

S T U . .  
.  
.  
.  
.  
.  
M T F .  
.  
.  
.  
.  
.

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
Materiálovotechnologická fakulta



AGENTÚRA  
NA PODPORU  
VÝSKUMU A VÝVOJA

# PÔDA

Veronika KUPKOVÁ

PRÍRODNÉ JAVY V EXPERIMENTOCH  
PRE MALÝCH AJ VEĽKÝCH

Trnava 2009



Táto publikácia bola podporená  
*Agentúrou na podporu výskumu a vývoja*  
na základe zmluvy č. LPP-0171-07.

Publikácia je určená stredoškolským učiteľom na podporu vyučovania environmentálnej výchovy, ako aj študentom prejavujúcim záujem o štúdium environmentálne špecializovaných univerzitných študijných programov.

Autor: © Ing. Veronika Kupková

Recenzenti: doc. RNDr. Edgar Hiller, Ph.D., RNDr. Maroš Sirotiak

Rok vydania: 2009

Vydalo: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave

Vytlačil: Tlačové štúdio Váry, Trnava

Ilustrácie použité v publikácii sú voľne dostupné na internete.

ISBN: 978-80-89422-06-7

**OBSAH**

ÚVOD	4
PÔDA A JEJ FUNKCIE V PRÍRODE.	5
ZÁKONITOSTI VZNIKU A VÝVOJA PÔDY	7
ZNEČISŤOVANIE PÔDY	18
ERÓZIA PÔDY	21
KONTAMINÁCIA PÔDY CUDZORODÝMI LÁTKAMI	26
REMEDIÁCIA ZNEČISTENEJ PÔDY	28
ZÁVER	33
ZOZNAM POUŽITEJ A ODPORÚČANEJ LITERATÚRY	34



## **ÚVOD**

Pôda je pre ľudstvo dôležitý prírodný zdroj. Umožňuje produkovať potraviny a suroviny, filtruje a zadržiava vodu, recykluje odpady, umožňuje využívať a zhodnocovať slnečnú energiu, zabezpečuje obeh a bilanciu látok v prírode, udržiava rôznorodosť rastlinných a živočíšnych druhov a primárne formuje kvalitu životného prostredia. Je zdrojom a kultúrnym dedičstvom Zeme, je istotou pre život a spoločenské bytie obyvateľstva. V súčasnosti je však vystavená mnohým hrozbám a procesom degradácie (erózia, úbytok organickej hmoty, kontaminácia, zástavba, zhutnenie, zasoľovanie, vysušovanie, záplavy a zosuvy), čo má priamy dosah na kvalitu vody a ovzdušia, biologickú diverzitu a zmenu klímy. Môže tiež vyvolať zhoršenie zdravotného stavu obyvateľstva a ohrozovať potravinovú bezpečnosť. Vyspelosť spoločnosti už dávno nie je určená úrovňou produkcie a mierou spotreby, ale predovšetkým starostlivosťou o životné prostredie. To znamená, minimalizovať vstupy rizikových látok a odstraňovať kontamináciu spôsobenú týmito látkami. Veríme, že aj táto publikácia Vám populárno – vedeckou formou prinesie nové informácie o pôde a problémoch, ktoré ju trápia. Veríme, že raz práve Vy pridete na spôsob, ako tieto problémy vyriešiť.

*Autorka*

## **PÔDA a jej funkcie v prírode**

Pôda je jednou zo základných súčastí životného prostredia a vzhľadom na jej úrodnosť je nevyhnutnou podmienkou pre existenciu ľudstva. Vytvárala sa na rozhraní litosféry, atmosféry a hydrosféry, kde tvorí jeden z obalov Zeme. Pôda sa stala spojovacím článkom medzi minerálnou (neživou) a organickou (živou) prírodou. V dôsledku toho existuje veľmi úzka vzájomná závislosť medzi vznikom pôdy a živými organizmami, ktoré sa zúčastňujú rôznych premien povrchových zvetralín zemskej kôry a zároveň ich obohacujú o organické a minerálne látky. Je to zložitý systém, v ktorom prebieha množstvo biologických, chemických a fyzikálno-chemických procesov s vysokým stupňom vnútornej regulácie a s veľkou citlivosťou na okolité prostredie. Len bezchybným fungovaním tohto systému je pôda schopná zabezpečovať svoje produkčné i mimoprodukčné funkcie (pôda má obrovský regulačný, čistiaci, detoxikačný a hygienický význam).

Pôda je dôležitým stanovišťom pre vyššie rastliny, ktoré sú základným zdrojom obživy živočíchov a ľudstva, a preto právom možno povedať, že vývoj života na Zemi podmieňuje pôda. Tým, že poskytuje zeleným rastlinám minerálne látky, vodu, vzduch, oxid uhličitý a teplo, umožňuje im v procese fotosyntézy akumulovať vo forme organickej hmoty značné množstvo slnečnej energie. Odumreté telá rastlín a živočíchov sa dostávajú do pôdy a stávajú sa hlavným zdrojom humusu a tým i energie v pôde. Je to desaťkrát viac ako je dnešná spotreba energie vyrobená z fosílnych palív. Slnečná energia je hybnou silou všetkých pôdnych procesov.

*Fotosyntézou rastlín sa vytvára na Zemi  
ročne 100 mld. ton fytohmoty.*



## **PÔDA A JEJ VÝZNAM PRE ĽUDSTVO**

Pre človeka je pôda nevyhnutnou podmienkou jeho existencie. Umožňuje poľnohospodársku výrobu a je nezastupiteľná v zabezpečovaní výživy. Na význam pôdy ako najväčšieho prírodného bohatstva ľudstva, bez ktorého nie je možná existencia človeka, poukazuje aj **Európska charta o pôde**, ktorá bola prijatá Európskou radou (Council of Europe) v roku 1972.

***Pôda je jedným z najdrahocenejších ľudských majetkov. Umožňuje život na zemskom povrchu rastlinám, živočíchom i človeku.***

***Pôda je obmedzený zdroj, ktorý sa ľahko ničí.***

***Priemyselná spoločnosť používa pôdu pre poľnohospodárstvo rovnako ako pre priemysel a ostatné účely. Politika regionálneho plánovania musí byť v súlade s vlastnosťami pôdy a dnešnými i budúcimi potrebami spoločnosti.***

***Poľnohospodári a lesníci musia aplikovať metódy, ktoré chránia kvalitu pôdy.***

***Pôda sa musí chrániť proti erózii.***

***Pôda sa musí chrániť proti znečisteniu.***

***Rozvoj urbanizácie musí byť plánovaný tak, aby spôsoboval čo najmenšie škody na pôde.***

***Pri výstavbe inžinierskych sietí sa musia už v etape ich plánovania zohľadniť vplyvy na príľahlé pôdy.***

***Súpis zdrojov pôdy je nepostrádateľný.***

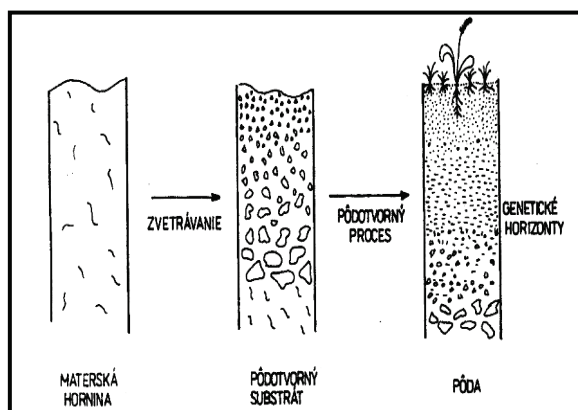
***Na zabezpečenie širokého používania a ochrany pôdy sa požaduje ďalší výskum a interdisciplinárna spolupráca.***

***Ochrana pôdy sa musí vyučovať na všetkých úrovniach škôl a stále viac udržiavať v pozornosti verejnosti.***

***Vlády a úradné orgány musia účelne plánovať, využívať a ochraňovať zdroje pôdy.***

## VZNIK A VÝVOJ PÔD

Pôdotvorný proces je prírodný jav, ktorý zahŕňa všetky deje, prebiehajúce pri vzniku pôdy, ako aj všetky nasledujúce premeny pôdných zložiek vrátane spätného vplyvu pôdy na okolité prostredie. Je to v podstate fyzikálno-chemicko-biochemický dej, pri ktorom sa navzájom ovplyvňujú produkty zvetrávania hornín a produkty životnej činnosti organizmov. Dochádza k procesom biologickej akumulácie organických a minerálnych zlúčenín, procesom ich neustálej premeny a procesom ich vertikálnej translokácie v pôdnom profile. Pôdotvorný proces sa tak stáva súčasťou celkového obehu látok a energie v prírode.



Proces vzniku pôdy na rôznych miestach zemského povrchu prebieha rôzne. Veľmi výrazne na pôdotvorný proces pôsobia klimatické činitele (zrážky, slnečné žiarenie), mineralogické a chemické zloženie materskej horniny, rozdielne druhy rastlín, chemické zloženie podzemnej vody a ďalšie činitele. V dôsledku toho sa tvoria pôdy s rozličnými základnými vlastnosťami (vytvárajú sa rôzne pôdne typy). Súbor všetkých pôd na zemskom povrchu predstavuje pôdny príkrov, ktorý sa označuje aj ako pedosféra.



## **VLASTNOSTI PÔD**

Pôdu možno všeobecne charakterizovať ako heterogénny, viaczožkový systém, ktorý sa skladá z tuhej, kvapalnej a plynnej fázy. Tuhá fáza pozostáva z minerálneho a organického podielu, kvapalnú fázu tvorí roztok a plynú fázu pôdny vzduch. Ich zastúpenie sa časom mení. Podiel tuhej fázy sa väčšinou nemení, najväčším zmenám podlieha pomerné zastúpenie kvapalnej a plynnej fázy. Medzi jednotlivými fázami je úzky vzťah a navzájom na seba pôsobia. Výsledkom takéhoto pôsobenia sú špecifické vlastnosti pôd.

### ***Fyzikálne vlastnosti pôd***

Fyzikálnymi nazývame také vlastnosti pôdy, ktoré možno ohodnotiť vizuálne alebo ohmatom a určiť prostredníctvom stupníc tvar, silu a intenzitu. Sú podmienené disperzitou pôdnych častíc, ich priestorovým usporiadaním a vzájomnými vzťahmi medzi pevnými časticami, kvapalnou fázou (pôdnym roztokom) a vzduchom. Fyzikálne vlastnosti možno rozčleniť na dve skupiny:

- ❖ **Základné (prvotné) vlastnosti**, ktoré sú úzko spojené s priestorovým usporiadaním pôdnej hmoty a jej kvalitatívnymi vlastnosťami. Patria k nim merná a objemová hmotnosť, štruktúrnosť, pórovitosť.
- ❖ **Funkčné (druhotné) vlastnosti**, ktoré sú závislé od základných a sú výsledkom funkcie pôdy, ako prostredia obývaného rastlinami a živočíchmi. Z hľadiska funkcie pôdy charakterizujú jej vzťah k vzduchu, teplu, vode a fyzikálno-mechanickým (technologickým) vlastnostiam. Zaraďujeme k nim vzdušný, tepelný a vodný režim, ďalej k nim patria súdržnosť, lepivosť, konzistencia, vláčnosť, plasticnosť, napučíavanie, usadenie, orbový odpor, zrelosť pôdy a pôdny prísušok.





### **Chemické vlastnosti pôdy**

Chemické vlastnosti pôdy možno posudzovať prostredníctvom charakteru pomerne zložitých reakcií, ktoré neustále prebiehajú medzi jednotlivými fázami, najmä tých reakcií, ktoré prebiehajú medzi pôdnym roztokom a koloidnou časťou pôdy a tých, ktoré prebiehajú medzi pôdou a koreňovou sústavou rastlín.

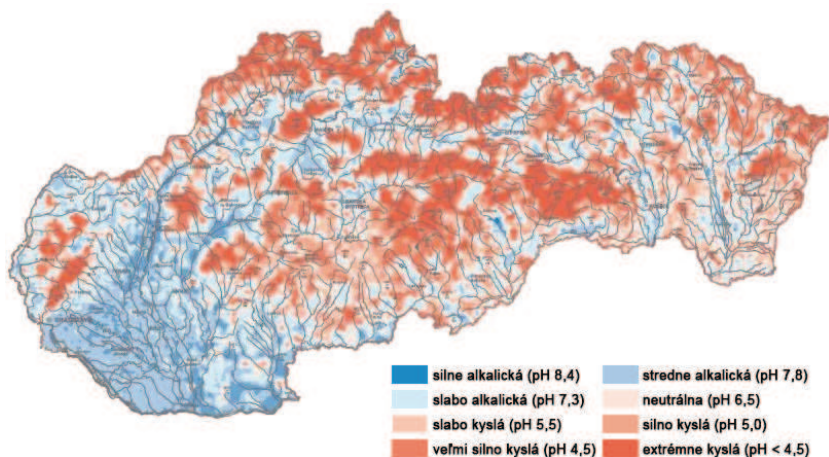
- ❖ **Pôdna reakcia – pH:** ovplyvňuje rozpustnosť látok v pôde, a teda aj ich využiteľnosť živými organizmami, prístupnosť živín, adsorpciu a desorpciu kationtov, biochemické reakcie, štruktúru pôdy a tým aj fyzikálne vlastnosti. V dôsledku veľkej zložitosti vzťahov v pôde, rozlišuje sa pôdna reakcia na aktívnu (meria sa v suspenzii voda + pôda) a výmennú (meria sa v suspenzii roztok KCl + pôda). Hodnotenie pH pôd sa klasifikuje slovne:

pH/H <sub>2</sub> O	Hodnotenie	pH/H <sub>2</sub> O	Hodnotenie
<3,5	veľmi kyslá	6,6-7,3	neutrálna
3,5-4,4	extrémne kyslá	7,4-7,8	slabo alkalická
4,5-5,0	veľmi silne kyslá	7,9-8,4	stredne alkalická
5,1-5,5	silne kyslá	8,5-9,0	silne alkalická
6,1-6,5	slabo kyslá	>9,0	veľmi silne alkalická

Zvýšená kyslosť pôdy znižuje rozpustnosť mnohých látok (napr. zlúčenín Ca, Mg, K, Na a iné), niekedy až pod nevyhnutné životné minimum rastlín. Napríklad, využiteľnosť kyseliny fosforečnej je optimálna pri pH pôdy od 6,5 do 7,5. Kyslosť pôdy zhoršuje aj životné podmienky pre pôdne organizmy. Väčšina z nich potrebuje pre svoj rozvoj neutrálne prostredie. Na väčšine územia SR prevláda kyslá, slabo kyslá až neutrálna pôdna reakcia (od pH 4,5 do 7,3) i keď sa kyslosť pôdy vplyvom znečisťovania prostredia (najmä oxidom siričitým) na mnohých miestach značne zvýšila. Nepriaznivý vývoj v acidifikácii pôd má za následok, že asi 700 000 ha

Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

poľnohospodárskych pôd vykazuje reakciu pod pH 5,5. Okrem toho silno kyslá pôdna reakcia sa zaznamenáva v najvyšších polohách – do pH 4,5. V Podunajskej nížine prevláda silno zásaditá pôdna reakcia – nad pH 7,3.



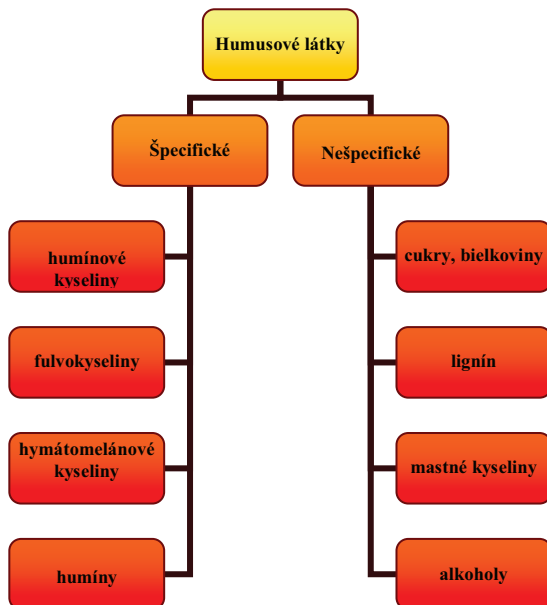
- ❖ **Sorpčná schopnosť pôdy** je schopnosť pôdy pútať ióny a molekuly rôznych látok. Na základe spôsobu zadržiavania látok v pôde, poznáme niekoľko mechanizmov sorpcie: mechanickú, fyzikálnu, fyzikálno-chemickú, chemickú a biologickú.
- ❖ **Zloženie minerálneho podielu pôd** závisí predovšetkým od pôvodnej horniny, z ktorej pôda vznikla, druhu pôdotvorných procesov a činnosti človeka. Pomer anorganických látok k organickým možno vo väčšine pôd vyjadriť približne vzťahom 10:1. Pôda obsahuje najviac kyslíka (asi 50 %) a kremíka (asi 25 %), z ostatných prvkov je to najmä hliník (íl), železo, vápnik (vápenec, sadrovec), sodík, draslík, horčík, vodík, titán, v podstatne menšom množstve uhlík, chlór, fosfor, síra a mangán. Pôda je pre život človeka zdrojom nevyhnutných biogénnych prvkov, ktoré sa vyskytujú vo veľmi malých množstvách. Ich nedostatok sa môže u ľudí v danej oblasti

prejaviť endemickým výskytom ochorení, ako napr. strumy, zvýšenej kazivosti zubov a pod.

- ❖ **Zloženie organického podielu pôd** - organická hmota v pôde je základnou súčasťou pôdy. Rozumieme ňou súbor všetkých odumretých zvyškov, ktoré sa môžu nachádzať v rozličnom stupni premeny, to znamená, že pod týmto názvom sa označujú odumreté telá rastlín a živočíchov aj so zachovanou pôvodnou anatomickou štruktúrou a humus. Humus predstavuje zložitý, dynamický komplex organických zlúčenín tvoriacich sa pri rozklade a humifikácii organických látok v pôde. Z chemického hľadiska je humus veľmi heterogénnym materiálom, v ktorom možno vyčleniť dve skupiny látok:

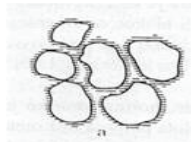
⇒ samotné humusové látky, ktoré sa označujú aj ako **humínové** (humínové kyseliny, fulvokyseliny, humíny),

⇒ nešpecifické látky, nazývané aj **nehumínové**.

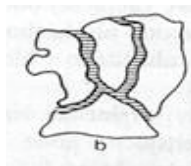


❖ **Voda v pôde** - voda sa vyskytuje v pôde v trojakej podobe:

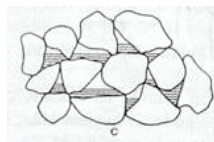
⇒ **Adsorpčná** pevne lipne na povrchu pôdných zŕn, viazaná ich elektrostatickými silami. Je neoddeliteľnou súčasťou pôdných zŕn a rastliny ani živočíchy je nemôžu využívať.



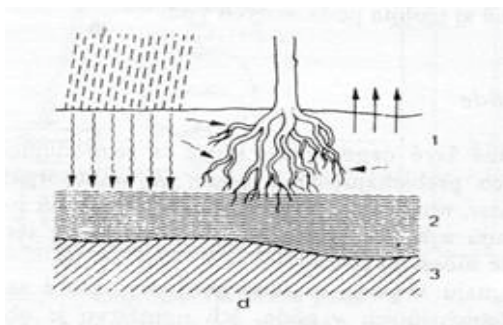
⇒ **Kapilárna** sa vyskytuje v bezštruktúrnej pôde, kde medzi veľmi nepatrnými zrnkami nie sú nijaké pôdne póry, ale iba veľmi jemné kapilárne štrbiny. Voda tu prúdi ľubovoľným smerom, jej tok vždy smeruje od vlhkých miest k suchým miestam.



⇒ V štruktúrnej pôde s pórní väčšími ako 0,1 mm voda prúdi z povrchu nadol, podriaďuje sa zákonom zemskej príťažlivosti. Preto ju nazývame **gravitačná voda**.



Podľa vzťahu k vode rozlišujeme tri základné vrstvy pôdy. Najvrchnejšia je priechodná vrstva (1). Voda ňou zvolna presakuje, pôdne póry ako filtre zachytia tuhé nečistoty a na povrchu pôdných zŕn zostanú koloidné i mnohé rozpustné látky, ktoré voda unáša so sebou z povrchu. Tým sa voda čistí. Súčasne rozpúšťa v sebe prvky a látky obsiahnuté v pôde, obohacuje sa nimi a celkom mení svoje pôvodné vlastnosti. Časť pôdných pórov zapĺňa vzduch, ktorý dodáva kyslík na rozklad organických i anorganických znečistenín, zanesených vodou do pôdy. Za priechodnou vrstvou nasleduje vododarná vrstva (2). Voda sa tu hromadí, vyplňa všetky pôdne póry a keďže ďalšia vrstva jej zabraňuje prenikať hlbšie, rozlieva sa do strán. Najhlbšie je vodonosná vrstva (3). Tvorí ju nerozrušená materská hornina, pre vodu nepriepustná.



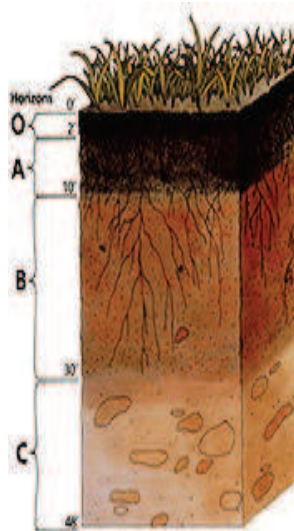
### **Biologické vlastnosti pôdy**

Medzi najdôležitejšie biologické vlastnosti pôd patria:

- ❖ **Mineralizácia pôdnej organickej hmoty** je aktivita mikroorganizmov meraná množstvom uvoľneného oxidu uhličitého z pôdy. Poľnohospodárske pôdy ročne uvoľnia do ovzdušia asi 10 061 tis. ton CO<sub>2</sub> (z 1 ha 3-5 ton).
- ❖ **Mineralizácia dusíka v pôde** je procesom uvoľňovania minerálnych foriem dusíka z pôdnej organickej hmoty. Ročne sa z poľnohospodárskych pôd SR uvoľní asi 375 tis. ton minerálneho dusíka. Priemerne z 1 ha poľnohospodárskej pôdy sa uvoľní asi 162 kg minerálneho dusíka.
- ❖ **Nitrifikácia** je biologická oxidácia minerálneho dusíka v pôde. V poľnohospodárskych pôdach SR sa ho ročne vyprodukuje asi 111 tis. ton. Z jedného hektára je to asi 42 kg. Potenciál tvorby dusičnanov v pôdach je jedným z kritérií pre identifikáciu senzitívnych území na Slovensku (z hľadiska ochrany vodných zdrojov).

### **Základné typy pôd**

Každá pôda sa skladá z niekoľkých vrstiev, ktoré nazývame pôdne horizonty. Sú to vrstvy pôdy, ktoré majú už na prvý pohľad zhodné vonkajšie znaky, to znamená farbu a charakter usporiadania, a pri bližšom skúmaní preukážeme i rovnaké fyzikálne vlastnosti a chemické zloženie. Jednotlivé horizonty sa označujú veľkými písmenami abecedy. Všetky horizonty sa ďalej členia ešte na menšie celky – subhorizonty, ktoré označujeme buď číslom, alebo malým písmenom za označením horizontu (A<sub>1</sub>, A<sub>9</sub> atď.). Každý typ pôdy má charakteristický pôdny profil daný typickým sledom a rozsahom, či lepšie hrúbkou jednotlivých horizontov.



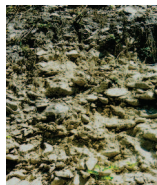
Na základe zjavnej vizuálnej odlišnosti a vedomostí o vzniku a vývine pôd bol vypracovaný klasifikačný systém pôd. Rozlišujeme tieto základné typy pôd:

Pôdny typ	Zastúpenie v SR [%]	Pôdny typ	Zastúpenie v SR [%]
<b>FM</b> - fluvizem	14,4	<b>PG</b> – pseudoglej	7,5
<b>ČA</b> - čiernica	7,2	<b>RA</b> – rendzina	3,3
<b>ČM</b> - černoziem	10,8	<b>OM</b> – organozem	0,2
<b>RM</b> - regozem	5,5	<b>SK</b> – slanisko, <b>SC</b> – slanec	0,1
<b>HM</b> - hnedozem	11,4	<b>LI</b> - litozem, <b>RN</b> – ranker	0,3
<b>LM</b> - luvizem	2,7	<b>GL</b> – glej	1,7
<b>KM</b> - kambizem	33,4	<b>KT</b> – kultizem	0,1
<b>PZ</b> - podzol	0,1	<b>INĚ</b> - litozeme, rankre, rendziny resp. kambizeme a ich komplexy na zrázoch	1,3

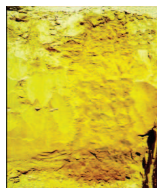


**1. Skupina iniciálnych pôd** – sú to pôdy, ktoré sú na počiatku svojho vývoja, resp. vznikajú na miestach, kde je ich vývoj neustále rušený (napríklad povodňami, zosuvmi).

❖ **Litozem** – ide o málo vyvinutú plytkú pôdu, ktorá vznikla na pevných a spevnených karbonátových alebo silikátových horninách. Je bez porastu a vyskytuje sa vo vyšších polohách prevažne na alpínskych lúkach.



❖ **Ranker** - vyskytuje sa na strmých svahoch, ide skôr o územia ostrovčekovitého charakteru, vo vysokohorských oblastiach nad hranicou lesa, pod kosodrevinou až alpínskymi lúkami prípadne pod sutinovými lesmi.



❖ **Regozem** - pôdotvorný substrát je tvorený viatymi pieskami, sprašami, neogénnymi pieskami až ílmi a podobne. Veľmi často sú tieto pôdy na miestach, kde boli eróziou úplne odstránené pôvodné pôdy. Pôda sa využíva ako orná pôda, sady, menej lesy.



❖ **Fluvizem** - má svetlý humusový horizont. Z klimatického hľadiska ide o azonálnu pôdu, lebo sa viaže na alúviá a náplavové kužele všetkých riečnych tokov. Využíva sa ako orná pôda, na zeleninárstvo, lúky, prípadne porast tvoria aj lužné lesy.

**2. Skupina rendzinových pôd** – pôda je prevažne plytká, hlinitá, so skeletnosťou nad 30%. Keď sa v minulosti orali, kamene na pluhu „zvonili“ (po poľsky „renzieli“). Dominantným pôdotvorným procesom je akumulácia a stabilizácia humusu.

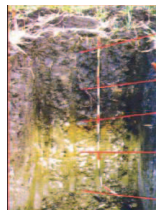
- ❖ **Rendzina** – je pôda „na vápencoch“. Pokrývajú ju lesy, pasienky, alpínske lúky a čiastočne aj orná pôda.
- ❖ **Pararendzina** – oproti rendzine popri vápencoch môže byť aj prímies silikátových hornín. Ide o lesné pôdy stredne hlboké, ktoré sa vyskytujú v polohách do 900m.n.m. a vo flyšových pohoriach. Využíva sa ako orná pôda, sady, lesy.



**3. Skupina molických pôd** – Tvorila sa v oblasti mierne zvlnenej roviny pod vysokotrávnatou stepou alebo v stepnej časti lesostepnej zóny. Rozkladom jemných trávových koreňkov vznikla mocná vrstva kvalitného humusu.



- ❖ **Černozem** - vyskytuje sa na sprašiach, na starších nivných sedimentoch, kde už veľmi dlhú dobu nedochádza k záplavám a v niektorých územiach aj na sprašových hlinách. Vyskytuje sa vo všetkých nížinách Slovenska a využíva sa ako orná pôda.



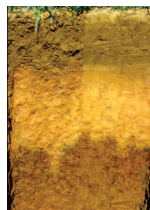
- ❖ **Čiernica** – výskyt a vlastnosti sú podobné ako černoze, ale sú viac zamokrené. Nachádzajú sa v nížinách v pozostatkoch mŕtvych ramien a pod.
- ❖ **Smonica** - pôda s horizontom obohateným o vo vode napučievajúci íl (nad 30%), V období sucha rozpuká a do niekoľko metrových puklín sa akumuluje hmota. V súčasnosti sa využíva ako orná pôda.



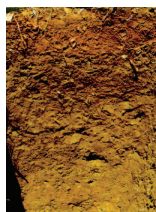
**4. Skupina ilimerických pôd** – vznikli v podmienkach premyvného režimu pôd, keď sa jemnozrnný materiál vo forme suspenzie presunul do nižších horizontov.



❖ **Hnedozem** - vznikla hlavne na sprašiach a sprašových hlinách v kotlinách alebo nížinách. Väčšinou neobsahuje skelet a v profile vidíme horizont akumulácie jemnozrnných látok. Využíva sa ako orná pôda.



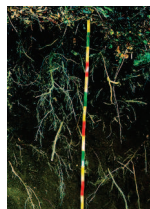
❖ **Luvizem** - vznikla na relatívne zarovnaných reliéfoch, v pahorkatinách a kotlinách. V profile vidíme ochudobnený aj obohatený horizont. Táto pôda sa využíva ako orná pôda, vyskytujú sa na nej tiež sady alebo lesy.



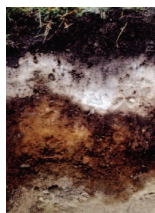
**5. Skupina hnedých pôd** – v pôde dochádza k intenzívnemu zvetrávaniu hornín a uvoľňovaniu železitých okrov.

❖ **Kambizem** - vyskytuje sa vo všetkých pohoriach Slovenska, s výnimkou častí budovaných vápencami a dolomitmi. Využívajú sa pre lesy, vinohrady, sady, ornú pôdu, lokálne pasienky.

**6. Skupina melanických pôd** – substrát tvorí sopečný materiál. Čím je sopečný materiál mladší, tým je väčšia pravdepodobnosť výskytu tejto pôdy.



❖ **Andozem** - Vyskytuje sa v treťohorných sopečných pohoriach Slovenského stredohoria v nadmorskej výške nad 800 m, pod listnatými lesmi, lokálne sa môže využívať ako orná pôda alebo pasienky.



**7. Skupina podzolových pôd** – vznikli v podmienkach premyvného režimu pôd. Vznikli z kyslých hornín (granitoidy, ryolity, kremence, kvarcity, kemité pieskovce niekedy aj viate piesky) preto je pôda extrémne kyslá.

❖ **Podzol** - vyskytuje sa vo vrcholových častiach kryštallických pohorí, zväčša pod smrekovým lesom, kosodrevinou, v nížinách pod borovicovými lesmi.

**8. Skupina hydromorfných pôd** je periodicky alebo stále zaplavovaná vodou, čo má vplyv na oxidačné a redukčné podmienky v pôde.

- ❖ **Pseudoglej** - vyskytuje sa hlavne v kotlinách pod listnatými lesmi, s trvale trávnatými porastami, niekedy, sa využíva ako orná pôda.
- ❖ K hydromorfným pôdam patrí aj **glej** a **organozem**.

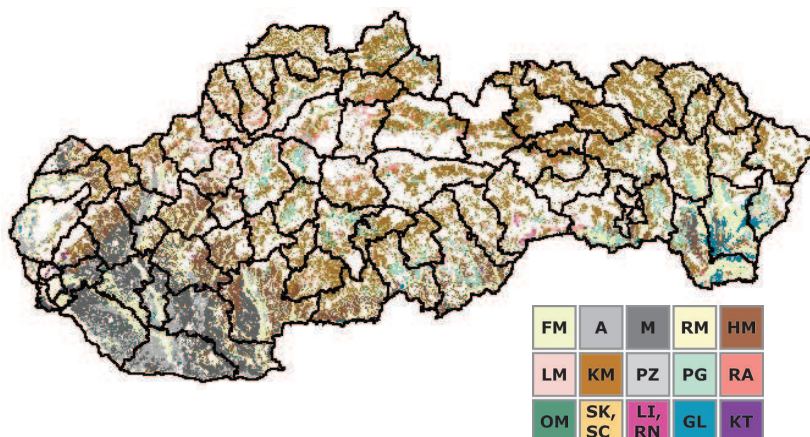


**9. Skupina salinických pôd** vzniká v podmienkach veľkého výparu, čo má za následok koncentrovanie solí na ich povrchu.

- ❖ **Slanisko (solončak)** sa vytvára v depresných polohách na spraši. Soli sú silne alkalické.
- ❖ **Slanec** vznikol na karbonátových riečnych sedimentoch. V prípade úpravy pH sa využíva ako orná pôda.

**10. Skupina antropických pôd** Ide o pôdu výrazne pretvorenú ľudskou činnosťou.

- ❖ **Kultizem** – je každá pôda, ktorá bola v minulosti poľnohospodársky obrábaná (vrchné horizonty sú premiešané – vzniká ornica).
- ❖ **Antrozem** - navážky zeminy, zemníky a pod.



## ZNEHODNOCOVANIE PÔDY

Znehodnocovanie pôdy môže mať rozličné príčiny aj rozličné dôsledky. V podstate sa dajú rozlíšiť dva hlavné smery znehodnocovania pôdy:

- ❖ jeden smer zahŕňa nepriaznivé vplyvy, v dôsledku ktorých sa **zniží pôdna úrodnosť**,
- ❖ druhý smer predstavujú zmeny a zásahy, ktoré zapríčiňujú **zničenie alebo stratu pôdy**.



Medzi najzávažnejšie príčiny znižovania pôdnej úrodnosti patria rôzne druhy **erózie** (vodná, veterná), znečisťovanie pôdy a nevhodne zamerané zásahy, napr. nevhodné meliorácie a zlé spôsoby obrábania pôdy. Hlavnými príčinami zničenia pôdy v našich podmienkach je strata úrodnej pôdy výstavbou a povrchovou aj podzemnou ťažbou. Hospodársky nevyužiteľné sú primitívne kamenisté pôdy, časť pseudoglejov (oglejené pôdy), intoxikované a devastované pôdy, najmä magnezitovými exhalátmi. Rašelinové pôdy sa na viacerých miestach degradujú ťažbou rašeliny. Hlavnými negatívnymi faktormi ovplyvňujúcimi poľnohospodársku výrobu a environmentálne funkcie pôd sú zhutňovanie a acidifikácia pôd, neuvážené rekultivácie pôdy, najmä odvodnenie, nadmerná chemizácia, divoké skládky, zvýšená veterná a vodná erózia.

### Znečisťovanie pôdy

Na pôdu pôsobia dve skupiny znečisťujúcich látok:

1. **Látky pochádzajúce z poľnohospodárstva.** Sú to rezíduá rozličných chemických prípravkov, ktoré prenikajú do pôdy v dôsledku chemizácie poľnohospodárstva a patria sem aj rozličné odpady organického charakteru, pochádzajúce priamo z poľnohospodárskej výroby.
2. **Látky pochádzajúce z rôznej nepoľnohospodárskej činnosti.** Ich zdrojom je predovšetkým priemysel, energetika a automobilizmus.

#### Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

Z **poľnohospodárskych** chemikálií pôdy znečisťujú najmä pesticídy a priemyselné hnojivá. Z nečistôt produkovaných samotnou poľnohospodárskou výrobou sú, pokiaľ ide o množstvo a škodlivosť, najvýznamnejšie odpady z veľkochovov a odpady zo zle utesnených silážnych jám a hnojísk. Nečistoty z **nepoľnohospodárskej** činnosti prichádzajú najmä vo forme vzdušných emisií, niekedy sa dostávajú do pôdy aj pri závlahách znečistenou vodou.

#### **Agrochemikálie**

Z hľadiska pôdných vlastností sú závažným znečisťovateľom pôdy pesticídy. **Pesticídy** sú výrobky chemického priemyslu, ktoré ničia niektoré škodlivé mikroorganizmy (napr. vírusy, baktérie, plesne a iné huby) živočíšnych škodcov (napr. škodlivý a obťažujúci hmyz a vyššie živočíchy) a buriny. Ťažisko spotreby pesticídov je v poľnohospodárstve, ale uplatňujú sa aj v lesnom hospodárstve, v humánnej a veterinárnej hygiene, pri ochrane dreva a plastov. Pesticídy sa vyznačujú výrazným biologickým účinkom. Mnohé z nich dokážu podstatne zmeniť druhové zloženie a životaschopnosť edafónu (zložitý súbor organizmov osídľujúcich pôdnu vrstvu) alebo vegetačného krytu. Pesticídy sa vyskytujú nielen v pôde v mieste priameho použitia, ale v celej biosfére – v ovzduší, v zrážkovej vode, v rastlinách, potravinách, živočíchoch a inde. Zistilo



sa, že používanie pesticídov je väčším nebezpečenstvom pre životné prostredie, než akékoľvek iné znečisťovanie pôdy, ovzdušia a vôd industriálnou civilizáciou. To znamená, že súčasné formy intenzifikácie poľnohospodárstva sú potenciálne najnebezpečnejším odvetvím z hľadiska budúceho zdravého vývoja ľudstva. Napriek tomu však vzhľadom na rozsah strát na poľnohospodárskej produkcii pôsobením škodcov, chorobami a burinou, nemožno v najbližšom čase rátať s vylúčením alebo podstatným obmedzením pesticídov na ochranu poľnohospodárskej produkcie.

#### Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

**Priemyselné hnojivá** dopĺňajú v pôde živiny odčerpané zberom úrody. Ich nadmerným používaním sa však zhoršuje kvalita pôdy. Majú vplyv na prírodné vlastnosti poľnohospodárskych výrobkov a na znečisťovanie vodných tokov. Používaním priemyselných hnojív sa pôda ochudobňuje o organické látky, najmä humus, čo môže spôsobiť zasolenie pôdy. Zvyšovanie množstva priemyselných hnojív nezodpovedá úmerne zvyšovaniu úrod. **Agrochemikálie** sú dôležitým zdrojom kontaminácie pôd v SR. Ide o nadmerné používanie pesticídov, dusíkatých a draselných hnojív, využívanie fosforečných hnojív s vysokým obsahom ťažkých kovov ako Cr, U, As, Cd, Pb, Hg (napr. superfosfát z Afriky).



*Rezíduá v minulosti najpoužívaniejšieho insekticidu, DDT a jeho metabolitov boli zistené v organizmoch Eskimákov žijúcich za polárnym kruhom, ako aj v organizmoch vysokohorských pstruhov.*

#### **Imisie a iné priemyselné odpady**

Imisie poškodzujú pôdu najmä toxickým pôsobením alebo menením pôdnej reakcie. Toxické účinky majú imisie, ktoré obsahujú arzén, olovo, kadmium, chróm a iné ťažké kovy. Podobné látky sa môžu dostať do pôdy aj zo znečistených povrchových vôd, najmä vtedy, keď sa používajú na zavlažovanie, alebo aj z kalov a iných odpadov vyvázaných na polia. Niektoré znečisťujúce



látky zhoršujú vlastnosti pôdy tým, že ju alkalizujú alebo okysľujú. Alkalizujúco pôsobia najmä tuhé imisie s vysokým obsahom CaO, ako sú prašné úlety z vápeniek, cementární a pod. Pôdnu kyslosť zvyšujú plynné imisie, ako sú SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCl, HF a oxidy dusíka.

Účinok týchto látok nemusíme dlhý čas takmer spozorovať, a to v dôsledku tlmivej schopnosti pôdy. Až po jej prekročení nastáva nápadná alkalizácia alebo

#### Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

acidifikácia pôdnej reakcie, ktorá môže postupne získať extrémne hodnoty. Výsledkom je výrazné zníženie pôdnej úrodnosti.

#### **Odpady zo živočíšnej výroby**



Organické odpady sa zvyčajne dobre rozkladajú, preto sa prejavujú škodlivými účinkami až po vysokom stupni znečistenia. V takomto prípade sa ich škodlivosť prejaví v niekoľkých smeroch. Veľkým nebezpečenstvom pre pôdu sú unikajúce silážne šťavy, priesaky z hnojísk, odpady z veľkochovov najmä ošípaní. Zle utesnené silážne jamy a hnojiská, ako bodové zdroje znečistenia, ohrozujú najmä kvalitu podzemnej vody a pôdu poškodzujú v pomerne malom meradle. Exkrementy z veľkochovov, ktoré sa ťažko likvidujú, sa často vyvážajú na polia v nadmerných množstvách a predstavujú tak plošný zdroj znečistenia. Ľahko prenikajú pôdou do podzemnej vody a zhoršujú aj vlastnosti pôdy na veľkých plochách. Pôdy znečistené veľkými dávkami exkrementov sa zasaňujú, strácajú štruktúru a celkove sa zhoršujú ich fyzikálno-chemické vlastnosti, čo sa prejaví zníženou úrodnosťou. Prehnojovanie má aj závažné hygienické nedostatky, pretože v pôde sa hromadí veľké množstvo rozličných choroboplodných zárodkov. Prehnojené polia sa tak môžu stať zdrojom nákazy ľudí a zvierat. S týmto typom odpadov sa do životného prostredia dostáva aj veľké množstvo rezíduí veterinárnych liečiv, ktoré sa používajú vo veľkochovoch dobytka a hydiny.

#### **Erózia pôdy**

Erózia (*lat. erodere = vymieľať*) je fyzikálny proces rozrušovania a odstraňovania časti zemského povrchu pôsobením vonkajších (exogénnych) činiteľov. Na rozdiel od zvetrávania, ktoré ja vlastným rozrušovaním, predstavuje erózia hlavne transport zvetraliny. Príčinou erózie je mechanické pôsobenie pohybujúcich sa okolitých látok, napr. vzduchu (vietor), prúdiacej



### Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

alebo vlniacej sa vody, ľadu, snehu, pohyblivých zvetralín a nespevnených usadenín.

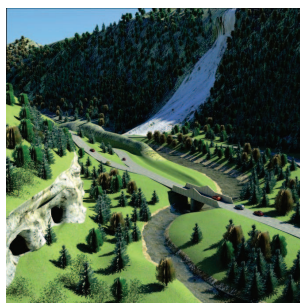
Erózia je spôsobená hlavne gravitáciou, ale aj ďalšími faktormi, ako je napríklad intenzita zrážok, štruktúra materskej horniny či pôdy, sklon svahu, hustota rastlinného porastu alebo spôsob využívania pôdy. Rýchlosť erózie predstavuje množstvo alebo mocnosť materiálu premiestneného za určité časové obdobie. Podstatným faktorom je tvrdosť erodovanej horniny. Pri menej odolných horninách prebieha erózia rýchlejšie, je teda selektívna. V prípade intenzity zrážok, je erózia závislá na spolupôsobení ďalších faktorov. Rastlinný porast zabraňuje vyššej miere erózie, pričom rozhodujúca je jeho celková výška a najmä hĺbka koreňovej sústavy. Odlesnené svahy alebo trávnaté porasty podliehajú erózii rýchlejšie ako lesné spoločenstvá. Erózia je prirodzený prírodný proces, na mnohých miestach ju však výrazne zrýchľuje činnosť človeka. Príliš rýchla erózia môže viesť k nevratnému poškodeniu ekosystému.

*Eróziu pôdy napríklad zvyšuje spásanie trávnatých porastov, či nekontrolovaná ťažba dreva, či nevhodné stavebné zásahy. Stavba ciest a železničných tratí narušuje prirodzenú riečnu sieť a voda stekajúca po vozovke sa dostáva na miesta, kam by normálne neprúdila a takto zvyšuje pôsobiacu eróziu.*



### **Druhy erózie**

#### **Svahové pohyby**



Gravitačná sila spôsobuje často pomerne veľké pohyby hornín a sedimentov z vyšších miest na nižšie. Tento typ erózie prebieha v prírode nepretržite na všetkých svahoch, aj pod vodou. Tieto pohyby prebiehajú zväčša pomerne pomaly (tzv. plazivé pohyby - creep), ale za určitých podmienok môže dochádzať aj k náhlým pohybom, ktoré môžu mať katastrofálne následky.



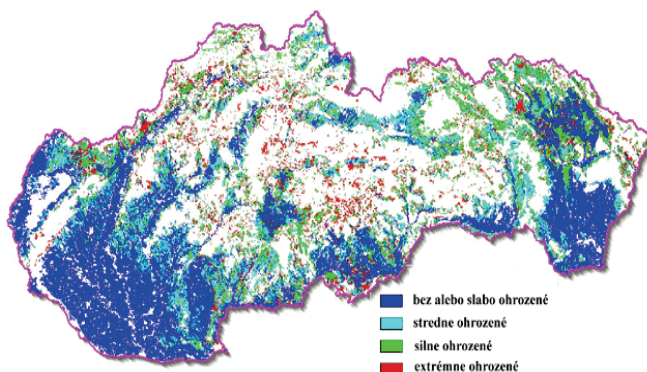
### **Vodná erózia**

Dážď môže v mnohých prípadoch dopadom dažďových kvapiek oddeľovať menšie častice pôdy, či mäkkej horniny. Ak množstvo dopadajúcich zrážok prevýši infiltráciu do podložia, stekajúca voda ich potom splachuje na nižšie položené miesta.

Voda tečúca po povrchu spôsobuje svojím unášaním tiež značnú eróziu. Na riečnu eróziu vplýva najmä rýchlosť prúdu ale aj obsah, tvrdosť unášaných častíc. Na riečnom toku možno vymedziť vrchnú eróznú základňu pri prameni a spodnú eróznú základňu v oblasti ústia.

Na hornom toku riek, kde je značný spád, dochádza k intenzívnemu zahlbovaniu a vzniku koryta tvaru písmena V, čo je evidentné najmä v horských oblastiach.

Na horných tokoch riek dochádza často k spätnej erózii, čo je prehĺbovanie koryta smerom od ústia k prameňu. Pri vodopádoch sa spätná erózia prejavuje často selektívnou eróziou mäkkších hornín a ústupom prahu vodopádu proti prúdu. V horských oblastiach neraz dochádza k pirátstvu riek. Po dosiahnutí eróznej základne, znížení spádu, začína prevažovať bočná (laterálna) erózia, ktorá rozširuje koryto, vzniká riečna terasa alebo ich komplex. Sila riečnej erózie závisí od zmien klímy a pohyboch zemskej kôry. V období záplav dochádza k mnohonásobnému zvýšeniu erózie, transportu i akumulácie zvetralín, oproti



#### Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

normálnemu vodnému stavu. Špecifickými tvarmi sú obrie hrnce, prehĺbeniny kotlovitého tvaru, ktoré vznikajú vírivým pohybom vody, ktorý pohybuje kameňmi na dne, a tie sa následne zavrtávajú do podložia. Vodná erózia môže byť neobyčajne intenzívna na pobreží. Energia narážajúcich vln môže spôsobovať olamovanie rôzne veľkých častíc, ktoré sú potom nesené pobrežnými prúdmi a svojou hmotou môžu ďalej zvyšovať účinnosť erózie. Zvetrávanie tu navyše môže umocňovať chemická agresivita morskej vody, či rozpadávanie v dôsledku mrazu.

#### **L'adovcová erózia**

Eróziu spôsobenú ľadovcom podporuje najmä intenzívne zvetrávanie v dôsledku mrazu. Ľadovec pri svojom stekaní do nižšie položených oblastí pôsobí, rozrušuje a odnáša so sebou veľké množstvo materiálu. Dochádza pritom k vy-



lamovaniu a vlečeniu rôzne veľkých kusov hornín tvoriacich skalný podklad. Nesený materiál, potom spoločne s ľadovcom spôsobuje ďalšiu eróziu a pre-



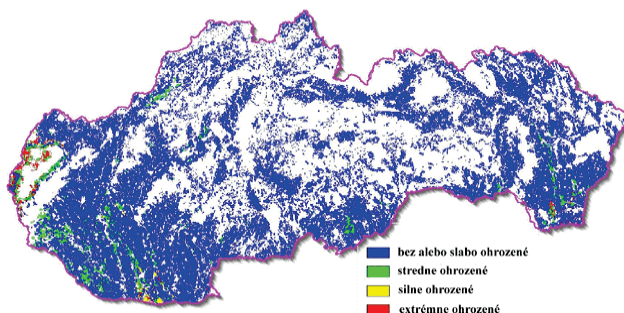
modelovanie údolia pred ľadovcom a vznik tzv. trógov, ľadovcových údolí tvaru písmena U. V prípade, ak sú tieto údolia zaplavené vodou, nazývajú sa fjordy. Typickým znakom ľadovcovej erózie sú ryhy a škrabance na podloží horninách. V horských oblastiach dochádza eróznou činnosťou ľadovcov k vzniku ostro modelovaných hrebeňov - aretov, na Slovensku charakteristických pre najvyššie partie Vysokých Tatier.

### **Veterná erózia**

Rušivá činnosť vetra, je len jedným z eolických procesov. Veterná erózia sa delí na obrusovanie hornín trením o vetrom transportované častice a veterný odnos sypkých zvetralín. Najľahšie častice vo vetre utvoria so vzduchom suspenziu a voľne sa s ním pohybujú, väčšie sa premiestňujú tzv.

saltáciou - poskakovaním. Obrusovanie je závislé na sile vetra, množstve a veľkosti častíc unášaného materiálu a na smere vetra. Výsledkom sú hrance, eologlyptolity, či skalné útvary bizarných tvarov, skalné okná, mosty a iné. Vyvíjaním

jemných riečnych sedimentov počas glaciálov a ich následným usadzovaním vzniká spraš. Veterná erózia pôsobí zvlášť selektívne, čo znamená, že ľahšie alebo



menej odolné horniny vietor odnáša podstatne rýchlejšie ako pevnejšie, ktoré zostávajú na mieste. Výsledkom sú ku príkladu tabuľové hory. V suchých oblastiach púšťach je veterná erózia obzvlášť silná, typická je prítomnosť pieskových presypov a dún. Veternú eróziu pomerne efektívne znižuje rastlinný porast, preto je stavba vetrolamov dôležitým obranným faktorom obrany pred rozširovaním púští.

### **Metódy spomaľovania erózie**

Väčšinu metód spomaľovania erózie používajú poľnohospodári. Niektoré sú známe už celé storočia.

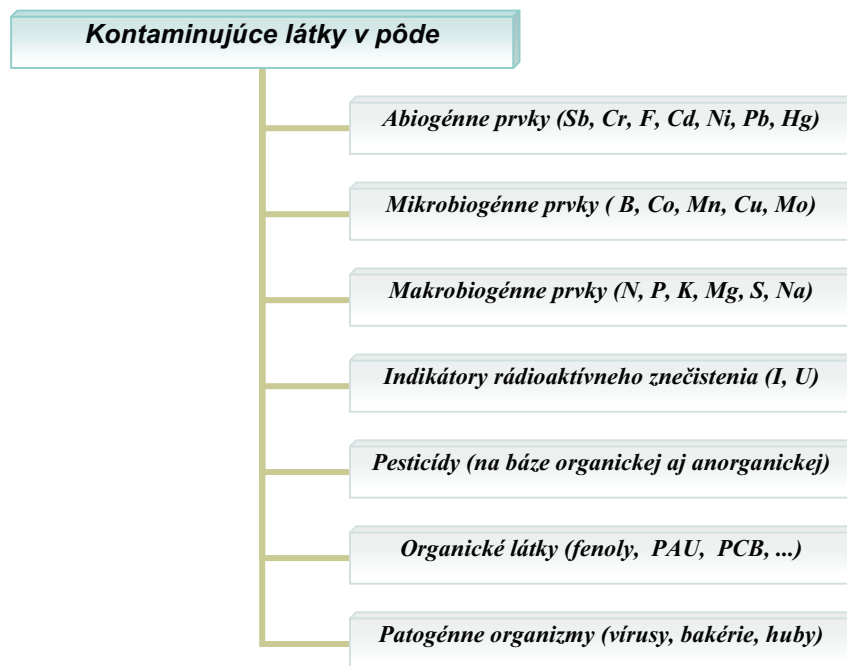
- Orba po vrstevnici. Minimalizuje sa postupné zosúvanie a odnos kvalitnej pôdy vodou do nižších polôh.
- Budovanie terás. Vhodné je však len pre niektoré plodiny a nie vždy je zlučiteľné s poľnohospodárskou veľkovýrobou, pretože spôsobuje zníženie prístupnosti väčším mechanizmom.
- Kompostovanie. Obnovuje kvalitu pôdy a poskytuje podmienky pre kvantitatívne vyšší rast vegetácie.
- Pestovanie ochranných plodín, ktoré okrem úrody majú za úlohu spevňovať pôdu svojimi koreňmi. Podobne aj vysádzanie drevín na svahoch a brehoch vodných tokov.
- Zmiešané kultúry, zvyšujú účinnosť predošlých metód.
- Cyklická zmena poľnohospodárskych kultúr. Má význam najmä z dlhodobého pohľadu, pretože dáva pôde možnosť obnoviť živiny, ktoré každá plodina využívala v inej miere.

### ***Kontaminácia pôd cudzorodými látkami***

Pôda sa pri znečisťovaní správa ako prírodný sorbent – tvorí sa z nej stály rezervoár znečistenín, ktoré potom čerpajú a hromadia v sebe rastliny. Reakcia znečistenín v pôde závisí od mnohých faktorov: od chemickej a mechanickej štruktúry pôdy, jej schopnosti výmeny iónov, pH prostredia, chemických vlastností znečistenín, charakteru podpovrchových vôd, prítomnosti chemicky príbuzných iónov a i. Znečistenie pôdy má oproti znečisteniu ovzdušia a vody určité špecifikum v tom, že ho nemôžeme pozorovať okamžite. Prejavuje sa skryte a preto začiatkové štádiá znečistenia pôdy sa dajú len ťažko kontrolovať. Prejavuje sa zvyčajne nepriamo znížením produkcie alebo zhoršením kvality produkcie. Niektoré druhy znečistenia dokáže pôda likvidovať

Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých

chemickými a biologickými procesmi (napr. znečistenie pôdy zlúčeninami síry a dusíka), iné druhy znečistenia dokáže len čiastočne eliminovať (ťažké kovy, arzén, horčík).



## REMEDIÁCIA ZNEČISTENEJ PÔDY

Vyčistiť pôdu od nežiadúcich látok prakticky nemožno (okrem prirodzených biologických procesov). V prípade jej lokálneho znečistenia prichádza do úvahy iba odstránenie (sanácia) kontaminovanej pôdy alebo jej dekontaminácia termicky, biologicky alebo chemicky. Sanačné metódy môžeme rozdeliť podľa miesta vykonávania sanačného zákroku.

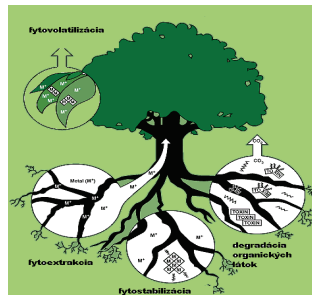
**Sanácia in situ (= na mieste)** – sa vykonáva priamo v horninovom prostredí, kde zmenou vstupných parametrov je možné dosiahnuť zmenu vlastností kontaminantu (rozpuštnosti, mobility) a/alebo odstránenie kontaminantu.

**Sanácia ex situ** – sa vykonáva mimo lokalitu sanačného zásahu po separácii kontaminovaného média (napr. odťaženie zeminy a sanácia na dekontaminačnej ploche).

### Metódy sanácie zemín, riečnych sedimentov a kalov – in situ

#### Biologické metódy

- ❖ bioventing – do nesaturovanej zóny sa dopravuje kyslík núteným vŕhaním alebo odsávaním vzduchu ventingovými vrtmi, aby sa zvýšila koncentrácia kyslíka v nesaturovanej zóne a zlepšili sa podmienky pre biologický rozklad kontaminantov. Najčastejšie odstraňované sú prchavé organické látky (VOC), semiprchavé organické látky (SVOC) a polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU),
- ❖ fytooremediácia – využitie rastlín pri degradácii, extrakcii alebo imobilizácii látok kontaminujúcich pôdu,
- ❖ podporovaná bioremediácia – stimulovanie aktivity autochtónnych mikroorganizmov napr. pridávaním živín, ale pridávaním bakteriálnych kmeňov (bioaugmentácia).



### **Fyzikálno-chemické metódy**

- ❖ chemická oxidácia – infiltrácia roztoku oxidačného činidla (napr. manganistan draselný) do nesaturovanej zóny tak, aby došlo k deštrukcii prítomných kontaminujúcich látok.
- ❖ elektrokinetická dekontaminácia – vytvorenie jednosmerného elektrického poľa v kontaminovanej poréznej matici (napr. zemine), kde pôsobením tohto poľa vzniká elektromigrácia a elektroosmóza. Elektromigrácia pôsobí na kontaminanty v iónovej forme a elektroosmóza na organické látky rozpustené alebo dispergované vo vodnom roztoku.
- ❖ vymývanie pôdy – aplikácia povrchovo aktívnych látok (PAL), kyselín, zásad, alkoholu alebo iných rozpúšťadiel do horninového prostredia s cieľom rozpustiť alebo zmeniť povrchové vlastnosti kontaminantov, prípadne narušiť ich sorpčné väzby.
- ❖ extrakcia pôdneho vzduchu – alebo aj venting – odsávanie znečisteného pôdneho vzduchu z nesaturovanej zóny.
- ❖ solidifikácia, stabilizácia – solidifikácia je fyzikálna premena a uzatvorenie kontaminovaného materiálu do monolitckej, mechanicky odolnej a obmedzene priepustnej štruktúry, stabilizácia je proces chemickej väzby škodlivín prítomných v kontaminovanom materiáli do stabilnej a málo rozpustnej formy.

**Termické metódy** – alebo aj metódy tepelného ošetrovania a tepelnej podpory – skupina metód využívajúcich tepelnú energiu na podporu degradácie kontaminantov v horninovom prostredí, napr. odporové zahrievanie, vstrekovanie vodnej pary, termická desorpcia in situ, zatlačanie horúceho vzduchu, konduktívny ohrev a podobne.



## Metódy sanácie zemín, riečnych sedimentov a kalov – ex situ

### Biologické metódy

- ❖ biostabilizácia a bioimobilizácia (*biopiles*) – biologické čistenie vyťažených materiálov na dekontaminačnej ploche, kde sa využíva schopnosť mikroorganizmov rozkladať alebo biotransformovať polutanty na látky menej toxické alebo neškodné, biologické metódy zahŕňajú biostabilizáciu (znižovanie biodostupnosti a toxicity) a bioimobilizáciu (fixáciu, akumuláciu,...). Používa sa pri kontaminácii ropnými látkami, nehalogenovanými VOC a SVOC,
- ❖ kompostovanie – kontaminovaná zemina (sediment, ...) sa zmieša s vyľahčovacím organickým materiálom (drevná štiepka, piliny, slama, kôra, zelený odpad), aby sa dosiahla dobrá pórovitosť, upraví sa pomer C : N (väčšinou 30 : 1), kontaminovaná zemina sa uloží do hromád, kde sa intenzívne vháňa kyslík. Prítomné polutanty sa aeróbne biologicky rozložia, prípadne sa čiastočne sorbujú na vznikajúce humínové látky. Úspešne použité pre chlórphenoly, TNT, RDX, pri znečistení ropnými produktmi a PAU,
- ❖ *landfarming* – aeróbný biologický rozklad polutantov v tenkej vrstve kontaminovaného materiálu, ktorý sa intenzívne prevdúšňuje preorávaním, kyprením a podobnými mechanickými postupmi.



**Fyzikálno-chemické metódy**

- ❖ chemická extrakcia – oddelenie toxických a inak škodlivých zložiek z kontaminovaných zemín. Polutant sa rozpúšťa do extrakčného činidla, vyčistená matrica sa po extrakcii separuje od kvapalného podielu s rozpusteným polutantom.
- ❖ chemická redukcia / oxidácia – chemická konverzia kontaminujúcich látok prítomných v zemine na netoxické alebo menej toxické, prípadne menej mobilné produkty, kde podstatou konverzie sú oxidačné alebo redukčné procesy vyvolané pridaním oxidačného/redukčného činidla.
- ❖ dehalogenácia – chemická dehalogenácia je proces, ktorý odstraňuje halogény (najmä chlór) z nebezpečných polutantov a mení ich na menej nebezpečné látky.
- ❖ vymývanie pôdy – aj pranie alebo prepieranie pôdy – znečistenie je z pôdy vymývané vodou (prípadne vodou s prídavkom povrchovo aktívnych alebo iných látok) v pracom zariadení.
- ❖ solidifikácia / stabilizácia – podobne ako in situ, rozdiel je v tom, že spracovanie sa vykonáva po vyťažení zeminy. K solidifikačným metódam patrí napr. cementácia, bitumenácia, vitrifikácia a podobne.

**Termické metódy** – sem môžeme zaradiť spaľovanie (odparovanie a spaľovanie kontaminantov za vysokých teplôt) a termickú desorpciu (vystavenie kontaminovaného materiálu vysokým teplotám v rotačnom desorbéri).

### Iné metódy

- ❖ vyťaženie kontaminovanej zeminy a uloženie na skládke odpadu.
- ❖ prekrytie (*capping*) – označované aj ako zakrytie, uzatvorenie či enkapsulácia – pozostáva z prekrytia kontaminovaného miesta tak, aby sa zabránilo úniku kontaminácie do okolia, zabránením prístupu zrážkovej vody, vzduchu alebo iných aktívnych činiteľov. Ako tesniace vrstvy možno použiť minerálne tesnenie (vrstva nepriepustných zemín), geomembrány (HDPE alebo iné fólie), geosyntetické ílovité rohože, asfaltobetónové tesnenie a ich kombinácie.



Tieto spôsoby sú však veľmi nákladné, preto treba klásť dôraz na preventívne opatrenia, na zníženie rizika úniku najmä toxických, mutagénnych a nerozložiteľných látok.

## **ZÁVER**

Pôda je vrchná vrstva zvetralého povrchu zemskej kôry obsahujúca vodu, vzduch, živé organizmy. Rozdelená je do horizontálnych vrstiev so špecifickými fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami. Jednotlivé vrstvy majú rôzne ekologické funkcie a funkcie týkajúce sa ľudských aktivít. Medzi ekologické funkcie pôdy patrí produkcia biomasy, ako základná podmienka života človeka a iných organizmov, filtrácia, neutralizácia a premena látok v prírode ako súčasť funkčných a regulačných mechanizmov v prírode a udržiavanie ekologického a genetického potenciálu živých organizmov v prírode. Pôda je tiež súčasť priestorovej základne pre socio-ekonomické aktivity, zdroj surovínových materiálov a kultúrne a prírodné dedičstvo krajiny. Pôda je v úzkom vzťahu k ovzdušiu a k vode, s ktorými spoločne vytvára neoddeliteľný systém. Preto je ohrozovaná každým znečisťovaním ovzdušia a vody. Kyslý dážď okysľuje pôdu, a tým sa menia jej vlastnosti, vyplavuje sa viac vápnika, horčíka, draslíka, ničia sa pôdne organizmy a pôda sa menej prevzdušňuje. Iba priemyselné hnojivá neudržia úrodnosť pôdy a ich veľmi veľké dávky spôsobujú zasoľovanie pôdy. Nevyhnutné sú preto aj organické maštalné hnojivá, z ktorých sa vytvára humus. Vážnym ohrozením pôdy na celom svete je vodná a veterná erózia. Okrem kvality pôdy je vážne ohrozený aj rozsah pôdy. Budovanie sídlisk, ciest, priemyselných a poľnohospodárskych podnikov a ťažba nerastných surovín vyžaduje často veľké plochy pôdy, a to aj úrodnej pôdy.

Ak porovnáme ovzdušie, vodu a pôdu, vidíme, že najľahšie sa chemicky znečisťuje, ale aj čistí ovzdušie, najťažšie pôda. Výnimkou sú ľahko rozložiteľné prírodné organické látky, pre rozklad ktorých sú ideálne podmienky práve v pôde. Najnebezpečnejšie sú ťažko rozložiteľné organické látky a zlúčeniny ťažkých kovov.

**ZOZNAM POUŽITEJ A ODPORÚČANEJ LITERATÚRY**

1. Sobocká, J. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bratislava:VÚPOP,2000. 76s. ISBN 80-85361-70-1
2. Hanes, J. a kol. Pedológia. Nitra:SPU Nitra, 1999. ISBN 80-7137-559-4
3. Zaujec, A. a kol. Pedológia.Nitra:SPU Nitra, 2002. ISBN 80-8069-090-1
4. Bedrna, Z. Environmentálne pôdoznanectvo. Bratislava:SAV Bratislava, 2002. ISBN 80-224-0660-0
5. Soudek, P. Fytoremediace. [ Online] Dostupné na internete  
<http://www.ueb.cas.cz/Laborator%20of%20Plant%20Biotechnologies/fytoremediace.pdf>
6. [www.enviroportal.sk](http://www.enviroportal.sk)
7. [www.pedologia.sk](http://www.pedologia.sk)
8. [www.podnemapy.sk](http://www.podnemapy.sk)
9. [www.enviro.edu.sk](http://www.enviro.edu.sk)
10. [www.sazp.sk](http://www.sazp.sk)

*Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých*

Autori: Ing. Veronika Kupková  
Názov: Pôda  
Miesto vydania: Trnava  
Vydavateľ: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave  
Rok vydania: 2009  
Vydanie: prvé  
Rozsah: 36  
ISBN: 978-80-89422-06-7



**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA**

**Materiálovotechnologická fakulta**

**Paulínska 16**

**917 24 Trnava**

**[www.mtf.stuba.sk](http://www.mtf.stuba.sk)**



9 788089 422067