

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**Katedra biotechnických úprav krajiny**



**Ochrana strmých svahů u liniových staveb na  
Příbramsku**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Chlupová**

Zpracoval: **Miloš Novotný**

2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miloš Novotný

Územní technická a správní služba

Název práce

Ochrana strmých svahů u liniových staveb na Příbramsku

Název anglicky

Protection of road steep slopes in Příbram

---

### Cíle práce

Cílem práce je popsat, posoudit a ověřit způsoby protierozních ochranných opatření strmých svahů u liniových komunikací první třídy používaných České Republice. A zmapovat skutečný stav těchto opatření uskutečněných na silnicích první třídy na Příbramsku.

### Metodika

Metodika je odvozena od zajištění dostupných informací k tématu zpevňování strmých svahů liniových komunikací v rešeršní části práce. Sběr a vyhodnocení dat bude probíhat prostřednictvím vlastního šetření u konkrétní uskutečněné ochrany svahů, včetně zjištění aktuálního stavu. Konzultace s odpovědnými pracovníky samosprávy.

**Doporučený rozsah práce**

40 až 60 stran

**Klíčová slova**

Pozemní komunikace, protierozní ochrana, svah, geotextil

---

**Doporučené zdroje informací**

<http://www.earthanchor.com>

<http://www.mdcr.cz>

<http://www.pjpk.cz>

<http://www.rsd.cz>

<http://www.soildguard.com>

Janeček M., (2008), Základy erodologie, Česká zemědělská univerzita

Krajčovič, M. a kol., (1998), Dopravní stavby I.: pozemní komunikace, Cerm

Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací: Technické podmínky, (2003), Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/06 (červen)

**Vedoucí práce**

Ing. Jana Chlupsová

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2015

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jany Chlupové, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 14. 04. 2015

.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Janě Chlupové za odborné vedení této práce.

V Praze 14. 04. 2015

.....

## **Anotace**

Tato práce se zabývá problematikou strmých svahů a jejich ochranou před erozí půdy v souvislosti se stavební činností člověka při výstavbě liniových komunikací v České Republice.

Úvodem stručně popisuje základní pojmy spojené s erozí a půdou samotnou. Posléze řeší možné protierozní opatření a možnosti ochrany svahů u komunikací. Praktická část práce je zaměřená na konkrétní stavbu silničního tělesa založeného systémem zpevněných svahů na Příbramsku.

Na závěr je zhodnocen současný stav provedené stavby.

## **Abstrakt**

Main topic of this thesis is protection of road steep slopes and soil erosion in connection with road construction activities in Czech Republic.

By the beginning is briefly described the basic terms associated with erosion and soil protection. Then I look into specific protection of road steep slopes. The Thesis practical part is focused on specific construction of the road base made by system of strengthened slopes in Příbram.

In conclusion, I reviewed the real condition of built structure.

## **Klíčová slova:**

Pozemní komunikace, protierozní ochrana, svah, geotextil.

## **Key Words:**

Road, erosion protection, steep slope, geotextil.

## Obsah

Úvod.....	8
Cíl.....	10
Metodika.....	10
Teoretická část.....	101
1. Základní pojmy.....	11
1.1 Liniové stavby.....	11
1.1.1 Dopravní cesta.....	13
1.1.2 Trasování komunikace.....	14
1.2 Půda.....	15
1.2.1 Funkce půdy.....	16
1.2.2 Vznik půd.....	17
1.2.3 Taxonomický klasifikační systém půd ČR.....	19
1.3 Degradace půdy.....	20
2. Eroze půdy.....	23
2.1 Dělení eroze.....	26
2.1.1 Podle intenzity.....	26
2.1.2 Podle příčiny.....	27
2.1.3 Podle formy.....	29
2.1.4 Podle mechanismu.....	30
2.1.5 Podle časového hlediska.....	30
2.2 Rozšíření eroze půd.....	30
2.3 Přípustné meze eroze.....	33
3. Protierozní opatření.....	34
3.1 Role vegetace.....	36
3.2 Technická protierozní opatření.....	38
3.3 Protierozní výrobky a materiály.....	39
3.3.1 Základní dělení protierozních výrobků.....	40
3.3.2 Geosyntetické protierozní výrobky.....	41
3.3.2 Gabiony a geomříže.....	43
Praktická část.....	45
4. Stavba I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram.....	45
4.1 Popis stavby a situace.....	45
4.1.1 Stavební objekty nové stavby.....	46
4.2 Přeložka komunikace I/19 – SO 101 dle projektové dokumentace.....	47
4.3 Nové silniční těleso.....	56
5. Diskuze.....	57
6. Závěr.....	59
7. Literatura a zdroje.....	60

## Úvod

Morfologie reliéfu krajiny výrazně ovlivňuje stavební činnost, zejména rozhodování o umístění staveb a tedy i volbu tras liniových staveb. Charakter reliéfu poskytuje výchozí informace o geologických poměrech a je jednou ze základních složek geologického prostředí rozhodujících o možnosti využití daného území. Ovšem pokud jde o liniové stavby v České Republice, jsou tyto často vedeny takovým reliéfem, který nutně přináší problematiku strmých svahů a s touto problematikou také spojené otázky eroze a tedy i ochranu těchto svahů před erozí.

Degradace půdy je v dnešním světě velmi závažným problémem. Půda je jedním z neobnovitelných přírodních zdrojů a svojí funkcí je velice specifickým přírodním zdrojem. Díky půdě mohl například vzniknout život na naší planetě ve své rozmanitosti. Půda má mnoho funkcí, bez kterých není možně tento život udržet. V půdě je obsaženo velké množství organismů na mikro i makro úrovni. Zvláště mikroorganismy mají vliv na látkovou přeměnu, dále je zdrojem biomasy, rostliny z půdy čerpají živiny a člověk ji využívá jako nezastupitelný výrobní prostředek nejen pro svoji obživu, ale také je základním stavebním kamenem lidských obydlí (Brtnický, 2012).

Jeden z degradačních vlivů, který je zvláště spojen s činností člověka na půdě je eroze. Eroze je sice přírodním procesem, ale poznatky z nedávné minulosti dokazují, že přítomnost a vývoj člověka mohou mít vliv na rychlost eroze. Tento vliv se dává do souvislosti se vznikem zemědělství, kdy člověk poprvé začal půdu pravidelně využívat k zabezpečení své obživy. Ovšem jak člověk půdu začal využívat, tak na straně druhé ji proti erozi začal chránit. Lze o tom nalézt zmínky již ve starověku: Dokument ze staré Mezopotámie popisuje nebezpečí zanášení závlahových kanálů. Také ve Starém zákoně se lze dočíst o erozním působení a strachu z vyschnutí řek. Názorným příkladem ochrany před erozí, dochovaných do současnosti, jsou i terasy Machu Picchu na území Peru, když zmínky o obdobných terasách lze nalézt i v historických dokumentech dalších civilizací jako je Etiopie, Čína a Francie (Janeček a kol., 2008).

Dnes je eroze půdy spojená nejen se zemědělstvím, ale častěji je zmiňovaná v souvislosti se stavební činností. Právě liniové stavby jsou s tímto problémem konfrontovány poměrně často, vzhledem k tomu, že jejich trasy jsou výsledkem kompromisu a tedy ne vždy v souladu s nejvhodnějším umístěním. Zvláště to platí o silničních tělesech. Ze všech druhů



liniových staveb se nejvíce dotýká životního prostředí a tím i půdy silniční doprava. V České republice je kolem 58 tis. km silnic a 40 tis. km komunikací místního významu. Na jeden kilometr silničního tělesa o šířce 10 m se spotřebuje 1 ha půdy. Při stavbě dálnic a dálničních křižovatek jsou zábory půdy mnohonásobně větší. Úpravy zářezových a násypových svahů a jejich ozeleňování je jednak obtížné, ale také finančně náročné. Přesto, že stavitelé již dnes tento problém nepodceňují, přesto dochází k sesuvům půdy i vodní erozi.

Neustále rostoucí dopravní intenzita zátěže silničních komunikací klade stále vyšší nároky na jejich trvanlivost a kvalitu. Z pohledu eroze jsou jedním z nejzranitelnějších stavebních prvků komunikací právě strmé svahy, na které se v rámci stavby aplikují technická řešení, která zabrání jejich poškození a deformaci.

Správně provedená technická opatření na strmých svazích mohou zabránit značným materiálním škodám, které způsobuje eroze půdy. V lokálním měřítku může posloužit příklad, kdy vlivem eroze po povodních v srpnu 2002 došlo na silnici I/19 u osady Podhora na Příbramsku k nenávratnému poškození původních mostních objektů a přilehlých komunikací, ale i k narušení a poškození okolní krajiny.

Je nutné si uvědomit, že vznik půdy je velmi pomalým procesem, kdy se centimetr půdy může tvořit řádově desítky až stovky let, a proto je nutné strmé stavy považovat za důležité inženýrské stavby a obecně půdu před erozí chránit (Šarapatka, 2008).

## **Cíl**

Cílem této práce je ověřit a posoudit erozní procesy na strmých svazích u liniových komunikací první třídy v České republice. Analyzovat způsoby možných protierozních opatření pro zpevnění strmých svahů. Zmapovat skutečný stav těchto opatření uskutečněných na konkrétních stavbách v rámci silnic první třídy na Příbramsku.

## **Metodika**

Metodika je odvozena od zajištění potřebných informací k tématu zpevňování strmých svahů liniových komunikací v rešeršní části práce. Dále pak na analýze dostupných informačních a datových zdrojů vztahujících se k dané problematice. K přípravě rešerše jsem použil dostupnou odbornou literaturu a informace získané z ověřených internetových stránek.

Praktická část práce se zabývá sběrem a vyhodnocení dat, které proběhlo prostřednictvím vlastního šetření v blízkosti nového mostního objektu na silnici I/19 u obce Podhora na Příbramsku. Nezbytné informace k přeložce jsem získal částečně z vlastních zdrojů a dále pak konzultací s odpovědnými pracovníky samosprávy Ředitelství silnic a dálnic ČR, které je správcem komunikace.

U stavebního objektu přeložky komunikace, strmých svahů byl zjištěn aktuální stav, který je v závěru práce konfrontován se stavem stavby po uvedení stavby do provozu.

## **Teoretická část**

### **1. Základní pojmy**

Základními pojmy, které se vztahují k dopravě jsou prakticky tři. Samotné slovo doprava, které lze vyložit jako cílené přemísťování hmotného materiálu, osob a informací v prostoru. Dále je to dopravní cesta, která představuje technicky zabezpečenou trasu pro dopravu hmotného materiálu, na které se doprava uskutečňuje. A jako třetí lze uvést dopravní prostředek jako zařízení schopné pohybu, umožňující dopravu nákladu nebo osob po dopravní cestě (vozidlo, letadlo, plavidlo, zvíře, sáně) (VŠ-TU OSTRAVA, 2009).

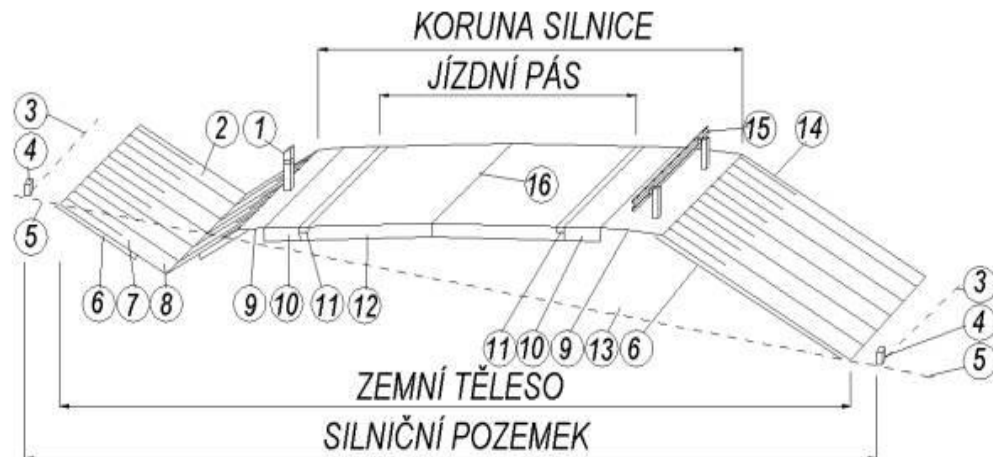
#### **1.1 Liniové stavby**

Liniové stavby jsou takové stavby, u níž podstatně převládá jeden rozměr, to je délka nad šířkou a výškou, jako je například pozemní komunikace nebo dráha (VÚGTK, 2005) a na mapě mají většinou podobu čáry. Za liniovou stavbu lze považovat stavby pozemních komunikací a drah, dále stavby pro rozvod tepelné energie, stavby vedení pro distribuci a přenos elektřiny, stavby ropovodů, produktovodů a plynovodů, stavby vodovodů a kanalizací, stavby vedení elektronických komunikací, také pohybové plochy letišť a vzletové i přistávací dráhy, ochranné hráze, derivační a plavební kanály, odvodňovací a závlahové systémy. Pro tuto práci budou jako liniové stavby uvažovány výhradně komunikace.

O liniové stavby se stále vedou velmi živé a úporné spory, které se týkají zejména výstavby pozemních komunikací (dálnic a železnic). Z vědeckého hlediska lze liniovou stavbu řadit k pojmu „biokoridor“. Pro některé organismy jsou tyto stavby překážkou a pro jiné se zase stávají domovem. Vzhledem k tomu, že tyto stavby vyvolávají mnoho vášní je potřeba jejich výstavbu řešit legislativně. Protože zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu pojem liniová stavba nezná a nedefinuje, připravuje Ministerstvo dopravy ČR věcný záměr zákona o liniových dopravních stavbách, který bude komplexně upravovat přípravu a výstavbu liniových dopravních staveb a správní řízení předcházející vydání jediného správního rozhodnutí, na jehož základě bude výstavba povolena. Zákon by byl lex specialis pro oblast liniových dopravních staveb – a to speciálním zákonem vůči stavebnímu zákonu, správnímu řádu, zákonu o vyvlastnění, zákonu o pozemních komunikacích, zákonu o drahách, zákonu o posuzování vlivů na životní prostředí a dalším zákonům. Tyto zákony by

se aplikovaly pouze v případě, že by zákon předpokládaný tímto věcným záměrem neobsahoval zvláštní úpravu, resp. nevylučoval použití konkrétních ustanovení těchto zákonů (Tretiruka.cz, 2014).

**Obr. 1** Základní názvosloví silniční komunikace



1 - směrový sloupek, 2 - svah výkopu, 3 - hranice silničního pozemku, 4 - mezník, 5 - původní terén, 6 - humus a zatravnění, 7 - výkop (zářez), 8 - příkop, 9 - nezpevněná krajnice, 10 - zpevněná krajnice, 11 - vodící proužek, 12 - jízdní pruh, 13 - násyp, 14 - svah násypu, 15 - svodidlo  
zdroj: Krajčovič, Marián a kol., (1998): Dopravní stavby I. – pozemní komunikace

Pozemní komunikace definuje Zákon o pozemních komunikacích č. 13/1997 v platném znění. Pozemní komunikace dle tohoto zákona je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti. Tento zákon rozděluje komunikace do kategorií:

- dálnice,
- silnice I. třídy,
- silnice II. třídy,
- silnice III. třídy,
- místní komunikace a
- účelová komunikace.

Dráhy pak definuje Zákon o drahách č. 266/1994 v platném znění. Podle tohoto zákona je dráhou cesta určená k pohybu drážních vozidel včetně pevných zařízení potřebných k zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy. Tento zákon se nevztahuje na dráhy důlní, průmyslové a přenosné lyžařské vleky. Podle zákona o drahách lze rozlišit dráhy na:

- železniční – celostátní, regionální, vlečka, speciální dráha.
- tramvajová
- trolejbusová a
- lanová.

### **1.1.1 Dopravní cesta**

Dopravní cesty jsou jednak původu přírodního, jako například řeky, nebo uměle vytvořené dopravní stavby, kam patří silnice i železnice. Jednotlivé typy a kategorie dopravních cest mají svojí kapacitu, která umožňuje bezproblémový pohyb určitých standardizovaných dopravních prostředků a technické parametry dopravní cesty jsou voleny tak, aby umožnily požadovaný provoz schválených typů dopravních prostředků požadovanou rychlostí. Užívání dopravní cesty se dělí na běžné a zvláštní. Běžné užívání znamená provozování dopravy dopravními prostředky schválenými pro konkrétní dopravní cestu za standardních podmínek. Zvláštní užívání je použití dopravní cesty jiným než schváleným způsobem pro účely dopravní (např. přeprava nadměrných nákladů) i nedopravní (např. stánkový prodej při obecních slavnostech) (VŠ-TU OSTRAVA, 2009).

Dopravní cesta zahrnuje kromě vlastní trasy pro dopravu také soubor zařízení a opatření potřebných k zajištění provozu cesty což jsou:

- zařízení ke vstupu na dopravní cestu a k opuštění cesty (nádraží, letiště, přístavy),
- zařízení k odstavení dopravních prostředků (parkoviště, remízy, depa, doky...),
- zabezpečovací zařízení (světelná signalizační zařízení-SSZ, dopravní značení, svodidla aj.),
- zařízení pro dodání pohonného média (trolejové vedení, měřírny, čerpací stanice PHM atd.),

- přidružený prostor (průjezdny profil, silniční nebo drážní pozemek, ochranná pásma apod.).

Provoz na dopravních cestách je upraven speciálními zákony, které vymezují a stanoví podmínky pro stavbu dopravních cest (povolení výstavby silnice, železnice), podmínky pro stavby na nich a na styku s nimi (povolení a umístění reklamy), podmínky provozu na dopravní cestě (pravidla silničního provozu, provoz dráhy), podmínky k provozování dopravní cesty (způsobilost provozovatele), podmínky k provozování dopravy (licence pro hromadnou přepravu osob), podmínky užívání dopravní cesty (oprávnění k řízení motorového vozidla), působnost státní správy a státního dozoru (vydávání povolení a oprávnění schválených podmínek provozu) (VŠ-TU OSTRAVA, 2009).

### **1.1.2 Trasování komunikace**

Návrh trasy je složitý multikriteriální problém. Jeho vyřešení vyžaduje zkušenost. Projektant je povinen respektovat hlavně normová ustanovení, ovšem respektování normy vždy nezaručuje optimální řešení. Proto jsou používána i další kritéria. Jsou to především:

- technické požadavky specifikované v normě – „návrhové prvky“ komunikace,
- technické parametry plynoucí z konkrétních specifických podmínek (v rámci daném normou lze vybírat různé hodnoty návrhových prvků s ohledem na konkrétní účel komunikace),
- ekonomické požadavky (hledání rovnováhy mezi ekonomickými možnostmi, přínosem a významem komunikace, minimalizace celkových nákladů a maximalizace přínosů),
- řešení existujících nebo předpokládaných přepravních požadavků, potřeby území,
- ochrana území proti negativním účinkům dopravy,
- technologické možnosti,
- dostupnost materiálových zdrojů (Krajčovič, M. et al., 1998).

Podle umístění se trasy rozlišují na údolní, náhorní, svahové a tunelové. Vést trasu lze ve výkopu, v násypu a v odřezu. Před definitivním návrhem dopravní stavby musí být vždy proveden podrobný geologický, půdně mechanický a hydrologický průzkum. Je nutné zjistit vlastnosti základové půdy, režim, množství a jakost podzemních vod, možnosti odvádění vod zachycovaných soustavou drenáží a vodních sběračů a uvážit, jaké úpravy

podložních vrstev budou neúčinnější pro maximální stabilitu komunikace či koleje (Krajčovič, M. et al., 1998).

## 1.2 Půda

Pokud se na půdu bude nahlížet ze systémového pohledu, který představuje nejširší definici, je půda považována za komplexní, polyfunkční, otevřený, polyfázový strukturní systém, tvořící povrchovou část litosféry (Kozák et al., 2009). Arshad et Martin (2002) uvádějí, že je půda stejně jako voda a vzduch nedílnou součástí životního prostředí a dohromady s vodou tvoří nejdůležitější přírodní zdroj. Z hlediska komplexního pohledu se pojmem půda označuje svrchní část oživené nejsvrchnější vrstvy zemské kůry, která má soustavnou látkovou a energetickou výměru mezi ostatními zemskými sférami, vznikla oživením minerálního podílu organismy, a která může existovat jen v jednotě s rostlinami, které na ní rostou a s organismy, které v půdě žijí (Janeček et al., 1999).

Půda je významnou složkou ekosystémů. Má rozhodující vliv na dostupnost živin čímž ovlivňuje produkční možnosti daného ekosystému. Je prostředím, které se účastní koloběhu živin a toku energie, poskytuje životní prostředí půdním organismům, které jsou koncovými částmi potravních řetězců. Půda svým charakterem určuje vzhled terénu, umožňuje růst rostlin a skýtá úkryt živočichů, to znamená, že ovlivňuje všechny části biotické složky ekosystému. Z abiotických složek ovlivňuje vodní režim – výpar, vsak a povrchový odtok vody. Tím je důležitá dostupnost vody pro rostliny a živočichy. Půda se neustále vyvíjí a reaguje na vlivy okolního prostředí, proto musí být zkoumána jako celek. Půda je základním, omezeným a neobnovitelným zdrojem výroby potravin, krmných a ostatních užitkových rostlin, čímž se stává nedílnou součástí přírodního bohatství každé země (Vráblíková J., Vráblík P., 2008).

Zemědělsky využívané půdy v první řadě mají poskytovat sklizně pěstovaných plodin. V současné době, i díky zvýšeným výnosům, se však více hovoří i o jiných – mimoprodukčních funkcích půdy. Do popředí se dostává funkce stabilizační, krajinytvorná, hygienická atd. (Tomášek, 2000). Nevhodné využívání půdy se řadí k neefektivnímu využívání přírodních zdrojů. Vede k ničení půdy, chudobě a dalším sociálním problémům. Půda je hlavním zdrojem bohatství. Společnost musí zajistit, aby nedocházelo k degradaci půdy a její využívání bylo v souladu s její kapacitou využito k uspokojení lidských potřeb

současných i budoucích generací, při zachování ekosystémů Země. V případě postupující degradace a ztráty ploch a funkcí půdy se stává tento zdroj v mnoha částech světa limitem dalšího rozvoje společnosti (Rossiter, 1996).

Teprve v druhé polovině 20. století se změnilo obecné vnímání důležitosti půdy jako součásti životního prostředí. Byla uznána nutnost udržení či zlepšení stávajících schopností půdy. Současně bylo uznáno, že půda není nevyčerpatelným zdrojem a je stále nevhodně využívána. Pokud je půda poškozená, tak náprava nemusí být vždy možná a stavu před poškozením se již nikdy nemusí dosáhnout (Nortcliff, 2002).

### 1.2.1 Funkce půdy

Půda má dvě základní funkce. Je to funkce produkční a ekologická. Funkce, které plní půda v přírodě ve vztahu k potřebám člověka lze zařadit do tří okruhů:

- Přírodní funkce

půda je základem života a poskytuje životní prostor pro člověka, rostliny, živočichy a půdní organismy, je součástí látkového koloběhu v přírodě, je to prostředí pro regulaci procesů syntézy, resyntézy a rozkladu látek, pro svoje pufrovací a filtrační vlastnosti je důležitým prvkem v ochraně povrchových a podzemních vod.

- Užitková funkce

půda je stanovištěm zemědělských i lesních plodin, tvoří prostor pro hospodářské využití, což znamená stavby, které vytváří místo pro práci, bydlení, rekreaci a odpočinek, dále dopravní sítě, stavby pro uložení odpadů a také je prostorem i zdrojem pro dobývání surovin.

- Kulturní funkce

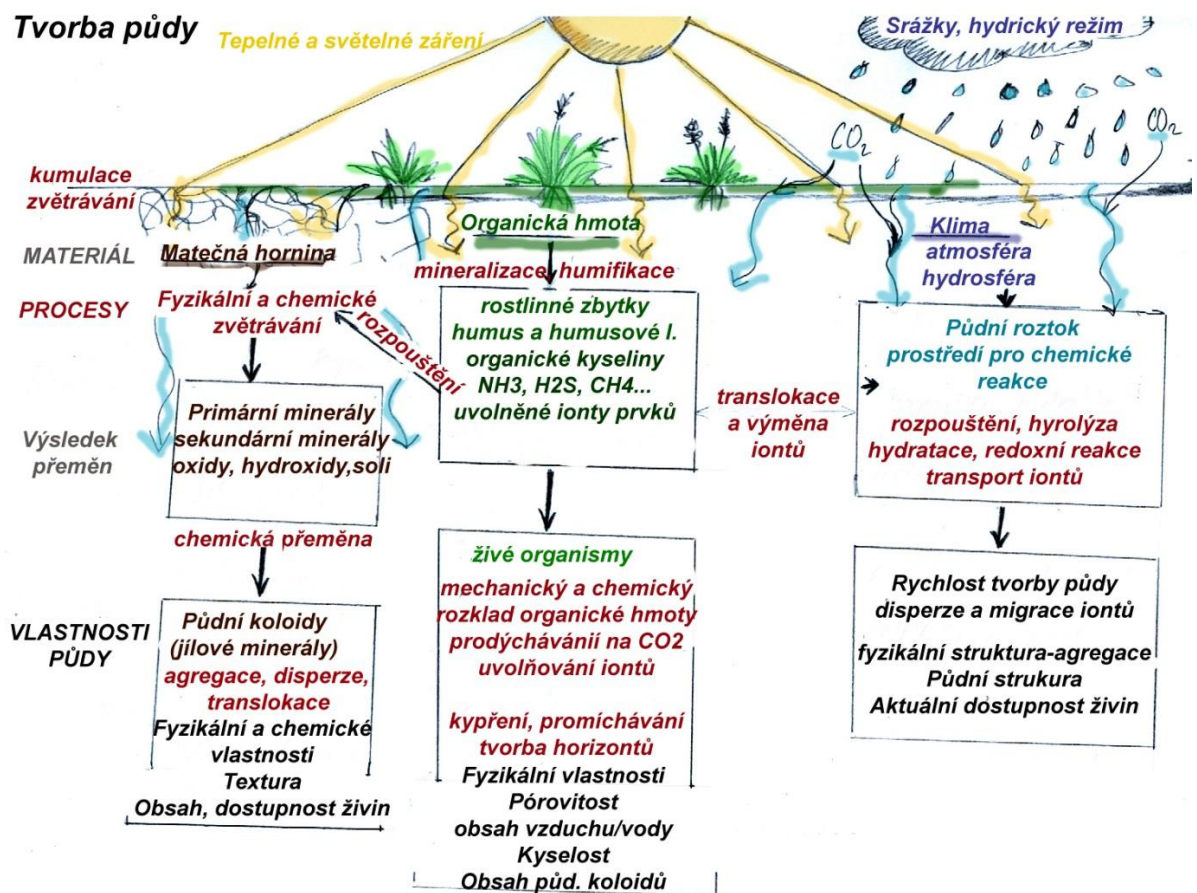
půda je pro člověka zdrojem informací o dějinách přírody, vývoje lidstva a lidské činnosti, změn vegetace i změn klimatu. (Janeček et al., 1999).



## 1.2.2 Vznik půd

Vráblíková a Slavík (1994) uvádějí, že půda vzniká a vyvíjí se ve styku vzájemného působení litosféry, atmosféry, hydrosféry a biosféry, ale i působením člověka (antropogenizace půd). Tomášek (2000) pak o půdě tvrdí, že vzniká působením půdotvorných činitelů, které lze dělit do dvou hlavních skupin. Jsou to půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu. Faktory působí při vzniku půd přímo, podmínky naopak přes svůj vliv na půdotvorné faktory. Za půdotvorné faktory se považuje půdotvorný substrát (mateční horninu), podnebí, biologický faktor, podzemní vody a vliv člověka. K podmínkám půdotvorného procesu se pak řadí utváření terénu a čas. Vznik půd je tedy složitý proces ovlivňovaný prakticky všemi složkami prostředí. Průběhem klimatických faktorů, dostupností vody, charakterem matečné horniny, přítomnými živými organismy a opadem rostlin. V průběhu tvorby půd dochází ke změnám fyzikálním (změna textury, promíchávání organického a anorganického materiálu) i změnám chemickým (vznik sekundárních minerálů, rozpouštění, srážení, přesuny iontů, tvorba a rozpad sloučenin) (Ulbrichová, 2010).

Obr. 2 Tvorba půdy



Zdroj: [http://fd.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/ekologie/Tvorpud.jpg](http://fd.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/ekologie/Tvorpud.jpg)

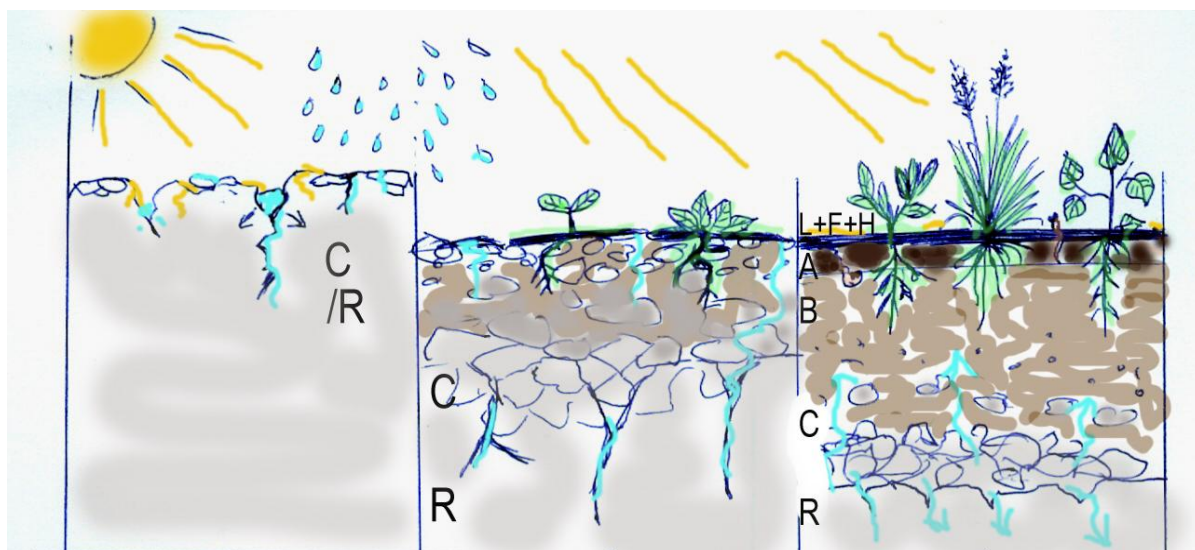
Vznik půd lze rozdělit na tři etapy:

- 1) Zvětrávání matečné horniny.
- 2) Vznik půdotvorného substrátu.
- 3) Vznik půdy (výsledek činnosti všech půdotvorných činitelů).

Matečnou horninou mohou být různé nerosty, čímž jsou dány i různé vlastnosti následného půdotvorného substrátu. Zvětrávání se děje díky změnám teplot, dále ho ovlivňuje jak množství srážek, tak poměr mezi srážkami a výparem. Vliv na zvětrávání má také povaha terénu s čímž souvisí nadmožská výška (vliv na teplotu a množství srážek) nebo orientace svahů ke světovým stranám (např. jižní svahy jsou teplejší). Mezi půdotvorné činitele lze zařadit i člověka, zasahuje do tvorby půd různými způsoby např. orbou, osevními postupy, kácením stromů, výstavbou budov a komunikací, produkcí odpadů, znečišťováním ovzduší, atd.

V průběhu vzniku půdy se postupně diferencují její jednotlivé horizonty, které následně mají rozdílné zrnitostní, chemické i funkční charakteristiky. Vznik půdy je dlouhodobá záležitost, jeden cm ornice se v podmínkách České republiky vytvoří za 100 až 150 let.

**Obr. 3 Půdní horizonty**



Zdroj: [http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_ip/ekologie/tvorbapud.jpg](http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_ip/ekologie/tvorbapud.jpg)

Půdní horizonty:

L+F+H horizonty nadložního humusu.

A - svrchní minerální horizont, obohacený humusem (cca 20-30 %).

E- eluviální, vybělený/vymytý horizont, na přechodu mezi horizontem A a B (není vždy přítomný).

B - minerální horizont (obsahuje jak primární, tak sekundární minerály, také malé množství organické hmoty. Dochází v něm k chemickým přeměnám např. transportu iontů nebo jílnatých částic, díky kterým může být rozčleněn do více podhorizontů (Bh - obohacený humusem, B).

C - půdotvorný substrát (mechanicky rozpadlý geologický substrát, tzv. skelet- může být totožný s matečnou horninou, nebo může jít o substrát mechanicky přemístěný (náplavy).

R - matečná hornina (prakticky jen velmi slabě mechanicky zvětraná) (Ulbrichová, 2010).

### 1.2.3 Taxonomický klasifikační systém půd ČR

Klasifikační systém půd České republiky vychází z morfogenetického klasifikačního systému a jeho verze pro lesní půdy, které přispěly ke sjednocení výsledků odděleného mapování zemědělsky a lesnický využívaných půd v bývalém Československu. Klasifikační systém představuje základní taxonomickou klasifikaci půd, budovanou na základě zobecnění poznatků o vlastnostech půdních profilů. Zahrnuje půdy zemědělské, lesní i půdy antropogenního původu. Jeho posláním je stát se základem novelizovaného průzkumu půd ČR, umožnit vypracování jednotné půdní mapy ČR ve velkém měřítku, umožnit zapojení ČR do mezinárodní spolupráce na úseku vývoje jednotného klasifikačního systému WRB a spolupráce při vypracování půdní mapy Evropy (Němeček, 2001).

Klasifikační systém zahrnuje tyto taxonomické kategorie:

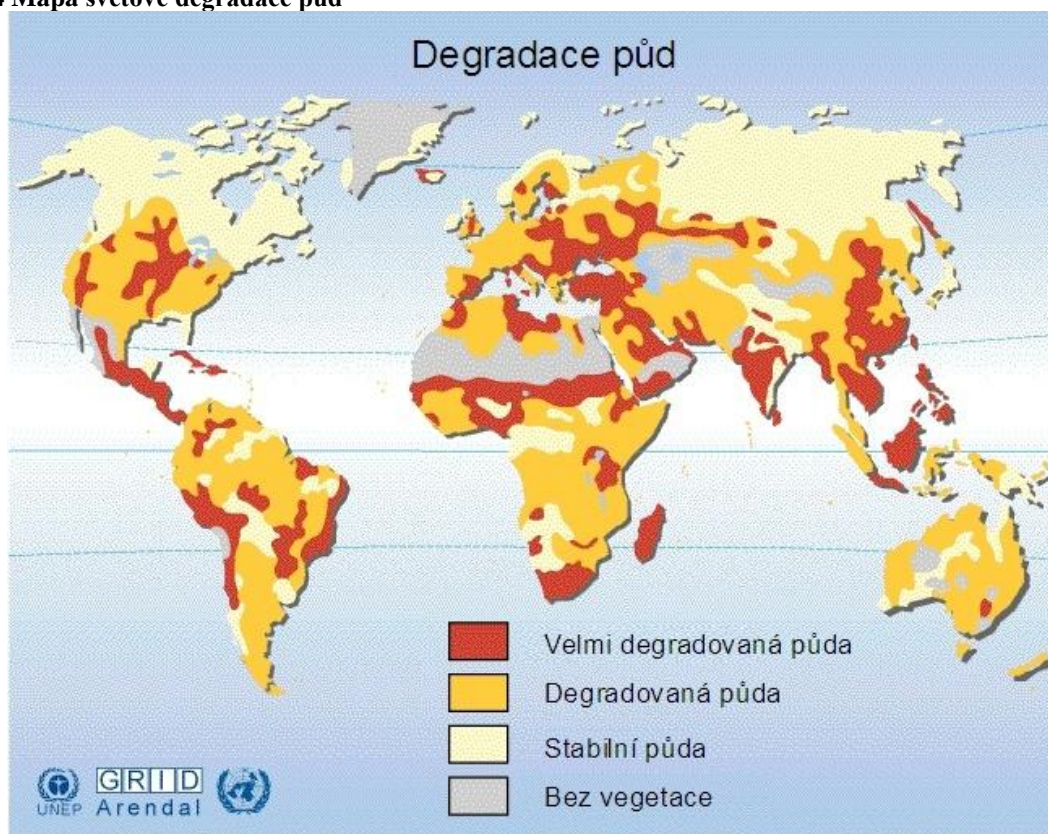
- Referenční třídy půd  
velké skupiny půd, které vystupují v zahraničních klasifikačních systémech (hlavně WRB) a umožňují české půdy s nimi korelovat (substantivum končící – sol).
- Půdní typy  
hlavní oporné jednotky klasifikačního systému, charakterizované určitými diagnostickými horizonty a jejich sekvencemi nebo diagnostickými znaky (substantivum nekončící – sol).

- Půdní subtypy  
výrazné modifikace půdního typu podle znaků v hloubce níže 0,20 – 0,25 m (adjektivum za substantivem).
- Půdní variety  
charakterizují výskyt horizontů a znaků ve svrchních 0,20 - 0,25 m u lesních půd, dále vyjadřují méně výrazné znaky v půdním profilu než subtypové (druhé adjektivum za substantivem).
- Ekologické fáze  
charakterizují formy nadložního humusu lesních půd.
- Degradáční a akumuláční fáze  
vyjadřují projevy kontaminace, intoxikace, eroze, akumulace aj.
- Půdní formy  
vyjadřují typ substrátu, jeho zrnitosti, vrstevnatosti a mineralogického složení, ovlivňujících pedogenezi; je to kategorie spojená s jakoukoliv genetickou taxonomickou úrovní (Kozák et al., 2009).

### **1.3 Degradace půdy**

Půda představuje nepostradatelnou složku životního prostředí s multifunkčním rozsahem. Funkce, které plní půda v přírodě především ve vztahu k potřebám člověka, lze rozdělit do tří skupin na užitkové, environmentální a kulturní. Všechny tyto půdní funkce jsou v úzkých vzájemných vztazích a jsou navzájem zranitelné při různých formách půdní degradace. Degradace půd je proces, který je pomalý, často až plíživý, ale jeho důsledky mohou vést k omezení nebo až úplnému zničení cenných produkčních i mimoprodukčních funkcí (Bukovský et al., 2012).

Obr. 4 Mapa světové degradace půd



Zdroj: <http://www.chempoint.cz/modifikovane-huminove-kyseliny>

Degradace půdy se projevuje ve zhoršování půdních fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností. Je výsledkem vnějších faktorů, jako jsou geologické, klimatické, biologické a antropické podmínky, ale také vnitřních faktorů, které podmiňují stabilitu půdy, její kvalitu a zdraví (což znamená vyrovnaný půdní chemismus, půdní pufrovitost, biologickou aktivitu a další) (Vavříček, Kučera, 2014).

Pokud jde o Českou republiku tak Vnitrostátní rámec pro environmentální opatření uvádí, že s velkým přispěním nevhodných technologických postupů přetrvává v České republice vysoký podíl půd ohrožených degradací. Degradací půdy se z hlediska zemědělského rozumí ztráta produkční schopnosti. Z ekologického, environmentálního hlediska, je degradace půdy uvažována jako ztráta schopností plnit přírodní funkce. Obecné příčiny degradace půd, vyvolané člověkem, vyplývají především z jejího necitlivého užití a také nevhodných způsobů hospodaření.

V běžných podmínkách České republiky lze vybrat šest základních typů degradace, ohrožujících zemědělsky nebo i lesnický využívané půdy. Jsou to:

- eroze vodní a větrná,
- debazifikace a acidifikace,
- degradace fyzikální (degradace půdní struktury, kompakce),
- degradace znečištěním a kontaminací,
- úbytky organické hmoty (humusu) a
- degradace biologická.

Problémem je, že se velmi často jednotlivé způsoby degradace kombinují a probíhají současně (Evropská komise, 2009).

Obrovský tlak na životní prostředí a na půdu lze zaznamenat zejména v posledních desetiletích v důsledku intenzivního rozvoje průmyslu a zemědělství. Za posledních sedmdesát let se zastavěná plocha v České republice zvětšila o 57 procent. Právě rozsáhlé a nekoordinované rozšiřování zástavby, především v okolí měst s nyní užívaným anglickým termínem „urban sprawl“, který se dá přeložit jako neregulovaný růst městských aglomerací, je vážným problémem. (Šarapatka et al., 2002)

V současnosti jsou největším problémem zemědělských půd jejich zábory (soil sealing) spojené s nekontrolovatelným rozšiřováním sídel (suburbanizace). V České republice od r. 1927 dodnes ubylo 846 tis. ha zemědělské půdy. Úbytky se v posledních 15 letech výrazně zrychlily, v současnosti je denně odnímáno 15 ha, převážně vysoce kvalitních půd. Tyto ztráty zejména pro nejrůznější stavební účely (skladové haly, obchodní a zábavní střediska, parkoviště, komunikace, občanské a průmyslové výstavby apod.) jsou hrozivé a nevratné. Dochází tak k nevratnému záboru půdy a k poškození většiny jejich produkčních i mimoprodukčních funkcí; tedy i k ovlivnění okolní krajiny a celého životního prostředí (Rožnovský, Litschmann, 2010).

Problematika degradace krajiny, meliorací i vodního hospodářství je v této době velice aktuální. Poukazuje na to, že je stále důležitější hledat řešení více globálně. Důležité je také to, že potřebu hledat řešení této problematiky si uvědomuje stále více obyvatel naší planety (Korsuň, 1999).

Ochrana půd je v České republice ošetřena také legislativně a je řešena následujícími zákony a vyhláškami (výběr):

- *Zákon č. 334/1992 Sb.* o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů.
- *Zákon č. 183/2006 Sb.*, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- *Zákon č. 17/1992 Sb.*, o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů.
- *Zákon č. 139/2002 Sb.*, o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů.

## **2. Eroze půdy**

Závažnou degradací je ztráta půdy erozí ze zemědělsky i nezemědělsky využívaných ploch. Rozsah aktuální vodní eroze v České republice je 1780 tis. ha, tj. 42 % zemědělské půdy, výrazně poškozeno je 450 tisíc ha, tj. 10,7 % zemědělského půdního fondu. Větrnou erozí je ohroženo 430 tisíc ha, poškozeno je kolem 6 tisíc ha. Eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční i mimoprodukční funkce půd. Ochuzuje zemědělské půdy o nejrůdnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozuje plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin; velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků atd. V případě větrné eroze jde především o poškození klíčících rostlin, odnos jemných částic půdy a humusu, zanášení závětrných polohy, sídel a rychlé vysušování půdy (Rožnovský, Litschmann, 2010).

**Obr. 5 Příklad eroze**



Zdroj: <http://www.zelenezpravy.cz/eroze-pudy-v-cr/>

V České republice díky erozním problémům cena i bonita půdy v poslední době neustále klesá. Podle posledních analýz by mohla při nejhorším možném scénáři eroze poničit až 21 milionů tun půdy za rok, což je možné finančně vyjádřit jako škodu za 4,3 miliardy korun. Snižující hodnotu půdy lze vyjádřit také klesající cenou půdy zjištěnou při aktualizaci bonitace. Jako příklad je možné uvést meziroční pokles cen v rámci celé ČR mezi roky 2010 až 2012. o 126 milionu Kč. Tyto údaje se týkají pouze prověřované výměry zemědělské půdy, které se ročně aktualizuje, maximálně 50 tisíc hektarů. Celková výměra zemědělské půdy v ČR činí přitom 4,2 milionů hektarů (eAgri, 2011).

Slovo eroze je odvozené od latinského slova „erodere“ – rozhlodávat. V nejširším smyslu slova si lze tedy pod pojmem eroze představit rozrušování litosféry, pedosféry pohybující se hmotou erozního původu. V současné době se pak eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transportu a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu, a jiných tzv. erozních činitelů (Janeček et al., 2008).

Eroze je proces fyzikální a chemické degradace půdního profilu, který je přirozeným jevem, jenž se vyskytoval na Zemi již ve starších geologických obdobích a v dlouhodobém hledisku je jedním ze základních mechanismů vývoje krajiny a reliéfu, kdy finální podoba



celých geomorfologických celků je v zásadě výslednicí protichůdného působení deflačních a erozních procesů a sedimentace, diagenese či pedogeneze (Bobál et al., 2012). Působením eroze se zemský povrch na jedné straně snižuje tedy degraduje, na druhé straně hromaděním usazených hmot pak vyvyšuje, agraduje. Výsledkem čehož je zarovnávaní zemského povrchu tzv. planace (Zachar, 1970).

Půdní erozi lze vidět jako třífázový proces. V první fázi dochází k uvolňování částic z půdní hmoty, v druhé dochází k transportu těchto částic. Třetí fází je ukládání transportovaného materiálu, k němuž dochází tehdy, není-li k dispozici dostatečné množství energie pro transport (Holý, 1994). Z agronomického hlediska může být půda degradována jak fyzikálně (struktura, textura), tak i biologicky (utlumení činnosti mikroorganismů, organismů). Současně představuje nenávratnou ztrátu zeminy, humusu a minerálních živin (Toman, 1995).

V celosvětovém měřítku je eroze půdy jedním z mnoha až tragických důsledků nerozumného využívání přírodních zdrojů člověkem a současně příčinou mnohdy nevratné degradace půdy a krajiny (Sklenička, 2003). Na převážné ploše erozně ohrožených půd však není prováděna žádná systematická ochrana zabráňující dalším ztrátám (Sun, Shao, Liu, 2013).

Vznik, průběh a intenzita erozního procesu je ovlivněna kombinovaným působením řady přírodních a člověkem ovlivněných podmínek. Tyto erozní činitele lze podle Buriana et al. (2011) rozdělit na:

- klimatické a hydrologické  
zeměpisná poloha, nadmořská výška, množství, rozdělení a intenzita srážek, teplota, oslunění, výpar, odtok, výskyt, směr a síla větrů,
- morfologické  
kterými mohou být sklon území, délka a tvar svahu, expozice, návětrnost,
- geologické a půdní  
povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu,
- vegetační  
hustota a délka trvání pokryvu,

- způsob využívání a obhospodařování půdy

způsob využívání pozemků, volba druhu pozemku, způsob a směr obdělávání a použité agrotechnické nástroje.

Interakce několika či všech těchto faktorů pak určují velikost a rychlost eroze půdy. Například čím, delší a strmější svah bez vegetace, tím je dostupné větší množství erodovatelné půdy a tím větší je pak unášecí síla povrchového odtoku po intenzivním dešti (Blanco, Lal, 2008).

## 2.1 Dělení eroze

Klasifikace eroze je značně komplikovaná a je možné ji kategorizovat na základě různých kritérií. Základními druhy eroze je eroze vodní a větrná. Nejčastěji se lze setkat s následujícím dělením:

- podle intenzity  
normální, zrychlená,
- podle příčiny  
vodní, větrná, ledovcová, zemní, antropogenní, atd.,
- podle formy  
plošná, výmolná, proudová,
- podle mechanismu  
mezirýžková, rýžková,
- podle časového hlediska  
historická, soudobá.

### 2.1.1 Podle intenzity

Podle intenzity se erozní procesy dělí na normální a zrychlené. Pokud jde o erozní procesy normální (geologické) tak probíhají s malou intenzitou, ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje, mění se pouze zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, který se stává hrubozrnnějším. Erozní procesy probíhají v přírodě v rovnováze. Normální eroze jde ještě

rozdělit na další dva typy a to sezónní erozi a mikroerozi. Sezónní eroze se projevuje na části území v sezóně, kdy je půda kryta plodinou s nízkým protierozním účinkem. Výsledkem je snížení úrodnosti půdy. V případě mikroeroze dochází k uvolňování půdních částic a živin z vyvýšenin a jejich přenášení na malé vzdálenosti, což vede k nestejnorodosti sklizně.

Vinou člověka se však proces normální eroze plošně rozšířil a současně intenzifikoval, vzniká zrychlená eroze. Zrychlená eroze se projevuje tím, že se půdní částice smývají v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu. Vzniká ostře modelovaný tvar povrchu (Janeček et al., 2008).

**Tab. 1 Klasifikace škodlivosti plošné eroze podle intenzity**

Stupeň	Intenzita odnosu půdy erozí (mm/rok)	Hodnocení eroze
1	do 0,05	nepatrná
2	0,05 – 0,5	slabá
3	0,5 – 1,5	střední
4	1,5 – 5,0	silná
5	5,0 – 20,0	velmi silná
6	nad 20,0	katastrofální

Zdroj: Zachar, 1970 in Janeček, 2002

### 2.1.2 Podle příčiny

Holý (1978) rozeznává půdní erozi podle činitele, který způsobuje vznik erozního procesu a působí na jeho průběh jako erozi vodní, erozi větrnou, erozi ledovcovou, erozi sněhovou, erozi zemní a erozi antropogenní. Uvedené druhy eroze se mohou vyskytovat jednotlivě nebo v kombinaci, což způsobuje různou intenzitu erozních procesů.

Vodní eroze je vyvolána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Tímto typem eroze dochází ke snižování orní vrstvy smyvem, ale také ke zhoršení fyzikálních a chemických vlastností půd (Rickson, 2013). Dochází také ke zhoršení vodního režimu. Se zřetelem na zhoršení sorpční schopnosti erodované půdy dochází i k menšímu využití živin v půdě, včetně živin dodaných ve formě průmyslových hnojiv. Smyvem půdy se dostávají do vodního toku spolu s pevnými zemitými částicemi i chemické látky používané k hnojení a k ochraně rostlin (Pasák et al., 1984). Způsobuje ji povrchový odtok z přívalových srážek (krátká doba trvání, vysoká intenzita), z dlouhotrvajících srážek, ze sněhových vod při jarním tání a také koncentrací vody v přirozené i umělé hydrografické síti (Sklenička, 2003). Dále je to eroze pobřeží, která je způsobena

vodou mořskou, jezerní a rybníční (voda podzemní, zejména v krasových útvarech způsobuje erozi mechanickou i chemickou) (Holý, 1978).

Větrná eroze působí z pravidla plošně, výjimečně v pruzích ve směru proudění větrů. Spočívá v odstranění svrchní části půdy působením větru. Obvykle se jedná o plošnou erozi, kde je vrstva půdy odstraněna po celé ploše, někdy může vytvořit dutiny a další tvary. K větrné erozi nejnáze dochází na jemných až středně písčitéch půdách (Stocking, Murnaghan, 2001). Hlavními faktory, které ovlivňují větrnou erozi jsou klimatické poměry (větrné charakteristiky, srážky, výpar), půdní poměry (obsah neerodovatelných částic nad 0,8 mm, obsah jílovitých částic do 0,01 mm, vlhkost) a způsob využití krajiny včetně vegetačního krytu (Sklenička, 2003). Škodlivost větrné eroze spočívá v rozrušování povrchu půdy mechanickou silou větru, která odnáší jak jemné půdní částice, tak i hnojivo a ukládá je na jiném místě. Obnažuje kořínky rostlin, přesekává jemné stonky unášenými zrny zemin (Toman, 1995).

**Obr. 6 Větrná eroze**



Zdroj: <https://www.vugtk.cz/nzk/c6-02/thiermann.htm>

Ledovcová eroze je způsobena tíží pohybujícího se ledovce do údolí. Při pohybu ledovce dochází k obrušování skalního podloží a zbytky hornin jsou unášeny do nižších poloh, kde jsou ukládány a tvoří se zde morény (Cáblík, Jůva, 1963). Tento typ eroze se omezuje na velehorské polohy, v podmínkách České republiky se v současné době nevyskytuje (Holý, 1978).

O antropogenní erozi Šarapatka et al. (2002) hovoří v souvislosti s činností člověka, kdy mohou být přirozené erozní procesy ovlivňovány jednak nepřímo, nebo může člověk ovlivňovat erozi přímo například při závlahách, budováním cest, nevhodnou pastvou zvířat nebo při těžbě nerostných surovin. Často dochází k ničení vegetačního krytu půdy a jeho nahrazením vegetací s nízkým ochranným účinkem, zhoršením fyzikálních, chemických, biologických vlastností. Mezi nejvýznamnější patří eroze vyvolaná intenzifikací zemědělské výroby a urbanizací (Holý, 1978).

Zemní eroze, nebo také erozní činnost suťových proudů, jež jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou. Tyto suťové proudy při svém pohybu do údolí rozrušují půdu i její podklad a vytváří hluboké rýhy. Materiál suťových proudů ohrožuje údolní polohy, osady, komunikace, technické stavby atd. (Holý, 1978).

### **2.1.3 Podle formy**

Vodní eroze se ještě dále může dělit podle formy na plošnou, výmolnou a stržovou (proudovou). Plošná eroze se projevuje rozrušováním a smyvem půdní hmoty rovnoměrně po celé ploše, postupně dochází ke snižování mocnosti půdy. Působí selektivně vyplavování jemnozrných frakcí. Plošná eroze se dále dělí na selektivní, vrstevnatou a rýžkovou. Selektivní eroze se projevuje odnášením jemných půdních částic, probíhá zvolna a nepozorovaně, dochází ke změně textury půdy a obsahu živin v půdě. Jemný materiál končí v dolní části svahu. Vrstevná eroze se projevuje větší kinetickou energií stékající vody, spolu s nepříznivým uspořádáním povrchu (střídání různě odolných vrstev půdy). Viditelné známky eroze na celé ploše svahu nebo v pruzích (ztráta celé orniční vrstvy).

Výmolná eroze přináší postupné soustředování povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující. Výmolná eroze se dále dělí na brázdovou, rýhovou, výmolovou a stržovou. Odtok z plošné eroze soustředováním plynule přechází od rýžek (hustá síť drobných úzkých zářezů) k rýhám a brázdám. Následuje vyšší stupeň rýhové eroze – výmolová, výmoly mají tvar V nebo U. Nejvyšší stupeň této eroze je stržová. Je nebezpečná, protože zcela devastuje území. Vznikají strže a přitékající voda pak tvoří vodopády (Dostál et al., 1996).

Proudová eroze je záležitostí vodních toků. Probíhá působením vodního proudu. Dělí se na dnovou, kdy je rozrušováno dno, což je forma podélné eroze (působí podél osy

toku). Dále je to břehová, kdy jde o rozrušování břehů, což je forma příčné eroze (kolmo na osu toku).

**Tab. 2 Třídění intenzity rýhové eroze podle délky erozních rýh**

Stupeň	Délka erozních rýh (km/km <sup>2</sup> )	Hodnocení eroze
1	pod 0,1	nepatrná
2	0,1 – 0,5	slabá
3	0,5 – 1,0	střední
4	1,0 – 2,0	silná
5	2,0 – 3,0	velmi silná
6	nad 3,0	výjimečná

Zdroj: Bučko, Mazúrová, 1958 in Janeček, 2002

### 2.1.4 Podle mechanismu

Podle mechanismu lze rozlišit dva způsoby eroze. Prvním je rýžková eroze, která probíhá v místech, kde se soustřeďuje odtok (v rýžkách apod.). Je způsobena převážně soustředěným odtokem, což má za následek velkou hloubku odtékající vody (laminární proudění). Druhým je mezirýžková eroze způsobená dopadem dešťových kapek na povrch půdy. Dochází k uvolňování půdních částic, jejich rozstříkávání do vzduchu a zpět na půdu, což nese jen malou hloubku odtoku (turbulentní proudění). Tato eroze je ovlivněna také vegetačním pokrytím (plodiny, jejich rostlinné zbytky apod.).

### 2.1.5 Podle časového hlediska

Podle časového hlediska lze rozeznat dva typy eroze a to historickou a soudobou. Eroze, která změnila ráz krajiny z geologicky dlouhého období je historická. Eroze, která působí v současnosti je označena jako soudobá.

## 2.2 Rozšíření eroze půd

Problém eroze zvláště zemědělsky využívaných půd je světovým problémem, který má za následek každoroční úbytek tisíců km<sup>2</sup> zemědělské půdy. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo zavedením intenzivního zemědělství z 10 miliard tun za rok na 25 – 50 mld. tun ročně v současnosti. A tu dobu bylo erozí zničeno 430 mil. ha produktivních ploch. Současná degradace půdy erozí vede k nevratné ztrátě produkce na ploše 6 mil. ha/rok úrodné půdy (Janeček et al., 2002). Pokud se týká Evropy, nedosahují problémy s erozí

takových rozměrů jako v rozvojových zemích jak Afriky, tak i Asie. Vzhledem k intenzitě zemědělského využívání půd jsou však vážné problémy i v celé řadě zemí Evropy, včetně České republiky (Burian et. al., 2011).

**Tab. 3 Rozsah půd ohrožených vodní a větrnou erozí v milionech ha**

světadíl	eroze	
	vodní	větrná
Asie	441	222
Afrika	227	186
Jižní a střední Amerika	169	47
Evropa	114	42
Severní Amerika	60	35
Oceánie	83	16
Svět celkem	1 094	548

Zdroj: Oldeman, 1992 in Janeček et al., 2002

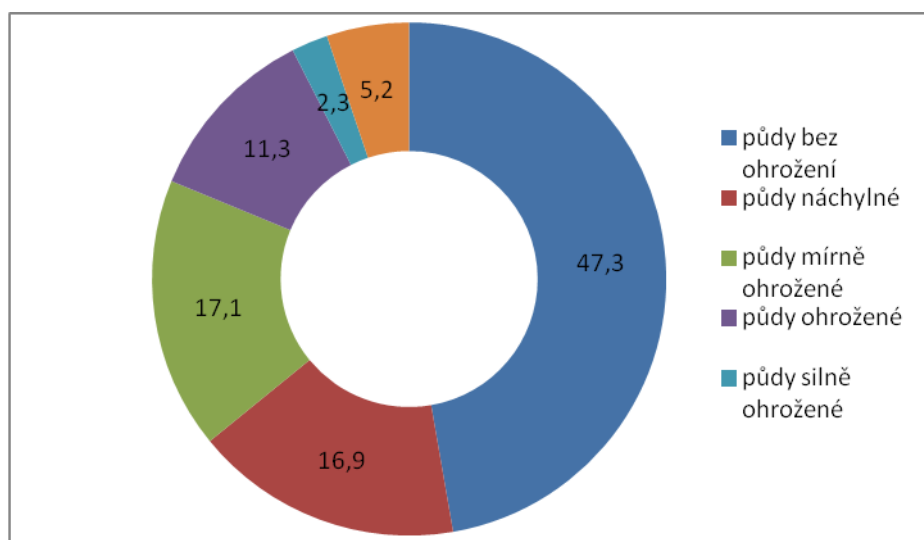
V podmínkách České Republiky připadá na jednoho obyvatele cca 0,41 ha zemědělské půdy, což je průměr zemí EU a lesní půdy 0,25 ha na obyvatele. Množství zemědělské půdy však velmi rychle klesá (Janeček et al., 2008). V České republice je v současné době podle analýz VÚMOP, v.v.i. více než polovina zemědělské půdy ohrožena vodní erozí. Při čemž zejména za posledních 30 let se degradace půdy vlivem vodní eroze výrazně zrychlila (MZe, 2011).

V klimatických podmínkách České republiky je půda rozrušována především vodou a větrem, tato příčina je dána členitostí reliéfu území, půdními podmínkami a intenzivní zemědělskou výrobou. Dostál et al. (2002) analýzou svažitosti území zjistili, že se v České republice nachází 43,3 % orné půdy na svazích se sklonem 3° - 7°, 9,8 % orné půdy je na svazích se sklonem 7° - 9° a 0,7 % orné půdy se nachází na svazích se sklonem nad 12°. Na území ČR je (v kategorii mírně ohrožené až nejohroženější půdy) potenciálně ohroženo 35,9 % zemědělské půdy vodní erozí a 18,4 % větrnou erozí. Z toho silně až extrémně silně je ohroženo v případě vodní eroze 7,4 % ZPF (dle dlouhodobého průměrného smyvu půdy) a v případě větrné eroze 5,1 % ZPF. Rámcový způsob hospodaření zabraňující další erozi půdy je doporučen celkem u 51,2 % zemědělské půdy v ČR. Z hlediska vývoje od roku 2010 lze konstatovat stagnující trend, na většině ploch erozí ohrožených půd není prováděna

systematická ochrana, která by omezovala ztráty půdy, resp. bránila další degradaci půdního profilu (ISSaR, 2014).

Aktuální eroze, která by vyjadřovala současný skutečný stav erozního ohrožení se zahrnutím i antropogenních vlivů, není soustavně pro celé území ČR sledována. Proto se k vymezení zemědělských půd náchylných k vodní a větrné erozi a zjištění erozního ohrožení využívá hodnocení tzv. potenciální ohroženosti zemědělských půd erozí, kdy výpočty vycházejí z přírodních poměrů a přirozených vlastností půdy a reliéfu. Vodní eroze patří mezi nejzásadnější projevy degradace půdy. Míru ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí lze kvantifikovat dvěma hlavními způsoby – potenciální kvantifikace je možná pomocí dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G) a přímá kvantifikace pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (Cp). Dle dlouhodobého průměrného smyvu půdy, resp. ztráty půdy je v ČR vodní erozí potenciálně ohrožena či je k ní náchylná více než polovina zemědělské půdy (52,7 %). Extrémnímu ohrožení vodní erozí je vystaveno 5,2 % zemědělské půdy (viz Obr. 7), což znamená, že dlouhodobá průměrná ztráta půdy na jednom hektaru je zde vyšší než 10,1 t za rok. V případě potenciálně mírné až silné eroze (30,7 % zemědělské půdy v roce 2013) činí ztráta 2–10 t/ha/rok (ISSaR, 2014).

**Obr. 7 Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (G) [% ZPF], ČR, 2013**



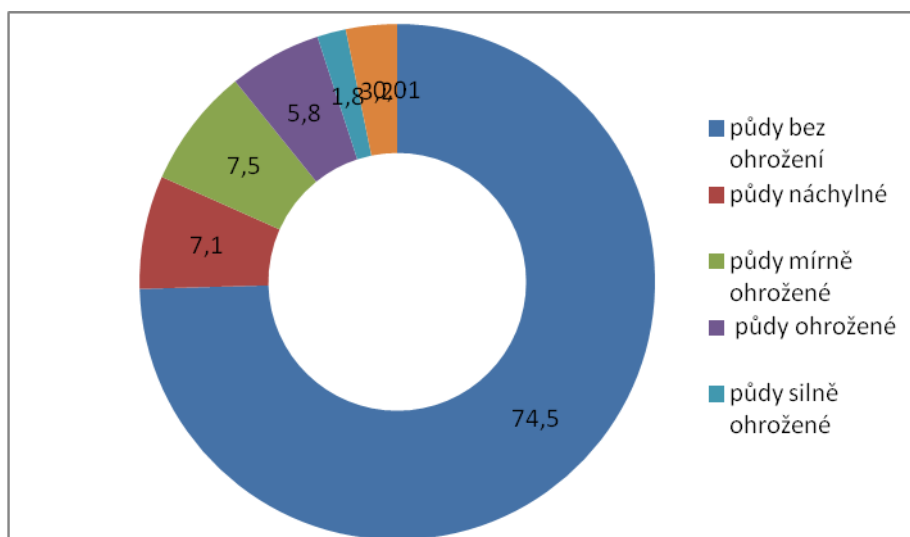
Zdroj: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>

Větrnou erozí je v současné době v ČR potenciálně ohroženo (půdy mírně ohrožené až nejohroženější) 18,4 % zemědělské půdy (viz Obr. 8). Příčinami vzniku větrné eroze jsou zejména nadměrná velikost půdních bloků s jedním druhem plodiny, chybějící větrolamy



(aleje) či remízky. Mimo ztráty nejúrodnějších částí půdního profilu a zhoršování fyzikálně-chemických vlastností půdy poškozuje větrná eroze klíčící rostliny, znečišťuje ovzduší a způsobuje další škody navátím ornice.

**Obr. 8 Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí [% ZPF], ČR, 2013**



Zdroj: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>

### 2.3 Přípustné meze eroze

Eroze by měla probíhat s takovou intenzitou, aby způsobená ztráta půdy byla nahrazena přirozenou tvorbou nové a transport látek nezpůsobil znečištění nad povolenou mez a zanášení toků a nádrží. Česká republika se nenachází v podmínkách, kde by docházelo k tak katastrofickým ztrátám půdy za jediný rok nebo dokonce během jedné srážkové události. Z dlouhodobého hlediska, jak uvádí Zachar (1970), náhlá i postupná eroze vede k závažné devastaci krajiny. Přípustný odnos půdy z hlediska trvalé ochrany půdy (kvantitativní i kvalitativní stránka) je dán vyrovnanou erozí. Proto došlo k navržení určitých limitů, které označují intenzitu eroze půdy za přípustnou resp. nepřípustnou. Limity přípustné ztráty půdy jsou nastaveny s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti. V podmínkách ČR jsou hodnoty přípustné ztráty půdy erozí dány hloubkou půdního profilu. Průměrná dlouhodobá ztráta půdy by neměla překročit hodnoty v následující tabulce. Ve speciálních případech se uvedené hledisko zpřísňuje např. při ochraně intravilánů, objektů, vodních zdrojů apod. je nutné individuální posouzení, při němž se vychází z tolerovatelného množství akumulovaného materiálu (Janeček et al., 2012).

**Tab. 4 Přípustná ztráta půdy vodní erozí**

Hloubka půdy	t/ha/rok
U mělkých půd (do 30 cm)	1
U středně hlubokých půd (30-60 cm)	4
U hlubokých půd (nad 60 cm)	10

Zdroj: Dumbrovský et al., 2004

Erozně ohrožený pozemek je takový, je-li vypočtený průměrný smyv půdy vyšší, než přípustný. Výpočet se provádí dle univerzální Wischmeier-Smith rovnice. Je-li vypočtená průměrná ztráta půdy vyšší než přípustná, je nutno na pozemku zajistit protierozní ochranu (Janeček et al., 2007).

Větrnou erozi ovlivňují zejména faktory meteorologické (poměry větrné, srážky a výpar) a půdní (obsah neerodovatelných > 0,8mm a jílovitých částic < 0,01 mm v půdě a půdní vlhkost) (Podhrázká, Dufková, 2005). Ohrožení větrnou erozí vyjadřuje MEO - míra eroziho ohrožení podle Riedla (Dumbrovský et al., 2004).

**Tab. 5 Ohrožení větrnou erozí**

MEO	t/ha/rok
Do 30	I. ojedinělé ohrožení
30 – 60	II. mírné ohrožení
60 – 80	III. ohrožení
80 – 100	IV. silné ohrožení
100 a víc	V. velmi silné ohrožení

Zdroj: Dumbrovský et al., 2004

### 3. Protierozní opatření

Úkolem ochranných opatření je snížení lidským působením zrychlené eroze na úroveň normální, geologické eroze. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toků a

nádrží, intravilánů měst a obcí atd.) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. Nemalou roli při volbě protierozních opatření hrají i náklady na jejich realizaci a platné legislativně-právní předpisy. Z finančního hlediska je nutné postupovat při návrhu protierozních opatření od finančně a realizačně nejjednodušších opatření organizačního a agrotechnického charakteru k opatřením technického charakteru (Podhrázská, Dufková, 2005).

Většina protierozních opatření (racionální organizace pozemků, minimalizace zpracování půdy, diferencovaná skladba osevního sledu, ochrana povrchu půdy, neškodné odvedení povrchových vod včetně stagnujících, přeměna povrchového odtoku v podpovrchový a eliminace ohnisek eroze) včetně prevence, současně chrání půdní strukturu. Naopak zachování stabilní struktury je jedním ze základních předpokladů ochrany půd před erozí. (Lhotský, 2000). Ochrana půdy před erozí, která je v podmínkách České republiky prokazatelně nutná, musí proto spočívat v důsledné aplikaci protierozních opatření (Bičík et al., 2009).

Kvítek a Tipl (2003) uvádějí následující opatření zabráňující erozi na orných půdách:

- Organizační opatření  
delimitace kultur zatravněním a zalesněním, protierozní rozmíst'ování plodin, pásové střídání plodin, změna velikosti a tvaru pozemku.
- Agrotechnická opatření  
vrstevnicové obdělávání, meliorace podorničních horizontů, mulčování, výsev do ochranné plodiny, strniště a ponechaných rostlinných zbytků na povrchu půdy, setí do hrubé brázdy, přerušované brázdění, stabilizace povrchu půdy.
- Technická opatření  
terasování, průlehy, terénní urovnávky, ochranné hrázky, příkopy, protierozní kanály, polní cesty s protierozním charakterem, protierozní nádrže, sanace strží, úvozů.

Realizace protierozních opatření by se měla vždy důsledně řídit odborně zpracovaným projektem pozemkových úprav a speciálním projektem protierozních úprav, který podle Podhrázské a Dufkové (2005) má obsahovat:

- hydrologické posouzení daného povodí,
- posouzení současného uspořádání a využití pozemků z hlediska ohrožení půdy před erozí, vyjádřeného dlouhodobým průměrným smyvem v t/ha/rok a z hlediska ohrožení dalších zájmů (vodní zdroje, intravilány...),
- variantní řešení protierozní ochrany území (povodí) s doporučením optimální varianty tak, aby ztráty půdy nepřekročily tzv. přípustné hodnoty a další požadované limity (koncentrace nerozpuštěných látek v tocích).

### 3.1 Role vegetace

Vegetační kryt půdy snižuje erozní činnost na půdě. Základem jsou návrhy změn druhů pozemků a protierozní rozmíst'ování plodin. Zásahy organizačního charakteru vycházejí především ze znalostí příčin erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje. Základem je situovat pozemky delší stranou ve směru vrstevnic (Podhrázská, Dufková, 2005).

Principy zajišťující ochranu půdy proti vodní erozi (Dumbrovský et al., 2004):

- Pěstování plodin dle specifík stanoviště a plodiny.
- Včasný termín výsevu plodin.
- Výsev víceletých pícnin do krycí plodiny.
- Posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů.
- Zařazování bezorebně setých plodin.
- Rozmístění plodin dle svažitosti pozemku.
- Ochranné zatravnění.
- Ochranné zalesnění.
- Protierozní rozmíst'ování plodin.
- Protierozní osevní postupy.
- Pásové střídání plodin.
- Protierozní směr výsadby sadů a vinic.

Jedním z nejpoužívanějších způsobů protierozní ochrany nově budovaných či již erozí poškozených svahů je založení kvalitního vegetačního krytu, především travního porostu. Za tímto účelem jsou svahy po finálních terénních úpravách ohumusovány a osety vhodnou travní směsí. Zvolená travní směs by měla obsahovat především rychle vzrůstající travní druhy zajišťující včasnou a účinnou ochranu svahu (Janeček et al., 2008).

Vegetace se však nepodílí jen na protierozní ochraně svahů, ale také svou přítomností může významně ovlivňovat jejich stabilitu svými mechanickými a hydrologickými účinky. Efekt však může být i negativní v závislosti na tom, jak za daných podmínek ovlivňuje erozní proces (Morgan, 2005). Z mechanického hlediska půda méně odolává tahu než tlaku, zatímco kořeny rostlin jsou schopné více odolávat naopak tahu než tlaku. Základním předpokladem pro zvýšení stability svahu pomocí kořenového systému rostlin je přítomnost kořenů v oblasti případné smykové plochy (Norris et al., 2008). Kořeny přetínající smykovou plochu působí jako půdní kotvy proti vytažení/vytržení (Tvrzníková, 2010). Důležité parametry pro vytvoření vyztuženého půdního profilu s adekvátní stabilizační funkcí jsou hustota kořenového systému, délka kořenů (zároveň i hloubka zakořenění), rozvětvení, úhel (pod kterým protínají potenciální smykovou plochu), prostorové rozložení a pevnost kořenů v tahu (Tvrzníková, 2010). Ovšem vegetační kryt ovlivňuje pouze mělké svahové sesuvy, přesto je vliv pozitivní.

Negativní vliv může na svah mít vegetace vysokého vzrůstu, například stromy. Jde především o zvýšení normálového napětí na smykové ploše díky vlastní tíze vegetace (Norris et al., 2008). Záleží také na umístění vegetace u svahu. V případě vyšší dřevité vegetace je stabilita svahu ohrožena také přenosem působení větru.

Plodiny využívané při protierozních úpravách se rozdělují podle rozdílného stupně ochrany půdy proti vodní erozi (Dumbrovský a kol., 2004):

- s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetace (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny),
- s dobrým protierozním účinkem po většinu vegetační doby (obilniny, meziploidy, luskoviny),
- s nedostatečným protierozním účinkem po většinu vegetační doby (kukuřice, brambory, cukrovka).

Vegetace jako stabilizátor a protierozní ochrana svahů není jednoduchou záležitostí, protože se vždy musí posuzovat její jak pozitivní, tak i negativní působení na erozní činitele. Pokud tedy jde o vegetaci využívanou při protierozních úpravách svahů, jako adekvátní se jeví travní porost (Norris, et al., 2008). Trávy používané pro travní směsi k protierozní ochraně svahů by měly podle Janečka et al. (2008) vynikat:

- dostatečně rychlým vzházením a počátečním růstem,
- dobrým odnožováním,
- odolností vůči extrémním stanovištním podmínkám (často stanoviště chudé na živiny, s různou mírou půdní vlhkosti),
- nenáročností na intenzitu ošetřování,
- vytrvalostí na stanovišti.

Janeček et al. (2008) dále uvádí, že by protierozní travní směsi měly být tvořeny základními druhy trav (40 - 60 %) kostřava červená (*Festuca rubra*), která je velmi vytrvalá a adaptabilní v různých stanovištních podmínkách, nenáročná na živiny a poměrně hluboko kořenící. Doplňkovými druhy trav jsou pak (10 - 30 %) lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), kostřava luční (*Festuca ovina*) a jiné. Také až do 20 % jsou ve směsi speciální druhy trav v závislosti na stanovištních podmínkách.

### **3.2 Technická protierozní opatření**

Při řešení protierozní ochrany nejsou samostatně použita agrotechnická a organizační opatření schopna ve většině případů podstatně omezit povrchový odtok. Nastupují tedy na řadu návrhy a realizace technického charakteru. Ty bývají většinou velice účinné, s dlouhou periodou trvání, ale také ekonomicky nejnáročnější (Vrána et al., 1998).

Technická protierozní opatření slouží k vyrovnání terénních příčných nerovností a snížení podélného sklonu velmi svažitéch pozemků, k ochraně pozemků před vodou vytékající například z lesních porostů na zemědělskou půdu, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a zachycování smyté zeminy, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami povrchovým odtokem a smytou zeminou (Janeček et al., 2008) Je nezbytné rozdělit svažité, plošně značně rozsáhlé pozemky a neúměrnou délkou svahu, protierozními opatřeními (zejména liniového charakteru) a spolu s

realizací nových svodných prvků (upravené a zatravněné dráhy soustředěného povrchového odtoku) vytvořit odpovídající síť nových hydroponií (Podhrázská a kol., 2009).

Technické prvky však není možno navrhnout izolovaně, čistě technokraticky dle výpočtu limitní šířky pásu a předpokládat, že jen ony vyřeší protierozní ochranu daného území. Celý systém těchto technických opatření je nutno chápat pouze jako tzv. “kostru protierozních opatření“ v řešeném území, kterou je nutno doplnit systémem organizačních, agrotechnických, popřípadě stavebně technických opatření. (Podhrázská a kol., 2009)

Technické opatření lze rozdělit do dvou skupin. K první skupině opatření se řadí zemní úpravy, jako jsou terénní urovnávky, meze a terasy. Ke druhé hydrotechnické prvky, jako jsou příkopy, průlehy, ochranné hrázky a nádrže (Janeček et al., 2005).

Technická opatření mohou být následující:

- terénní urovnávky,
- terasy,
- příkopy,
- průlehy,
- vsakovací pásy,
- sedimentační pásy,
- zatravněné údolnice,
- ochranné hrázky,
- asanace erozních výmolů a strží,
- ochranné nádrže,
- polní cesty s protierozní funkcí (MZE, 2012).

### **3.3 Protierozní výrobky a materiály**

Pro vytvoření kvalitního travního porostu je zapotřebí až dvou vegetačních sezón. Travní porost je však schopen částečné ochrany již tři měsíce po vzejití. Kritickým obdobím pro vytvoření kvalitního travního porostu na svazích je tedy doba mezi osetím svahu, vzejitím travního semene a vytvořením travního drnu (Hrábě et al., 1990).

Během toho období je povrch s porostem stále vystaven působení erozních činitelů, které mohou ohrozit i vývoj kvalitního travního porostu. Pro zabezpečení protierozní ochrany porostu v tomto kritickém období mohou být na upravené svahy aplikovány protierozní výrobky z přírodních, syntetických nebo kombinovaných materiálů, jejichž funkcí je poskytnout počáteční ochranu půdního povrchu před působením erozních činitelů, ochránit nově vysetý travní porost při vzcházení a jeho tvorbě (Rickson et al., 2006).

### **3.3.1 Základní dělení protierozních výrobků**

Základní dělení protierozních výrobků může být provedeno podle použitého materiálu, nebo podle délky trvání protierozního účinku. Pokud jde použitý materiál mohou být výrobky přírodní, syntetické nebo z jejich kombinace – kompozit. Podle délky trvání protierozního účinku jsou výrobky dočasné a trvalé.

Dočasné protierozní výrobky lze dále rozdělit podle způsobu degradace použitého materiálu. Jsou jednak biodegradovatelné, což jsou veškeré využívané přírodní materiály jako seno, sláma, bavlna, len, jutová, kokosová a palmová vlákna a další. Dále pak fotodegradovatelné, což jsou některé syntetické materiály, které nejsou stabilizovány proti UV záření a díky tomu se rozpadají na stále menší částice, jež jsou následně činností půdních mikroorganismů přetvořeny na oxidy uhlíku (Řejha, 2011). Trvalé protierozní výrobky jsou vyrobeny především z UV stabilizovaných syntetických polymerů.

Geosyntetické protierozní výrobky spadají do oblasti geosyntetických výrobků, jejichž termíny a definice upravuje ČSN EN ISO 10318: Geosyntetika – termíny a definice, 2006. Předpona „geo“ značí, že je výrobek používán ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály při zemních a stavebních pracích a kořen slova „syntetika“ značí, že alespoň na jednu složku výrobku byl použit syntetický nebo přírodní polymer (ČSN EN ISO 10318). ČSN EN ISO 10318 člení geosyntetické výrobky na:

- geotextilie (GTX),
- výrobky podobné geotextiliím (GTP),
- geosyntetické izolace (GBR) a
- geokompozity (GCO).



V rámci protierozní ochrany svahů se využívají především geosyntetické výrobky náležící do skupiny geokompozit (GCO), což je sdružený materiál obsahující mezi svými složkami nejméně jeden geosyntetický výrobek a výrobky podobné geotextiliím (GTP). Tato skupina geosyntetik obsahuje celou řadu produktů, přičemž v rámci protierozní ochrany svahů se používají:

- geosítě (GNT)

což je geosyntetika sestávající z rovnoběžných soustav žeber uložených přes sebe a pevně spojených obdobnými soustavami v různých úhlech,

- georochože (GMA)

což je trojrozměrná propustná konstrukce vyrobená z polymerních nekonečných vláken a/nebo jiných prvků (syntetických nebo přírodních), pojená mechanicky a/nebo tepelně a/nebo chemicky a/nebo jinak,

- geobuňky (GCE)

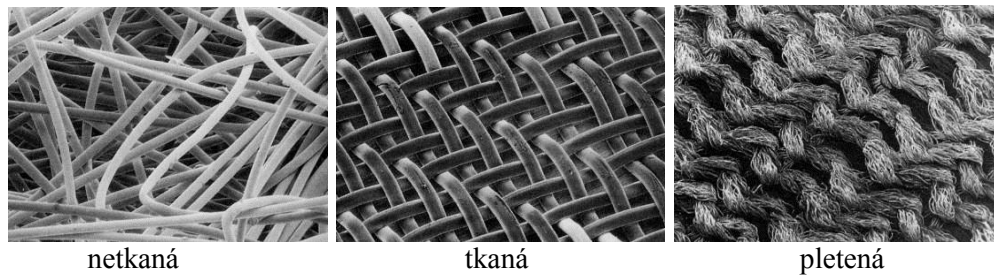
což je trojrozměrná propustná polymerní (syntetická nebo přírodní) voštinová nebo podobná buněčná konstrukce vyrobená ze vzájemně propojených proužků geosyntetik (ČSN EN ISO 10318).

Také v případě přírodních protierozních výrobků, jejichž terminologie není upravena žádnou normou, lze využít výše uvedené termíny z normy ČSN EN ISO 10318, pak lze uvažovat o přírodních protierozních geosítích (NECM) případně georochožích (jedná-li se o trojrozměrnou konstrukci).

### **3.3.2 Geosyntetické protierozní výrobky**

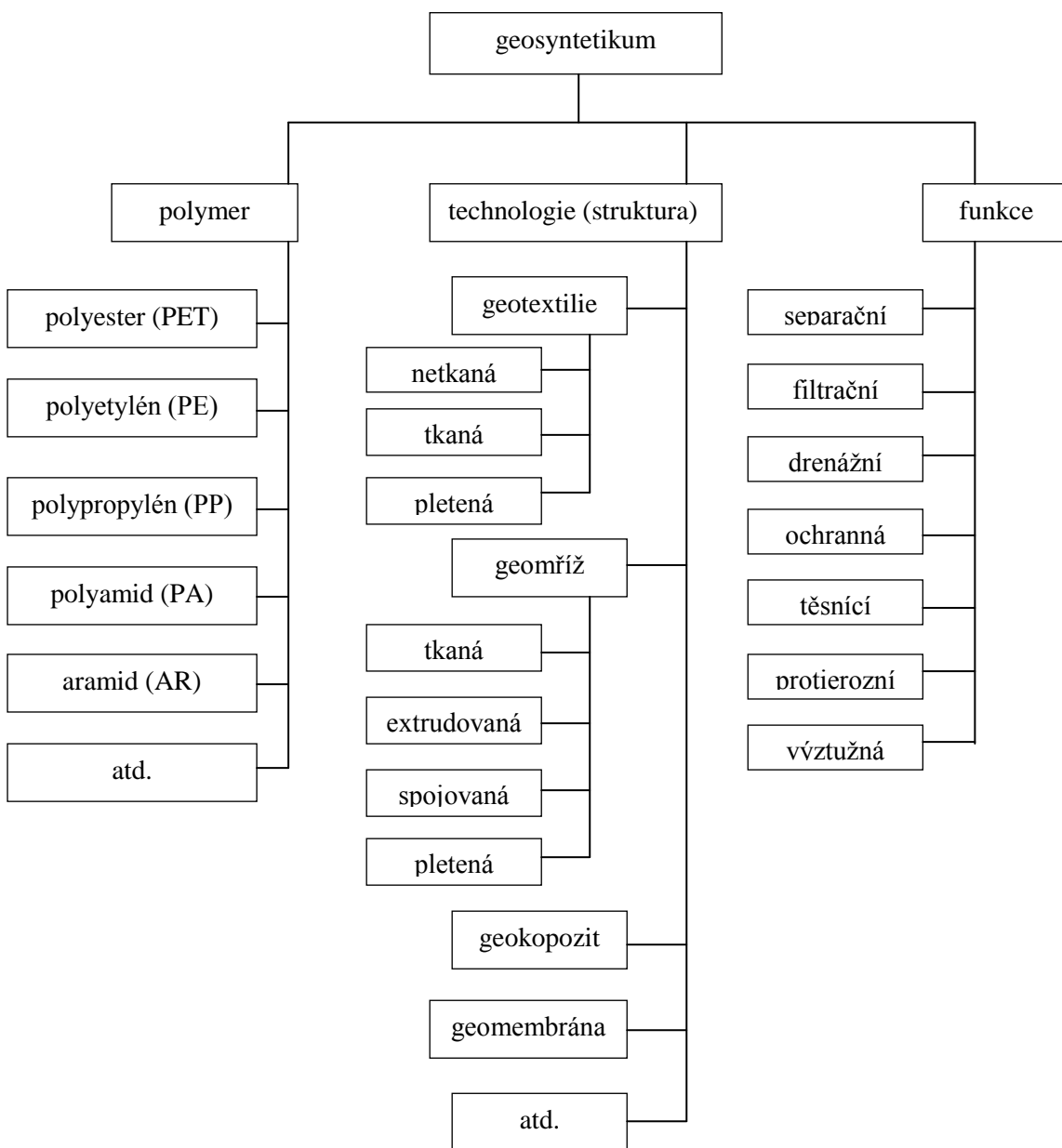
Geosyntetikum se řadí mezi uměle vyrobený materiál na bázi polymeru. Pro výrobu se používá celá řada polymerů s různými základními vlastnostmi. V současné době se dělí geosyntetika podle různých kritérií. Může to být například typ polymeru, technologie výroby (struktura) či funkce výrobku. Typické struktury jednotlivých typů geosyntetik, které se nejčastěji používají v technické praxi pro vyztužování podloží, jsou zobrazeny na obrázku 9 a 10 (Miča, 2011).

**Obr. 9 Geotextilie**



zdroj: Miča, 2011

**Obr. 10 Základní rozdělení geosyntetických výrobků**



Zdroj: Miča, 2011

Pro správnou funkci geosyntetika v konstrukci je nezbytné správně definovat jejich vlastnosti. Ty lze rozdělit na popisné a indexové, mechanické a hydraulické vlastnosti a mechanickou a chemickou odolnost.

Celulární systém (geobuňky) je tvořen PE flexibilní buněčnou strukturou podobnou včelímu plástu. Geobuňky musí být tvarově stálé, aby nedošlo k porušení na spojích a ke zborcení na svahu. Zatravnovací panely tvoří tuhou buněčnou strukturu z plastů. Prostorové buňky obou systémů musí být nezávadné pro životní prostředí a musí splňovat všechny vlastnosti deklarované výrobcem. Vyplňují se zrnitým materiálem nebo zeminou. Podle požadavku na druh ochrany svahu se zatravní, případně se do buněk vysadí dřeviny (SŽDC, 2008).

Geotextílie se používají pro oddělení dvou různých zemních vrstev, stabilizaci svahu, podporu vegetace a zabraňují erozi půdy. V inženýrských projektech se s geotextíliemi lze setkat například u stabilizace svahu rezervoáru, základů při stavbě silnice nebo opěrné zdi hráze. Geotextílie jsou obvykle dodávány srolované ve válcích a jsou instalovány přímo v terénu. Připevňují se pomocí různých kotvicích zařízení (Bhattacharyya a kol., 2010). Při zatravnění je účelem geotextílií protierozní ochrana svahu po dobu vývoje travního drnu, vzhledem k jejich zvýšené schopnosti zadržovat půdu a vodu.

Přírodní geotextílie jsou vyrobeny z kokosových, jutových, bavlněných či sisalových přízí nebo ze slámy. Rozkládají se hnitím, mineralizují tedy půdu, v které jsou uloženy. Obvykle se vyrábějí z podřadných nebo odpadních materiálů, proto prakticky nelze určit jejich technické parametry. Zejména není možno u nich uvažovat s pevností v tahu (Zlatuška, 2003).

Syntetické geotextílie jsou obvykle vyrobeny z polymerů a náklady jsou výrazně vyšší, než na biologické. Syntetické geotextílie nabízejí ovšem vyšší pevnost v tahu a vydrží více než 20 let. Při jejich výrobě je možno garantovat určité technické parametry jako plošnou hmotnost, pevnost v tahu, pokles pevnosti v tahu po ozáření UV zářením apod. (Zlatuška, 2003). Syntetické geotextílie jsou ovšem biologicky nerozložitelné.

### **3.3.2 Gabiony a geomříže**

Gabionová konstrukce je prvek ve tvaru krychle nebo kvádrů, vyrobený z šestibokého ocelového pletiva, svařovaných ocelových sítí, případně vysokopevnostních

polymerových geomříží vyplněný přírodním kamenivem, lomovým kamenem, zeminou, recyklátem apod. Podle provedení se gabiony dělí na vázané a svařované. Podle rozměrů se dělí na koše a matrace.

Gabiony se sestavují přímo na místě stavby v rozměrech určených projektovou dokumentací. Gabiony je možné také zhotovit jako montážní prefabrikát a následně osadit jeřábem na místo uložení. Zhotovitel musí před zahájením prací předložit technologický předpis ke schválení stavebnímu doзору (SŽDC, 2008).

Geomříže jsou geosyntetický výrobek, který má rovinnou otevřenou strukturu tvořenou systémem vzájemně na sebe kolmých podélných a příčných žeber. Ta mohou být v průsečíku spojena kontinuálně, svařením, lepením anebo provázáním. Otvory geomříží jsou obvykle o velikosti 10 – 100 mm a umožňují tak částicím zeminy/horniny nebo jiným geotechnickým materiálům proniknout skrz otvor geomříže. Podle způsobu výroby lze rozlišit geomříže monolitické, extrudované, lepené a tkané (GEOMAT, 2014).

## Praktická část

### 4. Stavba I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram

Stávající mostní objekty u osady Podhora na silnici první třídy I/19 mezi Rožmitálem pod Třemšínem a obcí Pňovice byly po povodni v srpnu roku 2002 v havarijním stavu. Při povodni došlo k zahlcení mostních objektů a následně k jejich poškození, včetně opěrných zdí.

Obr. 11 Umístění stavby



Zdroj: <http://www.mapy.cz>

Na základě zadání ŘSD ČR, správa Praha byla vypracována a projednána dokumentace ve stupni dokumentace pro stavební povolení a dokumentace pro zadání stavby (dále pouze DSP a DZS) projekční kanceláří Valbek, spol. s r. o., středisko Plzeň v roce 2003.

#### 4. 1 Popis stavby a situace

Nový mostní objekt s rozpětím mostových polí 12,0 + 20,0 + 12,2 m nahradil tři stávající mostní objekty. Šířkové uspořádání nové komunikace je v kategorii S 9,5 s jednostranným chodníkem průchozí šířky 1,50 m.

**Obr. 12 Nový mostní objekt**



Zdroj: vlastní

#### **4. 1. 1 Stavební objekty nové stavby**

- SO 101 Přeložka komunikace I/19
- SO 102 Provizorní objízdná komunikace
- SO 201 Nový most Podhora
- SO 211 Demolice mostu ev. č. 19-015
- SO 212 Demolice mostu ev. č. 19-016
- SO 213 Demolice mostu ev. č. 19-017
- SO 401 Přeložka nadzemního vedení NN
- SO 411 Ochrana telekomunikačních kabelů
- SO 801 Ozelenění stavby
- SO 811 Rekultivace
- SO 901 Dopravně inženýrská opatření

**Obr. 13 Aktuální situace přeložky silnice a objektu mostu**



Zdroj: <http://www.mapy.cz>

Stavební povolení bylo vydáno speciálním stavebním úřadem, v tomto případě Odborem dopravy Středočeského kraje. Stavba je zahájena v říjnu roku 2004 a dokončena v září roku 2005. Zhotovitelem stavby je firma STRABAG, a.s.

#### **4.2 Přeložka komunikace I/19 – SO 101 dle projektové dokumentace**

Přeložka silnice I/19 řeší přeložení původní trasy silnici mimo stávající silniční těleso v návaznosti na výstavbu nového mostního objektu. Začátek přeložky je situován do vzdálenosti asi 56 m od mostního objektu ev. č. 19-015. Přeložka silnice byla provedena v celkové délce 330 m, konec přeložky je napojen na stávající stav v místech křižovatky hlavní silnice s místními komunikacemi naproti stávající autobusové zastávce. (Valbek, spol. s. r. o., 2003)

Navržená trasa se směrově odkloňuje ve směru od Rožmitálu pod Třemšínem směrovým obloukem v km 0,018.651 poloměrem  $R=320$ . Poté v délce 50,495 m je přímá a na ní navazuje v km 0,114.978 pravostranný oblouk o poloměru  $R=170$ . Napojení na stávající komunikaci pomocí přechodnic o parametru zakřivení  $A=45,735$  a  $A=79,189$ . Kategorie komunikace je navržena S9,5/60 s rozšířením ve směrovém oblouku. Niveleta vozovky je ve směru staniční Rožmitál pod Třemšínem – Podhora vedena ve stoupání s plynulým napojením na stávající výškové poměry. (Valbek, spol. s. r. o., 2003)

Stavba se nachází v údolní nivě říčky Vlčava, která částečně odvodňuje plochu západní části Brd nad městem Rožmitál pod Třemšínem. Zakládání stavby bylo z geologického hlediska velmi složité, protože místo stavby přeložky silnice I/19 a mostu bylo na naplaveninách. Spodní stavba mostu tj. obě opěry a pilíř byl založen na pilotách.

Vzhledem k tomu, že nové silniční těleso je situováno do míst stavebních navážek a slepého zvodněného koryta řeky, bylo nutností provést zemní práce značného rozsahu. Před zakládáním silničního tělesa jsou odstraněny navážky na pravém břehu a původní silniční těleso na levém břehu. Silniční těleso bylo odstraněno včetně kamenných opěrných zdí.

**Obr. 14 Sanace silničního tělesa přeložky**



Zdroj: vlastní

Zemní práce na tomto objektu jsou dány návrhem nivelety, konfigurací terénu a rozsahem mostních objektů. Násypy dosahují výšky až 5,8 m. K zemním pracím patří i demolice a odtěžení zbytků ruiny po původních mlýnských staveních.

Z důvodu špatných geologických podmínek je založení silničního tělesa provedeno na sanační vrstvě předpokládané tloušťky 0,50 – 0,80 m. Jedná se o sanační vrstvu z lomového kamene, která je hutněním vlačována do zvodněného podloží. V případě neúnosných míst podloží byla únosnost založení tělesa zvýšena vloženou geotextilií do sanační vrstvy. Geotextilie je ochráněna z obou stran vrstvou šterkopísku. (Valbek, spol. s. r. o., 2003)



**Obr. 15 Sanace pláně před pokládkou první vrstvy Terramesh**



Zdroj: vlastní

S ohledem na geologické poměry a s ohledem na minimalizaci zásahu tělesa komunikace do okolního území je vlastní sypané silniční těleso založeno systémem zpevněných svahů (systémem Terramesh), kterým bylo dosaženo strmých silničních 60° svahů. Jedná se o zakládání svahů ze sypaných zemí po zhutněných vrstvách tl. 600 mm do výztužných košů, spletených z dvojitého drátu s šestiúhelníkovými oky. Pletivo je pozinkováno a povlečeno PVC ochranou. (Valbek, spol. s r. o., 2003)

**Obr. 16 První vrstva Terramesh po sanaci pláně**



Zdroj: vlastní

**Obr. 17 Zaklopené pletivo před pokládkou další vrstvy**



Zdroj: vlastní

**Obr. 18** Pokládání dalších vrstev dle technologického předpisu



Zdroj: vlastní

**Obr. 19** Dosažení požadované strmosti, jednotlivé vrstvy Terramesh



Zdroj: vlastní

Vzhledem ke křížení vodního toku je použit do úrovně 80 cm na hladinu 100leté vody vodní typ zpevněných svahů. Koše jsou opatřeny polyetylénovou folií proti průniku vody do silničního tělesa. Nad úrovní vodního typu byl použit klasický typ se zatravněním.

**Obr. 20 Směrové zakřivení v místě plánované autobusové zastávky**



Zdroj: vlastní

V rámci budování silničního tělesa přeložky silnice I/19 proběhlo vyčištění a následná úpravná stávajících silničních propustků. Jedná se o prodloužení a opevnění svahů na výtoku. Stávající propustek profilu 800 mm, který byl před zahájením stavby vyústěn vyčnívajícím potrubím ze silničního svahu. Zde je provedeno prodloužení s následným vybudováním čela a vývařiště z důvodu velkého výškového rozdílu.

**Obr. 21 Směrový oblouk na návodní straně, aktuální stav**



Zdroj: vlastní

**Obr. 22 Těleso SO 101 Přeložka komunikace I/19**



Zdroj: vlastní

Komunikace končí v místech mostního křídla nové mostní opěry. Ukončení původního silničního tělesa je provedeno vysvahováním tělesa a provedením viditelná zábrany v podobě zábradlí kotveného do betonového prahu napříč vozovkou. Část původní komunikace tak bude sloužit pro obsluhu soukromých pozemků.

**Obr. 23 Vnitřní oblouk vozovky s propustkem, aktuální stav**



Zdroj: vlastní

**Obr. 24** Dokončené svahy a pohled na vzdálený mostní objekt



Zdroj: vlastní

**Obr. 25** Dokončené svahy, aktuální stav

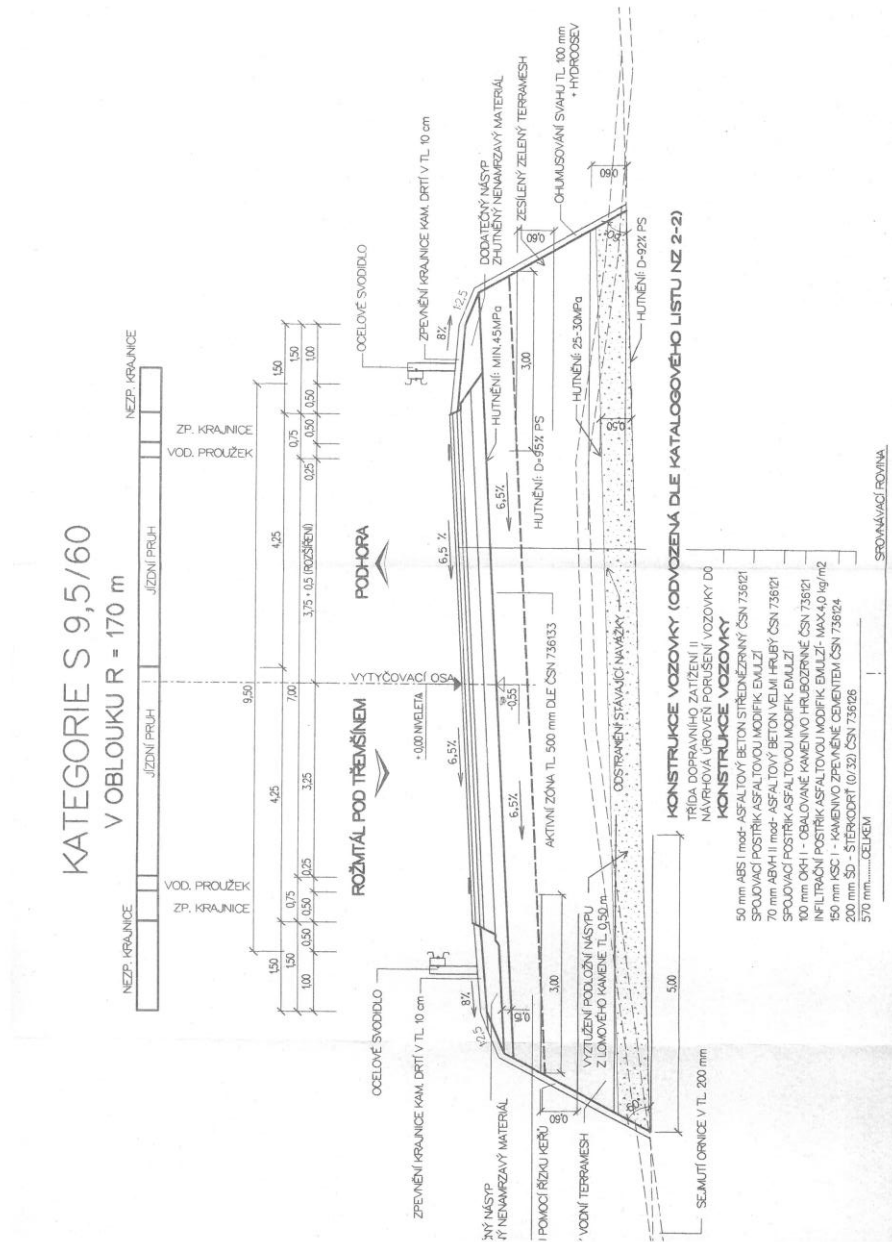


Zdroj: vlastní

## 4. 3 Nové silniční těleso

Vlastní skladba silničního tělesa je patrná ze vzorových řezů uvedených ve výkresové dokumentaci objektu.

Obr. 26 Řez silničním tělesem



Zdroj: I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram, Valbek, spol. s. r. o.



## 5. Diskuze

V dnešní době existuje velké množství metod a způsobů jak řešit erozi v rámci strmých svahů liniových komunikací. Můžeme zvolit biologické, mechanické nebo kombinované metody zpevnění strmých svahů.

Každé toto řešení má své opodstatnění a ze všeho výše uvedeného vyplývá nutnost zařadit strmé svahy do kategorie speciálních inženýrských staveb (Summerfield, 1991).

V praktické části práce jsem využil svoje zkušenosti získané mým působením na Ředitelství silnicí a dálnic ČR v rámci regionu Příbramska. Já sám jsem se věnoval přípravám staveb na rychlostní komunikaci R4 a silnicích prvních tříd I/18, I/19 a mnoha dalších.

Pro místní šetření a vyhodnocení jsem nakonec zvolil stavbu I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram, kterou sem shledal z hlediska řešení dané problematiky jako nejvhodnější. Je nutné uvést, že se jedná o moje subjektivní pozorování, které nemám možnost exaktně dokumentovat, ale předběžně mohu konstatovat, že dle mého názoru tato stavba v hodnocení obstála.

Při vlastní výstavbě muselo být řešeno několik problémů, které neobsáhla projektová dokumentace. Netýká se to pouze této stavby, ale při budování liniových staveb se obecně řeší dílčí problémy na stavebních objektech v rámci kontrolních dnů a dokumentace stavby je poté upravena číslovaným sdělením projektanta stavby. U těchto změn se navýšené finanční náklady zpravidla řeší vícepracemi, které do určité výše podléhají ke schválení objednateli stavby v rámci celkového rozpočtu na danou akci. Pokusím se nastínit, alespoň některé z nich.

Z důvodů nižší výšky zakládání zpevněných svahů oproti projektu bylo nutné v místech, kde do předepsané výšky násypu chybělo cca 0,6 m navíc, přidat ještě jedno patro tvořené Terrameshem, abychom na zpevněných svazích dosáhli předepsané výšky násypu. Tato nepřesnost vznikla z důvodu nevhodného podloží, které bylo nutné odtěžit. Zhotovitel stavby vyčíslil Terramesh použitý navíc do návrhu víceprací a předal objednateli k odsouhlasení.

Projektová dokumentace stavby neřešila konkrétní technologii zpevnění strmých svahů u stavebního objektu č. 101 (přeložka komunikace I/19). V rámci kontrolního dnu bylo vyvoláno jednání se společností GEOMAT, s. r. o., kde byl vybrán systém Terramesh, který splnil veškeré parametry předepsané projektem stavby.

V etapě výstavby pilot nového mostního objektu, kde byl tento způsob založení mostu zvolen z důvodu neúnosného podloží, proběhly zkoušky integrity jednotlivých pilot. Ze

závěrečné zprávy bylo patrné, že jedna ze zkoušených pilot byla těsně nad hranicí přístupných kritérií. Na základě vyjádření projektanta stavby byla pilota shledána z hlediska únosnosti jako vyhovující.

Při závěrečné etapě stavby byl na kontrolním dnu zjištěn nadbytek vegetace, které byla předepsána projektem a měla být v místě a okolí stavby osázena. Celkově se jednalo o cca 30 ks listnatých stromů a 1200 m<sup>2</sup> keřů z vegetačních úprav na stavbu. Bylo patrné, že na svahy se všechny keře nevejdou. Městský úřad Rožmitál pod Třemšínem byl požádán, aby určil místo, kde bylo možné vysázet zbylou zeleň.

Každý typ zpevnění protierozní ochrany je specifický a má své opodstatnění, ale důležitá je jeho funkčnost a správná aplikace v dané lokalitě.

Příkladem špatně provedených protierozních opatření v České Republice je poslední úsek nově dokončované dálnice D8 v Českém středohoří mezi Velemínem a Litochovicemi nad Labem, kde v červnu roku 2013 došlo k zemnímu proudovému sesuvu po rovinné smykové ploše délky až 470 m a šířky do 200 m. Smyková plocha probíhala i pod dálničním tělesem (iDNES.cz, ČTK, 2013). Podle předběžných odhadů měly náklady na odstranění následků eroze dosáhnout výše stovek milionů až jedné miliardy korun. Nevyřešenou otázkou stále zůstává, zda příčinou rozsáhlé eroze byl špatně provedený geologický průzkum, chyba projektanta nebo zhotovitele stavby. Myslím si, že závažná situace mohla být způsobena již dříve nevhodně zvolenou liniovou trasou při územním plánování této významné komunikace. Dle mého názoru nebyl tento problém dodnes zcela vyřešen a stavba není stále dokončena.

Významným problémem u staveb liniových komunikací je dnes také samozřejmě nedostatek státních financí, které je potřeba vynaložit na jejich realizaci. Někdo by mohl namítnout, že výše financí vynaložených na stavby dálnic, rychlostních komunikací a ostatních silnic I. třídy se oproti předchozím letům mírně zvýšila, ale stále zde zůstává fakt, že Česká republika staví už delší dobu nejdražší dálnice v Evropě.

Tímto bych chtěl říct, že protierozní opatření by se neměly podceňovat, obzvláště pak u takových projektů, kterými jsou liniové stavby komunikací. Myslím si, že vhodně zvolené protierozní opatření, pokud je potřeba, se stává důležitým prvkem pro dlouhodobou funkčnost jakéhokoliv stavebního projektu.

## 6. Závěr

V místě byly tři staré mosty. Z toho jeden hlavní velký, další přes nefunkční a malý mostek, který sloužil k odvedení vody při zvýšení hladiny a jejím rozliti po okolních lukách.

Původní tři mostní objekty sloužily v převážné části 20. století a vzhledem k tomu, že krajina pod Brdským hřebenem ztratila schopnost retence mimo jiné provedením meliorací a úprav vodotečí, kdy i při jednodenním dešti dojde k razantnějšímu zvýšení hladiny potoků a řek bylo nutné s ohledem na nové poměry zvětšit průtokový mostní profil mostu.

Na základě výpočtů projektanta a s ohledem na okolní zástavbu byl proveden jeden nový velký mostní objekt jako třípólový most s pilíři mimo hlavní tok. Vzhledem k tomu, že bylo nutné zachovat i část staré silnice, která nyní slouží jako doprovodná komunikace a z důvodů velkých problémů ze záboru pozemků bylo nutno zvolit řešení strmých svahů.

Zakládání mostu a stavba přeložky silnice bylo z hlediska geologie velmi obtížné, ale dle současných technologických postupů vcelku jednoduchá a finančně i nenáročná.

Stavba byla prováděna za stálého dozoru investora a to jak po technické (stavební) stránce a i po geologické (s geologickým dozorem). Důležité bylo i důsledné přebírání jednotlivých vrstev násypů a provedených hutnících zkoušek. Materiál ukládaný do násypu byl vybrán na základě zkoušek.

Na stavbu násypu byl zpracován samostatný technologický postup včetně pokládky Terramesche. Důležité bylo i následné zatravnění svahů, aby nedocházelo k následné erozi.

Nový mostní objekt včetně přeložek komunikací byl uveden do provozu na přelomu roku 2004 a 2005. Zmapování stavu tedy proběhlo po více než 10-ti letech. Aktuální stav vysvahovaného tělesa komunikace bych hodnotil jako velmi dobrý. Svahy jsou z obou stran hojně prorostlé nízkou vegetací, přes kterou téměř nelze rozpoznat kovové vyztužení systému Terramesh. Vyzvednutá vozovka teď méně narušuje okolní prostředí a pozemek k vnitřní straně oblouku vozovky je občas používán jako pastva. Při porovnání osy vozovky s návazností na nový most na jedné straně a na navazující komunikace na straně druhé není pozorován ani minimální pohyb svahu silničního tělesa v jakémkoliv směru. Dle původních předpokladů byla stavba provedena precizně s dlouhou životností. Výsledek je patrný z přiložených fotografií.

Vypracování této práce rozšířilo mé obzory v problematice inženýrských staveb a umožnilo mi vrátit se zpět k hodnocení projektu, jehož jsem v minulosti byl součástí. S odstupem času teď mohu hrdě konstatovat, že stavba I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram obstála na výbornou.

## 7. Literatura a zdroje

Bičík, I. a kol. (2009): *Půda v České republice*. Praha: Consult, 2009. 255 s. ISBN 80-903482-4-6

Blanco, H., Lal, R. (2008): *Principles of soil conservation and management*. New York: Springer, c2008, xxiv, 617 s. ISBN 978-1-4020-8708-0.

Brtnický M., (2012): *Degradace půdy v České republice*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 91 s.

Bukovský J., Čermák P., Fiala P., Hruška M., Jelínek L., Jílek P., Klement V., Kučera J., Medonos T., Němčec S., Novák P., Novotný I., Papaj V., Pírková I., Poláková Š, Štolbová M., Vácha R., Válová M., Vilhelm V., Voltr V., Vopravil J., Vrabcová T., Vrbová E. (2012): *Situační a výhledová zpráva půda*. Ministerstvo zemědělství, ROZLET. Praha. ISBN 879-80-7434-088-8.

Burian, Z. et al. , (2011): *Pozemkové úpravy*. Vyd. 1. Praha: Consult, 2011, 207 s. ISBN 80-903482-8-9.

Cáblík, J., Jůva, K. (1963): *Protierozní ochrana půdy*. Vyd. 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963, 324 s.

Dostál, T., Váška, J., Vrána, K., Klik, A. (1996): *Vodní eroze*, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulty stavební, ČVUT Praha

Dumbrovský, M., Mezera, J., Střítecký, L., (2004): *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*. Brno: Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2004. 190 s.

Holý, M. (1994): *Eroze a životní prostředí*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1994, 383 s. ISBN 80-01-01078-3.

Holý, M. (1978): *Protierozní ochrana*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1978, 288 s.

Hrábč, F. et al., (2009): *Trávníky pro zahradu, krajinu a sport*, Vydavatelství Ing. Petr Baštan, Olomouc, 335 p.

Janeček M. a kol., (2012): *Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 76 s. ISBN 978-80-87415-42-9

Janeček M. a kol., (2002): *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, Praha: ISV nakladatelství, Praha, 201 s.

Janeček, M. et al., (2008): *Základy erodologie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008, 180 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

Janeček M., Coufal V., Dumbrovský M., Krejča T., Mašát K., Němec J., Novák P., Pivcová J., Tomášek M. 1999. *Pozemkové úpravy se zaměřením na bonitaci a pedologii*. Institut pro místní správu. Tiskárna MV. 73 s.

- Korsuň S., (1999): *Přístupy k problematice krajiny, meliorací a vodního hospodářství na stavební fakultě VUT v Brně*. In Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí. Dům techniky Brno, Brno: 21.
- Kozák J., Němeček J., Borůvka L., Lérová Z., Němeček K. (2009): *Atlas půd České republiky*. MZe ČR ve spolupráci s ČZU. Praha. 149 s. 978-80-213-1882-3
- Krajčovič, M. a kol., (1998): *Dopravní stavby I. – pozemní komunikace*, Brno
- Kvítek, T., Tippl, M.,(2003): *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. 47s. ISBN 80-7271-140-7
- Lhotský, J., (2000): *Zhutňování půd a opatření proti němu*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. 61s. ISBN 80-7271-067-2
- Miča, L. (2011): *Vyztužování podloží geosyntetiky*. Vutium, VÚT Brno, ISBN 978-80-214-4351-8, 33 s.
- Morgan, R.P.C., (2005): *Soil erosion and conservation*. Third edition, Blackwell Publishing Ltd, 304 p.
- MZE, (2011): *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011, 56 s. ISBN 978-80-7084-996-5.
- MZE, (2012): *Metodický návod k provádění pozemkových úprav*. (Aktualizovaná verze k 1. 5. 2012) Ministerstvo zemědělství – Ústřední pozemkový úřad. Praha, 2012. 125 s.
- Němeček, J. (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 1. vyd. Česká zemědělská univerzita. Praha. 79 s. ISBN: 80 – 238 – 8061 – 6
- Norris, J.E. et al., (2008): *Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions*, Springer Netherlands, 287 p.
- Pasák, V., (1984): *Ochrana půdy před erozí*. 1. vyd. Praha: SZN, 1984, 164 s.
- Podhrázká, J. Dufková, J., (2005): *Protierozní ochrana půdy*. Brno: Skriptum MZLU v Brně, 2005. 99 s. ISBN 80-7157-856-8
- Podhrázká, J. a kol., (2009): *Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku*. Ministerstvo zemědělství ČR (VÚMOP v.v.i.). Praha, 2009. 96 s.
- Sklenička, P. (2003): *Základy krajinného plánování*. 2. vyd. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- Stocking, M., Murnaghan, N. (2001): *Handbook for the field assessment of land degradation*. 1st ed. London: Earthscan, 2001, 169 s. ISBN 1853838314.
- Šarapatka B., Diapa P. a Bedrna Z., (2002): *Kvalita a degradace půdy*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc: 246 p.

- Toman, F., (1995): *Pozemkové úpravy*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995, 144 s. ISBN 80-7157-148-8.
- Tomášek M. (2000): *Půdy České republiky*. Český geologický ústav. Praha. ISBN 80-7075-403-6.
- Valbek, spol. s.r.o. (2003), Projektová dokumentace ve stupni DPS + DZS: I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram
- Vopravil, J., Vrabcová, T., Khel, T., Novotný, I., Banýrová, J. (2010) in Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Voda v krajině“, Lednice 31. 5. – 1. 6. 2010, ISBN 978-80-86690-79-7
- Vráblíková J., Slavík L. (1994): *Základy pedologie a ochrany půdního fondu*. Nadace Univerzitního střediska životního prostředí. Ústí nad Labem. ISBN 80-7044-066-X.
- Vráblíková J., Vráblík P. (2008). *Aplikovaná Pedologie*. Nadace Univerzitního střediska životního prostředí. Ústí nad Labem. ISBN 978-80-7414-046-4.
- Zachar, D., (1970): *Erózia pôdy*. 2. vyd. Bratislava: VSAV, 1970, 527 s.
- Zlatuška K., (2003): *Ochrana břehů vodního toku zatravněním, zejména za podpory geotextilií*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 45 s.
- Arshad M.A., Martin S. (2002): Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 (2002) p. 153–160.
- Bhattacharyya R., Smets T., Fullen M.A., Poesen J., Booth C.A., (2010): Effectiveness of geotextiles in reducing runoff and soil loss: A synthesis. *Catena*: s. 184 – 195.
- Bobál, P., Unucka, J., Novotná, J., Říhová, V., Vyležíková, M., Haplová, V., Hořínková, M., Podhorány, M., Ruman, S., Vojvodík, D. (2012): Srovnání metod stanovení vodní eroze RUSLE, USPED s numerickým modelem SIMWE na povodí Rožnovské Bečvy. *Vodní hospodářství*, 2012, č. 6, s. 45-49. ISSN 1211-0760.
- Dostál T., Krása J., Vrána K., (2002): Mapa erozního ohrožení půd a transport sedimentu v České republice. In: *Vodní hospodářství*. 52 (2): 46 – 48. ISSN 1211-0760.
- Nortcliff S. (2002): Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 161–168.
- Rickson, R.J., Clarke, M.A., Owens, P.N., (2006): The use of vegetation for erosion control and environmental protection. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31 (5), pp. 533-535.
- Rickson, R. J., (2013): Can control of soil erosion mitigate water pollution by sediments? *Science of the Total Environment*, 2013, vol. 468, s. 1187-1197.
- Rossiter D. (1996): A theoretical framework for land evaluation in *GEODERMA*, 72 (1996): 165-202. Elsevier Scientific.

ŘEJHA, M., (2011) Protierozní zabezpečení svahů zemních těles a svahů zemních konstrukcí. *Inženýrské stavby/Inženýrské stavby*, 04, pp. 1-5.

Summerfield, M. A., (1991) *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*. Pearson Prentice Hall, Harlow, 573 s. ISBN 0582301564

Sun, W., Shao, Q., Liu, Y. (2013): Soil erosion and its response to the changes of precipitation and vegetation cover on the Loess Plateau. *Journal of Geographical Sciences*. 2013, vol. 23, issue 6, s. 1091-1106. DOI: 10.1007/s11442-013-1065-z.

Tvrzníková, M., (2010): Vliv vzájemného působení kořenů a zeminy na stabilitu svahu. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*, 58 (2), pp. 229-234.

ČSN EN ISO 10318: Geosyntetika – termíny a definice, 2006

## Internetové zdroje

eAgri, (2011): Dvořáčková, M. *Kvůli erozi dochází v ČR k degradaci půdy a snižování její ceny, alarmující situace je především na jižní Moravě* [online]. 14. 7. 2011 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2011\\_kvuli-erozi-dochazi-v-cr-k-degradaci.html](http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2011_kvuli-erozi-dochazi-v-cr-k-degradaci.html)

EVROPSKÁ KOMISE, (2009): *Czech Republic\_National Framework for environmental actions\_CZ* [online]. 2009 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/agriculture/fruit-and-vegetables/country-files/cz/framework\\_cs.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/fruit-and-vegetables/country-files/cz/framework_cs.pdf)

Mapy.cz, Seznam.cz, a.s., (2015)  
<http://www.mapy.cz>

GEOMAT, (2014): *Geomříže* [online] 2014 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/chci-vyrobky/geomrize/>

Idnes.cz, Mafra, a.s. (2013): Stavbu posledního úseku dálnice D8 zavalil půlkilometrový sesuv půdy. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/sesuv-pudy-na-dalnici-d8-0vu-eko-doprava.aspx?c=A130607\\_084115\\_usti-zpravy\\_alh](http://ekonomika.idnes.cz/sesuv-pudy-na-dalnici-d8-0vu-eko-doprava.aspx?c=A130607_084115_usti-zpravy_alh)

ISSaR, 2014. EROZE ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY – vyhodnocení indikátoru [online]. 16. 10. 2014 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>

Šarapatka B. (2008): Fyzikální degradace půdy a způsoby ochrany [online]2008[cit. 2014-11-30]. Dostupné z: [http://www.bioinstitut.cz/documents/bio0812\\_ZPRAVODAJ.pdf](http://www.bioinstitut.cz/documents/bio0812_ZPRAVODAJ.pdf)

Tretiruka.cz.(2014): *Věcný záměr zákona o liniových dopravních stavbách* [online]06. 10. 2014[cit. 2014-11-29]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/vecny-zamer-zakona-o-liniovych-dopravnich-stavbach1/>

Ulbrichová I. (2010): *Nauka o lesním prostředí* [online]2010[cit. 2014-11-30]. Dostupné z WWW: [http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/ekologie/ekosystemy.html#footer](http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/ekologie/ekosystemy.html#footer)

Vavříček, D., Kučera, A. (2014): *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně* [online]2014[cit. 2014-11-30]. Dostupné z WWW: [https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady\\_lesnicke\\_pedologie.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf)

VŠB-TU OSTRAVA, (2009): *Vzdělávací moduly*; Modul 8, dopravní stavby- dopravní a liniové stavby, část první [online]2009[cit. 2014-11-30]. Dostupné z WWW: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/60>

VÚGTK, (2005): *Terminologická komise 2005: Liniová stavba* [online]2005[cit. 2014-11-29]. Dostupné z: [http://www.vugtk.cz/slovník/4515\\_liniova-stavba](http://www.vugtk.cz/slovník/4515_liniova-stavba)

## Seznam obrázků a tabulek:

**Obr. 1 Základní názvosloví silniční komunikace**, Zdroj: Krajčovič, Marián a kol., (1998): Dopravní stavby I. – pozemní komunikace

**Obr. 2 Tvorba půdy**, Zdroj: [http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/ekologie/tvorbapud.jpg](http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/ekologie/tvorbapud.jpg)

**Obr. 3 Půdní horizonty**, Zdroj: [http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/ekologie/tvorbapud.jpg](http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/ekologie/tvorbapud.jpg)

**Obr. 4 Mapa světové degradace půd**, Zdroj: <http://www.chempoint.cz/modifikovane-huminove-kyseliny>

**Obr. 5 Příklad eroze**, Zdroj: <http://www.zelenezpravy.cz/eroze-pudy-v-cr/>

**Obr. 6 Větrná eroze**, Zdroj: <https://www.vugtk.cz/nzk/c6-02/thiermann.htm>

**Obr. 7 Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (G) [% ZPF], ČR, 2013**, Zdroj: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>

**Obr. 8 Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí [% ZPF], ČR, 2013**, Zdroj: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>

**Obr. 9 Geotextilie**, zdroj: Miča, 2011

**Obr. 10 Základní rozdělení geosyntetických výrobků**, Zdroj: Miča, 2011

**Obr. 11 Umístění stavby**, Zdroj: <http://www.mapy.cz>

**Obr. 12 Nový mostní objekt**, Zdroj: vlastní

**Obr. 13 Aktuální situace přeložky silnice a objektu mostu**, Zdroj: <http://www.mapy.cz>

**Obr. 14 Sanace silničního tělesa přeložky**, Zdroj: vlastní

**Obr. 15 Sanace pláně před pokládkou první vrstvy Terramesh**, Zdroj: vlastní

**Obr. 16 První vrstva Terramesh po sanaci pláně**, Zdroj: vlastní

**Obr. 17 Zaklopené pletivo před pokládkou další vrstvy**, Zdroj: vlastní

**Obr. 18 Pokládání dalších vrstev dle technologického předpisu**, Zdroj: vlastní



- Obr. 19** Dosažení požadované strmosti, jednotlivé vrstvy Terramesh, Zdroj: vlastní
- Obr. 20** Směrové zakřivení v místě plánované autobusové zastávky, Zdroj: vlastní
- Obr. 21** Směrový oblouk na návodní straně, aktuální stav, Zdroj: vlastní
- Obr. 22** Těleso SO 101 Přeložka komunikace I/19, Zdroj: vlastní
- Obr. 23** Vnitřní oblouk vozovky s propustkem, aktuální stav, Zdroj: vlastní
- Obr. 24** Dokončené svahy a pohled na vzdálený mostní objekt, Zdroj: vlastní
- Obr. 25** Dokončené svahy, aktuální stav, Zdroj: vlastní
- Obr. 26** Řez silničním tělesem, Zdroj: I/19 Podhora, mosty č. 15, 16, 17, okres Příbram, Valbek, spol. s. r. o.
- Tab. 1** Klasifikace škodlivosti plošné eroze podle intenzity, Zdroj: Zachar, 1970 in Janeček, 2002
- Tab. 2** Třídění intenzity rýhové eroze podle délky erozních rýh, Zdroj: Oldeman, 1992 in Janeček et al., 2002
- Tab. 3** Rozsah půd ohrožených vodní a větrnou erozí v milionech ha, Zdroj: Oldeman, 1992 in Janeček et al., 2002
- Tab. 4** Přípustná ztráta půdy vodní erozí, Zdroj: Dumbrovský et al., 2004
- Tab. 5** Ohrožení větrnou erozí, Zdroj: Dumbrovský et al., 2004