Využívá se zejména při hrazení svahů strží na plochách s ponechanými vzrostlými stromy a pařezy; použití má i na obnažených plochách na svazích pozemních komunikacích v případě, že cílem je vytvoření porostu

dřevin. Ve své době byly označovány jako protierozní opatření; v současné době je stejně dobře můžeme řadit mezi opatření sanační, opatření pro zvýšení retence vody do půdy a sekundárně i pro obnovu retenční schopnosti půdy. Klejonáž se používá jako plošné sanační opatření.

Předpokládá se, že na upraveném povrchu svahu dojde k přirozené obnově lesa – samovolné sukcesi. Výše popsaným způsobem bude na původní povrch terénu s odstraněnou humózní vrstvou a se zhutněnou minerální půdou vytvořena vrstva přírodního, vláknitého a pórovitého materiálu, který bude jednotlivými vlákny (větvemi či jehličím) přiléhat k povrchu terénu. Vznikne tak labyrint, který zamezí přímému (laminárnímu) proudění po zhutněné ploše. Rychlý a zrychlující odtok bude převeden na výrazně pomalejší odtok obtékající překážky (větvíčky dotýkající se povrchu terénu), který má také menší „sílu“ pro erozi povrchu půdy – plošnou erozi i vytváření erozních rýžek. Snížená rychlost odtoku současně umožní zvýšenou retenci vody do půdních vrstev. Jde o podobný princip, který se používá při zakládání tzv. Benjesových křovin – keřových pásů či plotů z volně uložených větví, které zachycují semena nesená větrem.

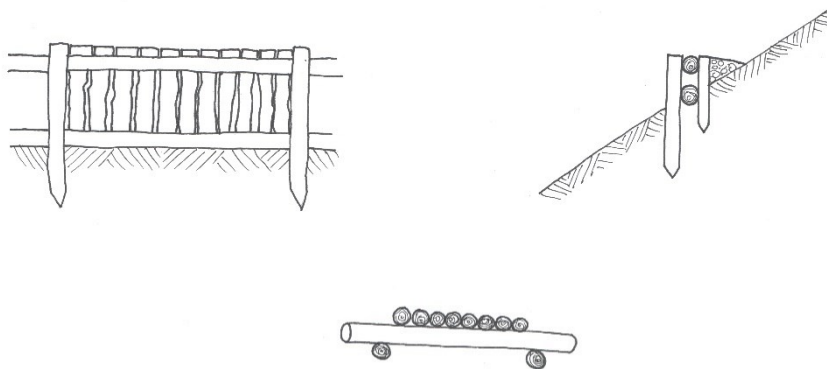


**Obrázek 10: Příklad klejonáže na svahu – kresba: Lucie Nebřenská**

Grafické znázornění postupu realizace klejonáže je v Příloze 10.

#### **4.1.5.6 Palisády**

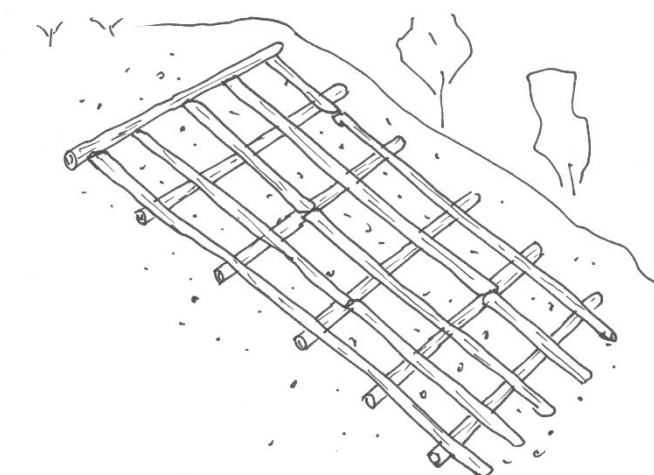
V případě větších nerovností na povrchu kamenitého svahu, zejména rýh, které není účelné vyplňovat vrstvou ornice, je nutno zhotovit palisády (obrázek 11) z opěrných tyčí nebo kolíků o průměru nejméně 5 cm na tlustším konci. Opěrné tyče nebo kolíky je třeba zatlouct do půdy nejméně do jedné třetiny jejich délky a v rozestupech 100 až 150 mm. Palisádu je nutno zajistit na straně od svahu v horní třetině výšky příčně uloženou kulatinou o odpovídajícím průměru. Kulatinu je třeba bočně zavázat do půdy.



Obrázek 11: Příklad ochrany svahu zřízením palisády – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.5.7 Svahový rošt oživený

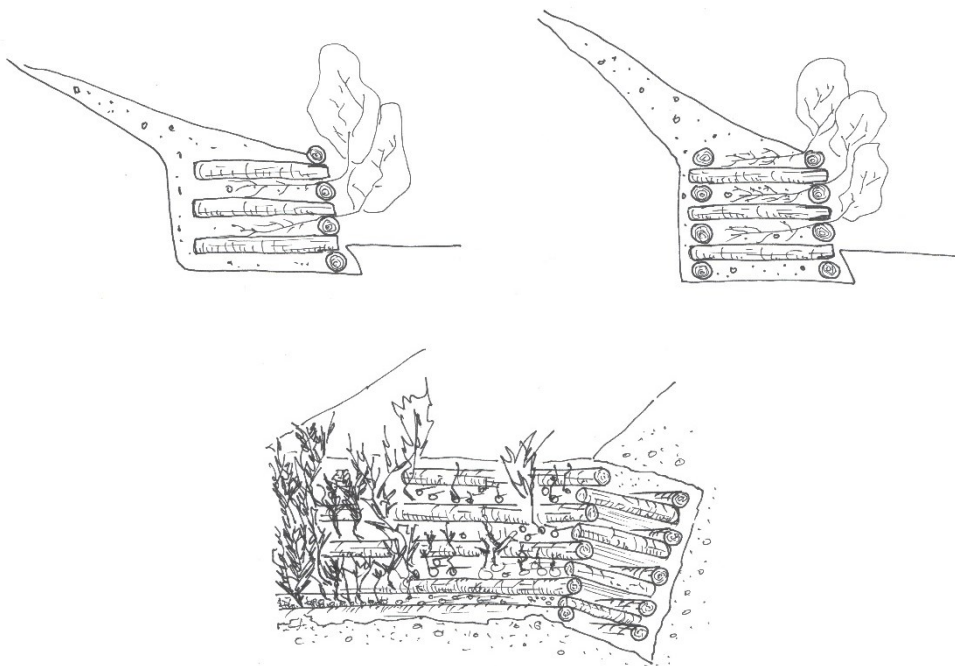
Pro zhotovení svahového roštu (obrázek 12) je nutno opřít, vzepřít, popřípadě zabudovat do svahových prohlubní, pokud možno kolmo, syrové dřevo, kulatinu, hraněné dřevo, betonové nosníky nebo profilovou ocel. Mezi ně je třeba v pravém úhlu položit a pevně spojit klády / hranoly. Svahový rošt je nutno stabilně podepřít nebo ukotvit a zcela zapustit do půdy, případně zaplnit propustným materiálem. Jeho stabilizační funkce má být posílena kombinací se živými materiály.



Obrázek 12: Příklad svahového roštu – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.5.8 Korutanská (srubová) stěna oživená

Korutanské stěny se mohou stavět jako jednoduché (obrázek 13 vlevo) nebo zdvojené (obrázek 13 vpravo a dole), obvykle s výplní z lomového kamene prohozeného výkopkem. Jejich sklon ke svahu má činit nejméně 10:1. Výplňový materiál musí být propustný a případně vhodný pro vegetační úpravy. V rámci protierozní ochrany svahu lze budovat pouze nízké korutanské (srubové) stěny z dřevěných výřezů. Stabilizační funkce má pak být posílena kombinací se živými materiály. Maximální přípustná výška je dána statickým posouzením, které poskytne projektant.



**Obrázek 13: Příklad oživené dřevěné jednoduché nebo zdvojené srubové stěny – kresba: Lucie Nebřenská**

#### **4.1.5.9 Oživený zához**

V rámci protierozní ochrany svahu pozemní komunikace lze provést velkoplošný zához z lomového kamene. Pro zához se použije hrubé drcené kamenivo nebo lomový kámen.

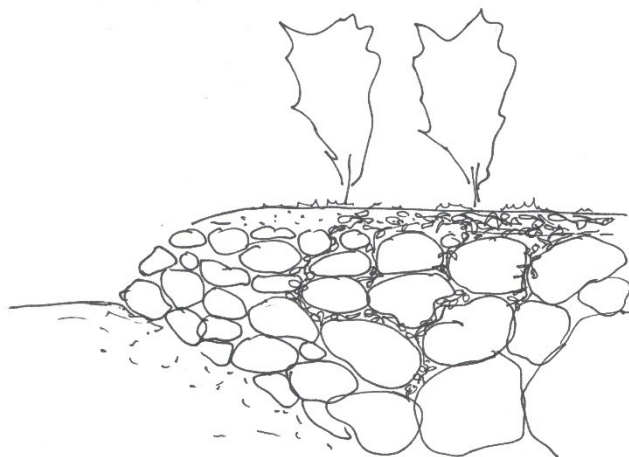
Na vlhčích stanovištích je možno volit tzv. oživený zához. Jedná se o zřízení vrstvy ze živého proutí nebo klestu jako lože pro zához. Vrstva kamene přitlačí proutí a klest k povrchu půdy, ten zakoření a v mezerách mezi jednotlivými kameny vyrostou prýty použitých dřevin.

#### **4.1.5.10 Oživená rovnanina**

V rámci protierozní ochrany strmého svahu pozemní komunikace lze provést velkoplošnou kamennou rovnaninu. Rovnaniny je nutno budovat ze skladných, proti zvětrání odolných kamenných bloků o objemu nejméně 0,3 m<sup>3</sup>. Bloky je přitom třeba zpravidla uspořádat na vazbu s náležitým počtem vazníků podle sklonu zajišťovaného svahu. K odvádění vody je nutno na zadní straně rovnaniny uložit propustný, filtračně stabilní materiál.

Na vlhčích stanovištích je možno volit tzv. oživenou rovnaninu (obrázek 14). Jedná se o vkládání jednotlivých živých prutů nebo větví mezi kamenné bloky při jejich skládání a zarážení do podkladní půdy (pod filtračními vrstvami). Jednotlivé kamenné bloky stabilizují proutí a větve proti vysunutí, ty zakoření a v mezerách mezi jednotlivými kamennými bloky vyrostou prýty použitých dřevin.





**Obrázek 14: Příklad oživené kamenné rovnániny – kresba: Lucie Nebřenská**

#### **4.1.6 Technické protierozní konstrukce**

V rámci tohoto předpisu je řešena pouze protierozní ochrana svahu, nikoliv statická stabilita svahu, dimenzování kotvení trvalých materiálů ani dimenzování svahu ovlivněného proudící nebo stagnující vodou.

##### **4.1.6.1 Odvodňovací systémy ve svahu**

Odvodnění zemních svahů pozemních komunikací se řeší podle VL 2.

Odvodňovací stavby je nutno napojit na odvodňovací příkopy.

Pro zřízení odvodňovacích systémů lze použít povázky nebo haťové válce, resp. plůtky ze suchých prutů nebo klestu, resp. kokosové válce vhodně umístěné na svah po spádnicí nebo šikmo.

##### **4.1.6.2 Terasování**

Velmi účinným technickým protierozním opatřením na zemním svahu pozemní komunikace je snížení sklonu zemních terasových plošin a zkrácení jejich délky. Základem terasování je vložení opěrných nebo zárubních zdí do svahu. Návrh opěrných a zárubních zdí je řešen podle ČSN EN 1991. Současně je nutno vyřešit odvodnění těchto zdí tak, aby nebyly zdrojem soustředěného přítoku na dolní zemní terasovou plošinu nebo aby nezpůsobovaly vývěry spodní vody.

Zemní terasové plošiny se následně řeší metodami obsaženými v tomto předpisu s přihlédnutím k nově navrženému sklonu. Dále je nutno přihlédnout ke skutečnosti, že nově navržené zemní terasové plošiny budou mít jiný vláhový režim než původní svah; budou sušší.

##### **4.1.6.3 Prkenné plůtky (ploty)**

Ke zhotovení prkenných plotů se do půdy zatlučou kolíky nebo ocelové tyče, jejichž délka a rozestupy závisí na půdních poměrech a výšce plotů. Prkna je nutno umístit před kolíky, případně ocelové tyče, směrem ke svahu. Prkenné ploty určené pro protierozní ochranu musí být zcela zapuštěné do půdy

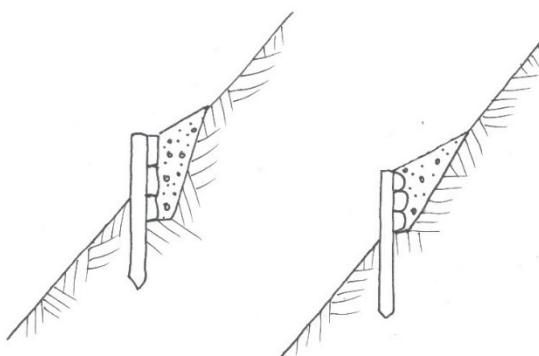


a uložené přibližně 50 cm hluboko v podloží a musí být zasypány svrchní vrstvou půdy z obou stran (nesmí vytvářet ve svahu stupeň).

Prkenné plůtky je možno kombinovat s ochrannou svahu protierozními geotextiliemi. V případě, že se použijí protierozní geotextilie z přírodních přízí, vždy se pokládají až na povrch svrchní vrstvy se zahrnutými prkennými plůtky, do kterých se protierozní geotextilie kotví např. hřebíky.

#### 4.1.6.4 Tyčové (laťové) plůtky (ploty)

Tyčové (laťové) plůtky (obrázek 15) se zhotovují podle čl. 4.1.6.3 včetně kombinace s protierozními geotextiliemi; místo prken se používají syrové nebo suché, většinou neodkorněné dřevěné tyče nebo krajinové řezivo.



Obrázek 15: Příklad tyčových plůtků za použití dřevěného řeziva (latí) nebo dřevěných půlkuláčů – kresba: Lucie Nebřenská

#### 4.1.6.5 Plůtky z přírodních tkanin a z plastů

Ke zhotovení plotů je nutno zatlouct kolíky nebo ocelové tyče, na které se upevní georohože, geosítě, geopásky, geomřížky nebo podobné materiály. A následně je plůtek zahrnut orníci z obou stran jako např. u prkenných plůtků.

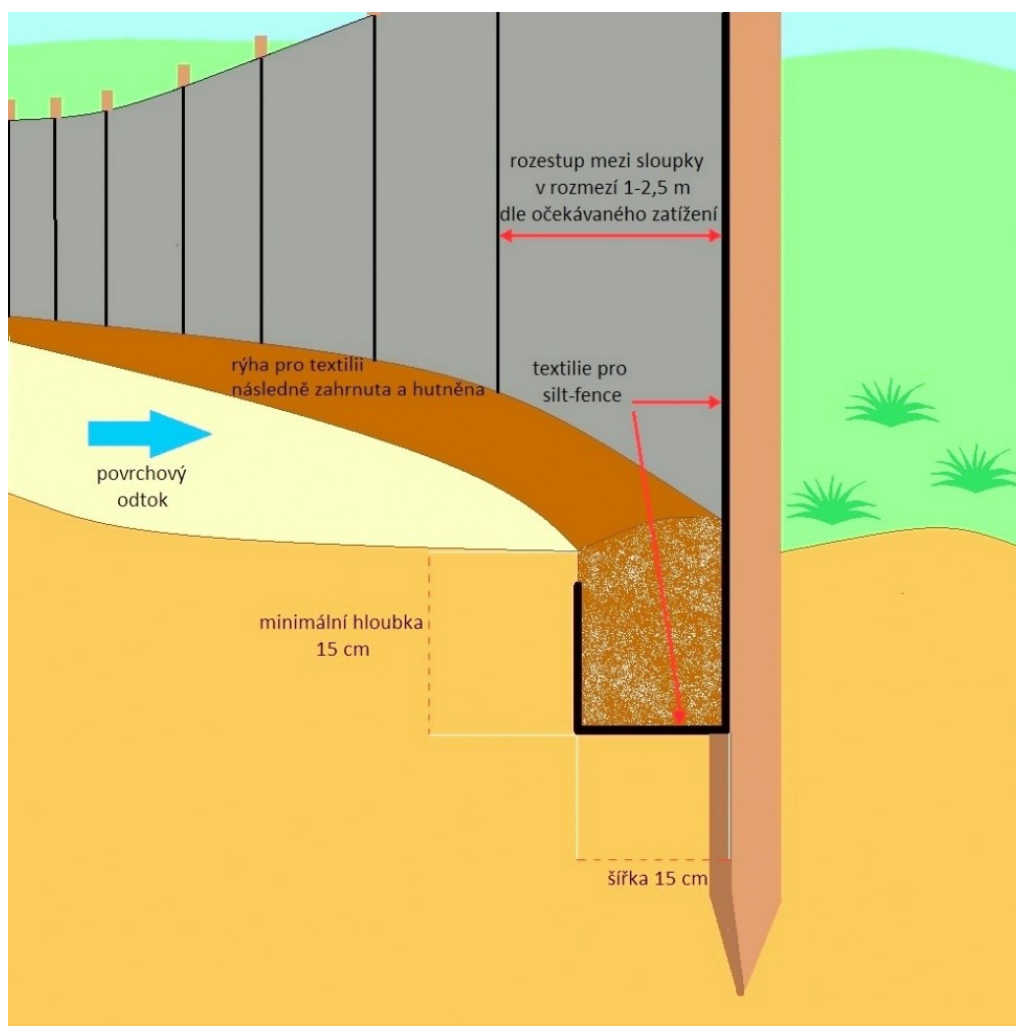
Takovéto plůtky je možno kombinovat s ochrannou svahu protierozními geotextiliemi. V případě, že se použijí protierozní geotextilie z přírodních přízí, vždy se pokládají až na povrch svrchní vrstvy se zahrnutými prkennými plůtky, do kterých se protierozní geotextilie kotví např. hřebíky.

#### 4.1.6.6 SILT-FENCE – mobilní technické protierozní opatření

Jedná se o dočasné mobilní protierozní opatření zejména pro prevenci erozního poškození svahů. Mobilní technické protierozní opatření „SILT-FENCE“ je plůtek z geosyntetické filtrační tkaniny, nesené dřevěnými kolíky, který je instalovaný po obvodu nechráněné plochy půdy, aby redukoval odnos půdy z plošné eroze (obrázek 16). Plůtek lze jednoduše instalovat těsně před stavebními pracemi / zemními úpravami tak, aby zachycoval případné splaveniny, přerušil délku svahu na hranici maximální erozně chráněné délky svahu a umožnil odtoku (vyčištěné) vody níže po svahu. V případě potřeby je možné vybudovat několik řad plůtků.

Po odeznění erozního nebezpečí je plůtek odklizen a povrch půdy se sedimenty je sanován vhodnými metodami (povlácení, frézování, rozorání apod.).

Podrobněji v certifikované metodice „Mobilní technické protierozní opatření /silt-fence/“ (Kincl a kol., 2020).



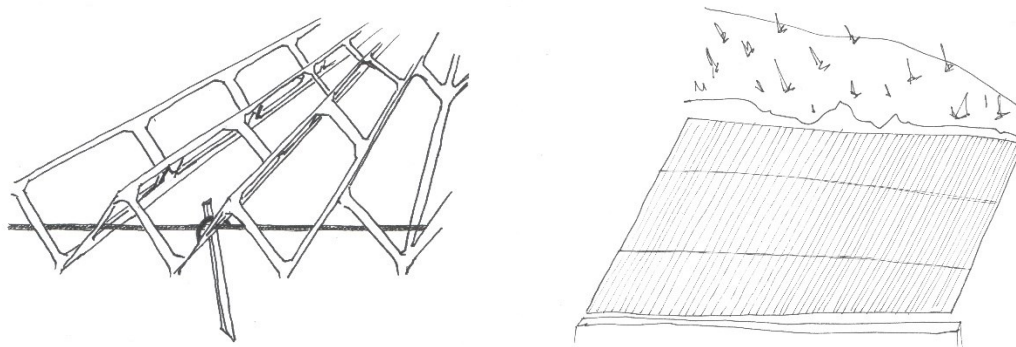
**Obrázek 16: Příklad mobilního technického protierozního opatření silt-fence – schéma aplikace – kresba: David Kincl dle Environmental Protection Agency (EPA 833-R-060-04) (2007)**

#### **4.1.6.7 Svahový rošt**

Jedná se o stejné protierozní opatření, jaké je uvedeno v čl. 4.1.5.7. V tomto případě není konstrukce doplněna o vegetační prvky, resp. je použito pouze suché dříví. Alternativně lze použít ocelové tyče nebo ŽB trámy (prefabrikáty).

#### **4.1.6.8 3D ocelové panely**

Alternativou tradičních ocelových ochranných sítí kombinovaných s georohoží jsou 3D ocelové panely (obrázek 17) vyplněné kamenivem a následně zasypané zeminou. Tato technologie je vhodná pro velmi příkré svahy (do sklonu až 65°) a na těchto svazích umožňuje do určité míry také výsadbu dřevin keřového vzrůstu. Systém tvoří ocelové prolisované plechy opatřené protikorozní ochranou. Při použití tradičních ocelových ochranných sítí s georohoží často dochází k vyplavování sypkého materiálu do sítě a dole ve svahu se pak tvoří „napěchované měchy“. U 3D panelů se to nestane. Tato technologie však vyžaduje rovný podklad. To je její nevýhoda. Vyšší náklady na tuto metodu kompenzuje možnost její pokládky i na velmi strmé a nesoudržné svahy.



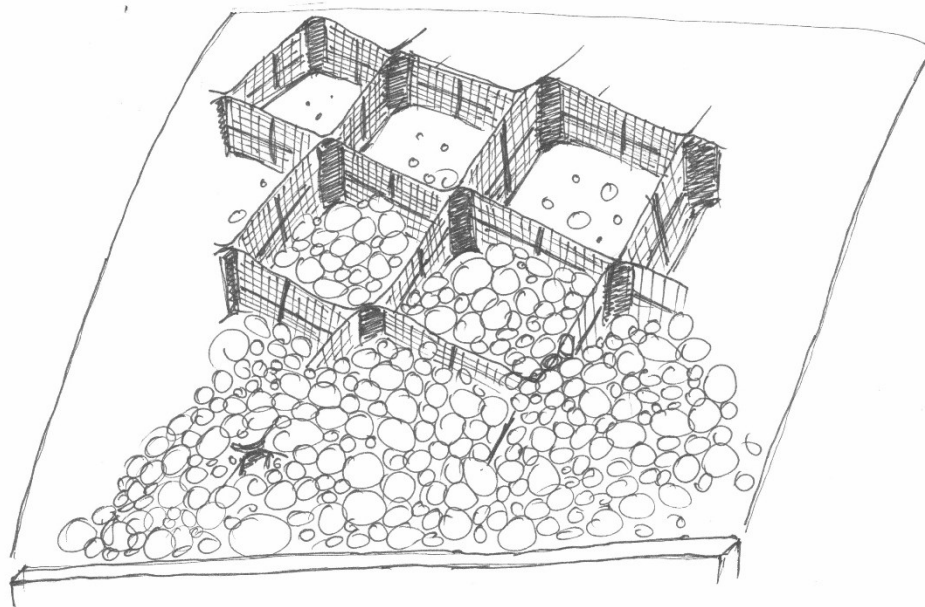
**Obrázek 17: Detail 3D ocelového panelu (vlevo) a ukázka jeho aplikace na svahu (vpravo) – kresba: Lucie Nebřenská**

#### **4.1.6.9 Geobuňky**

Geobuňky označují trojrozměrnou propustnou polymerní konstrukci ve tvaru včelí plástve, vyrobenou z proužků fólie vzájemně spojených svařováním (obrázek 18). Stěny geobuněk bývají většinou děrované pro dosažení jejich propustnosti. Prostory jednotlivých buněk lze vyplnit zeminou s osivem, případně kamenivem. Díky perforovaným stěnám je umožněno prokořenění vegetace mezi jednotlivými buňkami, čímž se zvyšuje ochranná funkce povrchu svahu. Používají se na svazích o maximálním sklonu cca 40°, přičemž podmínkou aplikace je možnost řádného přikotvení k podkladu. Funkční životnost geobuněk instalovaných v zeminovém prostředí je uváděna 20 let a více. Dodávány jsou výrobky o různé výšce stěny (nejčastěji 50, 100, 150 mm) a počtu buněk na m<sup>2</sup> (nejčastěji 32 nebo 38). Volbu konkrétního typu geobuněk pro dané podmínky stanoví projektant na základě podkladů od dodavatele. Obecně lze doporučit geobuňky o výšce min. 100 mm pro svahy nad 30°. Pro svahy mezi 30° a 40° je doporučen výrobek o výšce 150 mm. Výhodou geobuněk je jejich vysoká pevnost v tahu a odolnost proti přetržení, jejich vysoká odolnost v zeminovém prostředí různých vlastností, rychlá a jednoduchá instalace a minimální nároky na údržbu.

Geobuňky je nutné pokládat na zarovnaný svah, předem zbavený ostrých předmětů, kořenů atp. Před instalací je nutné v koruně a patě svahu vyhloubit kotevní rýhy, do kterých se geobuňky ukotví. Hloubka rýhy odpovídá výšce geobuněk navýšené o 200 až 500 mm (stanoví projektant dle konkrétní realizace). Geobuňky je nutné pokládat po spádnicí (tj. ze svahu směrem dolů, ve specifických případech odspodu směrem nahoru, aby nedošlo ke zborcení pásů). Následně je potřeba geobuňky ukotvit jak v ploše (způsob kotvení určuje projektová dokumentace), tak v koruně svahu, aby při přívalových deštích nedošlo k jejich sesunutí. Pro ukotvení geobuněk se využívají kotvy z betonářské výztuže (roxory), případně jiné kotvící prvky. V projektové dokumentaci je nutné stanovit četnost a délku kotevních prvků. Jednotlivé pásy geobuněk je vhodné spojovat elektrickými páskami (tzv. bindery). Po ukotvení geobuněk na svahu se nejprve zeminou (kamenivem) zasypou kotevní rýhy a poté jsou vyplněny samotné pásy geobuněk (výška zásypu odpovídá výšce stěny geobuňky navýšené o 20 až 50 mm materiálu navíc. Při zásypu se postupuje od spodní části svahu směrem nahoru. Navýšení se provádí jako rezerva kvůli pozdějšímu sedání materiálu.

Po zapojení vegetace odpovídá následná péče péči o zatravněný svah.



**Obrázek 18: Příklad protierozního opatření na svahu pomocí geobuněk vyplněných kamenivem – kresba: Lucie Nebřenská**

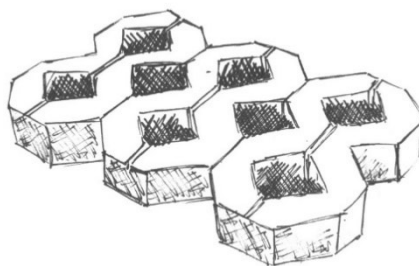
#### **4.1.6.10 Zatravňovací (betonové/železobetonové) prefabrikáty, tzv. polovegetační dílce**

Zpevnění svahů vegetačními dílci (obrázek 19) se používá v místech silně ohrožených erozí:

- u vodotečí,
- v místech zvýšeného nebezpečí soustředěného přítoku cizích vod po svazích PK,
- u objektů komunikací,
- na svahových kuželech,
- na strmých svazích.

Jedná se o betonové / ŽB prefabrikáty s otvory, které se vyplní zeminou (substrátem) a osejí vhodnou travní nebo travinobylinnou směsí – viz Příloha 7. Vegetace v betonových prefabrikátech však často trpí přehříváním a zvýšeným vysycháním. Následně je vegetace velmi řídká nebo žádná. Toto riziko je třeba zohlednit.

Zejména s ohledem na podíl plochy pro vegetační kryt se jedná o přírodě bližší materiály / konstrukce než betonový (torkretový svah), než ŽB zeď nebo např. než zeď či svah z gabionů.



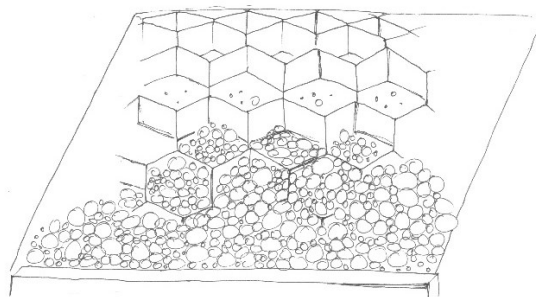
**Obrázek 19: Příklad betonového polovegetačního dílce – kresba: Lucie Nebřenská**

#### 4.1.6.11 Zatravnovací dílce ze syntetických hmot

Pro zpevnění šikmých ploch a svahů, například pracovních cest a příjezdů ve svahu, je skvělým řešením zatravnovací dlažba. Plastové zatravnovací dílce (obrázek 20) je možno použít obdobně jako cementobetonové, z pohledu stability svahu je však nutné zohlednit jejich váhu, která se mezi jednotlivými výrobky liší. Proto je nezbytné jednotlivé plastové výrobky pečlivě kotvit k podkladu. Oproti betonovým tvárnici mají dlaždice až 96 % míru zatravnění. Propouští dešťovou vodu a udržují přirozený vzhled zatravněné plochy. Vzhledem k tomu, že se při jejich použití jedná o větší hmotu plastů v krajině trvale zabudovaných a nepodléhajících degradaci, jsou z ekologického hlediska pro použití na svahy v extravilánu méně vhodné a jejich použití by mělo být ojedinělé. Místo nich je možno použít prvky přírodě bližší (cementobetonové vegetační dílce, travní rohože apod.). Zejména s ohledem na podíl plochy pro vegetační kryt se jedná o přírodě bližší materiály / konstrukce než betonový (torkretový svah), než ŽB zeď nebo např. než zeď či svah z gabionů; menší podíl plochy pro vegetační kryt mají také betonové polovegetační dílce.

Tvárnice pro zpevnění svahu jsou opatřeny výřezy pro kotvící tyče. Jednotlivé dílce jsou spojovány zapadávajícími zámkami. Dilatační spáry chrání konstrukci proti silám vznikajícím ve svahu. Díky tomu dochází k omezení odplavování svrchní vrstvy zeminy. Zatravnovací dílce eliminují odtok vody žlábkovými prohlubněmi v půdě a zabraňují následnému vyplavování živin z půdy.

Při vyrovnávání povrchu by se měla na připraveném základu vždy vytvořit dostatečně silná podkladní vrstva jako nosná a vyrovnávací vrstva. Předem spojené dlažby je nutné naplnit až k horní hraně dlažby vhodnou vrchní vrstvou půdy nebo směsí písku s půdou, humusem a např. substrátem, ve kterém je hnojivo pro zatravnění.



Obrázek 20: Příklad zatravnovacího dílce ze syntetických hmot částečně vyplněného materiálem –  
kresba: Lucie Nebřenská

Údržba a následná péče odpovídá péči o travní porost – viz čl. 6.2.1.

#### 4.1.6.12 Pohozy, záhozy, rovnaniny

Jedná se o stejná protierozní opatření na svahu jako jsou uvedena v čl. 4.1.5.9 a 4.1.5.10 z kamení a kameniva podle specifikace uvedené v čl. 4.1.3.7. Pohozy jsou prováděny z hrubého drceného kameniva; záhozy z lomového kamene (tzv. záhozového) a rovnaniny z kusového lomového kamene o hmotnosti nad 40 kg.

Dle požadavků na cílový stav svahu a následnou údržbu lze při dostatečně vlhkém podloží pohoz / zához překrýt orníci a osít travou. U tohoto typu opatření bývá přerušena kapilarita a voda z půdního profilu rychle odtéká, proto vegetace často neprospívá z důvodu nedostatku vláhy.

Alternativně se pohozy, záhozy a rovnaniny ponechají bez překrytí.

V případě cílového stavu s porostem dřevin a v případě dostatečné vlhkosti v podloží, je možno realizovat tzv. oživené konstrukce – viz čl. 4.1.5.9 a 4.1.5.10.

#### **4.1.7 Sanační protierozní opatření**

Jako sanační protierozní opatření je možno použít jakékoliv opatření popsané v kapitole 4.1. Vždy záleží na způsobu poškození, na rozsahu a na naléhavosti.

Pro bodová, maloplošná, akutní a dočasná protierozní opatření se volí těžší úprava, která okamžitě zajistí protierozní ochranu; tvorba vegetačního krytu v tomto případě nemá prioritu. Příkladem může být poškození dopravní nehodou, výkopovými pracemi, pádem skály / kamení z plochy nad PEO apod.; příkladem sanace je použití záhozů, pohožů, rovnanin, betonových polovegetačních dílců, polovegetačních dílců ze syntetických hmot, geobuněk, klejonáže apod. Při další rekonstrukci jsou tato opatření změněna na velkoplošná.

Pro velkoplošná opatření se volí jemnější úpravy. Příkladem poškození může být požár na svahu, požár vozidla u svahu, sesuv svahu, překročení míry zabezpečení odvodňovacích zařízení – povodeň apod.; příkladem sanace je velkoplošná obnova protierozní ochrany svahu shodná s původním, projektovým návrhem nebo podobné opatření za použití modernějších metod nebo metod umožňujících údržbu svahů aktuálně používanými metodami.

Současně se sanací protierozní ochrany na svahu je nezbytné vyhodnotit a řešit příčinu poškození.

### **4.2 Protierozní opatření realizovatelná na přilehlých pozemcích**

Ochranu svahů PK proti vodní erozi je nutné začít řešit již na přiléhajících zemědělských pozemcích. Cílem takových protierozních opatření je zabránit či alespoň omezit smyv půdy mimo zemědělský pozemek. Toto musí být základem pro následnou protierozní ochranu svahů v bezprostřední blízkosti tělesa komunikace. Pokud jsou na zemědělských pozemcích uplatněna vhodná protierozní opatření, vodní eroze se na ohroženém pozemku nemusí vůbec objevit. Pokud se i přesto smytá půda dostane mimo zemědělský pozemek, jsou její následky mnohem nižší. To samé platí pro případný výskyt povrchového odtoku. Z hlediska protierozní ochrany zemědělské půdy rozlišujeme tři základní opatření:

- 1) organizační,
- 2) agrotechnická,
- 3) technická.

Při následném uplatňování se zpravidla postupuje od nejjednodušeji aplikovatelných opatření (organizační a agrotechnická) až k opatřením technického charakteru. Ve většině případů se využívají různé kombinace zmíněných opatření, které se vzájemně doplňují a zvyšují tak svou protierozní účinnost.

#### **4.2.1 Organizační**

Základem organizačních opatření je rozvržení pozemků delší stranou ve směru vrstevnic. Pozemky by měly mít vhodný tvar a velikost. Za ideální tvar se považuje obdélník či jiný druh rovnoběžníku, případně lichoběžník. Z hlediska velikosti pozemku je možné doporučit, aby měly pozemky velikost

okolo 30 ha. V rovinatých územích by mohla být přípustná velikost až do 50 ha, v členitějších pak do 20 ha. V protierozní ochraně má důležitou roli vegetační pokryv. S tím souvisejí i další organizační opatření, kterými je možné ovlivňovat erozní ohroženost pozemku – včasný termín výsevu plodin; výsev víceletých pícnin do krycích plodin; posun podmítky na období s nižším výskytem přívalem dešťů; zařazování meziplodin; rozmístění hlavních plodin na základě erozní ohroženosti pozemku; využití ochranného zatravnění či pásového střídání plodin.

#### **4.2.2 Agrotechnická**

Cílem agrotechnických opatření je snaha zkrátit čas, kdy je půda bez dostatečného vegetačního pokryvu, na minimum pomocí vhodných technologických způsobů hospodaření. K tomuto účelu slouží především tzv. půdoochranné technologie. Jejich základem je cílené využití posklizňových zbytků plodin či biomasy z meziplodin, které zajišťují vyšší pokryvnost a drsnost povrchu půdy. Půdoochranné technologie jsou určeny především pro plodiny s nízkou ochrannou funkcí (kukuřice, brambory, řepa, slunečnice, sója, čirok apod.), které svým vzrůstem nebo zapojením nedostatečně kryjí půdu. Příkladem vysoce účinných půdoochranných technologií mohou být:

- 1) bezorebné setí do vymrzlé meziplodiny,
- 2) bezorebné setí do strniště,
- 3) pásové zpracování půdy.

Do agrotechnických opatření se řadí například i vrstevnicové zpracování půdy a následné vrstevnicové setí či sázení.

#### **4.2.3 Technická**

Technická opatření slouží jako doplnění organizačních a agrotechnických opatření. Nejčastěji jsou navrhována k ochraně zastavěného území nebo k ochraně dopravních komunikací a dalších liniových staveb (infrastruktury). Základními principy technických protierozních opatření jsou – změna sklonu pozemku (terénní urovnávky, terasování či historické meze); přerušení volné délky pozemku a bezpečné odvedení povrchového odtoku (příkopy, průlehy, protierozní meze, údolnice); zachycení povrchového odtoku a splavenin, jeho zadržení a neškodné odvedení (hrázky, sedimentační a retenční nádrže, vsakovací prvky). Na rozdíl od předchozích typů (organizační, agrotechnická) mají technická opatření investiční charakter a podléhají stavebnímu zákonu. Při jejich navrhování a dimenzování je nutné jednoznačně určit míru bezpečnosti vyjádřenou dobou opakování přírodního jevu. Míra bezpečnosti se liší podle významnosti chráněné lokality. V běžných podmínkách by měla být minimálně 5 let. Při ochraně zastavěné části nebo jiné významné infrastruktury se míra bezpečnosti doporučuje 10 až 50 let, v odůvodněných případech až 100 let. Vždy je nutné dostatečně podrobně posoudit danou lokalitu, objektivně určit míru významnosti a stanovit možná rizika.

### **4.3 Protierozní opatření realizovatelná na zemním tělese komunikací**

Protierozní opatření popisovaná v tomto TP jsou primárně navržena pro realizaci na zemním tělese PK, konkrétně na násypových a na zářezových svazích.

V případě rozhodování o použití vhodného protierozního opatření je nutné zohlednit či posoudit také další vlivy, např. cílový stav svahu, způsob údržby, způsob budování zemního svahu a případné interakce vegetace (kořenů) se zemním tělesem a další.

#### 4.3.1 Technická

Za technická protierozní opatření lze považovat taková, která nepředpokládají dlouhodobou a rozhodující protierozní funkci vegetace. Vegetace zde má převážně funkci estetickou a částečně umožňuje komunikaci půdní vody a půdního vzduchu s povrchem terénu, umožňuje retenci vody do půdy.

Z výše uvedených se zejména jedná o:

- plůtky z plastů (s kotvením ocelovými nebo plastovými tyčemi) – viz čl. 4.1.6.5,
- svahový rošt (z ocelových tyčí nebo ŽB trámů) – viz čl. 4.1.6.7 a obrázek 12,
- korutanská (srubová) stěna (z ŽB trámů / prefabrikátů) – viz čl. 4.1.5.8 a obrázek 13,
- kamenný zához nebo rovinanina (bez oživení vegetací) – viz čl. 4.1.6.12 a obrázek 14,
- 3D ocelové panely – viz čl. 4.1.6.8 a obrázek 17,
- geobuňky – viz čl. 4.1.6.9 a obrázek 18,
- betonové nebo ŽB polovegetační dílce – viz čl. 4.1.6.10 a obrázek 19,
- zatravnovací dílce ze syntetických hmot – viz čl. 4.1.6.11 a obrázek 20.

#### 4.3.2 Biologická

Naopak biologická protierozní opatření jsou taková, která uvažují pouze o trvalém protierozním působení vegetace, a která v některých případech využívají dočasných, podpůrných vlastností biologicky odbouratelných materiálů.

Z výše uvedených se jedná například o:

- založení travních a travinobylinných společenstev, výsadba stromů – viz čl. 4.1.1 a 4.1.2;
- použití geotextilií z přírodních přízí pro dočasnou ochranu osetí svahu – viz čl. 4.1.3;
- hydroosev – viz čl. 4.1.1.7.1;
- hydroosev za podpory geotextilií z přírodních přízí – viz čl. 4.1.3.2;
- zakládání porostů travními rohožemi s osivem – viz čl. 4.1.1.7.6 a 4.1.3.3;
- zakládání porostů / skupin dřevin za použití povázek a haťových válců s proutím ze dřevin schopných zakořenění – viz čl. 4.1.3.5 a obrázky 2 a 3;
- výsadba dřevin za pomoci řízků dřevin schopných zakořenění – viz čl. 4.1.3.6 a 4.1.2;
- kordonové stěny – viz čl. 4.1.5.8.

#### 4.3.3 Kombinovaná

Kombinovaná opatření tvoří samostatnou skupinu, ale kombinují výhody technických i biologických opatření; jejich návrh a realizace závisí velkou měrou na kreativě a biologických znalostech projektanta, dále také na požadavcích správce komunikace. Lze je definovat jako protierozní opatření, která dlouhodobě a výlučně spoléhají na protierozní vlastnosti vegetace. Současně však existuje mnoho faktorů, které znemožňují dosažení dlouhodobého efektu; převážně se jedná o klimatické faktory (sucho, oslunění apod.). Proto je potřeba na určitou dobu protierozní funkci vegetace podpořit; obvykle se jedná o stabilizaci vrstvy zúrodnitelné půdy po dobu vytvoření kořenového systému.

Takovýchto opatření může být celá řada, některé z nich jsou uvedeny výše, např.:

- svahový rošt z mrtvého dříví – viz čl. 4.1.6.7 a obrázek 12,
- plůtky z mrtvého dříví a kletu – viz čl. 4.1.6.3 až 4.1.6.5 včetně,
- korutanské stěny z mrtvého dříví nebo kombinované s řízkem / kůly dřevin schopných zakořenění – viz čl. 4.1.5.8 a obrázek 13.



## 5 Zásady navrhování protierozních opatření (PEO)

### 5.1 Obecné zásady

#### 5.1.1 Předpoklady pro úspěšný návrh

- vyřešené odtokové poměry v povodí tak, aby na zemní svah nepřitékala cizí, vnější voda (úprava toků, nad zářezové příkopy, svodné žlaby ve svahu apod.) – kapitola 4, TP 83, TP 204, TP 232, VL 1, VL 2;
- vyřešená statická stabilita svahu – ČSN 73 6133, ČSN EN 1990, ČSN EN 1997-1;
- vyřešené svahové vývěry, prameny – TD LDS;
- navržené nebo vybudované všechny stavby a konstrukce, které by mohly měnit morfologii svahu a odtokové poměry na svahu – např. patky pro dopravní telematiku, schodiště, svahové žebříky, zárubní nebo opěrné nebo obkladní zdi, zálivy pro dopravní hlásky, oplocení (základy, podhrabové desky, mulčovací pásy apod.).

#### 5.1.2 Pokyny investora

##### 5.1.2.1 Určit cílový stav svahu

- celoplošná travní a travinobylinná společenstva;
- celoplošné keřové porosty dřevin;
- celoplošné stromové porosty dřevin;
- mozaika travních a travinobylinných společenstev a keřových porostů dřevin, resp. mozaika travních a travinobylinných společenstev a vzrostlých solitérních dřevin s keřovým podrostem;
- mozaika travních a travinobylinných společenstev a stromových porostů dřevin;
- mozaika travních a travinobylinných společenstev s vtroušenými vzrostlými solitérními dřevinami bez keřového podrostu;
- *skála – očištěný skalní povrch – není třeba PEO;*
- *umělý povrch – technické materiály zcela kryjící povrch svahu, které nepodléhají v reálném čase vodní ani větrné erozi způsobované klimatickými vlivy – není třeba PEO.*

##### 5.1.2.2 Určit způsob údržby svahu

- bez pravidelné údržby;
- pravidelná ruční a motomanuální údržba bez odklizení posekané trávy a bylin – motorová pila, motorová kosa, křovinořez;
- pravidelná strojní širokozáběrová údržba bez odklizení posekané trávy a bylin – traktor s lištou, speciální jednoúčelové stroje s kabinou pro řidiče;
- pravidelná strojní úzkozáběrová údržba bez odklizení posekané trávy a bylin – RC samohybné stroje, robotické stroje, autonomní stroje;
- pravidelná kombinovaná strojní údržba s ručním dosekáváním bez odklizení posekané trávy a bylin;
- pravidelná strojní širokozáběrová údržba včetně odklizení posekané trávy a bylin;
- pravidelná strojní úzkozáběrová údržba včetně odklizení posekané trávy a bylin;

- pravidelná kombinovaná strojní údržba s ručním dosekáváním včetně odklízení posekané trávy a bylin;
- pravidelná ruční a motomanuální údržba keřových porostů dřevin;
- pravidelná strojní údržba keřových porostů dřevin.

*Pozn. 1: Údržba solitérních dřevin se předpokládá občasná, ruční a motomanuální, bez použití dopravních prostředků ve svahu.*

*Pozn. 2: Údržba stromových porostů dřevin se předpokládá občasná, ruční a motomanuální nebo strojní nebo kombinovaná, vždy bez zásahu do travních a travinobylinných společenstev.*

### 5.1.3 Podklady a výsledky průzkumných prací

a) Definovat riziko eroze – možné příčiny (zda se dané riziko vyskytuje či ne). Určit rizikové faktory vyskytující se na zájmové lokalitě a podle nich volit vhodná opatření:

- kvalita a mocnost zúrodnitelné vrstvy půdy;
- expozice svahu, zastínění svahu terénem, objekty, budovami, stromy, porosty;
- převládající směr větru, mrazové kotliny, nebezpečí jarních mrazíků;
- možnost pohybu zvěře po svahu (oplocený x neoplocený svah);
- erozní odolnost půdy, tj. odolnost proti kinetické energii deště;
- povrchový odtok z deště – v závislosti na infiltrační kapacitě povrchu;
- větrná eroze – expozice vůči dominantnímu směru větrů, větrolamy v okolí (otevřenost krajiny).

*Pozn. Pokud se vyskytuje více erozních činitelů – řešit ten závažnější (se závažnějšími dopady) a opatření přizpůsobit na míru danému typu erozního ohrožení.*

b) Stanovit odtokové množství z plochy – viz kapitola 3, ČSN 75 6101, TP 83.

c) Stanovit plochy a objemy možné retence vody do zúrodnitelné vrstvy půdy, resp. do vrstvy půdy nad nepropustnou plochou (skála, jíl, stavební konstrukce z betonu / ŽB apod.).

d) Znovu posoudit stabilitu svahu pro zatěžovací stav s plnou vodní kapacitou zúrodnitelné vrstvy půdy, resp. vrstvy půdy nad nepropustnou plochou.

### 5.1.4 Vlastní návrh protierozních opatření

Podle výsledků průzkumných prací a na základě pokynu investora budou vybrána vhodná protierozní opatření a bude zpracována technická dokumentace řešení PEO. Bude se volit z opatření uvedených v kapitole 4 tohoto předpisu (alternativně se použije ČSN 83 9041, TD LDS, TD HBS apod.) a z doporučení uvedených v Technických listech jednotlivých výrobků pro PEO. Návrhy budou posouzeny postupy uvedenými v kapitole 3 tohoto předpisu, podle hodnot uvedených v Přílohách 1 až 6. Pokud přírodní materiály v dané lokalitě splňují technické požadavky na odolnost a stabilitu, měly by být upřednostněny před opatřeními technického charakteru.

Technická dokumentace PEO bude zpracována autorizovanou osobou v daném oboru (podle platného stavebního zákona a podle zákona č. 360/1992 Sb., v platném znění); grafické přílohy budou zpracovány přiměřeně podle ČSN EN ISO 11091, ČSN 01 3466, ČSN 01 3473, VL 1 a VL 2.

### 5.1.5 Kontrola realizace PEO

Aby mohla daná opatření plnit svou funkci, je zásadní adekvátně připravit povrch svahu a dodržet postup aplikace daného opatření na svah. Kontrola předpokladů realizace PEO a následného postupu prací bude prováděna v rámci autorského dozoru projektanta podle (platného) stavebního zákona. Podrobné požadavky a postupy jsou uvedeny v následujícím článku a v kapitole 7.

## 5.2 Postup aplikace jednotlivých opatření

Tato kapitola uvádí postup úpravy svahu před pokládkou, zásady pohybu osob po svahu během pokládky a zásady aplikace jednotlivých opatření na svah tak, aby bylo dosaženo maximálního a stabilního ochranného účinku. Opatření jsou členěna do skupin podle umístění v profilu svahu.

Obecně lze definovat několik zásad, které platí plošně pro většinu opatření:

- pro daný typ (geo)rohože má být stanovena doporučená zrnitost zeminy, aby došlo k propadu zeminy materiálem, a aby tak byl zajištěn plný kontakt zeminy s podkladem,
- při zakládání vegetačního krytu dodržet minimální požadavky na obsah organické hmoty a strukturu zeminy (v závislosti na složení vegetace),
- geosyntetika (dodávaná v rolích nebo balících) musí být na svahu fixována kotvami, na horní hraně svahu tzv. zámkem (proti podtečení povrchovým odtokem) a na patě svahu kotvami nebo zatížením kameny nebo kamenivem (proti stržení větrem). Alternativně lze kotevní zámek umístit i do paty (vhodné spíše pro řešení větrné eroze),
- při pokládce na povrch svahu musí být zajištěn plný kontakt s půdním povrchem po celou dobu životnosti (je nutno uvažovat s délkovými změnami geosyntetik z přírodních nebo směsných materiálů vlivem klimatických změn v průběhu roku a při pokládce geosyntetikum na svahu nenapínat; toto neplatí pro geosyntetika ze syntetických materiálů),
- v případě nutnosti prostřihů ochranných materiálů (prostor pro sázené dřeviny / pařezy) je třeba postupovat opatrně, aby nebyla narušena stabilita struktury ochranného materiálu, tj. nepřestřihovat svislá vlákna tkaných geotextilií. Nezbytná je důkladná fixace geosyntetik na svah vhodnými kotvami ve větším počtu a nepravidelném sponu,
- rolovaná geosyntetika na svahu rozbalovat svisle, od vrchu dolů (po spádnicí); pokládka geosyntetik ve vodorovných pásech je akceptovatelná zcela výjimečně, tj. při použití nejvýše 2 pásů pro zajištění celé plochy svahu včetně kotvení na horní hraně svahu (do tzv. zámků) (podrobněji viz níže čl. 5.2.1.2.2),
- je naprosto nezbytné omezit pohyb osob po zemním svahu při osévání a při instalaci geosyntetik. Pro tyto činnosti je nezbytné používat žebříky nebo lešení s minimálním tlakem na svah, aby se předešlo vzniku prošlapů, následné koncentraci povrchového odtoku a tvorbě erozních rýh v zemině pod geosyntetikem,
- osévání, instalaci geosyntetik i hydroosev je nutno provádět na odplevelený povrch svahu z důvodu minimalizace pohybu údržby po protierozním opatření bez zajištěného travního drnu, zajištěných výsadeb dřevin,
- zemina nebo písek se na povrch geosyntetika neukládá; výjimkou jsou geosyntetika, do kterých se zemina vkládá (např. geomatrace), nebo při požadovaném zvýšení ochrany geosyntetik proti ohni (zemina uložená nad povrchem / výstupky geosyntetika, již není nijak chráněna před erozí),

- při volbě opatření se primárně upřednostňují přírodě blízká opatření. Až v případě jejich nedostatečného ochranného účinku lze volit materiály trvalé,
- při volbě konkrétního materiálu (hloubce jeho uložení) se zohledňuje riziko narušení PEO hlodavci / zvěří,
- při volbě PEO je nutno zvážit odolnost proti případným chemickým postřikům a roztokům (např. herbicidy, arboricidy, solné roztoky rozstřikované z jízdních pásů),
- zohlednit orientaci svahu a míru oslunění a podle toho volit materiály o dostatečné světelné propustnosti.

### 5.2.1 Opatření na povrchu svahu

#### 5.2.1.1 Založení protierozních travních a travinobylinných porostů výsevem, výsadbou a hydroosevem.

Založení výsevem a výsadbou zmiňuje čl. 4.1.1.7, 4.1.1.8 a 4.1.1.9.

Při hydraulickém způsobu osévání (hydroosevu) je nejprve třeba připravit směs osiva, vody, organické hmoty, hnojiva a protierozních přísad. Variant složení směsi je ovšem tolik, kolik je projektů. Liší se podle požadované funkce, sklonu terénu, orientace světových stran, půdních podmínek, nadmořské výšky apod. Pomocí komponent a přirozené vegetace lze řešit sklony 0-45°. Pro větší sklony (technologický limit je cca 80°), je ale nutné hydroosev kombinovat s mechanickým zpevněním svahu (pomocí různých variant rohoží, geomříží a vyztužených zemních konstrukcí).

Hydroosev je možné úspěšně aplikovat na kvalitní ornici, hlušinu i skalnatý svah. Čím složitější jsou půdní a klimatické podmínky a čím větší je svažitosť, tím vyšší jsou nároky na kvalitní návrh složení osiva, hydroosevní směsi, případně dalších mechanických protierozních opatření. Podle stanovištních podmínek, zejména půdních (plochy s rozprostřenou vrstvou ornice, plochy kamenité a písčité apod.) se hydroosev provádí jednorázovým nástřikem všech komponentů nebo ve dvou až třech etapách. Pokud dokumentace nestanoví jinak, platí následující pracovní postupy:

- a) 1. pracovní etapa – osivo, hnojivo, organická hmota,  
2. pracovní etapa – protierozní přísada (případně + organická hmota).
- b) 1. pracovní etapa – osivo, hnojivo, rašelina,  
2. pracovní etapa – organická hmota,  
3. pracovní etapa – protierozní přísada.

Způsob b) se použije u velkých sklonů svahů bez humusové vrstvy. Kamenité plochy se zatravnují tak, že se do směsi přidá rašelina ve 2. a 3. pracovní etapě.

Pro bezproblémové vzejití osiva je vhodné dobré načasování aplikace hydroosevu (vhodná teplota a dostatek vláhy). Pokud to okolnosti projektu dostatečně neumožňují, větší šanci na úspěch má aplikace prováděná v březnu až červnu a v září až prosinci (v závislosti na aktuálních klimatických podmínkách). Aplikace hydroosevu by měla následovat do 14 dnů po úpravě terénu. Zemina by neměla být slehlá. Zejména při přípravě svahů se musí dbát na to, aby nebyl jejich povrch do hladka udusán. Nelze také osévat zplevelený povrch, je nutné ho chemicky nebo mechanicky odplevelit. Plocha by měla být zbavena větších kamenů.

### 5.2.1.2 Osetý svah chráněný plošnými protierozními geosyntetiky

Osetí svahu se provádí před pokládkou geosyntetika. Osetí se provádí převážně jako přímý (ruční) výsev na upravený svah – viz čl. 4.1.1.7.2. V případě použití zatravňovacích rohoží s osivem (geokompozitů) se neprovádí samostatný výsev.

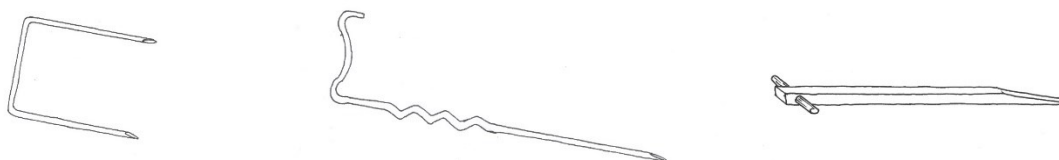
#### 5.2.1.2.1 Manipulace a skladování geosyntetik

- role protierozních geosyntetik je třeba přemísťovat zvednutím rolí a jejich převozem nebo kulením; role nesmí být vlečeny po zemi z důvodu možného poškození výrobku;
- geosyntetika nelze skladovat ve vlhku, hrozí vznik plísní, degradace přírodních vláken a předčasná ztráta technických vlastností;
- zatravňovací rohože s osivem je nutno skladovat v teplotních a vlhkostních podmínkách, které zamezí degradaci / předčasnému klíčení osiva.

#### 5.2.1.2.2 Aplikace na svah

Pro aplikaci geosyntetik na svah platí obecné zásady uvedené v čl. 5.2. Pásky geosyntetik jsou rozbaleny po svahu směrem dolů, po spádnicí, s překryvem sousedních pásů 100 až 500 mm (stanoví projektant); instalace vodorovných pásů se provádí zcela výjimečně v případech, ve kterých lze celý svah včetně zámku na horní straně svahu a včetně přesahů pásů ochránit 2 pásy geosyntetika. Při nutnosti napojení dvou rolí je třeba zachovat přesah 500 mm.

K upevnění sítě na svah se používají ocelové kotvy tvaru „J“ nebo „U“ nebo „7“, případně kolíky ze dřeva (obrázek 21). Kolíky mohou být buď celodřevěné nebo kombinací dřeva a hřebíků; s ohledem na trvalejší upevnění je vhodné dřevěné kolíky vyrábět s drsným povrchem (nehoblované).



**Obrázek 21: Kotevní materiál – kotvy ve tvaru „U“, „J“ a dřevěné kolíky – kresba: Lucie Nebřenská**

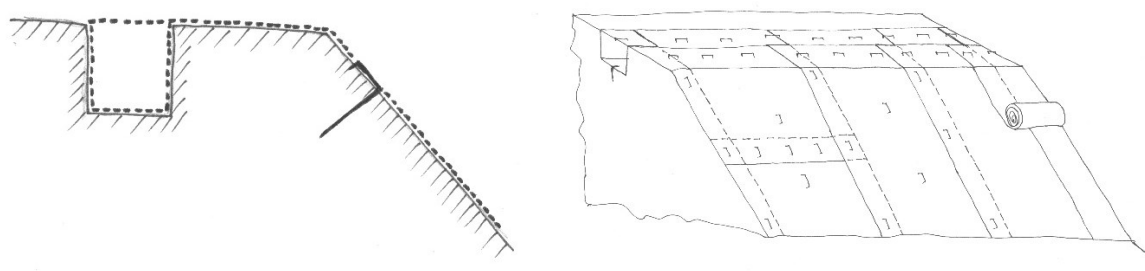
Počet kotev závisí na konkrétních stanovištních podmínkách, sklonu a délce svahu (stanoví projektant). Zpravidla se používají 1 až 4 kotvy na m<sup>2</sup>. Lokálně v místě prostřihů se kotví dle potřeby vyšším počtem, aby nedocházelo k posunu sítě a jejímu nadzvedávání větrem.

Pohyb pracovníků v ploše svahu musí probíhat po žebřících položených na svah, aby nedošlo k prošlapům a tvorbě nerovností v urovnaném povrchu svahu. Tyto nerovnosti by znemožnily kontakt geosyntetika s povrchem. To by pak neplnilo svou ochrannou funkci a omezovalo prorůstání rostlin. Rostliny by geosyntetikum pouze nadzvedly a bez světla časem uhynuly. V těchto místech by se koncentroval povrchový odtok, což by vedlo ke vzniku erozních rýh pod geosyntetikem. Po rozpadu geosyntetika by jeho ochranná funkce nebyla nahrazena vegetací (která pod ní uhynula) a svah by zůstal nechráněn.

Pro úspěšné plnění protierozní funkce je zásadní, aby geosyntetikum dokonale přilnulo k terénu. Předpokladem je kvalitně připravený povrch půdy, pokládka pásů bez napínání a kotvení v dostatečné hustotě. Výjimečně, ve zdůvodněných případech se provádí také dodatečné pohození položeného

a ukotveného geosyntetika sypkou humózní zeminou. V místech se zvýšeným rizikem vzniku požáru je vhodné položenou síť pohodit pískem. Mocnost této dodatečné vrstvy zeminy nesmí přesáhnout mocnost samotné geotextilie.

V koruně svahu je nezbytné pásy geosyntetik zakotvit do rýhy o šířce a hloubce 300 x 300 mm, tzv. zámek (obrázek 22), v němž je síť ukotvena kolíky a následně zahrnuta zeminou. Analogicky je síť fixována v patě svahu. Zde lze alternativně použít přesypání štěrkem nebo založení kameny. Pokud nelze zámek vytvořit, lze geotextilii založit za ocelovou KARI síť zakotvenou do svahu, respektive vloženou do základu stavební konstrukce nad svahem (např. silniční obrubník do lože z betonu).



Obrázek 22: Schéma kotevního zámku pro pokládku geosyntetik – kresba: Lucie Nebřenská

#### 5.2.1.3 Svah s výsadbou dřevin chráněný plošnými protierozními geosyntetiky

Výsadba dřevin se provádí až po pokládce geosyntetika. Výsadbu je nutno provádět ručně do otvorů (prořezů) v geosyntetiku, které se připraví předem nebo těsně před výsadbou dřevin. Metody výsadby jsou uvedeny v čl. 4.1.2.

##### 5.2.1.3.1 Manipulace a skladování geosyntetika

- viz čl. 5.2.1.2.1.

##### 5.2.1.3.2 Aplikace na svah

- viz čl. 5.2.1.2.2 a obecné zásady uvedené v kapitole 5.2;

Při výsadbě do tkaných geotextilií se před výsadbou dřevin oka pouze roztáhnou; v případě použití sazenic s většími baly (o větším průměru než 90 mm) je nutno přestříhnout vodorovné příze v osnově, nikoliv svislé(!); vždy se přestřihává co nejmenší počet přízí.

#### 5.2.1.4 Svah s hydroosevem za podpory geotextilie

Založení protierozních travních a travinobylinných společenstev, výjimečně i založení porostů dřevin pomocí hydroosevu se provádí podle čl. 4.1.1.7.1. Jako podpůrné geosyntetikum se vždy použije tkaná geotextilie z přírodních přízí (obvykle z kokosu o plošné hmotnosti 400 g/m<sup>2</sup>).

##### 5.2.1.4.1 Manipulace a skladování geotextilie

- viz čl. 5.2.1.2.1.

#### 5.2.1.4.2 Aplikace na svah

Aplikace hydroosevu podléhá několika podmínkám, především vhodné teplotě a dostatku vláhy po aplikaci. Větší šanci na úspěch má aplikace prováděná v březnu až červnu a v září až prosinci (v závislosti na aktuálních klimatických podmínkách). Aplikace hydroosevu by měla následovat do 14 dnů po úpravě terénu. Zemina by neměla být slehlá. Zejména při přípravě svahů se musí dbát na to, aby nebyl jejich povrch do hladka udusán. Nelze osévat zaplevelený povrch, je nutné ho chemicky nebo mechanicky odplevelit. Plocha by měla být zbavena větších kamenů. Aby směs dosáhla svých technických vlastností, nesmí být po dobu 24 hodin od aplikace vystavena dešti.

#### 5.2.1.5 Svah chráněný 3D ocelovými panely

Pro ozelenění svahu chráněného 3D ocelovými panely se použije výsev travních nebo travinobylinných směsí, hydroosev – viz čl. 4.1.1 – nebo výsadba dřevin – viz čl. 4.1.2; osevni směsi jsou uvedeny v Příloze 7; doporučené druhy dřevin v Příloze 9.

##### 5.2.1.5.1 Manipulace a skladování 3D ocelových panelů

Požadavky na manipulaci a skladování 3D ocelových panelů stanovuje dodavatel konstrukce.

##### 5.2.1.5.2 Aplikace na svah

Instalace probíhá dle pokynů projektanta, který využívá údaje z technického / technologického listu výrobce / dodavatele. Panely se uloží diagonálně na urovnaný svah a upevní pomocí hřebíků vrtaných v pravidelném rastru, podložek a matek. Vše jistí ocelová lana (obrázek 23). Takto připravený systém se vyplní kamenivem frakce 32/63 mm. To se ukládá jak strojně, tak ručně pomocí lezecké techniky. Do kameniva lze přidat i organický materiál a následně svah ozelenit. Je však nutné volit takové druhy vegetace, které dokážou prokóřit mocnou vrstvu panelů společně se zeminou.



Obrázek 23: Příklad aplikace 3D ocelových panelů na svah – kresba: Jana Kalibová, Lucie Nebřenská

#### 5.2.1.6 Svah chráněný geobuňkami

Osetí svahu se provádí po pokládce geobuněk a po vyplnění humózní zeminou nebo substrátem. Osetí se provádí buď jako přímý (ruční) výsev nebo hydroosevem na upravený svah – viz čl. 4.1.1.7.2 a 4.1.1.7.1.

Výsadba dřevin se provádí po pokládce geobuněk. Výsadbu je nutno provádět ručně do otvorů vyplněných humózní zeminou nebo substrátem. Metody výsadby jsou uvedena v čl. 4.1.2.

#### **5.2.1.6.1 Manipulace a skladování**

- požadavky na manipulaci a skladování geobuněk stanovuje dodavatel / výrobce;
- výhodou geobuněk je jejich vysoká skladnost. Připravené „plástve“ se složí téměř do 2D struktury a až na svahu se roztáhnout do 3D struktury.

#### **5.2.1.6.2 Aplikace na svah**

Při instalaci se vychází z technického / technologického listu výrobce / dodavatele. Podle různých systémů a druhů geobuněk se poněkud liší i technologie pokládky. Každý distributor k výrobkům, které dodává, dodá i pracovní postup. Základem je položení na upravený svah, přikotvení a zahrnutí zeminou o vhodné zrnitosti a složení vhodném pro růst travních porostů. Následuje osetí, u větších geobuněk příp. osázení dřevinami.

Před pokládkou je nutno svah upravit (urovnat a zbavit velkých objektů – kamenů, kořenů). Kotvení se provádí speciálními kotvami danými distributorem výrobku (délka kotvy se volí dle výšky stěny geobuňky, charakteru zeminy a svahu). Řádné kotvení je zcela zásadní, jelikož kromě vlastní váhy nesou i váhu zeminy umístěné do jednotlivých buněk. Výplňový materiál závisí na technických, ekonomických a estetických požadavcích stavby. Mezi výplně lze zařadit: písek, štěrk, zeminu, drcený kámen, beton, původní odtěžený materiál z místa realizace apod. Otvory zahrnuté zeminou se následně osejí travním osivem, v případě větších geobuněk lze osázet i vhodnými bylinami nebo dřevinami. Po plném vývoji vegetace a jejího kořenového systému se celá konstrukce ještě více zpevní a plní lépe svou ochranou a stabilizační funkci.

#### **5.2.1.7 Svah chráněný zatravněvacími dílci ze syntetických hmot**

Osetí svahu se provádí po pokládce dílců a po vyplnění humózní zeminou nebo substrátem. Osetí se provádí převážně jako přímý (ruční) výsev na upravený svah – viz čl. 4.1.1.7.2.

Výsadba dřevin se provádí po pokládce geobuněk. Výsadbu je nutno provádět ručně do otvorů vyplněných humózní zeminou nebo substrátem. Metody výsadby jsou uvedena v čl. 4.1.2.

#### **5.2.1.7.1 Manipulace a skladování**

Požadavky na manipulaci a skladování zatravněvacích dílců stanovuje dodavatel / výrobce.

#### **5.2.1.7.2 Aplikace na svah**

Při instalaci se vychází z technického / technologického listu výrobce / dodavatele. Při vyrovnávání povrchu by se mělo na připravený základ vždy nanést podloží o dostatečné mocnosti (mocnost stanoví projektant na základě statického posouzení svahu a stanovištních podmínek) jako nosná a vyrovnávací vrstva. Předem spojené dlažební dílce se položí na svah, ukotví a naplní až k horní hraně dlažby vhodnou vrchní vrstvou půdy nebo směsí písku s půdou, humusem a např. substrátem, ve kterém je hnojivo pro zatravnění.

#### **5.2.1.8 Svah chráněný zatravněvacími betonovými / ŽB prefabrikáty**

##### **5.2.1.8.1 Manipulace a skladování**

Požadavky na manipulaci a skladování zatravněvacích dílců stanovuje dodavatel / výrobce.



#### **5.2.1.8.2 Aplikace na svah**

Při instalaci se vychází z technického / technologického listu výrobce / dodavatele. Vegetační dílce se usadí na upravený svah zbavený nežádoucích objektů (kořeny, kameny), spojí pomocí zámků, které jsou součástí každé dlaždice, zahrnou zeminou o vhodném složení a zrnitosti, a osejí travní směsí.

#### **5.2.1.9 Klejonáž**

Postup realizace klejonáže je znázorněn v Příloze 9.

Hustota pokrytí musí dosáhnout minimálně 50 %, nikoliv však 100 %. Krycí materiál je nutno pokládat vedle sebe tlustším koncem dolů. Jestliže se má uložit více klejonází na sebe, musí být krycí materiál spodní vrstvy překryt materiálem horní vrstvy nejméně o 300 mm. Tlustší konce proutí a větví je třeba zapíchnout do půdy. K upevnění vrstvy je třeba napnout od jednoho kotvení ke druhému upínací drát. Potom se kotvení musí dotlouct tak hluboko, aby byl krycí materiál pevně přitlačen k povrchu půdy. Na zvláště ohrožených plochách by měla být klejonáž dodatečně zajištěna drátěným pletivem nebo podobným způsobem. Klejonáže je možno alternativně zaplnit až po horní okraj krycího materiálu zeminou. Jestliže má být dosaženo více než 50 % zakrytí půdy, může se při nedostatku živého krycího materiálu použít také materiál suchý. Zakrytí půdy živým krycím materiálem má činit zpravidla 50 %, avšak nemá klesnout pod 25 %.

V případě použití vázacího drátu je nutno plochu na svahu oplotit, aby se zvěř na svahu nezraňovala; tento požadavek neplatí v případě oplocené PK. Vázací drát lze nahradit tyčemi přibitými k pilotům.

Pro realizaci se využívá jehličnatý klest se zelenými jehlicemi z důvodu větší ohebnosti větví a většího procenta zakrytí pozemku; alternativně může být použit jakýkoliv klest jakéhokoli druhu stromu (minimální délka 500 mm). V případě, že se využije klest schopný zakořenění, je nezbytné takový klest vyrobit ze dřevin z nejbližšího okolí – větší pravděpodobnost získání autochtonního materiálu. Délka krycích větví nesmí být kratší než 2 m, průměr větve na řezu se doporučuje do 50 mm (max. 70 mm). Další větve, které budou zatíženy krycími větvemi, mohou mít jakýkoliv délkový i tloušťkový rozměr.

#### **5.2.1.10 Ochrana vrstvy ornice za pomoci povázek, haťových válců, plůtků apod.**

Na upravený povrch svahu před ohumusováním se vytyčí linie pro zřízení povázků, haťových válců a plůtků (viz čl. 4.1.5.2, 4.1.5.3, 4.1.6.3, 4.1.6.4 a 4.1.6.5) v rozestupu zhruba 2 m (1,5 až 3,0 m). Výška plůtků se navrhuje shodná jako navrhovaná výška vrstvy ornice (ohumusování); podle toho se také volí použité materiály a konstrukce. Linie jsou vedeny šikmo ke svahu nebo se jedná o křížící se linie vytvářející kosodélníky. Plůtky vytvoří kazety, které jsou vyplněny ornici nebo substrátem až po horní okraj plůtku (obvykle se uvažuje s nadnásypem pro sedání vrstvy ornice).

Na vzniklém povrchu svahu se založí travní nebo travinobylinný porost nebo porost dřevin – viz čl. 4.1.1 a 4.1.2.

#### **5.2.1.11 Dočasné plůtky – mobilní technické protierozní opatření „silt-fence“**

Jedná se o dočasné mobilní protierozní opatření zejména pro prevenci erozního poškození svahů.

Podrobněji v čl. 4.1.6.6 a v certifikované metodice „Mobilní technické protierozní opatření /silt-fence/“ (Kincl a kol., 2020.)

#### **5.2.1.12 Ochrana povrchu svahu jeho pokrytím pohoze, záhozem nebo rovnaninou**

Erozního zabezpečení svahů lze dosáhnout vytvořením souvislé vrstvy kamene nebo kameniva na zemním svahu PK (viz čl. 4.1.6.12), alt. s vyplněním mezer ornici. Lze k tomu využít pohozy, záhozy nebo rovnaniny z kamene sbíraného na místě nebo z lomového kamene (viz čl. 4.1.3.7). Na takto upraveném povrchu je možno založit travní nebo travinobylinné společenstvo prostým výsevem (viz čl. 4.1.1.7.2), mulčováním zeleným senem (viz čl. 4.1.1.7.5) nebo hydroosevem (viz čl. 4.1.1.7.1).

V případě, že cílovým vegetačním pokryvem je porost dřevin založený zakořeněnými vegetačními částmi (proutí a větve), použije se oživený zához (viz čl. 4.1.5.9) nebo oživená rovnanina (viz čl. 4.1.5.10).

### **5.2.2 Opatření těsně pod povrchem svahu**

#### **5.2.2.1 Svah chráněný 3D georohoží**

##### **5.2.2.1.1 Skladování a manipulace s 3D georohoží**

Požadavky na manipulaci a skladování zatravnovacích dílců stanovuje dodavatel / výrobce.

##### **5.2.2.1.2 Aplikace na svah**

Při instalaci se vychází z technického / technologického listu výrobce / dodavatele. 3D georohože jsou pokládány na ohumusovaný svah (mocnost humusové vrstvy 50 až 80 mm). Na svah se rozbálí georohož směrem ze svahu dolů. V koruně a patě svahu se konce georohože zahrnou do mělkých rýh délky 500 mm a hloubky 250 mm. Zámek má v porovnání s aplikací přírodních geotextilií větší rozsah, jelikož kvůli vyšší hmotnosti ochranné vrstvy je kladen větší důraz na stabilizaci. Přesahy sousedních rolí jsou minimálně 100 mm. Georohož se na svah kotví ocelovými kolíky ve tvaru „U“, délky cca 300 mm, případně se po položení a zasypání zeminou provede hydroosev.

V závěru je georohož zasypána zeminou s osivem, případně nejprve zeminou a následně oseta. Mocnost posypové vrstvy zeminy nesmí přesáhnout mocnost georohože. Klíčem k úspěchu je zde využití zeminy o vhodné zrnitosti (musí propadnout oky georohože) a vhodném složení (podpora vzcházení vegetace v daných podmínkách, stabilita – upřednostnit soudržné zeminy před nesoudržnými).

#### **5.2.2.2 Svah chráněný kompozitními 3D výztužnými sítěmi**

##### **5.2.2.2.1 Skladování a manipulace kompozitních 3D výztužných sítí**

- požadavky na manipulaci a skladování zatravnovacích dílců stanovuje dodavatel / výrobce,
- role výztužné síťoviny jsou zabaleny do obalu z PE fólie, který zajišťuje ochranu materiálu před klimatickými vlivy (UV zářením); obal musí být odstraněn těsně před instalací produktu,
- přemísťování rolí je třeba zajistit zvednutím rolí a jejich převezením nebo kulením; role nesmí být vlečeny po zemi z důvodu možného poškození výrobku,
- po rozbalení výrobku z PE obalu je nutné materiál zakrýt do 14 dnů,
- výrobek je standardně dodáván v rolích šíře 3 m v délce návinu 100 bm; materiál lze řezat nožem nebo stříhat.

#### **5.2.2.2.2 Aplikace na svah:**

Výztužná síť se pro potřebu PEO instaluje do mezivrstvy rekultivační vrstvy; na urovnanou jemnozrnnou zeminu o min. mocnosti 300 mm. Doporučená frakce je 0 až 25 mm s obsahem zrn větších než 12 mm maximálně do 25 %.

Kotevní zámek (schéma obdobné jako u geosyntetik – obrázek 22) je umístěn zpravidla 2 a více m od hrany svahu. Výrobek je upevněn v kotevním příkopu (přihřebován), příkop je následně zasypán zeminou a zhutněn.

Jednotlivé role se rozbalují ve směru maximálního spádu, souběžně, s přesahem 100 až 200 mm. Spojování jednotlivých pásů výztužné síťoviny se provádí prostým přesazením sousedních pásů. Pro usnadnění následného zahrnování zeminou je vhodné zabezpečit překryv pomocí plastových zdrhovacích pásek po cca 2 m.

Při zahrnování sítě krycí zeminou (o vhodné zrnitosti – menší, než je velikost ok sítě) nesmí docházet k jejímu shrnování. V závislosti na sklonu a délce svahu je vhodnější zeminu rozhrnovat zdola nahoru. Krycí zemina nesmí obsahovat ostré nebo velké předměty (kořeny, kameny), které by mohly síťovinu poškodit.

### **5.2.3 Opatření „v zemním tělese“**

#### **5.2.3.1 Zemní těleso z výkopku – neupravené zeminy**

Pro realizaci protierozních opatření na svazích zemního tělesa pozemních komunikací lze použít všechna opatření uvedená v kapitolách 4, resp. 5 a dodržet podmínky realizace, zejména zřízení a stabilizace vrstvy půdy – úrodnitelné zeminy.

Do návrhu a při dimenzování zemního tělesa s neupravenou zeminou je nutno zahrnout také skutečnost, že vegetace prokoření také zeminu v zemním tělese, a že může částečně měnit vlastnosti této zeminy. Dalším parametrem návrhu musí být i způsob údržby, tj. pohyb pracovníků při motomanuální údržbě a pohyb mechanizace provádějící kosení, mulčování a/nebo odvoz biologického materiálu.

#### **5.2.3.2 Zemní svahy upravené lineárním textilním vláknem**

Pro realizaci protierozních opatření na svazích zemních těles upravených lineárními textilními vlákny platí stejné podmínky jako pro zemní svahy z neupravené zeminy – viz čl. 5.2.3.1. V současné době se tato technologie využívá výjimečně; je však nutno s ní počítat při rekonstrukcích a sanacích – ekologická zátěž případného výkopku.

#### **5.2.3.3 Čelní svahy zemního tělesa s armovanou zeminou**

Pro realizaci protierozních opatření na čelech svahů s armovanou zeminou (nebo podobnými geotechnickými konstrukcemi), které předpokládají využití vegetace, je vhodné akceptovat metody doporučené výrobcem / dodavatelem těchto konstrukcí a současně požadavky správce dokončené stavby na údržbu. Při cílovém stavu v podobě travního / travinobylinného porostu je nutno počítat s trvalou závlahou. Výsadba dřevin do čela zemního tělesa s armovanou zeminou není vhodná kromě výsadby nízkých půdopokryvných dřevin. Pro výsadbu vzrostlých dřevin je nutno navrhnout a staticky posoudit terasy.

#### 5.2.3.4 Zemní těleso z upravené zeminy

Při navrhování protierozních opatření na svazích zemních těles z upravené zeminy je třeba si uvědomit, že se jedná o dva vegetačně nesourodé substráty: ohumusování (vrstva zúrodnitelné zeminy) musí být biologicky aktivní, musí obsahovat organické látky a živiny, musí být přiměřeně zhutněná, s dostatečnou retencí pro vodu a s dostatečným objemem pórů pro půdní vzduch; naopak upravená zemina nesmí obsahovat organické látky, látky použité pro úpravu (stabilizaci) zeminy, které mohou omezovat nebo bránit růstu vegetace, retence upravené zeminy musí být minimální (optimální vlhkost  $w_{opt}$ ), obsah půdního vzduchu v pórech se neuvažuje. Při nerespektování těchto rozdílných požadavků často vznikají sesuvy vegetace a prokořeněné vrstvy (ohumusování). Nestabilita vegetační vrstvy a obnažení násypu z upravené zeminy má však výrazný vliv na použitelnost liniové stavby, na její údržbu a v neposlední řadě na bezpečnost provozu.

Při požadavku na cílový stav povrchu svahu PK v podobě vegetačního pokryvu se doporučuje navrhovat protierozní opatření na samostatných zemních tělesech přímo uložených na zemních tělesech z upravených zemín bez uvažovaného vzájemného kontaktu těchto vrstev (zohlednit hloubku kořenů, vláhové poměry apod.).

Alternativou jsou protierozní opatření obdobná těm, která se navrhují na skalním, kamenitém nebo štěrkovém podloží bez předpokládané protierozní funkce vegetace:

- svahový rošt z ocelových tyčí nebo ŽB trámů – viz čl. 4.1.6.7 a obrázek 12,
- korutanská (srubová) stěna z ŽB trámů / prefabrikátů – viz čl. 4.1.5.8 a obrázek 13,
- kamenný zához nebo rovinanina (bez oživení vegetací) – viz čl. 4.1.6.12 a obrázek 14,
- 3D ocelové panely – viz čl. 4.1.6.8 a obrázek 17,
- geobuňky – viz čl. 4.1.6.9,
- betonové nebo ŽB polovegetační dílce – viz čl. 4.1.6.10.

## 6 Údržba

### 6.1 Údržba technických protierozních opatření

Údržba technických protierozních opatření, resp. technických částí biotechnických opatření probíhá podle postupů stanovených pro tyto konstrukce. U prvků protierozních opatření se nepředpokládá žádná speciální nebo častá údržba, kromě údržby vegetačních prvků. Na stavbě se doporučuje preferovat pouze taková protierozní opatření, která nevyžadují žádnou zvláštní údržbu. Drobná mechanická poškození se neopravují.

Vizuální kontrola u protierozních opatření probíhá v rámci běžných prohlídek podle § 6 vyhlášky č. 104/1997 Sb. Nejsou stanoveny speciální požadavky na kvalifikaci osoby provádějící prohlídku (stačí středoškolské vzdělání technického směru).

Všechny konstrukce a materiály, u nichž se předpokládá kontakt se zimní údržbou (prostřednictvím rozmrazovacích prostředků), se musejí posuzovat jako konstrukce a materiály vystavené silným účinkům rozmrazovacích solí – prostředí min. C4.

## **6.2 Péče o vegetaci**

### **6.2.1 Péče o travní porosty**

#### **6.2.1.1 Celoplošná a mozaikovitá travní společenstva na svazích**

##### **6.2.1.1.1 Kosení**

Kosení je nejvýznamnější technologií, která rozhoduje o kvalitě, druhové skladbě a zapojení porostu. Rozhodujícími faktory jsou v tomto případě termín, četnost, teplota vzduchu, typ mechanizace a pečlivost odstranění a vyhrabání pokosené hmoty. První seč se provádí zpravidla při výšce porostu 200 až 300 mm. Porost se zkracuje na výšku kolem 80 až 100 mm. Hlavním cílem první seče je potlačení jednoletých plevelů v porostu a zlepšení světelných podmínek pro pomaleji se vyvíjející druhy. Žací ústrojí musí odpovídat kosenému porostu (travní / travinobylinné). V dalších letech se provádí zpravidla jedna seč v období června, popř. druhá seč od poloviny srpna.

Po dobu životnosti geosyntetik se doporučuje nejlépe nesekat, nebo sekat ze žebříku. Jedinou možností je motomanuální údržba – nesené strunové sekačky. V takovém případě se provede první seč, jakmile vegetace dosáhne výšky cca 100 mm. Trávník se zkrátí o cca třetinu své délky, resp. tak, aby nedošlo k poškození kotev ani vlastního protierozního geosyntetika. Další údržba probíhá dle potřeby v rámci harmonogramu prací na svazích podél komunikace. Do plného zapojení travního drnu je nutné chránit povrch svahu před prošlapy (pohyb obsluhy po žebřících). Toto doporučení platí obecně pro geosyntetika z přírodních materiálů, ze syntetických materiálů i směsná.

##### **6.2.1.1.2 Mulčování**

Mulčování travních porostů je v současnosti velmi diskutovaným tématem, zejména z pohledu negativního vlivu na biodiverzitu, zvláště živočišnou složku. Jedná se o kosení bez sběru pokosené hmoty, přičemž se předpokládá, že organická hmota se přirozeně rozloží a obohatí vegetační substrát o živiny získané rozkladem. Tento proces funguje za předpokladu vhodných klimatických a mikrobiálních podmínek a adekvátního množství materiálu, který se má rozložit. Mulčování lze akceptovat v případě extrémní svažitosti pozemků, kdy nelze použít běžnou techniku pro odvoz a vyhrabání pokosené biomasy. Tento způsob péče na erozi ohrožených plochách převažuje, ale často je také samotnou příčinou vznikající eroze, a to z těchto důvodů:

- 1) Pokosená hmota zůstává v porostu ležet v silné vrstvě, nerozkládá se dostatečně rychle a dochází k tzv. „vyležení“ trávníku. Porost řídne a vlivem intenzivních srážek na svahu dochází k erozi půdy až do úrovně obnažení na skelet. Vrstva mulče neumožňuje dosévanému nebo náletovému osivu z okolních zdrojových ploch kontakt s povrchem půdy, takže tato holá místa nemohou být zapojována dalšími zájmovými druhy rostlin.
- 2) Příliš časté mulčování svahovými sekačkami nastavenými na příliš nízkou výšku kosení, navíc v opakovaných trasách a směrech, vytváří ve svahu i z dálky viditelné koleje, čímž v důsledku dochází k narušení povrchu půdy a k erozi.

Při péči o travinobylinné porosty ve společenském zájmu zachování druhové pestrosti rostlinných druhů lze využívat mulčování jen ve zcela výjimečných případech, např. při obnově zanedbaného porostu, který po několik let ležel ladem bez údržby. Technologii mulčování lze v případě druhově bohatých porostů využít velmi zřídka, a to za předpokladu dokonalého zpracování mulčovaného

materiálu. Obecně nelze mulčování travinobylinných společenstev doporučit, přestože stanovištní podmínky často jinou technologii odstranění nadzemní hmoty porostu ani neumožňují.

#### **6.2.1.1.3 Ostatní péče**

Na svazích ohrožených erozí se špatnou dostupností mechanizace jsou další možné zásahy do porostu (chemická ochrana, hnojení, provzdušňování apod.) i z hlediska nákladů v praxi nerealizovatelné a z hlediska ochrany přírody u krajinných trávníků nevhodné.

#### **6.2.1.2 Celoplošná a mozaikovitá travinobylinná společenstva na svazích**

#### **6.2.1.3 Celoplošná a mozaikovitá travinobylinná společenstva na skalnatých zářezích**

Porosty na skalnatých zářezích s přiznanými skalními útvary se zakládají pouze hydroosevem a jsou tvořeny převážně jednotlivými trsy rostlin trav a bylin v kombinaci s rozchodníky. Jedná se o esteticky významná společenstva, která nevyžadují žádnou péči, maximálně jedno kosení bez sběru ročně (obrázek 24).



**Obrázek 23: Příklad travinobylinného společenstva na skalnatých zářezích – foto: Jana Kalibová**

### **6.2.2 Péče o dřeviny**

- 1) povýsadbová péče
  - ochrana proti buření (vyžínaní, postřik herbicidy),
  - zálivka – podle situace (v případě déletrvajících přísušků),
  - vylepšování (náhrada uhynulých sazenic),
  - doplňování.
- 2) výchova zajištěných porostů
  - prořezávky v zahuštěných výsadbách (negativní výběr – odstranění vadných, poškozených, předrůstavých a neperspektivních jedinců),
  - uvolňování obrostlíků,
  - dle situace a potřeby provádět dekapitaci vybraných jedinců.
- 3) obnova porostů
  - s obnovou začít včas (zabránit vytváření silných, příp. vyvětvených kmenů stromů),
  - využití schopnosti dřevin (stromů i keřů) vytvářet pařezové výmladky.

## 6.3 Sanace erozí poškozených svahů

Sanace svahů poškozených erozí je nutno rozdělit na podle plošného rozsahu a podle naléhavosti či nebezpečí z prodlení. S tím také souvisí přístup posuzování příčin vzniku poškození, k návrhu a ke způsobu provádění.

### 6.3.1 Posouzení příčin vzniku poškození

V případě havarijního, obvykle maloplošného poškození, které přímo ohrožuje bezpečnost provozu na PK, případně stavbu PK, se nejprve provádějí sanační práce technickými protierozními opatřeními. Po této sanaci se přistoupí k podrobnému posuzování příčin vzniku a podle jejich vyhodnocení se navrhuje oprava či rekonstrukce.

V případě, že nehrozí vlivem poškozeného protierozního opatření na svahu pozemní komunikace přímé ohrožení bezpečnosti provozu nebo rozsáhlé škody na stavbě pozemní komunikace, je vhodnější ve spolupráci s projektantem nebo odborníkem na protierozní ochranu svahů zjistit příčiny, vyhodnotit je a nejlépe souběžně začít se sanací protierozního opatření na svahu. Nejčastějšími příčinami poškození svahu / erozního opatření na svahu erozní činností vody je:

- nevhodný návrh opatření pro odvedení cizích vod nebo nevhodná realizace těchto opatření,
- nedostatečná nebo pozdní údržba těchto zařízení,
- překročení míry zabezpečení odvodňovacích zařízení,
- souběh výše uvedených skutečností.

### 6.3.2 Způsoby provádění sanací

Pro maloplošné sanace se používají téměř výhradně technická protierozní opatření – viz čl. 4.3.1.

Pro velkoplošné sanace, při kterých není nebezpečí z prodlení – viz výše, je možno využívat všechna protierozní opatření uvedená v tomto TP. Při velkoplošném poškození erozní událostí je obvykle odplavena většina zúrodnitelné půdy (až na podorníci nebo na skálu), jsou poškozena použitá geosyntetika a jejich kotvení a současně se pod svahem může nacházet nános zeminy, kameniva a kamene smíchaný s použitými zbytky geosyntetik (plastu, dříví) a vegetace. Proto bývá první fází sanace odstranění tohoto materiálu.

*Poznámka: Geosyntetika poškozená erozí a vytržená z kotvení nelze znovu použít a je nutno je likvidovat v souladu s platnou legislativou!*

Způsob velkoplošné sanace se volí po vyhodnocení příčin podle původního projektového návrhu nebo na základě aktualizovaných podkladů.

## 7 Zkoušení a kontrola

Zkoušení a kontrola v rámci realizace protierozních opatření na svazích pozemních komunikací zahrnují soubor činností účastníků výstavby, které mají zajistit předpokládané cíle projektu/konstrukce/opatření. V tomto případě mají zajistit protierozní ochranu svahu, přípravu podmínek pro růst vegetace v navrženém nebo cílovém druhovém složení a omezení smyvu půdních částic k patě svahu. Proto jsou zkoušení a kontrola rozděleny na kontrolu dodaných / použitých materiálů a kontrolu provedení protierozního opatření.

*Poznámka: Výrobní kontrola před expedicí materiálů je akceptována převzetím dodacího listu včetně povinných certifikátů k danému materiálu.*

Při zkoušení a kontrole se postupuje podle kapitol 11 a 12 TP 97 s přihlédnutím k požadavkům ČSN EN 13253 (806153) Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbách na ochranu proti erozi (ochranu pobřeží, opevňování břehů).

## **7.1 Druhy zkoušek geosyntetik**

V okamžiku dodávky materiálu na stavbu, resp. v těsné časové návaznosti po tomto okamžiku, avšak nejpozději v průběhu prací, je nutné provést následující kontrolu:

- Identifikovat geosyntetika na stavbě dle ČSN EN ISO 10320,
- Vyhovět požadavkům na trvanlivost geosyntetik dle Přílohy B ČSN EN 13253; v případě geosyntetik z přírodních práz, resp. se zabudovaným travním osivem, rovněž provést kontrolu uskladnění materiálů,
- Provést průkazní zkoušky geosyntetik,
- Provést kontrolní zkoušky geosyntetik.

## **7.2 Kontrola a zkoušení hotového protierozního opatření**

Pro zkoušení geometrických vlastností protierozního opatření se použijí ustanovení ČSN 73 6133 pro zářezy a násypy.

Průběžná kontrola dokončených vrstev protierozního opatření se provádí před jejich zakrytím dalším materiálem. Požadavky pro tuto kontrolu musí být uvedeny v projektové dokumentaci; přiměřeně se použijí ustanovení kapitoly 12 TP 97 pro geosyntetika s filtrační, separační a vyztužovací funkcí a ustanovení k použití jednotlivých typů protierozních geosyntetik a protierozních opatření v tomto TP.



# Příloha 1 Kritické, normové tečné napětí a maximální přípustná rychlost proudění vody, resp. suspenze vody, splavenin a spláví

Orientační hodnoty převzaté z metodiky Kavka a kol. (2020).

Třída opatření	Popis	Typ geotextilie <sup>1)</sup>	Materiál	Maximální tečné napětí (Pa) bez vegetace	Maximální rychlost proudění (m/s) bez vegetace	Tloušťka (mm)	Hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Napětí v tahu [kN/m]	Životnost materiálu (měsíce)	Testovaný zástupce
Dočasná <sup>2)</sup>	plošné	sendvič	Přírodní vlákna	112.0	3.00	21.0	700.0	1.6	24	Biomac CC
Dočasná <sup>2)</sup>	plošné	textilie	Plast. vlákna, přírodní vlákna	48.0	1.15	0.8	7.0	1.8	12	?? J500
Dočasná <sup>2)</sup>	síťoviny	síť	PE, přírodní vlákna	72.0	1.44	6.0	dle gramáže	0.9	12(36)	K400, K700, K900
Dočasná <sup>2)</sup>	???	sendvič	Plastová vlákna	108.0	2.20	8.9	271.0	1.5	36	
Dočasná <sup>2)</sup>	plošné	textilie	PE, přírodní vlákna	96.0	1.92	7.6	373.0	1.5	18	
Dočasná <sup>2)</sup>	plošné	textilie	Plastová vlákna	96.0	1.92	9.6	271.0	1.5	36	
Dočasná <sup>2)</sup>	plošné	textilie	Plastová vlákna	108.0	2.16	7.6	678.0	1.5	36	
Trvalá <sup>3)</sup>	prostorové	3D matrace	Plastová vlákna	96.0	1.90	6.4	271.0	43.8	Není	MacMat
Trvalá <sup>3)</sup>	prostorové	Sendvič	PP	191.0	3.80	357.2	11905.0	2.7	Není	?? Geobuňky

Kritické, normové tečné napětí a maximální přípustná rychlost proudění vody, resp. suspenze vody, splavenin a splávi – Orientační hodnoty převzaté z metodiky Kavka a kol. (2020) – pokračování

Třída opatření	Popis	Typ geotextilie <sup>1)</sup>	Materiál	Maximální tečné napětí (Pa) bez vegetace	Maximální rychlost (m/s) proudění bez vegetace	Tloušťka (mm)	Hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Napětí v tahu [kN/m]	Životnost materiálu (měsíce)	Testovaný zástupce
Trvalá <sup>3)</sup>	prostorové	3D matrace	PA	216.0	1.15	22.0	20.0	3.0	Není	EnkaMat A20
Trvalá <sup>3)</sup>	prostorové	3D matrace	PA	240.0	3.00	6.3	150.0	1.8	Není	Enkamat 7010
Trvalá <sup>3)</sup>		trvalá výztuž drnu	Plastová vlákna	480.0	3.20	28.8	960.0	2.6	Není	
Trvalá <sup>3)</sup>	prostorové	3D matrace spojená s výztužným prvkem	PA	960.0	6.10	5.0	186.7	13.3	Není	Enkamat W
Trvalá <sup>3)</sup>	plošné	geomříž plochá	PET	od 2520	1.64	5.0	od 490.0	od 35	Není	Fortrac T
Trvalá <sup>3)</sup>	plošné s výstupky	geomříž s prostorově uspořádanými příčnými vlákny (vlamí)	PET	od 5760	od 3.74	5.0	od 490.0	od 20	Není	Fortrac 3D
<p>Vysvětlivky:</p> <p>1) Převzato z metodiky (Kavka, P. a kol. 2020); použité termíny neodpovídají třídění geosyntetik podle ČSN EN ISO 10318-1 + A1</p> <p>2) Životnost pod 36 měsíců, po uplynutí životnosti protierozní funkci přebírá zeleň</p> <p>3) Životnost materiálu po dobu životnosti stavby, případná zeleň má pouze estetickou funkci</p>										

## Příloha 2 Manningův drsnostní součinitel

Orientační hodnoty převzaté z metodiky Kavka a kol. (2020)

Typ	Název	Struktura <sup>1)</sup>	Materiál	Kód	Manningův drsnostní součinitel [-]	Zachycené množství vody opatřením [mm]	Poměr zachycení [-]
					n	pi	ppl
BareSoil	holá půda bez opatření			BAR	0.025	0	0
Tráva	plně zapojený travní porost – pravidelně sečený			GRA	0.03	2	0.25
Dočasná <sup>2)</sup>	Textilie z mixu přírodních a rychle se rozpadajících umělých vláken	textilie	Plastová vlákna, přírodní vlákna	TLtD	0.035	1	0.2
Dočasná <sup>2)</sup>	Sít z mixu přírodních a rychle se rozpadajících umělých vláken	sít	PE, přírodní vlákna	NtD	0.035	1	0.2
Dočasná <sup>2)</sup>	Textilie z mixu přírodních a rychle se rozpadajících umělých vláken	textilie	PE, přírodní vlákna	TNaD	0.035	1	0.2
Dočasná <sup>2)</sup>	Netkaná textilie	textilie	Plastová vlákna	TNoD	0.035	0	0
Dočasná <sup>2)</sup>	Pletená textilie	textilie	Plastová vlákna	TPID	0.035	0	0
Dočasná <sup>2)</sup>	3D matrace v sendviči z umělých vláken	sendvič	Plastová vlákna	M3DD	0.035	0	0
Dočasná <sup>2)</sup>	Rohož z kokosových nebo jutových vláken v kokosovém nebo jutovém sendviči	sendvič	Přírodní vlákna	KokD	0.035	1	0.2
Trvalá <sup>3)</sup>	3D matrace	3D matrace	Plastová vlákna	M3DT	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	3D matrace vyplněná drobným štěrkem spojeným asfaltem	3D matrace	PA	MPaT	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	geomříž plochá	sít	PET	MPeT	0.035	0	0

Trvalá <sup>3)</sup>	3D matrace	3D matrace	PA	M3DT	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	trvalá výztuž drnu	síť	Plastová vlákna	DrnT	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	PP geobuňka v PP sendviči	sendvič	PP	SenT	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	3D matrace spojená s výztužným prvkem	3D matrace	PA	3DST	0.035	0	0
Trvalá <sup>3)</sup>	geomříž s prostorově uspořádanými příčnými vlákny (vlnami)	síť	PET	GeoT	0.035	0	0

Vysvětlivky:

<sup>1)</sup> Převzato z metodiky (Kavka a kol., 2020); použité termíny neodpovídají třídění geosyntetik podle ČSN EN ISO 10318-1 + A1

<sup>2)</sup> životnost pod 36 měsíců, po uplynutí životnosti protierozní funkci přebírá zeleň

<sup>3)</sup> životnost materiálu po dobu životnosti stavby, případná zeleň má pouze estetickou funkci

## Příloha 3 Řešený příklad výpočtu odtoku ze zemních svahů pozemních komunikací

Vzorová úloha č. 3a: Zjednodušené určení erozního ohrožení z 15minutového deště na přímém svahu.

*Jedná se o zjednodušený výpočet, kdy se předpokládá, že maximální intenzita deště přichází do plně nasyceného profilu s již vyčerpanou povrchovou retencí potenciálním zadržením vody ve zvoleném opatření. Což odpovídá situaci, kdy je hodnocena maximální intenzita celé srážky. Infiltrace do půdního profilu je dána pouze nasycenou hydraulickou vodivostí. Výpočet nepředpokládá sycení pouze humózní vrstvy, ale propustné podloží se stejnou nebo vyšší hydraulickou vodivostí.*

### Popis lokality:

Popice u Hustopečí

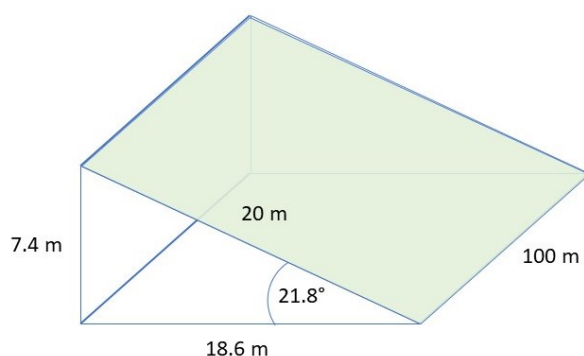
Povodí IV řádu č. 4-17-01-0020

Délka svahu 20 m

Průmět 18.6 m

Sklon 1:2.5 (= 21.8°)

Šířka svahu 100 m



Obrázek 24: Schéma řešené plochy

### Půda:

Jílovitohlinitá (klasifikace podle Nováka)

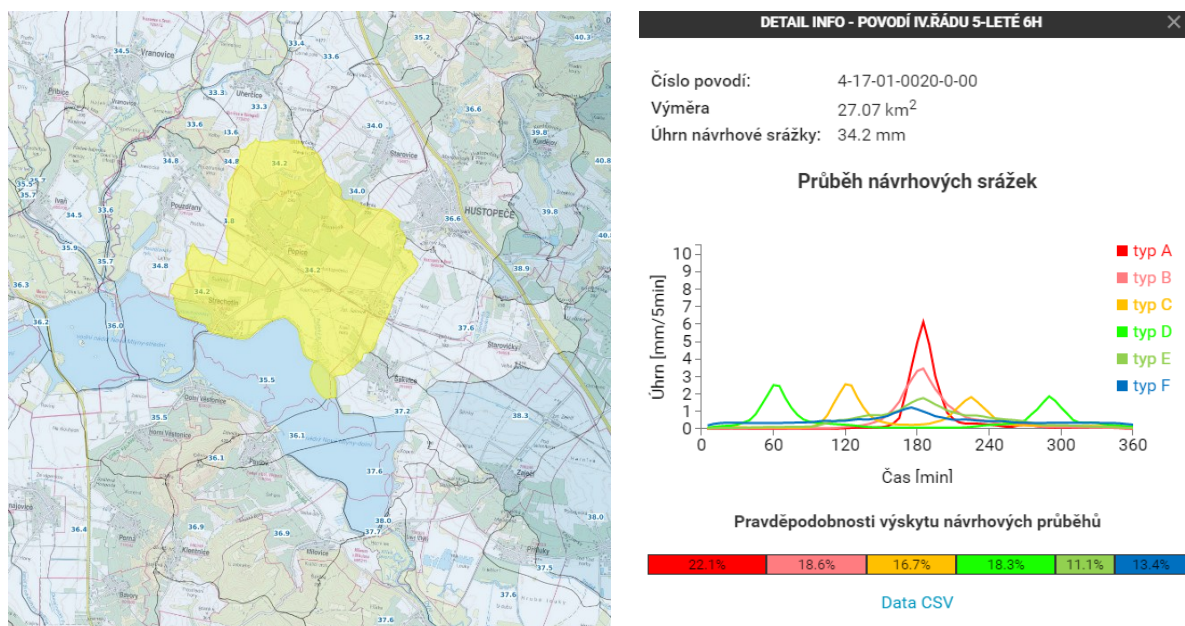
$$K_s = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

$$\tau_{crit} = 11.5 \text{ Pa}$$

$$v_{crit} = 0.264 \text{ m/s}$$

## Srážková data:

Úhrn 6 h srážky doba opakování 5 let – 34.2 mm, zdroj: <https://rain.fsv.cvut.cz/>



Obrázek 25: Výběr návrhové srážky – povodí číslo: 4-17-01-0020-0-00 (zdroj <https://rain.fsv.cvut.cz/>)

Za převažující je možné považovat koncentrované srážky. Tvary A (22.1 %) a B (18.6 %). Úhrn 15timinutového deště z úhrnu šestihodinové srážky typu A tvoří 49 % z celkového úhrnu -> což odpovídá úhrnu 16.69 mm/15 min.

## Výpočet charakteristik odtoku

Výpočet průběhu odtoku tabelárně po časových krocích 1 s (vlastní tabelární výpočet je součástí příloh). Ve výpočtu je bilancována výška hladiny jako rozdíl srážky a infiltrace se započtením výšky hladiny z předchozího časového kroku. Výpočet předpokládá, že k povrchovému odtoku nedojde dříve než během simulované části srážky, která neodteče v předchozím časovém kroku. Výpočet probíhá pro běžný metr ( $Q'$ ), pro celou šířku řešeného svahu je vypočtený průtok a objem odtoku je přenásoben náhradní šířkou svahu. Stabilita z hlediska tečného napětí a rychlostí není šířkou svahu ovlivněna.

$$Q' = \frac{1}{n} \cdot h^{3/2} \cdot i^{1/2}$$

$Q'$  průtok [m<sup>3</sup>/s/m']  
 $h$  výška hladiny [m]  
 $i$  sklon svahu [m/m]  
 $n$  drsnostní součinitel podle Maninnga

Tečné napětí je v případě plošného odtoku vypočteno podle rovnice:

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot h \cdot i$$

$\tau_0$  tečné napětí [Pa]  
 $\rho$  hustota látky (pro vodu 1000 kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  tíhové zrychlení (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 $h$  výška hladiny [m]  
 $i$  sklon [m/m]

Rychlost proudění ze vztahu pro plošný odtok:

$$v = \frac{Q}{h}$$

$v$  rychlost proudění [m/s]  
 $Q$  průtok [m³/s]  
 $h$  výška hladiny [m]

	maximální průtok	maximální výška hladiny	celkový odtok	maximální napětí	maximální rychlost
min	m³/s	mm	m³	Pa	m/s
15	0,0087	2,87	7,33	0,073	0,305

$v_{crit} = 0.26 < 0.305 = v \Rightarrow$  **nevyhovuje z hlediska rychlosti**

$\tau_{crit} = 11.5 \text{ Pa} > 0.073 \tau_0 \Rightarrow$  **vyhovuje z hlediska tečného napětí**

### Návrh opatření

**Využit ochranného opatření z přírodních vláken  $v_{crit} = 1.15 \text{ m/s} > v = 0.305 \text{ m/s}$ .**

Vzorová úloha č. 3b: Určení erozního ohrožení a návrh opatření na vzorovém náspu

*Jedná se o modelový příklad výpočtu náspu dle VZOROVÉHO LISTU STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ – VL 2 - SILNIČNÍ TĚLESO. Jedná se o výpočet se svahem se třemi různými sklony. Jako návrhová srážka byla zvolena šestihodinová srážka podle lokality s dobou opakování 5 let z portálu (<https://rain.fsv.cvut.cz/>). Byl vybrán převažující tvar návrhové srážky, ve kterém se předpokládá, že většina srážky spadne během doby kratší než dvě hodiny. Scénář předpokládá stav nasycení odpovídající polní kapacitě. Tento stav odpovídá situaci konvektivní (přívalové srážky) do běžně nasyceného půdního profilu. Pro výpočet byla využita profilová verze modelu SMODERP. Příklad odpovídá využití software „SMODERP Line“ – <https://smoderp.fsv.cvut.cz/>.*

### Popis lokality:

KÚ Krtěnov u Olešnice

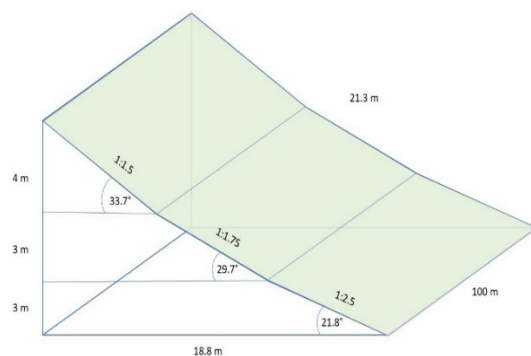
Povodí IV řádu č. 4-15-01-0520-0-00

Délka svahu 21.3 m

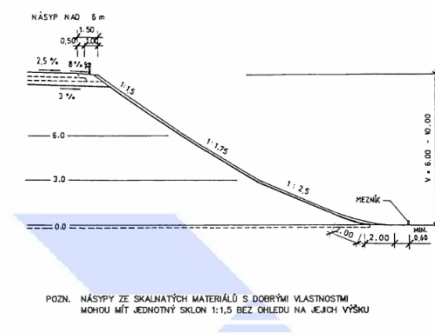
Průmět 18.8 m

Sklon 1:2.5 (= 21.8°), 1:1.75 (= 29.7°), 1:1.5 (= 33.7°)

Šířka svahu 100 m



a.) 3D – vizualizace



b.) vzorový řez zdroj (pjpk.cz - VL – 2, 1995)

Obrázek 26: Schéma řešené plochy

### Půda:

Jílovitohlinitá (klasifikace podle Nováka)

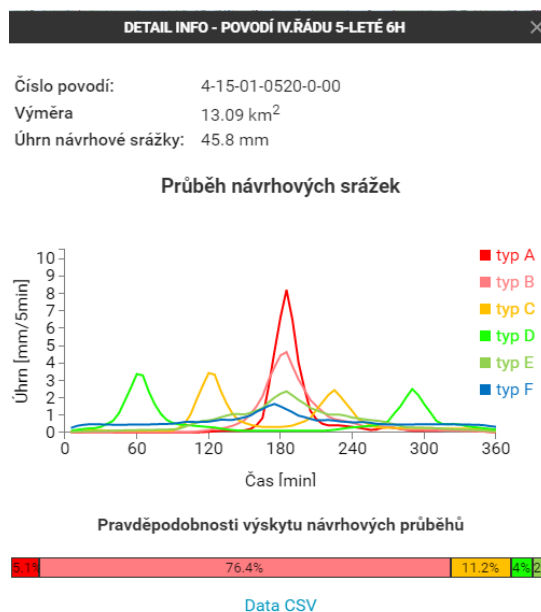
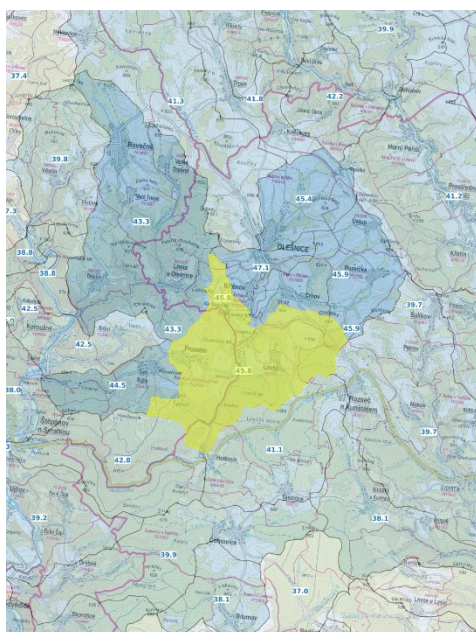
$$K_s = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

$$\tau_{\text{crit}} = 11.5 \text{ Pa}$$

$$v_{\text{crit}} = 0.264 \text{ m/s}$$

### Srážková data:

Úhrn srážky šestihodinové srážky 45.8 mm/6 hod. Pro řešení byl zvolen převažující tvar srážky B



Obrázek 27: Výběr návrhové srážky – povodí číslo: 4-15-01-0520-0-00 (zdroj <https://rain.fsv.cvut.cz/>)



Řešený svah je uvažován jako přímý. Výpočet je řešen v jednom příčném řezu. Do modelu jsou vloženy tři úseky s odpovídajícím průmětem a převýšením. Svah byl rozdělen do metrových úseků. Pro stav holé půdy je povrch uvažován s povrchovou retencí 0,5 mm a drsnostním součinitelem  $N = 0,025$ .

č. úseku	vodorovná délka	převýšení	sklon	opatření	půda
1	6	4	1:1.5	-	jílovitohlinitá
2	5.25	3	1:1.75	-	jílovitohlinitá
3	7.5	3	1:2.5	-	jílovitohlinitá

Kombinaci jílovitohlinité půdy a povrchu bez opatření odpovídají tyto průměrné charakteristiky:

$K_s$	$S$	$N$	$\tau_{crit}$	$v_{crit}$	povrchová retence
0.000003666	0.000077459	0.035	11.5	0.264	0.5

Samotný výpočet probíhá v prostředí SMODERP. Výsledkem řešení je jak určení ohroženosti v profilu svahu na základě porovnání vypočteného maximálního tečného napětí a maximální rychlosti, tak průběh odtoku v závěrovém profilu (viz obrázek 29).

Z výsledků vyplývá, že je nutné svah proti vodní erozi chránit téměř v celé délce řešeného svahu.



**Obrázek 28: Grafický výstup výpočtu maximální rychlosti. Ohrožená část vyznačena červeně.**

Na všechny tři úseky budou použity pro ochranu povrchu sítě z přírodních vláken s minimální gramáží 300 g/m<sup>2</sup>, maximální přípustná rychlost 1,15 m/s (viz Příloha 1).

Navržené opatření

č. úseku	vodorovná délka	převýšení	sklon	opatření	půda
1	6	4	1:1.5	Přírodní vlákno min 300 g/m <sup>2</sup>	jílovitohlinitá
2	5.25	3	1:1.75		jílovitohlinitá
3	7.5	3	1:2.5		jílovitohlinitá

## Příloha 4 Číslo odtokové křivky CN

**Tabulka 2: Střední hodnoty CN pro běžné kategorie využití území – podle SCS-CN – upraveno**

Doporučení: Pro konkrétní případy, především z hlediska konkrétních hydrologických podmínek, je doporučeno využití detailnějších hodnot:

Popis využití povrchu (land use)	Číslo CN dle hydrologické skupiny půd			
	A	B	C	D
Úhor černý	76	85	90	92
Širokořádkové plodiny – střední hodnota	66	76	82	85
Úzkořádkové plodiny – střední hodnota	61	73	81	84
Víceleté píce – střední hodnota	60	72	81	84
Pastviny – střední hodnota	52	70	80	84
Louky chráněné před pastvou – střední hodnota	30	58	71	78
Křoviny s travním podrostem – střední hodnota	38	57	71	78
Sad extenzivní, 50 % stromy a 50 % travní porost – střední hodnota	44	65	77	82
Les řídký, háj – střední hodnota	42	61	72	78
Sídelní zeleň – střední hodnota	52	70	80	84
Obytná zástavba – cca 65 % nepropustných ploch – střední hodnota	60	74	83	87
Vodní plochy	99	99	99	99

**Tabulka 3: Hydrologické skupiny půd**

Hydrologická skupina	Charakteristika hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,20$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,10 - 0,20$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,05 - 0,10$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,05$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

## Příloha 5 Řešený příklad výpočtu „vnějších, cizích“ vod

**Posouzení odváděcího příkopu** – převzato z Kavka a kol. (2023)

Uvedený příklad v sobě zahrnuje přístup zahrnutí průběhů hyetogramů návrhových srážek a výskytu abnormálního nasycení –  $q_{API}$  (viz čl. 3.4.4.), detailněji popisuje Kavka (2023). Postup je demonstrován na modelové situaci posouzení kapacity odváděcího příkopu (obec Dolany – Červené Pečky), který má za účel odvedení nadbytečných vod.



**Obrázek 29: Uvažovaný odváděcí příkop nad zástavbou Dolan (červeně - čárkovaně) s vyznačenou sběrnou plochou (oranžová)**

Parametry příkopu jsou

- délka 670 m
- sklon 0,8 ‰
- lichoběžníkového tvaru
- sklon břehů 1:1,5; šířka ve dně 0,6 m; hloubka 0,8 m
- předpokládá se zatravněné koryto – součinitel drsnosti 0,035

Koryto s těmito parametry podle vzorce (5) zajistí bezpečné převedení  $2,01 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pro posouzení bylo využito prostředí HEC-HMS s využitím výpočtu počáteční ztráty pomocí CN a transformace pomocí SCS-CN hydrogramu. Popis odvození parametrů hydrogramu je nad rámec této metodiky a nejlépe je popsán v manuálu modelu Atlas HYDROLOGIE (Jáchymová, 2019).

Pro posouzení kapacity příkopu byla zvolena návrhová srážka P100 s hodnotu 60,9 mm. V následující tabulce je uvedeno procentuální zastoupení šesti typů hyetogramů A-F a pravděpodobnost abnormálního nasycení ( $q_{API}$ ).

**Tabulka 4: Návrhové srážky, zastoupení typů hyetogramů A-F, stupně nasycení odvozené podle podkladů qAPI a odvozené hodnoty kulminací Qk**

P srážky a tvar.	P (mm)	zast. P (%)	CN2	CN3	zast. CN2 (%)	zast. CN3 (%)
P100_A	60,9	1,2	84,3	92,5	100	0
P100_B	60,9	40,8	84,3	92,5	100	0
P100_C	60,9	16,6	84,3	92,5	100	0
P100_D	60,9	33,1	84,3	92,5	100	0
P100_E	60,9	2,4	84,3	92,5	75	25
P100_F	60,9	5,8	84,3	92,5	50	50

Pro jednotlivé tvary hyetogramu a stupeň nasycení jsou pak spočteny hydrologické odezvy a z nich odvozený kulminační průtok ( $Q_{k\_CN2}$  a  $Q_{k\_CN3}$ ). Podle jejich zastoupení je pak spočten váženým průměrem. Přispívající část kulminace je pak spočtena podle vztahu:

$$Q_{k\_vaz\_CNX} = Q_{k\_CNX} * \text{zast. CNX} / 100 * \text{zast. P} / 100.$$

Tyto dílčí výsledky jsou rozepsány v následující tabulce. Kulminační průtok je pak součtem přispívajících dílčích průtoků.

Výsledná hodnota kulminace  $Q_{k\_vysl}$  se potom rovná součtu všech hodnot  $Q_{k\_vaz\_CNX}$ , tj.  $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$ . V porovnání s kapacitou příkopu vyplývá, že by měla tato část příkopu bez problémů převést stoletou povodňovou vlnu – viz tabulka 5:

**Tabulka 5: Výsledné hodnoty pro odváděcí příkop**

P srážky a tvar.	P (mm)	zast. P (%)	zast. CN2 (%)	zast. CN3 (%)	$Q_{k\_CN2}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{k\_CN3}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{k\_vaz\_CN2}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{k\_vaz\_CN3}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
P100_A	60,9	1,2	100	0	0,71	1,20	0,009	0,000
P100_B	60,9	40,8	100	0	0,62	1,04	0,253	0,000
P100_C	60,9	16,6	100	0	0,54	0,82	0,090	0,000
P100_D	60,9	33,1	100	0	0,51	0,70	0,167	0,000
P100_E	60,9	2,4	75	25	0,52	0,81	0,009	0,005
P100_F	60,9	5,8	50	50	0,38	0,61	0,011	0,018
$Q_{k\_vysl}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) – výsledná kulminace – vážená podle zast. P a pravděpodobnosti abnormálního nasycení								<b>0,56</b>

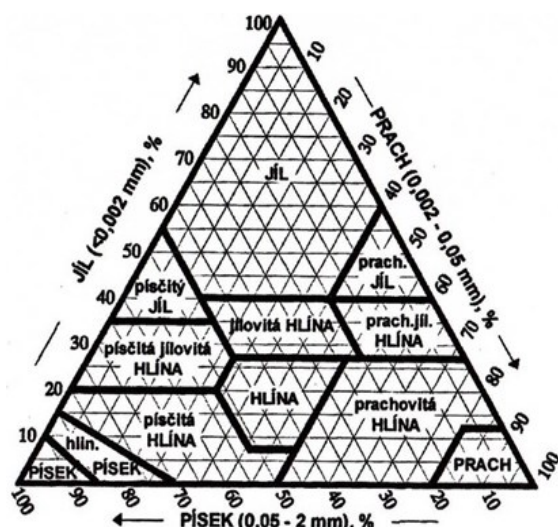
## Příloha 6 Hodnoty pro půdy podle české klasifikace a USDA klasifikace

**Tabulka 6: Přibližné hodnoty makroskopických fyzikálních charakteristik pro jednotlivé půdní druhy (Kavka a kol., 2020)**

Půdní druh (Novák)	Půdní druh (USDA)	Reziduální objemová vlhkost (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Nasycená objemová vlhkost (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Vodní kapacita (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Polní kapacita (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Volná kapacita (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Nasycená hydraulická vodivost (cm/d)
Jílovitá / Jíl	Jíl	0,098	0,459	0,361	0,347	0,112	14,8
	Písčitý jíl	0,079	0,442	0,363	0,27	0,172	8,2
Hlinitá	Hlína	0,061	0,399	0,338	0,165	0,234	12,1
Písčitá	Hlinitý písek	0,049	0,39	0,341	0,06	0,33	105,2
	Písek	0,053	0,375	0,322	0,046	0,329	642,7
Jílovitohlinitá	Hlinitý jíl	0,117	0,385	0,268	0,267	0,118	11,4
Písčitohlinitá	Písčitá jíl. hlína	0,063	0,384	0,321	0,169	0,215	13,2
Hlinitopísčitá	Písčitá hlína	0,039	0,387	0,348	0,085	0,302	38,3
	Prach	0,05	0,489	0,439	0,258	0,231	43,8
	Prach. jíl	0,111	0,481	0,37	0,337	0,144	9,6
	Prach. jíl. hlína	0,09	0,482	0,392	0,338	0,144	11,1
	Prach. hlína	0,065	0,439	0,374	0,24	0,199	18,2

**Tabulka 7: Klasifikace půdních druhů, tzv. Novákova klasifikace podle obsahu jílnatých částic (pod 0,01 mm) (Kutílek, 1966)**

Klasifikace půdních druhů podle Nováka dle podílu částic menších než 0,01 mm (%)		
0	10	Písčité
10	20	Hlinitopísčité
20	30	Písčitohlinité
30	45	Hlinité
45	60	Jílovitohlinité
60	75	Jílovité
Nad 75		Jíl



**Obrázek 30: Klasifikace půd podle zrnitosti (USDA, 2009)**

## Příloha 7 Doporučené travní a travinobylinné směsi

### Travní společenstva na svazích

#### a) Krajinná travní směs pro svahy podél komunikací a břehy strží – složení:

Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) 15 %, jílek jednoletý (*Lolium multiflorum*) 5 %, kostřava červená dlouze výběžkatá (*Festuca rubra rubra*) 25 %, kostřava červená krátce výběžkatá (*Festuca rubra trichophylla*) 15 %, kostřava červená trsnatá (*Festuca rubra commutata*) 20 %, kostřava drsnolistá (*Festuca trachyphylla*) 13 %, lipnice luční (*Poa pratensis*) 5 %, psineček obecný (*Agrostis capillaris*) 2 %.  
**Doporučený výsevek na svazích: 25-30 g/m<sup>2</sup>.**

#### b) Oligotrofní travní směs pro stanoviště ve vyšších polohách a v chráněných krajinných oblastech – složení:

Psineček obecný (*Agrostis capillaris*) 5 %, Kostřava červená krátce výběžkatá (*Festuca rubra trichophylla*) 29 %, Kostřava červená dlouze výběžkatá (*Festuca rubra rubra*) 35 %, Kostřava luční (*Festuca pratensis*) 22 %, Tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*) 1 %, Trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*) 8 %.

**Doporučený výsevek na svazích: 25-30 g/m<sup>2</sup>.**

### Travinobylinná společenstva na svazích

#### a) Travinobylinná směs pro suché podmínky s bylinami – 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 syříškový (*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/m<sup>2</sup>.**

#### b) Travinobylinná směs pro vlhké 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 %, Chrpa luční (*Centaurea jacea*) 0,3 %, Mrkev obecná (*Daucus carota*) 0,2 %, Svízel bílý (*Galium album*) 0,3 %, Kuklík městský (*Geum urbanum*) 0,5 %, Chrástavec 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 %, Černoohlávek obecný (*Prunella vulgaris*) 0,6 %, Pryskýrník 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/m<sup>2</sup>.**

**c) Jetelotravní komunikační směs – složení:**

**Trávy 90 %:** Kostřava červená pravá (*Festuca rubra rubra*) 18 %, Kostřava červená (*Festuca rubra trichophylla*) 7 %, Kostřava červená trsnatá (*Festuca rubra commutata*) 5 %, Kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*) 10 %, Kostřava drsnolistá (*Festuca trachyphylla*) 15 %, Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) 25 %, Lipnice luční (*Poa pratensis*) 10 %.

**Byliny 0,5 %:** Řebříček obecný (*Achillea millefolium*) 0,5 %.

**Jeteloviny 9,5 %:** Úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria*) 0,8 %, Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) 1,7 %, Tolice dětelová (*Medicago lupulina*) 0,5 %, Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*) 3,5 %, Jetel nachový (*Trifolium incarnatum*) 2,5 %, Jetel plazivý (*Trifolium repens*) 0,5 %.

**Doporučený výsevek na svazích: 12-15 g/m<sup>2</sup>.**

**d) Druhově obohacená jetelotravní směs pro stanoviště ne mírných svazích a v chráněných krajinných oblastech – složení:**

**Trávy 95 % obsahu v travní směsi:** Psárka luční (*Alopecurus pratensis*) 12 %, Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) 1 %, Pohánka hřebenitá (*Cynosurus cristatus*) 6 %, Srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) 4 %, Kostřava červená (*Festuca rubra trichophylla*) 20 %, Kostřava červená (*Festuca rubra commutata*) 6 %, Kostřava luční (*Festuca pratensis*) 14 %, Bojínek luční (*Phleum pratense*) 10 %, Lipnice luční (*Poa pratensis*) 19 %, Trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*) 3 %.

**Jeteloviny 5 % obsahu v travní směsi:** Úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria*) 0,5 %, Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) 0,5 %, Tolice dětelová (*Medicago lupulina*) 1 %, Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*) 1 %, Jetel luční (*Trifolium pratense*) 1,2 %, Jetel plazivý (*Trifolium repens*) 0,8 %.

**Doporučený výsevek na svazích: 8-12 g/m<sup>2</sup>.**

**Travinobylinná společenstva na skalnatých zářezích**

**a) 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 deltoides*) 0,6 %, Máchelka podzimní (*Leontodon autumnalis*) 0,2 %, Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*) 0,4 %, Smolníčka 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/m<sup>2</sup>.**



## Příloha 8 Doporučené dávkování fixačních a mulčovacích materiálů do směsi pro hydrooasev

Číslo	Název materiálu	Sklon svahu – dávka materiálu v kg/ha					
		do 1:4	1:4 až 1:3	1:3 až 1:2	1:2 až 1:1	od 1:1	výplň GSV
		do 14,0°	14,0° až 18,4°	18,4° až 26,6°	26,6° až 45,0°	45,0° a vyšší	
		do 25,0 %	25,0 % až 33,3 %	33,3 % až 50,0 %	50,0 % až 100,0 %	100,0 % a vyšší	
		1	Flexibilní růstové medium FGM z dřevitých vláken s polyvlákny a s fixačními složkami	nepoužívá se	3400	3900	
2	Protierozní materiál z propojených dřevitých vláken s fixačními složkami	nepoužívá se	3400	3900	4500	nelze	3900
3	Dřevitý mulčovací materiál s protierozním fixátorem a s polyvlákny	2240	2800	3400	nelze	nelze	nepoužívá se
4	Papírovo-dřevitý mulčovací materiál s fixátorem a s polyvlákny	2240	2800	3400	nelze	nelze	nepoužívá se
5	Papírovo-slámový mulčovací materiál s fixátorem a s polyvlákny	1800	2000	2500	nelze	nelze	nepoužívá se
6	Papírový mulčovací materiál s fixátorem a s polyvlákny	1300	1500	1900	nelze	nelze	nepoužívá se

## **Příloha 9 Seznam dřevin doporučených k výsadbě podél silničních komunikací – ukázka**

Převzato z SPPK A02 010 Péče o dřeviny kolem veřejné dopravní infrastruktury (Standardy AOPK, 2017).

© 2017 Lesnická dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně

© 2017 Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

## Seznam dřevin doporučených k výsadbě podél pro silničních komunikací

Dřeviny	Vhodné pro umístění na:							
	D+směrově dělené silnice I. třídy	Silnice I. + II. třídy	Silnice III. třídy + místní komunikace	Průjezdni úseky obcí	Odpočívky s ČSPHM + vlak. nádraží	Původní dřeviny a jejich kultivary (P)/Nepůvodní dřeviny (N)	Velikost (m) výška/šířka	Poznámka
<b>Listnaté stromy</b>								
<i>Acer campestre</i>	+++	+++	+++	++	++	P	6-12/6-8	
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk' 'Elegant'	++	+++	+++	+++	+++	P	6-10/4-6	
<i>Acer platanoides</i>	+++	++	++	++	++	P	18-25/15-20	
<i>Acer platanoides</i> 'Globosum'	-	-	-	++	++	P	5-6/5-6	
<i>Acer platanoides</i> 'Royal Red'	+	-	-	++	++	P	8-12/8-10	
<i>Acer platanoides</i> Schwedleri', 'Deborach'	+	+	+	++	++	P	8-12/8-10	
<i>Acer platanoides</i> 'Cleveland'	++	+++	+++	+++	+++	P	8-12/do 6	
<i>Acer platanoides</i> 'Drumondii'	-	-	-	++	++	P	10-12/7-9	
<i>Acer platanoides</i> 'Emerald Queen'	++	++	+++	+++	+++	P	12-15/6-8	
<i>Acer platanoides</i> 'Farlake's Green'	++	++	+++	+++	+++	P	12-15/6-10	
<i>Acer platanoides</i> 'Columnare'	-	+	+	++	++	P	8-10/6-8	
<i>Acer platanoides</i> 'Olmsted'	-	+	+		++	P	10-12/4-5	
<i>Acer pseudoplatonus</i>	+++	+++	+++	+++	+++	P	20-25/12-18	

<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Atropurpureum'	+	+	++	++	++	P	2.0-25/12-18	
<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Erectum', 'Negenia'	++	++	+++	+++	+++	P	15-20/8-10	
<i>Acer rubra</i>	-	-	+	++	++	N	10-15/7-10	alergen
<i>Aesculus carnea</i> 'Briotii'	+	-	+	++	++	N	10-15/8-12	citlivý na zasolení, odolává klíněnce jírovcové
<i>Aesculus hippocastanum</i>	-	+	+	+	+	N	20-30/15-20	klíněnka jírovcová, velké množství plodů
<i>Aesculus hippocastanum</i> 'Baumannii'	+	+	+	++	++	N	20-25/12-15	téměř netvoří plody, klíněnka jírovcová
<i>Alnus glutinosa</i>	++	+	+	+	+	P	10-15/do 10	citlivá na zasolení, vlhká stanoviště
<i>Alnus glutinosa</i> 'Laciniata'	-	-	-	+	+	P	10-12/7-9	citlivá na zasolení
<i>Alnus incana</i>	+	+	+	+	+	P	10-20/8-12	citlivá na zasolení, silný alergen
<i>Amelanchier lamarckii</i>	++	++	++	+++	+++	N	4-5/4-6	snáší zasolení
<i>Betula pendula</i>	+++	+++	+++	++	++	P	16-22/7-9	krátkověká
<i>Betula pendula</i> 'Fastigiata'	+	+	++	++	++	P	10-15/5-7	krátkověká
<i>Carpinus betulus</i>	++	++	++	++	++	P	12-15/15-20	citlivý na zasolení
<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'	-	-	+	++	++	P	9-12/5-7	citlivý na zasolení
<i>Catalpa bignonioides</i>	-	-	-	++	++	N	9-14/10-12	citlivá na zasolení
<i>Corylus colurna</i>	-	-	+	++	++	N	15-20	hůře snáší přísušky, tvoří větší množství plodů
<i>Crataegus laevigata</i>	++	++	++	++	++	P	5-7/do 6	citlivý na zasolení
<i>Crataegus laevigata</i> 'Paul's Scarlet'	-	-	++	+++	+++	P	5-7/4-6	citlivý na zasolení
<i>Crataegus monogyna</i>	++	++	++	++	++	P	5-7/do 6	citlivý na zasolení
<i>Crataegus monogyna</i> 'Stricta'	-	-	-	++	++	P	4-5/do 2	citlivý na zasolení

<i>Crataegus x prunifolia</i> 'Splendens'	+	+	++	++	++	N	5-7/4-5	citlivý na zasolení
<i>Fagus sylvatica</i>	+	+	+	++	++	P	2540/20-30	citlivý na zasolení a suché půdy
<i>Fagus sylvatica</i> f. <i>purpurea</i>	+	+	-	++	++	P	25-30/25-30	červenolistý semenáč – zbarvení variabilní, omezené lokální použití
<i>Fagus sylvatica</i> 'Dawyck'	-	-	+	++	++	P	15-20/3-4	citlivý na zasolení
<i>Fagus sylvatica</i> 'Riversii'	-	-	-	++	++	P	15-20/10-15	citlivý na zasolení
<i>Fraxinus excelsior</i>	+++	+++	+++	++	++	P	25-30/15-30	onemocnění nekróza jasanu
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Atlas'	+++	+++	+++	++	++	P	15-20/do 12	onemocnění nekróza jasanu
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Globosum'	-	-	-	++	++	P	4-6	onemocnění nekróza jasanu, kulovitý
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	-	-	-	++	++	N	15-20/7-10	snáší zasolení a přísušek
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Sunburst'	-	-	-	++	++	N	8-12/6-10	snáší zasolení a přísušek
<i>Koelreuteria paniculata</i>	-	-	-	++	++	N	5-8	citlivá na zasolení, snáší přísušky a městské prostředí
<i>Malus sylvestris</i>	++	+	++	++	++	P	do 10	celkově nenáročná, lépe roste v živnějších půdách
<i>Malus baccata</i> 'Street Parade'	++	+	++	+++	+++	N	5-8/4-5	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Malus</i> 'Evereste'	++	+	++	+++	+++	N	6-8/do 6	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Malus</i> 'Professor Sprenger'	++	+	++	+++	+++	N	5-8/4-6	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Malus</i> 'Red Sentinel'	++	+	++	+++	+++	N	5-7/3-4	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Malus</i> 'Rudolph'	++	+	++	+++	+++	N	6-8/5-7	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Malus</i> 'Wintergold'	++	+	++	+++	+++	N	5-7/4-6	citlivá na zasolení, okrasné květy a plody
<i>Platanus x acerifolia</i>	+	-	-	+++	+++	N	20-30/20	snáší zasolení a městské prostředí
<i>Platanus x acerifolia</i> 'Alphen's Globe'	-	-	-	+++	+++	N	8-10/10	snáší zasolení a městské prostředí

<i>Platanus x acerifolia</i> 'Huissen'	-	-	-	+++	+++	N	20-25/do 15	snáší zasolení a městské prostředí
<i>Platanus x acerifolia</i> 'Pyramidalis'	-	-	-	+++	+++	N	15-20/10-12	snáší zasolení a městské prostředí
<i>Platanus x acerifolia</i> 'Tremonia'	-	-	-	+++	+++	N	15-20/7-10	snáší zasolení a městské prostředí
<i>Platanus occidentalis</i> 'Obelisk'	-	-	-	+++	+++	N	20-30/6-10	snáší zasolení a městské prostředí
<i>Populus alba</i>	-	+	+	+	+	P	20-30/do 25	celkově velmi odolná, dobře snáší zasolení
<i>Populus tremula</i>	-	+	+	+	+	P	15-25/7-12	celkově velmi odolná, dobře snáší zasolení
<i>Prunus avium</i> + 'Plena'	++	++	++	++	++	P	10-20/10-15	citlivá na zasolení
<i>Prunus x hillieri</i> 'Spire'	-	-	+	++	++	N	5-8/2-3	citlivá na zasolení
<i>Prunus padus</i>	++	++	++	++	++	P	10-15/6-10	citlivá na zasolení, vlhčí humóznější stanoviště
<i>Prunus padus</i> 'Nana'	-	-	-	++	++	P	3-4	citlivá na zasolení
<i>Prunus padus</i> 'Watereri'	+	+	++	+++	+++	P	6-12/6-10	citlivá na zasolení, delší výraznější květy + vonné
<i>Prunus sargentii</i> 'Rancho'	-	-	-	++	++	N	6-9/do 3	citlivá na zasolení
<i>Prunus x schmittii</i>	-	-	-	++	++	N	5-8/2-3	citlivá na zasolení
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	-	-	-	++	++	N	7-10/5-8	citlivá na zasolení prověřený
<i>Prunus serrulata</i> 'Royal Burgundy'	-	-	-	++	++	N	6-8/4-6	citlivá na zasolení
<i>Prunus serrulata</i> 'Sunset Boulevard'	-	-	-	++	++	N	6-8/4-6	citlivá na zasolení
<i>Pyrus calleryana</i> 'Chanticleer'	-	-	-	++	++	N	7-9/do 5	citlivá na zasolení
<i>Pyrus communis</i>	++	++	++	+	+	P	7-10/5-7	citlivá na zasolení, plody 10 cm

<i>Pyres communis</i> 'Beech Hill'	++	++	++	++	++	P	7-9/5-7	citlivá na zasolení, snáší přísušky a městské prostředí
<i>Quercus cerris</i>	+	-	-	-	-	P (Morava)	20-30/10-20	tolerantní k zasolení, teplejší polohy ČR
<i>Quercus petraea</i>	++	++	++	+	+	P	20-30/15-20	tolerantní k zasolení
<i>Quercus robur</i>	++	++	++	+	+	P	20-40/15-30	tolerantní k zasolení, náchylný k padlí
<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata Koster'	-	-	-	+	++	P	10-15/3-5	tolerantní k zasolení, náchylný k padlí
<i>Sophora japonica</i>	-	-	-	+	+	N	15-25/12-20	teplé oblasti, tolerantní k zasolení
<i>Sorbopyrus auricularis</i>	++	++	++	+	+	N	10-20/6-10	plody 2,5-3 cm
<i>Sorbus aria</i> 'Magnifica'	++	++	++	+++	+++	P	8-10/4-6	pomaleji rostoucí v nevhodných podmínkách
<i>Sorbus aucuparia</i>	++	++	++	+++	+++	P	8-12/4—7	pomaleji rostoucí v nevhodných podmínkách, vhodnější převážně do vyšších a vlhčích oblastí
<i>Sorbus aucuparia</i> 'Edulis'	++	++	++	+++	+++	P	10-15/do 6	pomaleji rostoucí v nevhodných podmínkách, vhodnější převážně do vyšších a vlhčích oblastí
<i>Sorbus intermedia</i>	++	++	++	+++	+++	N	8-12/do 12	citlivý na zasolení
<i>Sorbus intermedia</i> 'Brouwers'	++	++	++	+++	+++	N	8-12/6-9	citlivý na zasolení
<i>Sorbus thuringiaca</i> 'Fastigiata'	-	-	+	+++	+++	N	5-7/do 3,5	citlivý na zasolení
<i>Sorbus torminalis</i>	+	+	+	+	+	P	10-20/7-12	teplejší a sušší polohy ČR
<i>Tilia cordata</i>	++	++	++	+++	+++	P	18-25/10-15	citlivá na zasolení, trpí přísušky
<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire'	++	++	++	+++	+++	P	15-18/10-12	citlivá na zasolení, trpí přísušky
<i>Tilia cordata</i> 'Rancho'	++	++	++	+++	+++	P	8-12/4-7	citlivá na zasolení, trpí přísušky
<i>Tilia cordata</i> 'Roelvo'	++	++	++	+++	+++	P	12-15/8-12	citlivá na zasolení, trpí přísušky
<i>Tilia x europea</i> 'Pallida'	++	++	++	+++	+++	P	20-30/12-20	citlivá na zasolení
<i>Tilio platyphyllos</i>	++	++	++	+++	+++	P	20-40/18-25	citlivá na zasolení
<i>Tilio platyphyllos</i> 'Fastigiata'	+	++	++	+++	+++	P	10-15/5-8	citlivá na zasolení

<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'	-	-	+	+++	+++	N	20-25/15-20	citlivá na zasolení
<i>Tilia tomentosa</i> 'Silver Globe'	-	-	+	+++	+++	N	4-6/4-6	citlivá na zasolení
<i>Ulmus</i> 'Clusius'	-	+	+	++	++	N	15-20/8-10	citlivý na zasolení, rezistentní ke grafioze jilmů
<i>Ulmus</i> 'Dodoens'	-	+	+	++	++	N	12-15/5-6	citlivý na zasolení, rezistentní ke grafioze jilmů
<i>Ulmus x Resista</i> 'New Horizont'	++	+	+	++	++	N	12-15/do 10	rezistentní ke grafioze jilmů
<i>Ulmus x Resista</i> 'Regal'	++	+	+	++	++	N	18-20/do 8	rezistentní ke grafioze jilmů
<i>Ulmus x Resista</i> 'Rebona'	++	++	++	+++	++	N	20-25/do 10	snáší zasolení, rezistentní ke grafioze jilmů
<b>Jehličnany</b>								
<i>Juniperus communis</i>	-	-	-	-	++	P	5-6/2-4	odpočívky, kruhové objezdy
<i>Juniperus communis</i> 'Compressa', 'Repanda'	-	-	-	-	++	P	0,3-0,8	odpočívky, kruhové objezdy
<i>Juniperus communis</i> 'Green Carpet'	-	-	-	-	++	P	0,3-0,5	odpočívky, kruhové objezdy
<i>Juniperus horizontalis</i> 'Glauc', 'Wiltonii'	-	-	-	-	++	N	0,3	odpočívky, kruhové objezdy
<i>Ginkgo biloba</i>	-	-	-	++	++	N	15-30/10-15	odolný k posypové soli, do ulic jen samčí rostliny
<i>Ginkgo biloba</i> 'Tremonia'	-	-	-	++	++	N	15-20/3-8	odolný k posypové soli, nevytváří semena
<i>Picea omorika</i>	+	-	-	++	++	N	15-25/2,54	štíhlý, citlivý na zasolení
<i>Picea pungens</i> - semenáč	+	-	-	+	+	N	15-20/6-8	lépe kotví než <i>P. abies</i>
<i>Pinus mugo</i> + 'Gnom'	+	-	-	-	++	P	2-3/2-3	keřové skupiny, ne poblíž komunikace
<i>Pinus nigra</i>	+	-	-	-	-	N	20-25/8-10	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, odolný vůči solným aerosolům



<i>Pinus sylvestris</i>	++	+	+	+	+	P	10-30/7-10	solný aerosol způsobuje popálení jehlic
<b>Velké keře (nad 3m) a keřové formy. V dospělosti tvoří pevnou překážku dle ČSN 73 6101</b>								
<i>Crataegus laevigata</i>	+	+	+	-	-	P	5-7	citlivý na zasolení
<i>Crataegus monogyna</i>	+	+	+	-	-	P	5-7	citlivý na zasolení
<i>Cornus mas</i>	++	++	++	++	++	P	4-5	vápenité půdy
<i>Corylus avellana</i>	+++	+++	+++	++	++	P	5-6	
<i>Hippophae rhamnoides</i>	+	+	-	-	-	N	3-6	trnité, snáší zasolení
<i>Lonicera xylosteum</i>	+++	+++	+++	++	++	P	3-4	
<i>Philadelphus coronarius</i>	++	++	++	+++	+++	N	3-4	bíle kvete
<i>Rhamnus catharticus</i>	+++	+++	++	+	+	P	4-6	
<i>Rhamnus frangula</i>	++	++	++	+	+	P	3-5	
<i>Sambucus nigra</i>	++	++	++	+	+	P	3-5	
<i>Sambucus racemosa</i>	++	++	++	+	+	P	3-5	
<i>Viburnum opulus</i>	++	++	++	+	+	P	3-5	mšice maková
<b>Keře (1-3m)</b>								
<i>Aronia melanocarpa</i>	+	+	+	++	++	N		
<i>Berberis thunbergii</i> cv.	+++	+++	+++	+++	+++	N	1-1,5	
<i>Berberis vulgaris</i>	++	++	++	++	++	P	1-1,5	mezihostitel rzi travní
<i>Buxus sempervirens</i>	-	-	-	-	+	N	2-3	stálezelený, citlivý na sůl
<i>Caragana arborescens</i>	++	++	++	++	++	N	2-3	
<i>Cornus alba</i> cv.	++	+	-	++	++	N	2-3	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, pěstebně vhodnější než <i>C.sang.</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	+++	+++	+++	++	++	P	2-3	
<i>Cornus stolonifera</i> cv.	++	+	-	++	++	N	2-3	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, snáší přísušky a zasolení, výhony


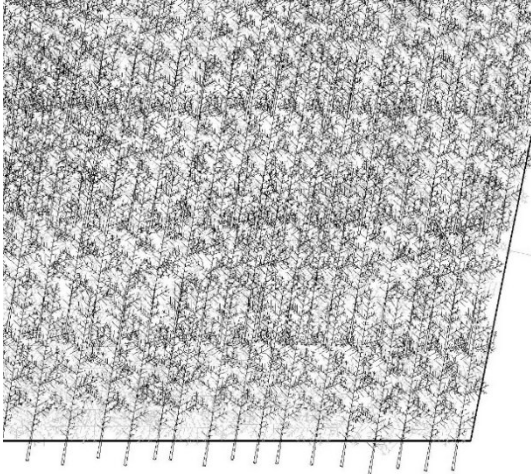
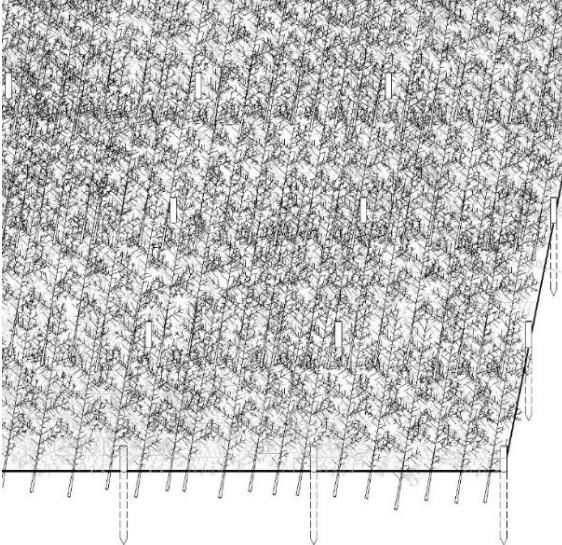
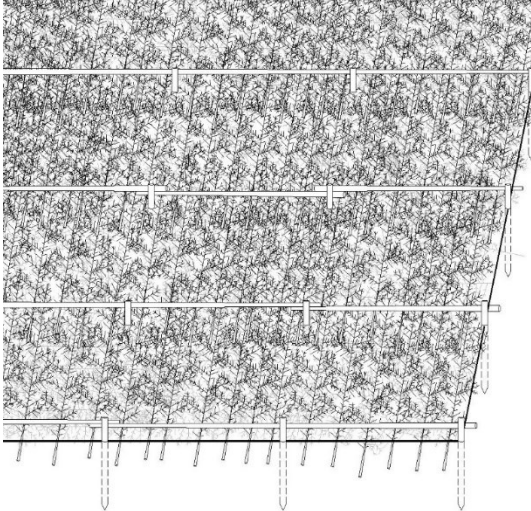
<i>Cotoneaster dielsianus</i>	++	++	++	++	++	N	2-3	opadavý
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	++	++	++	++	++	P	do 2	pro silně vysychavá stanoviště
<i>Euonymus europaeus</i>	++	++	++	+	+	P	2-3	masivně napadán předivkou zhoubnou
<i>Euonymus verrucosus</i>	++	++	++	+	+	P	2-3	pouze v teplejších oblastech na Moravě
<i>Forsythia intermedia</i> cv.	++	++	++	++	++	N	1,5-2,5	vhodnější je použití kultivarů
<i>Jasminum nudiflorum</i>	-	-	-	+	+	N	1-3	větve přepadavé, kvete v I-III.
<i>Ligustrum vulgare</i> cv.	+++	+++	+++	+++	+++	P	2-3	
<i>Philadelphus hybrida</i>	++	++	++	++	++	N	1-1,5	
<i>Philadelphus lemoinei</i>	++	++	++	++	++	N	do 2	
<i>Physocarpus opulifolius</i> cv,	++	+	-	++	++	N	2-3	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, odolný
<i>Prunus laurocerasus</i>	-	-	-	++	++	N	1-2	snáší zasolení, často namrzá
<i>Pyrocantha coccinea</i> cv.	-	-	-	++	++	N	2-2,5	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, stálezelená, okrasné plody
<i>Ribes sanguineum</i> cv.	++	++	++	++	++	N	1,5-2	
<i>Rosa glauca</i>	++	++	++	++	++	P	1,5-2,5	vyšší polohy
<i>Rosa rubiginosa</i>	++	++	++	++	++	P	do 2	vhodná na slunné svahy
<i>Salix purpurea</i>	++	++	++	+	+	P	do 3	vlhká až podmáčená místa
<i>Spiraea x bumalda</i> 'Anthony Waterer	+	-	-	++	++	N	0,5-1,5	odolný, nenáročný
<i>Spiraea cinerea</i> , nipponico	++	++	++	++	++	N	1-1,5	nízké nároky na péči
<i>Spiraea douglasii</i>	++	++	++	++	++	N	1-1,5	
<i>Spiraea vanhouttei</i>	++	++	++	++	++	N	2-2,5	
<i>Syringa vulgaris</i>	+	+	-	++	++	N	2-3	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, snáší zasolení
<i>Tamarix tetrandra</i>	+	-	-	+	+	N	2-3	i do SDP
<i>Viburnum lantana</i>	+++	+++	+++	+++	+++	P	2-3	snáší zasolení

<i>Weigela florida</i> cv.	++	+	+	+++	+++	N	2-3	odpočívky
<b>Keře (do 1m)</b>								
<i>Cotoneaster dammeri</i>	+	+	+	+++	+++	N	0,2-0,3	plazivý, stálezelený, svahy
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	+	+	+	++	++	N	0,7	stálezelený, svahy
<i>Cotoneaster salicifolius</i>	+	+	+	+++	+++	N	0,3-0,4	plazivý, stálezelený
<i>Cytisus nigricans</i>	+++	+		+	+	P	do 2	vhodný na chudé kamenité svahy
<i>Euonymus fortunei</i> cv. (vyjma žlutolistých odrůd)	+	+	+	+	+++	N	0,3-0,5	stálezelený, svahy
<i>Genista tinctoria</i>	++	+	+	+	+	P	do 1	chudé kamenité půdy
<i>Hydrangea arborescens</i>	-	-	-	-	++	N	do 1,5	lokální použití
<i>Hydrangea paniculata</i>	-	-	-	-	++	N	do 1,5	lokální použití
<i>Chaenomeles x suberba</i> (pouze nízké cv.)	+	-	-	++	+++	N	do 1	nenáročný, lokální použití
<i>Lonicera nitida</i>	-	-	-	+	++	N	0,7-1	občas namrzá
<i>Potentilla fruticosa</i> cv.	++	++	+	+++	+++	N	0,5-1	dlouhé kvetení, svahy
<i>Prunus fruticosa</i>	++	++	+	+	+	P	do 1,5	teplá vysychavá stanoviště
<i>Prunus tenella</i>	++	+	+	+	+	P	do 1	teplá vysychavá stanoviště
<i>Ribes alpinum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	P	1-1,2	
<i>Rosa pimpinelifolia</i>	++	+	+	+	+	P	do 1	vysychavé svahy
<i>Rosa rugosa</i>	+++	+++	+++	+++	++	N	1-1,3	propustné půdy, snáší zasolení
<i>Rosa</i> sp. - sorta půdopokryvné	+	+	+	+++	+++	N	do 1	omezené použití, nutný správný výběr velikostní odrůdy po dané stanoviště
<i>Stephanandra incisa</i>	+	+	+	+++	+++	N	do 1,2	zpevnění svahů
<i>Symphoricarpos x doorenbosii</i>	+	+	+	+++	+++	N	do 1,5	zcela nenáročná, téměř neodnožuje
<i>Symphoricarpos chenaultii</i> 'Hancock'	+	+	+	+++	+++	N	0,5-1	svahy

<i>Syringa meyeri 'Palibin'</i>	+	+	+	+++	+++	N	1	svahy
<i>Vinca major</i>	+	+	+	++	++	N	0,1-0,3	opěrné stěny
<i>Vinca minor</i>	+	+	+	++	++	P	0,1-0,3	náhrada trávníku, stín
<b>Pnouché dřeviny</b>								
<i>Actinidia arguta</i>	+	+	+	++	++	N	3-5	nutná konstrukce
<i>Celastrus orbiculatus</i>	++	++	++	++	++	N	10+	odolný, nenáročný, nutná konstrukce
<i>Clematis montana</i>	+	+	+	+++	+++	N	3-5	intravilán, odpočívky, potřebuje konstrukci
<i>Clematis tangutica</i>	+	+	+	+++	+++	N	3-5	vitální, bohatě kvete, odpočívky, potřebuje konstrukci
<i>Hedera helix</i>	++	++	++	++	++	p	4-6	stálezelený, samopnoucí, zpočátku pomalu roste umístění na sever
<i>Hydrangea anomala ssp. petiolaris</i>	++	++	++	++	++	N	4-10	samopnoucí, vhodná do polostínu až stínu, velice efektní, výrazně kvete
<i>Lonicera caprifolium</i>	-	-	-	++	++	p	do 4	omezené použití, potřebuje konstrukci
<i>Lonicera sp.</i>	-	-	-	++	++	N	2-4	omezené použití, potřebuje konstrukci
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> cv.	+++	+++	+++	+++	+++	N	8-12	samopnoucí, nejvhodnější, protihlukové stěny
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	++	+	-	++	++	N	8-15	invazní potenciál – odůvodněné použití + monitoring, protihlukové stěny
<i>Campsis radicans</i>	-	-	-	+++	+++	N	15-20	odpočívky, intravilán, potřebuje konstrukci
<i>Wisteria sp.</i>	-	-	-	++	++	N	15-20	ovívivá, nutná pevná konstrukce
<i>Humulus lupulus</i>	+	+	+	+	+	p	6-8	vytrvalá bylina, ovívivý, nutná pevná konstrukce, omezené použití, např. gabionové stěny
<i>Vitis coignetiae</i>	++	++	++	++	++	N	10	vyžaduje a vlhčí a humóznější půdu
<b>Vysvětlivky níže</b>								

Vysvětlivky:		
	+++	velice vhodná dřevina
	++	vhodná dřevina
	+	méně vhodná dřevina
	-	nevhodná dřevina
	cv.	včetně kultivarů

## Příloha 10 Klejonáž – postup prací při realizaci

	
<p>1. Plocha se pokryje drobnějším klestem (všesměrně).</p>	<p>2. Na drobný klest se uloží větší (krycí) větve ve vodorovných řadách a zarazí se do půdy.</p>
	
<p>3. Do plochy klejonáže se zarazí dřevěné kotvící kůly.</p>	<p>4. Na kůly se přibijí příčné tyče a dozaražením kůlů se klest přitáhne k povrchu půdy. Následně se kůly zařiznou nad příčnými tyčemi.</p>

## **TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 53 Protierozní opatření na svazích PK**

<b>Schválilo:</b>	Ministerstvo dopravy
<b>Zpracovatel:</b>	Ing. Jana Kalibová, Ph.D. (Česká zemědělská univerzita v Praze) doc. Ing. Petr Kavka, Ph.D. (České vysoké učení technické v Praze) Ing. Tomáš Khel (Česká zemědělská univerzita v Praze) Ing. David Kincl, Ph.D. (Česká zemědělská univerzita v Praze) Ing. Jan Petrů (Česká zemědělská univerzita v Praze) doc. Ing. Milán Rajnoch, CSc. (Mendelova univerzita v Brně) Ing. Marie Straková, Ph.D. (Agrostis Trávníky, s.r.o.) doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze)
<b>Počet stran:</b>	108
<b>Tech. redakční rada:</b>	Ing. Jiří Šmíd, Ph.D. (Ministerstvo dopravy) Ing. Dana Legut, Ph.D. (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Miroslav Veverka (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Otakar Kozák (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. RNDr. Jaroslav Rožnovský, CSc. (Mendelova univerzita v Brně) Ing. Blanka Kottová, Ph.D. (Česká zemědělská univerzita) Tadeáš Zýka, DiS. (JUTA a.s.) Ing. Martin Kašpar (GEOMAT s.r.o.) Ing. Tomáš Gabriel (Gabriel s.r.o.)
<b>Zástupce koordinátora:</b>	Ing. Veronika Říhová (Ředitelství silnic a dálnic ČR)