

Nauka o půdě

Autoři:

Prof. Ing. Klement Rejšek, CSc.

Doc. Ing. Radim Vácha, Ph.D.

Oponenti:

Prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

Prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc.

Fotografie číslo:

Radim Vácha: 6, 9, 13, 17, 21, 44, 49–99.

Klement Rejšek: 1–5, 7–8, 10–12, 14–16, 18–20, 22–43, 45–48; fotografie na obálce a frontispice.

Obrázek číslo:

Vladimír Arnošt: 1–2, 7–8, 13–17, 19, 21–23, 25, 27.

Elvira Letucha: 3–6, 10–12, 18, 20, 24.

Jan Rejšek: 9.

Obrázek 25 je převzatý.

Odborný editor:

Doc. Ing. Valerie Vranová, Ph.D.

Grafický editor:

Veronika Hradilová

Editor:

Veronika Rejšková

Text © Klement Rejšek, Radim Vácha

Fotografie © Klement Rejšek, Radim Vácha

Kresby © Vladimír Arnošt, Elvira Letucha, Jan Rejšek

Olomouc 2018

ISBN 978-80-87091-82-1

Poděkování

Klement Rejšek

Děkuji mým studentům a mojí rodině, manželce Ivance, dceři Veronice a synovi Honzovi, kteří mi umožnili věnovat se celoživotně tomuto inspirativnímu oboru. Dále děkuji svým kolegům Valeriei Vranové, Aleši Kučerovi a Karlu Maroszovi. A v neposlední řadě Stvořiteli této krásné Země.

Radim Vácha

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. děkuje Ministerstvu zemědělství ČR za poskytnutí institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace, která významně přispěla ke vzniku této publikace.

Obsah

Úvod (Klement Rejšek).....	14
----------------------------	----

Část první: Půda, její vlastnosti a procesy (Klement Rejšek).....	18
--	----

1. Půda, pedon, definice, pojetí	20
---	----

1.1 Definice půdy.....	23
------------------------	----

1.2 Význam půdy.....	31
----------------------	----

1.3 Půda v krajinném měřítku	34
------------------------------------	----

1.4 Zemědělská půda.....	37
--------------------------	----

1.4.1 Specifické znaky zemědělsky a zahradnický využívané půdy.....	39
---	----

1.4.2 Úrodnost zemědělských půd.....	41
--------------------------------------	----

1.5 Lesní půda	42
----------------------	----

1.5.1 Specifické znaky půdy určené k plnění funkcí lesa.....	44
--	----

1.5.2 Úrodnost lesních půd	47
----------------------------------	----

1.6 Urbánní půda	50
------------------------	----

1.6.1 Specifické znaky půd měst a obcí.....	53
---	----

1.6.1.1 Mimořádná prostorová heterogenita.....	53
--	----

1.6.1.2 Specifický hydrický režim půd	54
---	----

1.6.1.3 Dopad zimní údržby komunikací	56
---	----

1.6.1.4 Specifický režim půdních plynů	59
--	----

1.6.1.5 Alkalizace městského prostředí.....	60
---	----

1.6.1.6 Nedostatek minerálních půdních živin	62
--	----

1.6.1.7 Kontaminace městských půd	63
---	----

1.6.2 Úrodnost urbánních půd	63
------------------------------------	----

1.7 Půda a globální změna klimatu	66
---	----

1.7.1 Pohled trofický	68
-----------------------------	----

1.7.2 Pohled hydropedologický.....	69
------------------------------------	----

1.7.3 Pohled geomorfologický	73
------------------------------------	----

1.7.4 Možná prognóza.....	75
---------------------------	----

2. Fyzikální pohled na půdu (Klement Rejšek – Radim Vácha)	80
---	----

2.1 Pevné půdní částice.....	83
------------------------------	----

2.1.1 Minerální půdní podíl	84
-----------------------------------	----

2.1.2 Organický půdní podíl.....	86
----------------------------------	----

2.2 Hydrický půdní režim	88
--------------------------------	----

2.2.1 Minerální půdní podíl	91
-----------------------------------	----

2.2.2 Organický půdní podíl	94
-----------------------------------	----

2.2.3 Režim vody v půdě	94
-------------------------------	----

2.2.4 Půdní voda	96
------------------------	----

2.2.5 Půdní hydrolimity	98
-------------------------------	----

2.3 Aerační půdní režim	100
-------------------------------	-----

2.3.1 Minerální půdní podíl	101
-----------------------------------	-----

2.3.2 Organický půdní podíl	102
-----------------------------------	-----

2.4 Termický půdní režim	103
--------------------------------	-----

2.5 Barva půdy	107
----------------------	-----

2.6 Půdní pórovitost	111
----------------------------	-----

2.7 Půdní zrnitost.....	113
-------------------------	-----

2.7.1 Půda a zemina	115
---------------------------	-----

2.7.2 Půdní druh.....	116
-----------------------	-----

2.7.2.1 Smysl určování půdního druhu pro přímé využití.....	118
---	-----

2.7.2.2 Specifické znaky zrnitostně lehkých, písčitých, půd.....	119
--	-----

2.7.2.3 Specifické znaky zrnitostně těžkých, jílovitých, půd.....	120
---	-----

2.7.2.4 Cílená změna půdního druhu	122
--	-----

– vylehčování zrnitostně těžkých půd, zhutňování zrnitostně lehkých půd	
---	--

2.8 Půdní konzistence	123
-----------------------------	-----

2.9 Půdní struktura.....	125
--------------------------	-----

3 Chemický pohled na půdu	128
--	-----

3.1 Chemické složení pevných půdních částic.....	129
--	-----

3.2 Chemické složení půdního roztoku	132
--	-----

3.3 Chemické složení půdních plynů.....	134
---	-----

4 Fyzikálně chemický pohled na půdu (Klement Rejšek – Radim Vácha).....	136
--	-----

4.1 Půdní reakce	137
------------------------	-----

4.1.1 Stupeň pH.....	140
----------------------	-----

4.1.2 Význam hodnocení stupně pH	142
--	-----

4.2 Půdní sorpce.....	144
-----------------------	-----

4.2.1 Typy půdní sorpce	144
-------------------------------	-----

4.2.2 Půdní výměnná sorpce	145
----------------------------------	-----

4.2.3 Půdní koloidní částice	147
------------------------------------	-----

4.2.4 Náboj koloidní částice	149
------------------------------------	-----

4.2.5 Anionová výměnná kapacita.....	154
--------------------------------------	-----

4.2.6 Význam půdní výměnné sorpce	155
---	-----

4.3 Půdní pufovritost.....	156
----------------------------	-----

4.3.1 Míra pufovritosti a pufrací kapacity.....	157
---	-----

4.3.2 Význam hodnocení půdní pufovritosti	161
---	-----

4.4	Oxidačně-redukční reakce.....	162
4.4.1	Redox potenciál půdy.....	163
4.4.2	Význam hodnocení poměru mezi oxidacemi a redukcemi v půdě	164
5	Biochemický pohled na půdu.....	166
5.1	Půdní část koloběhu uhlíku	168
5.2	Půdní část koloběhu dusíku.....	170
5.3	Enzymologie půdy.....	175
5.4	Respirace půdy	177
6	Biologický pohled na půdu.....	180
6.1	Půdní organická hmota.....	182
6.2	Akumulace ulmifikací.....	186
6.3	Transformace dekompozicí.....	188
6.3.1	Mineralizace.....	191
6.3.2	Humifikace.....	192
6.3.3	Asimilace	195
6.4	Humusové formy a subformy	198
6.5	Půdní biologie	200
6.6	Půdní biota	203
6.7	Biologická imobilizace.....	207
6.8	Komposty a kompostování	208
6.9	Mulče a mulčování.....	211
7	Pedogenetické faktory.....	214
7.1	Půdotvorný substrát	216
7.2	Klimatické faktory	219
7.3	Orografie terénu	221
7.4	Organismy a vznik půdy	224
7.4.1	Terestické organismy.....	225
7.4.2	Půdní biota.....	227
7.5	Člověk jako pedogenetický faktor.....	228
7.6	Čas jako pedogenetický faktor.....	230
8	Procesy v půdě	234
8.1	Obecné procesy v půdě.....	236
8.2	Speciální procesy v půdě.....	237
8.2.1	Elementární procesy v půdě	238
8.2.2	Diferenciační procesy v půdě	239
8.3	Půdní procesy a význam pro hospodaření v krajině.....	245
9	Půdní taxonomie.....	248

9.1	Typologie (třídění) půdy a její smysl	248
9.2	Platný klasifikační systém půd v ČR.....	251
9.3	Mezinárodní klasifikační systémy	253
9.4	Pedon a půdní profil	255
9.5	Diagnostické horizonty.....	257
9.6	Referenční třídy půd.....	259
9.7	Půdní typy.....	263
9.7.1	Referenční třída leptosolů a její půdní typy litozem, ranker, rendzina a pararendzina	263
9.7.2	Referenční třída regosolů a půdní typ regozem.....	267
9.7.3	Referenční třída fluvisolů a půdní typy fluvizem a koluvizem	268
9.7.4	Referenční třída vertisolů a půdní typ smonice	270
9.7.5	Referenční třída černosolů a její půdní typy černozem a černozemě.....	271
9.7.6	Referenční třída andosolů a půdní typ andozem.....	272
9.7.7	Referenční třída luvisolů a její půdní typy šedozem, hnědozem a luvizem.....	274
9.7.8	Referenční třída kambisolů a její půdní typy kambizem a pelozem.....	276
9.7.9	Referenční třída podzosolů a její půdní typy kryptopodzol a podzol	279
9.7.10	Referenční třída stagnosolů a půdní typy pseudoglej a stagnoglej	281
9.7.11	Referenční třída glejsolů a půdní typ glej	284
9.7.12	Půdy s výraznými znaky zasolení	286
9.7.13	Referenční třída organosolů a půdní typ organozem	287
9.7.14	Referenční třída antroposolů a její půdní typy kultizem a antropozem	288
9.8	Půdní subtypy.....	291
9.9	Půdní variety a subvariety	292
9.10	Ekologické a degradační fáze, hlavní a lokální substrátové půdní formy	293
10	Půda a rostlina.....	294
10.1	Vliv rostlin na půdu.....	296
10.2	Půda jako zdroj rostlinám přístupné vody	298
10.3	Půda jako zdroj rostlinám přístupných živin	300
10.3.1	Makrobiogenní prvky a jejich přístupnost.....	303
10.3.1.1	Obecný pohled na biogenní prvky	308
10.3.1.2	Dusík	309
10.3.1.3	Fosfor	312
10.3.1.4	Draslík	315
10.3.1.5	Vápník.....	316
10.3.1.6	Hořčík	318
10.3.1.7	Síra.....	319
10.3.2	Mikrobiogenní prvky a jejich přístupnost.....	320

10.4	Možný problém příštích let: hořčík, železo a mangan.....	322
10.5	Rostliny a mykorhizní symbióza	324
10.6	Rostliny a tvary zemského povrchu.....	326
10.7	Já a moje zahrádka, já a můj les	329
10.8	Rostliny a jílovité půdy	332
10.9	Travníky	335
10.10	Rostliny a imise	340
11	Výživa rostlin a hnojení půd	344
11.1	Udržování a zvyšování půdní úrodnosti dodáváním hnojivých látek.....	346
11.2	Operativní zásahy a základní hnojení	347
11.3	Principy hnojení a přihnojování.....	348
12	Půda a čas – vývoj stanoviště v krajině	352
12.1	Půda a její vývoj	353
12.2	Pedogeneze v postglaciálu.....	355
12.3	Půda a neolitický člověk.....	359
13	Studium půdy	362
13.1	Cíle studia půdy.....	364
13.2	Půdní profil	366
13.3	Charakter základních etap zjišťování půdních vlastností.....	369
13.3.1	Přípravné práce	369
13.3.2	Vlastní terénní práce	370
13.3.2.1	Rekognoskace terénu	370
13.3.2.2	Rozvržení sítě sond.....	370
13.3.2.3	Půdní sondy	371
13.3.2.3.1	Vzorkovací sondy	372
13.3.2.3.2	Mapovací sondy.....	373
13.3.3	Terénní šetření a odběr půdních vzorků.....	373
13.3.3.1	Určování půdních jednotek v terénu.....	374
13.3.3.2	Popis půdního profilu	376
13.3.3.3	Vzorkování půdních horizontů.....	378
13.3.4	Charakter laboratorních analýz.....	382
13.3.5	Charakter interpretací výsledků terénního šetření a laboratorních analýz.....	384
13.3.5.1	Prostorová heterogenita a časová variabilita půdních vlastností.....	385
13.3.5.2	Půdní vs. listové analýzy	387
13.3.5.3	Specifická úskalí interpretací.....	389
13.4	Nauka o půdě a spolupráce s přírodními vědami	391
13.5	Nauka o půdě a spolupráce s humanitními vědami.....	394

Část druhá: Půda, její využívání a ochrana (Radim Vácha)	396
14 Legislativní zabezpečení ochrany půdy	398
14.1 Ochrana půdy v ČR.....	400
14.1.1 Legislativa ochrany půdy z pohledu produkčních funkcí půdy.....	400
14.1.2 Legislativa ochrany půdy z pohledu mimoprodukčních funkcí půdy.....	402
14.1.3 Stanovení pravidel pro poskytování zemědělských podpor – Cross Compliance	402
14.2 Ochrana půdy zemí Evropské unie	403
14.2.1 Legislativa ochrany půdy v EU	404
14.2.2 Stanovení pravidel pro poskytování zemědělských podpor – Cross Compliance v EU	405
14.3 Ochrana půdy mimo EU	406
14.3.1 Mezinárodní aktivity v oblasti ochrany půdy	408
14.4 Legislativní omezení látek vstupujících do půdy.....	409
14.4.1 Limitní hodnoty v hnojivech, pomocných půdních látkách	410
14.4.2 Limitní hodnoty v kalech z čištění odpadních vod k aplikaci na zemědělskou půdu ...	411
14.4.3 Limitní hodnoty v sedimentech k aplikaci na zemědělskou půdu	413
14.5 Limitní hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v půdě.....	416
14.6 Připravovaná legislativní opatření.....	420
15 Faktické zabezpečení ochrany půdy	422
15.1 Globální ochrana půdy	423
15.2 Lokální ochrana půdy.....	424
15.3 Specifické znaky ochrany zemědělské půdy	425
15.4 Specifické znaky ochrany lesní půdy.....	426
15.5 Specifické znaky ochrany urbánní půdy	427
15.6 Kontaminace půdy v ČR.....	428
15.7 Kontaminace půdy v zemích EU.....	431
15.8 Kontaminace půdy v zemích mimo EU	432
15.9 Kritické hodnoty a půdně toxikologické přístupy	434
15.10 Faktické možnosti omezení rizik.....	435
15.11 Faktické možnosti ochrany zdrojů pitné vody z pohledu kontaminace přes půdu.....	439
16 Rizikové prvky	442
16.1 Význam působení rizikových prvků v prostředí	442
16.2 Mobilita rizikových prvků a transfer do rostlin	443
16.3 Vstup rizikových prvků do rostlin	444
16.3.1 Kořenový příjem rizikových prvků	445
16.4 Kritická zátěž půd rizikovými prvky	446
16.4.1 Arsen.....	447

16.4.2	Kadmium	447
16.4.3	Měď	448
16.4.4	Nikl	448
16.4.5	Olovo	449
16.4.6	Zinek	449
16.4.7	Ostatní monitorované prvky	449
16.5	Rizikové prvky v půdách geogenně anomálních	450
17	Perzistentní organické polutanty	456
17.1	Druhy perzistentních organických polutantů	457
17.2	Hodnocení obsahů perzistentních organických polutantů	458
17.3	Kontaminace zemědělských půd perzistentními organickými polutanty	459
17.4	Kontaminace lesních půd perzistentními organickými polutanty	461
17.5	Kontaminace urbánních půd perzistentními organickými polutanty	463
18	Degradace půdy	466
18.1	Fyzikální a fyzikálně-chemická degradace půdy	466
18.1.1	Erozní procesy	467
18.1.1.1	Typy a formy eroze	467
18.1.1.2	Eroze vodní	467
18.1.1.3	Eroze větrná	470
18.1.1.4	Protierozní opatření	471
18.1.2	Zhutnění půd (pedokompakce)	472
18.1.3	Úbytek půdní organické hmoty	474
18.1.4	Rozpad půdní struktury	476
18.1.5	Zábor půdy	476
18.1.6	Desertifikace	479
18.2	Chemická a biologická degradace půdy	480
18.2.1	Acidifikace půdy	480
18.2.2	Salinizace	481
18.2.3	Snížení biodiverzity půdy	483
18.2.4	Kontaminace půdy při záplavách	484
18.2.5	Kontaminace půdy při sesuvných epizodách	485
18.3	Environmentální degradace půdy	486
19	Indikátory kvality půdy	488
20	Průzkumy půd	490
21	Možnosti člověka pracovat s půdou a nápravná opatření	492
21.1	Pozemkové úpravy	492
21.2	Rekultivace	493

Závěr (Klement Rejšek)	496
Summary	500
Použitá literatura	502
Rejstřík	520
O autorech	526

Část první

Půda, její vlastnosti a procesy

KLEMENT REJŠEK



1. Půda, pedon, definice, pojetí

Co je z hlediska dnešní společnosti u půdy klíčové? Jednak to, že zajišťuje produkci ekosystémů, a jednak to, že podmiňuje stabilitu ekosystémů.

Recentní (současný) vývoj půd je výsledkem mnoha – často i protichůdných – procesů. Výslednicí těchto procesů je **vznik půdy**, která je charakteristická zejména dvěma následujícími parametry:

- Vytvoření obrovské kapacity pro příjem a uchování látek.
- Tlumení fyzikálních a chemických vlivů. Ve srovnání s atmosférou či hydrosférou v půdě vzniká výrazně stabilnější prostředí bez sezónních a denních teplotních extrémů, s nízkými vstupy záření a s pomalými, difuzními procesy výměny látek.

Půdu můžeme vnímat jako klíčový parametr **trvalých produkčních podmínek stanoviště**. Jako tento základní parametr stanoviště pak vykazuje dvě skupiny svých znaků a vlastností:

- **Znaky morfologické** – charakterizují ji samotnou, například její barvu, střídání horizontů, její zrnitost či strukturu,
- **Znaky edafické** – charakterizují její schopnost uspokojovat růstové nároky rostlin, například obsah organické hmoty, schopnost sorbovat vodu a živiny nebo stupeň pH.

Důležité je přitom uvědomit si, že všechny morfologické i edafické znaky dosahují jak v rámci jednoho půdního tělesa (tedy změny vertikální s hloubkou), tak v rámci srovnávání stanovišť mezi sebou (tedy změny horizontální se vzdáleností) mimořádnou variabilitu svých změřitelných vlastností. Půdu je tak třeba vnímat jako jednu z nejheterogennějších součástí biosféry! Tato heterogenita se přitom neomezuje na měřítko – půda je nesmírně rozmanitá jak v měřítku nanočástic, tak i z jakkoliv vymezeného makropohledu.

Podle názvu by tato kapitola měla hovořit jen o půdě. Může to však dnes stačit? Nemůže, neboť ve výše řečeném dnes razantně působí člověk: mění dlouhodobě dosahovanou rovnováhu přírodních sil – a nejen to.

Co je klíčové z hlediska stanoviště? Je to působení těchto dvou faktorů:

- **Faktory abiotické** – pedologické, geomorfologické, klimatické
- **Faktory biotické** – fytogeografické, genetické

Milý čtenáři, jdeš-li po jakémkoliv stanovišti, co k tobě hovoří o půdě jako základní složce trvalých produkčních podmínek daného ekotopu? Ano, jsou to rostliny, které reagují minimálně na extrémy: jiné rostliny najdeme na půdách kyselých a jiné na alkalických, jiné na půdách zamokřených a jiné na vysychavých, jiné na skeletnatých a jiné na jílovitých. Těto jejich schopnosti říkáme fytoindikace stanovištních (zde půdních) podmínek. Pravdou je, že to tak jednoduché s fytoindikací půdních podmínek být nemůže, protože rostliny vedle živin, kyslíku a vody reagují též na činnost člověka, světelné² a teplotní podmínky, ale z hlediska extrémů snad výše uvedené může platit relativně spolehlivě.

² Zvláště v případě tzv. světelného počítu je fytoindikace půdních podmínek velmi obtížná: zde totiž často vůbec neplatí okřídlené tvrzení *každá půda má svou květenu*, ale přítomnost daných rostlinných taxonů a jejich vitalita může dominantně odrážet právě např. přebytek stínu či nadbytek světla.

Půda a stanoviště jsou spojitě nádoby. Znovu je však třeba zopakovat razantní vliv lidských aktivit – zde je však správné si uvědomit, že se **půdotvorný substrát, půdní druh a typ, nadmořská výška, typ, sklon a expozice reliéfu a základní klimatické prvky činnosti člověka mění jen obtížně**.

Přirozeně vzniklé rostlinné společenstvo vykazuje dynamickou rovnováhu chování svých stavebních prvků s jistým stupněm rezistence vůči působení alochtonních (cizorodých) faktorů a s jistou resiliencí (pružně reagující odolností) jejich chování, podmíněnou působením autoregulačních mechanismů ekosystému jako celku (Begon a kol., 2006). V současné době jsou však tyto základní parametry výrazně ovlivněny činností člověka: růst, produkce a obnova agrobiocenóz (společenstva především rostlin na zemědělsky obhospodařované půdě) i hospodářského lesa je výrazně podmíněna agrotechnickými, hospodářsko-úpravnickými a pěstebními opatřeními, stejně tak jako opatřeními ochrany polních plodin a lesa.

Jak je možno v těchto podmínkách definovat **půdní úrodnost**? Jedná se o dynamický komplex podmínek determinujících jak hodnotový a objemový přírůst rostlinných společenstev, tak i plnění celospolečenských funkcí.

Současné pojetí nauky o půdě zdůrazňuje tu skutečnost, že **půda podléhá nepřetržitým změnám**. Významné jsou čtyři konkrétní důvody:

- fyzikální, chemické i biologické zvětrávání³ nepřetržitě uvolňuje minerální částice,
- přičemž souběžně probíhá rozklad mrtvých organických těl a jejich částí,
- produkty rozkladných procesů včetně autolyzátů spolu s exkrementy půdních organismů vstupují do biosyntetických reakcí,
- přičemž dochází k jejich změně na (makro)molekuly humusových polymerů a polykondenzátů – které zpětně vytváří komplexy s produkty zvětrávání minerálních půdotvorných substrátů.

Půdní profil je tak mezi vrstvou rostlinného opadu a povrchem nezvětralé matečné horniny tvořen jednotlivými horizonty, jejichž stratigrafie je charakteristická pro jednotlivé půdní jednotky a odráží vliv komplexního působení půdotvorných faktorů.

Půdní horizonty vytváří pedon.

Pedon je definován jako půdní těleso takových rozměrů, že v něm již nalézáme plně vyvinuté diagnostické horizonty, a to v stratifracích charakteristických pro dané půdní typy:

1. Primárními procesy tvorby pedonu jsou procesy rozkladu zvětratelných minerálů a odumřelých organických látek a procesy syntézy sloučenin sekundárních, procesy nárůstu hmoty v pedonu jako celku.
2. Na tyto procesy navazují translokace (přemísťování látek v pedonu) a komplex procesů transformačních (přeměny látek v pedonu).
3. Dochází též k procesům ztráty půdní hmoty erozními jevy různého druhu a různé intenzity.

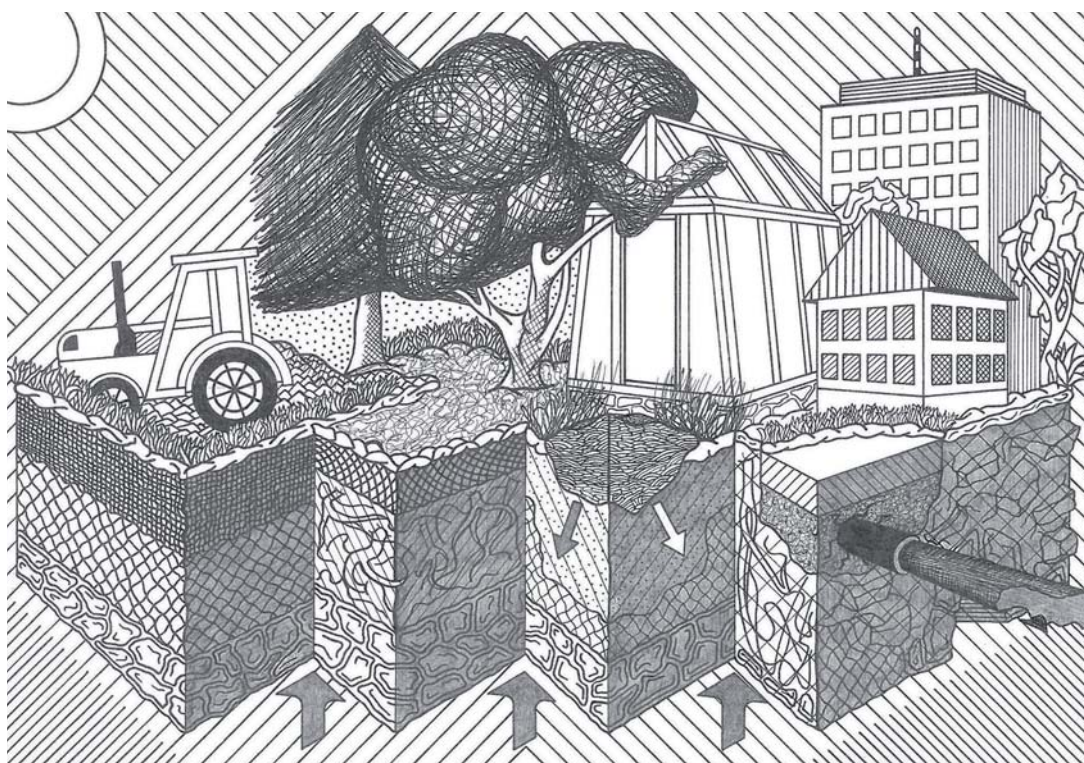
Pedon je tak útvarem třírozměrným, vznikajícím v prostředích umožňujících nárůst půdní organické a anorganické hmoty (viz kap. 1.1).

³ Zde je stále třeba mít na paměti určující roli vody (při každém z těchto zvětrávání!). Vždyť například i při pohledu na voštiny v pískovcích se díváme na projev vodou přenášených alkalicky působících ionů horninou, kdy tyto na jejím povrchu vytváří sekundární soli, které trhacím účinkem své krystalizace v horninových pórech vytvářejí tyto nápadné tvary mikroreliéfu skalních povrchů.

V průběhu geologického vývoje území dnešní ČR došlo k opakovaným záplavovým cyklům, lokálním zdvihům, svahovým pohybům, rozsáhlé denudaci i plošné erozi. Působením exogenních a endogenních geologických sil docházelo pravidelně k transportním a akumulacím jevům vedoucím k promíchání zvětralin různých matečních hornin. Celá situace byla navíc komplikována přítomností jak fosilních půd, tak pohřbených horizontů s vysokým podílem humusových látek.

Takto vnímaná komplexita pedogeneze ústí do poznání, že půda je velmi pozvolna měnícím se produktem nikdy nekončícího vývoje, nikdy nekončícího komplexního působení půdotvorných faktorů daného stanoviště. Co si pod tím, milý čtenáři, můžeš konkrétně představit? To, že:

- Očekáváme-li proto konkrétní diagnostikovatelnou odezvu na aktuálně probíhající změnu prostředí přímo v morfologii vlastního půdního profilu, je za normálních okolností nutno počítat s časovým odstupem minimálně 10 let.
- Rychleji reagují terestrické organogenní horizonty (nadložní humus), v jejichž stratigrafii se změna projeví nejpozději do 5 let.
- Nejrychlejší odezvu nalezneme v chemismu půdního roztoku – analýzy lyzimetrických vod jasně hovoří o tom, že zpoždění odezvy je měřitelné v dnech či týdnech, přičemž někdy je reakce na změnu zcela okamžitá.



Obrázek 1. Půda a její pojetí v této knize: Ať se jedná o zemědělství, lesnictví, zahradnictví, ale i o město, půda je vždy důležitá. A vždy je to právě půda, která zásadně ovlivní divadlo, odehrávající se na zemském povrchu. Každá kategorie či subkategorie půdního fondu má svou naprosto specifickou podobu, své charakteristické znaky: v zemědělství s půdou aktivně pracujeme za účelem plošného zvýšení její úrodnosti; půda lesa je naopak člověkem narušena velmi málo; na zahradě půdu hýčkáme a město je z pohledu půdních vlastností zvláštním chaosem.

Pojetí půdy je závislé na míře přiblížení.

Z pohledu národních priorit je třeba hledat optimální půdní vlastnosti v jednotlivých krajinných segmentech z hlediska zemědělského, industriálního, urbánního a rekreačního potenciálu krajiny (obrázek 1).

Z pohledu lokálního se zaměřujeme na vhodnost půdy pro sídelní zástavbu, stavbu trvalých skládek komunálního odpadu, městských parků či dopravních komunikací.

Z pohledu majitele pozemku hodnotíme vazbu místních půdních vlastností na založení lesního porostu, zornění části pozemku či ponechání dané části přirozenému zatravnění.

Z pohledu půdoznalce se zamýšlíme nad tím, jak v terénu z daného horizontu odebrat malý půdní vzorek tak, abychom ho po finančně nákladných laboratorních šetřeních mohli považovat za reprezentativní pro posouzení půdního krytu stanoviště v dané hloubce.

A na závěr: co konkrétně se dnes z pohledu nauky o půdě bere jako zásadní a nové pro pochopení významu půdy? Můžeme se domnívat, že by to mohly být tyto tři body:

- **Důraz na polygenetický vývoj půd** – půda je svým komplexu morfologických a edafických znaků nositelem tolika vstupů, že ne jeden, ale více základních rysů jejího vývoje podmiňuje její schopnost uspokojovat růstové nároky rostlin.
- **Důraz na vliv reliktních půd** – ano, dnes jsme svědky recentního vývoje půd, ten však neprobíhá jen a pouze na kvartérní zvětralině přemístěného půdotvorného substrátu, ale překvapivě často na starších půdách, půdách vznikajících za kvalitativně odlišného působení šesti základních pedogenetických faktorů.
- **Důraz na postižení vlivu člověka na tvorbu a vývoj půd** v globálním, celoplanetárním měřítku.

1.1 Definice půdy

Ve světě existuje zajímavá mezinárodní organizace – jmenuje se Mezinárodní unie věd o půdě, The International Union of Soil Sciences (IUSS). Ta již v roce 2002 přijala rezoluci navrhuující vyhlásit 5. prosinec Mezinárodním dnem půdy.

Půda a její ochrana je mezinárodně zastřešena Organizací pro výživu a zemědělství, specializovanou agenturou Organizace spojených národů, založenou hned po druhé světové válce. Ta danou iniciativu IUSS podpořila s cílem deklarovat zvýšení povědomí o funkcích a významu půdy. S tímto mandátem byl pak daný návrh IUSS vznesen na jednání konference FAO v červnu 2013 s cílem toto předložit blížícímu se 68. zasedání Valného shromáždění OSN. Návrh byl předložen a v prosinci 2013 Organizace spojených národů prohlásila **5. prosinec** Mezinárodním dnem půdy. Na to poté navázal rok 2015 jako Mezinárodní rok půdy⁴.

Odborným pracovištěm České republiky, sdružujícím odborníky v oboru nauky o půdě, je v první řadě Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, **VÚMOP**, veřejná výzkumná instituce

⁴ V této knize je vedle půdy věnována zásadní pozornost především vodě. Zde uvedme, že Světovým dnem vody je 22. březen – tento den byl takto vyhlášen Valným shromážděním OSN v prosinci 1992, a to v přímé vazbě na závěry Konference OSN o životním prostředí v Rio de Janeiro, 3. – 14. června 1992, které o několik měsíců předcházela Mezinárodní konference o vodě a životním prostředí v Dublinu.

2. Fyzikální pohled na půdu

(Klement Rejšek – Radim Vácha)

Půda je polydisperzní systém, jehož nosná kostra je tvořena pevnými půdními částicemi různé velikosti, tvaru a vlastností (obrázek 2). Z tohoto hlediska je možno půdu popisovat prostřednictvím charakteristiky jejích fyzikálních vlastností, fyzikálně-chemických vlastností a vodního a termického půdního režimu. K základním fyzikálním vlastnostem půdy přitom počítáme barvu, konzistenci, zrnitost, pórovitost a strukturu.

Z hlediska rostlin jsou nejdůležitější tyto fyzikální vlastnosti:

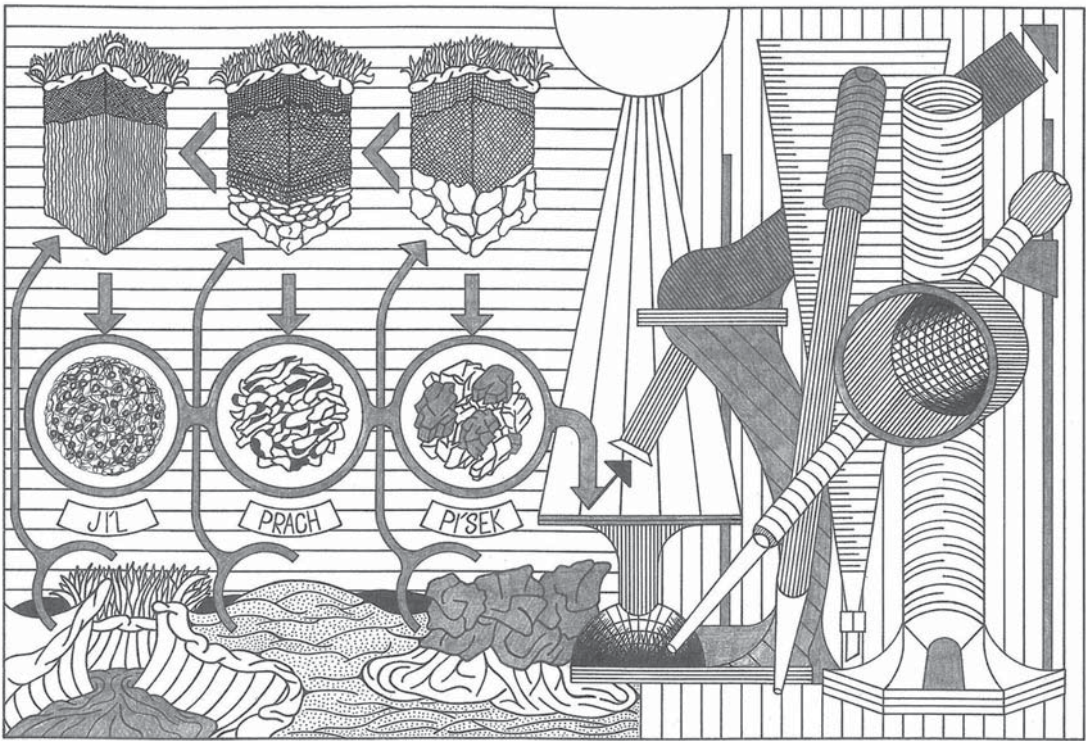
- zrnitost (celkový obsah skeletu, zrnitostní frakce jemnozemi, fyzikální jíl)
- mechanické vlastnosti (měrná hmotnost, objemová hmotnost redukováná, objemová hmotnost a následně počítané procento pórovitosti)
- hydrofyzikální vlastnosti (maximální kapilární vodní kapacita, hmotnostní vlhkost, objemová vlhkost, relativní vlhkost, relativní nasycenost pórů)
- vzdušný režim (minimální vzdušná kapacita a následně počítané procento provzdušnění)

Měrná hmotnost (specifická hustota) představuje hmotnost 1 m³ pevné, neporézní zeminy (tj. pouze pevné fáze půdy) v tunách (t.m⁻³) nebo gramech (g.cm⁻³). Jedná se tedy o charakteristiku, která je v čase na konkrétním stanovišti prakticky neměnná. Průměrná měrná hmotnost minerálních horizontů půd se pohybuje kolem 2,6–2,7 t.m⁻³, u organických horizontů klesá až pod 1,5 t.m⁻³. Pro soubor pozorovacích ploch bazálního monitoringu zemědělských půd, spravovaných Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským Brno, je uváděna průměrná hodnota měrné hmotnosti 2,69 t.m⁻³; minimum pak 1,8 t.m⁻³ a maximum 2,92 t.m⁻³.

Měrná hmotnost půdy závisí především na mineralogickém složení a obsahu organické hmoty. Orientační hodnoty měrné hmotnosti pro vybrané horizonty jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5. Orientační hodnoty měrné hmotnosti pro vybrané půdní horizonty (Honsa a Kňákal, 1999).

Měrná hmotnost (g.cm ⁻³)	Horizont
<2,0	rašelinné horizonty
2,0–2,4	zrašelinělé horizonty
2,4–2,5	silně humózní horizonty
2,5–2,6	povrchové humózní horizonty
2,6–2,7	hlinité horizonty s humusem kolem 1 %
	železem obohacené iluviální horizonty, a to i při obsahu
2,7–2,8	org. látek 2–5 %



Obrázek 2. Půdní fyzika. Typy půdní struktury a půdní druhy, dané zrnitostními třídami, tvoří zcela svébytnou půdní klasifikaci, svým charakterem předcházející průběžně v krajině se měnícího chemismu půdních těles. Jednou z prvních charakteristik, která by nám v případě fyzikálního pohledu na půdu měla vytanout na mysli, je *půdní druh*. Jádro tohoto pohledu spočívá ve faktu, že půda je polydisperzním systémem, jehož nosnou kostru tvoří pevné půdní částice různých velikostí, tvarů a vlastností. A jaký souhrnný ukazatel v laboratorních analýzách o tomto nejlépe vypovídá? Je to podíl hmotnosti jílnatých, prachových a písčitých částic na 100 % hmotnosti zeminy zájmového horizontu.

U lesních půd se zásadně odlišuje hustota organogenního horizontu a v něm hustota jednotlivých vrstev humusové měli, drti a opadu (viz kap. 6.4). Nejmenší specifickou hustotu vykazuje horizont opadu L v porostech listnatých druhů dřevin, a to často jen 1 g.cm⁻³; nejvyšší specifickou hustotu pak horizont F(+H), horizont humusové drti s pomístnou mělí na stanovištích s humusovou formou mull.

Objemová hmotnost udává hmotnost jednoho metru krychlového půdy v jeho přirozeném uložení, a to opět buď v tunách (t.m⁻³) nebo gramech (g.cm⁻³). Platí pro ni dvě skutečnosti: je vždy nižší než měrná hmotnost a závisí na půdní zrnitosti (zvl. příměs skeletu a velikost jeho částic), struktuře, vlhkosti a pórovitosti (zvl. přítomnost různých dutin, např. po odumřelých kořenech⁴³). Je důležitým parametrem pro hodnocení míry zhutnění, pedokompakce, jako významného negativního faktoru zvláště urbánních půd (viz kap. 1.6.1).

Objemová hmotnost minerálních horizontů kolísá mezi 0,8–1,8 t.m⁻³ s optimem 1,2 t.m⁻³, u horizontů organogenních většinou mezi 0,2–0,3 t.m⁻³. Nejnižší objemovou hmotnost vykazují horizonty

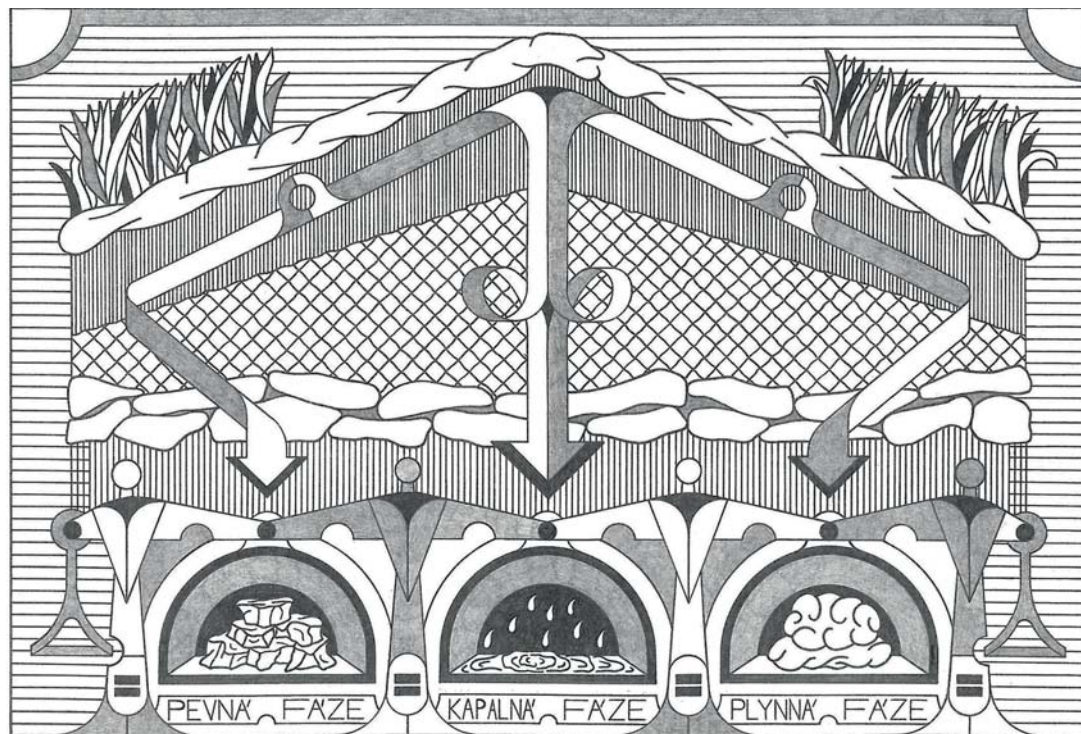
43 Což znamená, že objemovou hmotnost půdy ovlivňuje též druhové složení vegetačního krytu stanoviště.

3 Chemický pohled na půdu

Chceme-li půdu vnímat z chemického hlediska na současném stupni poznání a přitom nebyť komplikovaní, pak jsme konfrontováni s nutností poznat znaky a vlastnosti půdy ze čtyř úhlů pohledu. Jsme nuceni:

- Vnímat půdy prizmatem rovnic chemických rovnováh.
- Poznat chemické složení pevné půdní fáze.
- Poznat chemické složení tekuté půdní fáze.
- Poznat chemické složení plynné půdní fáze.

Tvorba chemického složení půd probíhá na styku dvou protisměrných koloběhů prvků: koloběhu geologického a biologického.



Obrázek 7. Půdní chemie. Složení pevných půdních částic, půdního roztoku a půdních plynů vytváří nadstavbovou úroveň nad fyzikálními parametry půdních těles a ve vzájemné jednotě podmiňují růst a vývoj rostlin. Půdní částice vs. půdní roztoky vs. půdní plyny z pohledu půdní chemie. Jednotlivá skupenství jsou tím prvním, s čím jsme konfrontováni, vžijeme-li se do role chemika analyzujícího půdu. Chceme-li půdu zkoumat z chemického hlediska, být na současném stupni poznání a přitom téma příliš nekomplikovat, je toto první zastávka na naší dlouhé cestě – i na této úrovni může být studium chemické povahy půdy studiem celoživotním.

Obecně platí, že z chemického hlediska půdu charakterizuje složení:

- pevné anorganické půdní fáze
- pevné organické fáze
- kapalné půdní fáze (půdního roztoku)
- plynné půdní fáze
- rovnice chemické rovnováhy mezi těmito fázemi (transfer protonů a elektronů v půdě)

Konkrétně bychom se v souvislosti se vztahem půdy a rostliny měli z minimalistického hlediska zaměřovat především na obsah celkového humusu a celkového dusíku Nt a na obsah přístupných forem fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku.

Z chemického hlediska (obrázek 7) je půda charakterizována svým složením a rovnicemi chemické rovnováhy. Z hlediska praktické péče o naše okolí je v této souvislosti nutno upozornit na to, že **odstraňování opadu stromů a keřů** má z hlediska koloběhu mnohých biogenních prvků nepříznivé dopady na primární produkci daného stanoviště: odumřelý asimilační aparát je nutno chápat jako neoddelitelný komponent stanoviště, a jako takový by z hlediska půdní chemie neměl být brán jako složka nadbytečná, bez rizika odstranitelná, jako složka vyžadující pozornost pouze jako energetický zdroj či surovina pro chemickou výrobu. Po odstranění organické hmoty z povrchu půdy dochází k extrémnímu snížení obsahu přístupného fosforu a všech forem půdního dusíku v celém půdním profilu, k výraznému snížení obsahu hořčíku a k částečnému snížení obsahu rozpustných derivátů draslíku a asimilovatelných sloučenin vápníku v daných povrchových půdních horizontech.

3.1 Chemické složení pevných půdních částic

Tak, jak bylo uvedeno v kap. 2.1.1, je to osm skupin minerálů, které tvoří zemskou kůru. Tyto minerály přitom obsahují prvky, které jsou již od dob Dmitrije Ivanoviče Mendělejeva (1834–1907) seskupené do stále mírně se počtem rozšiřující Periodické soustavy prvků. Vidíme tedy, že v půdě můžeme nalézt až 94 (z celkového počtu 118) prvků.

Mendělejev svoji verzi periodické tabulky (která je svojí historií daleko starší) představil v roce 1869, a to s tehdy 63 známými prvky. V roce 1871 předpověděl existenci – a zařazení do Periodického systému – dalších 10 prvků; všechny byly postupně objeveny a skutečně zařazeny svými parametry přesně tam, kam je geniální Rus situoval. Důvodem současného rozšiřování počtu prvků Periodického systému však samozřejmě není nalézání nových prvků v přírodě – dnes se jedná jednoznačně o početní operace kvantové mechaniky. V každém případě není současný počet prvků tohoto systému konečný.

Z hlediska této knihy je podstatné, že chemické složení pevného půdního podílu je jednak přímým zdrojem výživy rostlin a podmiňuje adsorpční chování půdy – obojí podmíněné rozpustností stavebních prvků půdotvorného substrátu.

Začneme výživou rostlin.

V čem rostliny teoreticky koření? Sázejme na toto **obecné složení půdotvorných substrátů** litosférických desek Země, k němuž došlo pomocí kontinentálního vývoje:

- 60 % živců
- 13 % amfibolů a pyroxenů

4 Fyzikálně chemický pohled na půdu

(Klement Rejšek – Radim Vácha)

Exaktní dělení na chemické a fyzikálně chemické vlastnosti půd je obtížné. Příčinou této obtížnosti je časová a prostorová návaznost jednotlivých elementárních diferenciačních půdních procesů, která neumožňuje jednoznačně oddělit fyzikální aspekty dějů od dějů chemické podstaty. Má-li být toto dělení provedeno, je pro potřeby této knihy za základní fyzikálně-chemické půdní vlastnosti možno považovat:

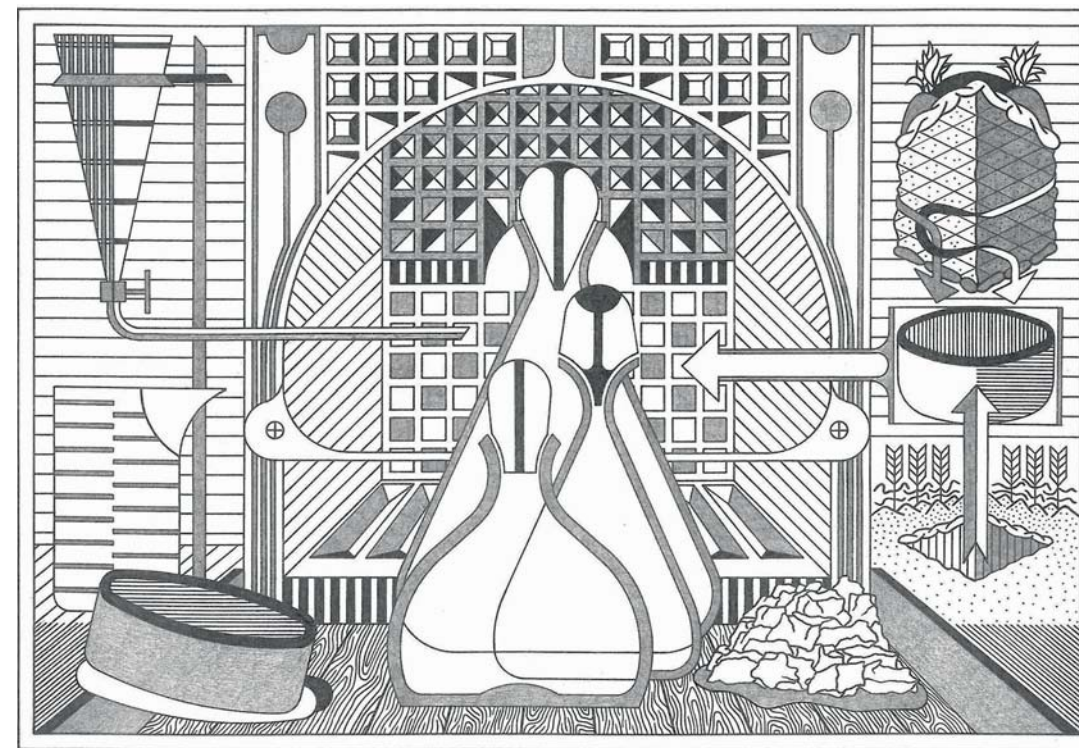
- sorpční výměnný komplex (půdní koloidy, výměna a adsorpce kationů, výměna a adsorpce anionů)
- půdní reakce
- půdní puřovitost (povrchové interakce mezi pevnou půdní frakcí a půdním roztokem)
- soubor oxidačních a redukčních reakcí v půdě, tzv. půdní redox potenciál

Co to konkrétně znamená? Chci-li něco vědět například o půdě vlastní zahrádky, pak mám žádat po zvolené pedologické laboratoře minimálně stanovení:

- půdní reakce aktivní
- půdní reakce potenciální výměnné
- hydrolytické acidity
- obsahu přístupných bazicky působících kationů, stanovení kationové sorpční výměnné kapacity a nasycení sorpčního komplexu bázemi (bazicky působícími kationy)

Souběžně s tím jsou fyzikálně chemické a chemické vlastnosti půd zásadně ovlivňovány vlastnostmi fyzikálními a naopak. Na stanovištích tak vzniká přirozeně fungující polyfunkční a polyfázový systém na rozhraní litosféry, biosféry a atmosféry, v němž příslušné půdní horizonty vykazují konkrétní hodnoty chemických a fyzikálně chemických vlastností vždy ve zcela konkrétním a specifickém fyzikálním prostředí: v prostředí proměnlivé aerace, proměnlivého obsahu půdní vody různých forem a proměnlivé formy půdní struktury.

Z vlastního fyzikálně chemického hlediska se specifická půd⁹⁵ odvíjí od **amfoterního charakteru půdních částic**, tj. schopnosti pevné půdní frakce poutat jak záporně, tak kladně nabitě částice. Ve skutečnosti jsou však většinou vázány kladně nabitě iony, a to proto, že obecně převažujícím nábojem půdních částic je náboj záporný. Ten přímo souvisí s hodnotou reakce půdního roztoku: s růstem pH (tj. s poklesem půdní acidity) dochází k růstu počtu záporných nábojů půdních částic, což vede k vysoké vazbě kationů půd s vysokou hodnotou půdní reakce. To ústí do situace, kdy v případě, že hodnota půdní reakce aktivní přesáhne hranici pH 7, ztrácí povrchy půdních



Obrázek 8. Půdní fyzikální chemie. Ne vždy nám k poznání půdy postačí pouze fyzika či prostá chemie: a je to laboratoř, v níž pak půdu vystavujeme detailnímu šetření fyzikálně chemickému. Půdní vzorek touto laboratoří cestuje a my dostáváme četné odpovědi. Navíc i zde platí to, co platí v celé současné vědě: k největším objevům dochází na rozhraní oborů – fyzika s chemií dohromady svedou víc než každá osamoceně.

oxidů a hrany jílových minerálů zbytkové pozitivní náboje a půda ztrácí schopnost vázat aniony. Anionová výměnná kapacita tak roste naopak se stoupáním půdní acidity.

Srovnáme-li předchozí kapitoly o půdní fyzice a půdní chemii s těmito několika myšlenkami, můžeme dostat pocit, že půdní fyzikální chemie je oborem natolik složitým, že musí být vzdálený praktickému nakládání s půdou. Omyl! V následujících kapitolách sice nebude zaostřena těsná vazba půdní fyzikální chemie na vlastní laboratorní výzkum (obrázek 8), nicméně na konkrétních příkladech bude ukázáno, že jednak máme co do činění – vedle studia organické hmoty půdy – s možná dnes nejprogresivněji se rozvíjející součástí nauky o půdě, a jednak se zde zabýváme ději, znaky a vlastnostmi, které se naprosto přímo a často velmi jednoznačně podílejí na výsledné schopnosti půdy uspokojovat růstové nároky rostlin.

4.1 Půdní reakce

Půdní reakce je základní fyzikálně chemická vlastnost půd. Obecně vyjadřuje poměr koncentrace vodíkových a hydroxylových ionů v půdním roztoku. Její stanovení je jedním z vůbec nepoužívanějších a nejstandardnějších pedologických stanovení, přičemž vychází z poměru mezi koncentrací vodíkových, resp. hydroxoniových, a hydroxylových ionů v půdní suspenzi. Tento poměr je

⁹⁵ Tj. jejich odlišnost od ostatních složek biotopu.

8 Procesy v půdě

Kéž by tato problematika byla tak jednoduchá, jak jednoduché je členění této kapitoly do jednotlivých subkapitol!

Tato problematika totiž vůbec **jednoduchá není**. Proč? Ze dvou důvodů. Prvním je skutečnost, že v jedné půdě v různých časových okamžicích probíhají s různou intenzitou různé procesy – tyto probíhají jak souběžně, tak postupně (navazují jeden na druhý). Druhý důvod je ještě komplikovanější – v jedné půdě v jednom časovém okamžiku probíhají s různou intenzitou také procesy, které nejsou ani souběžné, ani na sebe navazující, ale jsou přímo protichůdné. Jak je toto vše možné? Obecnou příčinou je skutečnost, že procesy v půdě odrážejí jak vnější podmínky stanoviště (kde je půda součástí ekosystému), tak i vlastní vnitřní vývoj půdy (kde je půda sama ekosystémem)!

Konkrétněji můžeme říci, že procesy v půdě probíhají na pozadí fyzikálních a chemických dějů v přírodě, a to v určitých, místně odlišných podmínkách (viz obrázek 16). Ano, půdní procesy probíhají na konkrétním půdotvorném substrátu a mají v různých časových okamžicích různou fázi svého vývoje. Vnější podmínky a jejich vliv na procesy v půdě: za příklad silného působení vnějších podmínek je nepochybně nejjednodušší považovat podmínky klimatické. Zde se nabízejí hned dva příklady: Česká republika ve srovnání stupňů holocénu (např. boreál vs. atlantik) a Česká republika ve srovnání subtropických třetihor a temperátních čtvrtohor.

Vnitřní podmínky a jejich vliv na procesy v půdě: za příklad jejich silného působení můžeme vzít transport jílů ve směru gravitace infiltrovanou srážkovou vodou. Zde se také nabízejí dva jednoduché příklady: luvičká půda s výrazným iluviálním horizontem (a nic dále) a stagnosolová půda, v jejíž předchozím vývoji došlo k tak výrazné akumulaci jílů, že nyní má její iluviální horizont charakter nepropustného podloží, v němž vidíme (a měříme) projevy periodicky redukčních podmínek.

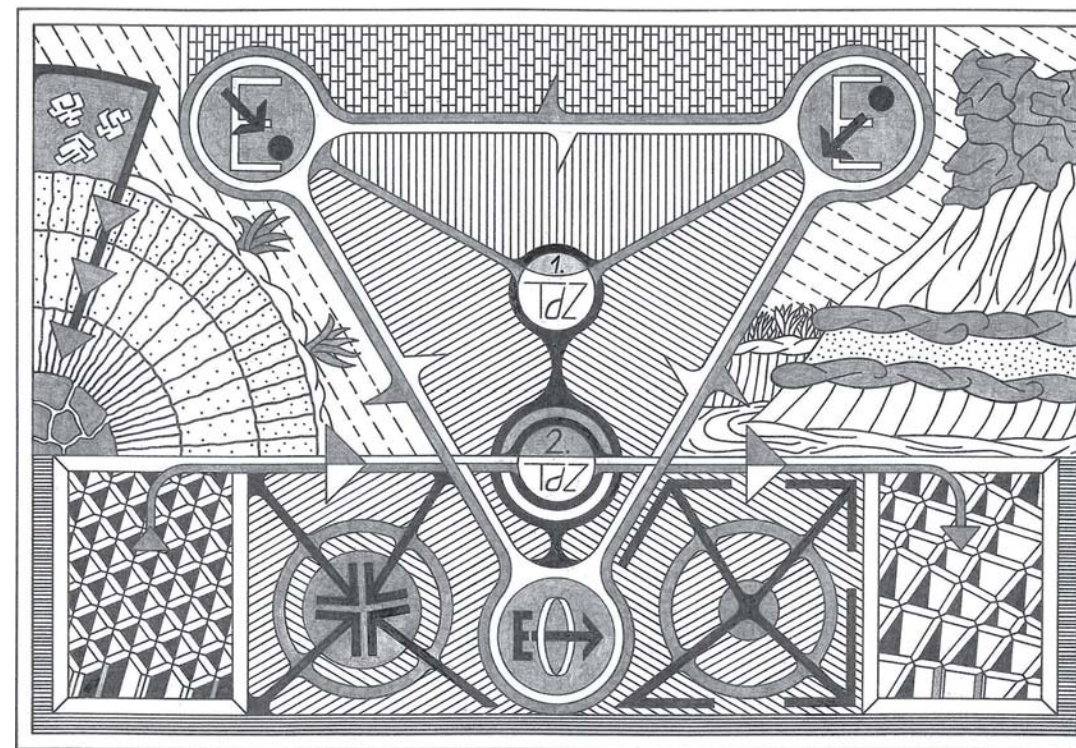
Svět se točí – a my se točíme s ním.

Žádný status quo neexistuje, vše je v pohybu. Vše má svoji lineární tendenci vývoje, v jejichž jednotlivých fázích dochází k cyklickým změnám daným vnějším prostředím hodnocené krajinné jednotky. A jsou to právě půdní procesy, které jsou středobodem moderního pohledu na nauku o půdě! Tímto středobodem tak dnes není vývoj půdy, půdní genetika – dnes je to nauka o půdních procesech. Vždyť celá teorie limitních charakteristik (viz kap. 9.1) vychází z prioritního postavení právě půdních procesů – prioritního postavení vůči působení vnějších faktorů stanoviště – coby kritérií půdních klasifikací.

Procesy v půdě odrážejí obecné koloběhy hmoty a tok energie. Klíčovým významem je zde přitom **význam energie**, a to především z pohledu prvního termodynamického zákona. Zde vidíme, že:

- Na Zemi¹⁷² se energie nevytváří ani neztrácí, energie prochází.
- Protože energii půda nemůže vytvořit, energii přijímá.
- Protože energii půda nemůže zničit, energii předává.

¹⁷² Samozřejmě: velkou neznámou jsou procesy v jádru Země. Možnost uvolňování tepla při rozpadu radioaktivních látek uvnitř naší planety jistě představuje možnost vstupu obrovského množství energie. Pokud by tomu bylo tak, pak je třeba si uvědomit, že tato energie by vedla především k přeměně hmoty v nedostupně hlubokých zónách naší planety – na povrchu by se však projevovala jak tlaky, tak napětím a pohyby litosférických desek.



Obrázek 16. Půdní procesy. Pedogenetické faktory generují konkrétní půdní procesy. Jejich základem jsou procesy diferenační: ty jsou složené z jednotlivých procesů elementárních a jejich souhrn pak rozhoduje o trajektorii vývoje půdního tělesa a následném zákonitém vzniku konkrétního půdního typu. Představme si v půdě se odehrávající procesy jako zrcadlo – a položme si jednoduchou otázku: co odrážejí? Půdní procesy jsou obecně odrazem koloběhu hmoty a toku energie. Zde je pak vše určeno termodynamickými zákony. Dle prvního z těchto zákonů energie buď prochází, nebo je přijímána, anebo naopak vydávána. Druhý zákon pak stojí na entropii – čili na vývoji od nepravděpodobné uspořádanosti k pravděpodobnému chaosu: půda o tom svědčí.

Souběžně s tím stále platí určující význam druhého termodynamického zákona, vycházející z vnímání entropie (míra přeměny z koncentrované formy do rozptýlené, tj. v obecném slova smyslu míra neuspořádanosti systému; Rudolf Clausius /1822–1888/ a jeho postulát z roku 1865) jako termodynamické stavové veličiny.

Co to znamená? **Půda vykazuje obecnou tendenci k neuspořádanosti** – entropie zde tak vyjadřuje tendenci přecházet z méně pravděpodobných stavů (stavů více uspořádaných) do stavů více pravděpodobných (stavů méně uspořádaných).

Co by si z tohoto měl vzít čtenář této knihy, co konkrétně a co prakticky? Vědomí, že v průběhu geologického vývoje území dnešní České republiky došlo na většině plochy k opakovaným záplavovým cyklům, lokálním zdvihům, svahovým pohybům, rozsáhlé denudaci i plošné erozi. Působením exogenních a endogenních geologických sil docházelo pravidelně k transportním a akumulačním jevům vedoucím k promíchání zvětralin různých matečních hornin.

Celá situace byla navíc komplikována přítomností jak fosilních půd, tak pohřbených horizontů s vysokým podílem humusových látek. Pro každou půdu přitom na současném stupni poznání platí, že její charakter je podmíněn periodickým zaledněním velké části Evropy ve starších čtvrtohorách.

Periglaciální zóny, lemující kontinentální ledovce byly v té době svědkem rozsáhlých sesuvů, skalního řícení, epizodické soliflukce a pohybů rozštěpovaných zvětralinových mas z pramenných mís a nivačních depresí. Souběžně s periglaciálními jevy docházelo i na územích značně vzdálených od kontinentálních ledovců k rozsáhlým plošným splachům při souběžně působící eolické činnosti.

Takže: svahové pohyby, podmíněné srážkovou vodou, spolu s deflací a nanášením materiálu větrem pak na pozadí rozsáhlé epizodické soliflukce, nevázané na arktické podmínky, ústily do vzniku smíšených svahovin, které jsou skutečným půdotvorným substrátem většiny půd České republiky. Platí přitom, že půdní profily na smíšených svahovinách je nutno posuzovat odlišně od profilů vzniklých diferenciačními půdními procesy *in situ*.

8.1 Obecné procesy v půdě

Podstatou našeho vnímání obecných procesů je neodlišování fyziky, chemie, fyzikální chemie, biochemie a biologie, neodlišování pevného, tekutého a plynného, neodlišování živého a neživého (viz kap. 13.4) – a soustředění se jen na nespécifické výměny látek a energií v půdních tělesech bez rozlišení na jednotlivé horizonty.

Co se nám v půdě tedy obecně může dít? Možnosti jsou **čtyři**.

První možností je **nárůst hmoty v půdním tělese**. Půda byla mělká a nyní je hluboká. Nárůst hmoty v půdním tělese se děje jak ve směru gravitace, proti ní – tak i z vnějších zdrojů. Proti směru gravitace půda nabývá na své mocnosti zvětráváním. Ve směru gravitace narůstá hmota v půdním tělese dekompozicí. Z vnějších zdrojů se jedná o nárůst hmoty v půdním tělese tvořivou činností vody a větru v kombinaci s vlivem gravitace. Jedná se tedy o hromadění anorganického a organického materiálu.

Druhou možností je **ztráta hmoty v půdním tělese**. Zde hovoříme obecně o erozních jevech, a těm se věnujeme v *Části druhé* této knihy. V tomto okamžiku je správné snad jediné: vzpomenout, že v podmínkách České republiky je dnes největším problémem s půdou jednak její zábor, a jednak vodní eroze, postihující polovinu rozlohy zemědělského půdního fondu. Hned po těchto dvou jevech je dalším velkým problémem eroze větrná – a na ni navazuje v první řadě zhutnění půdy, dále pak snížení obsahu organické hmoty v půdě (několika formami, z nichž je dnes velmi aktuální spalování biomasy jako alternativního zdroje energie) a nakonec snížení biologické aktivity půdy (formou přímého poškození prostředí půdních organismů).

Problém s erozními jevy je v ČR akcelerován nebezpečnou kombinací tří skutečností:

- velmi členitého povrchu s výraznými gradienty sklonitosti
- plošně sjednocenými velkými zemědělsky obhospodařovanými celky krajiny
- běžným pěstováním širokořádkových plodin bez protierozních opatření

Zákonitě se tak setkáváme jak s plošnými formami eroze, tak s liniovými formami eroze¹⁷³, navíc při různé kombinaci s odporem vůči ztrátě hmoty zhutněním stlačeným hlouběji položených půdních horizontů. Platí přitom, že v situaci, kdy z *in situ* vzniklého pedonu je jeho svrchní část zcela ze stanoviště smyta, musí pak být daná zemina redeponována na jiném stanovišti (v jiné části



Fotografie 23. Odumřelé organické hmoty se na půdním povrchu hromadí obrovské množství.

daného území) a tam daná půdní matrix tvoří skutečný půdotvorný substrát – při eliminaci vlivu na tomto místě přirozeně vzniklé zvětralinové místní horniny.

Třetí možností jsou **přesuny hmoty v půdním tělese**, její transporty, translokace (změny místa). Přesuny jsou trojího směru: ve směru gravitace, proti směru gravitace a bočně, laterálně. Ve směru gravitace se hmota přesunuje především infiltrovanou srážkovou vodou. Proti směru gravitace především v kapilární zóně, široce lemující hladinu podzemní vody. Laterálně ve svahu, bočním pohybem svahové vody. Jedná se tedy o přemísťování anorganického a organického materiálu uvnitř půdního tělesa.

Poslední možností je, že hmoty v půdním tělese ani nepřibývá, ani neubývá a ani se nikam nepřemísťuje. Touto čtvrtou možností jsou tak **transformace hmoty v půdním tělese**, její přeměny. Při níž se nemění kvantita ani poloha, ale mění se kvalita látek. Jedná se tedy o přeměňování anorganického a organického materiálu uvnitř půdního tělesa.

8.2 Speciální procesy v půdě

Vidíme tedy, že obecnými procesy dojde nejprve k akumulaci minerálních a organických složek půdy v nějaké konkrétní míře (v daném čase a na daném místě) a souběžně s tím pak k diferenciaci speciálními procesy na jednotlivé horizonty. Podstatou těchto speciálních procesů jsou jednotlivé, velice dílčí elementární procesy, které pak následně skládají ty z procesů taxonomicky nejdůležitější – procesy diferenciační, kterými vznikají referenční třídy a půdní typy.

¹⁷³ Tzv. výmolová eroze.

9 Půdní taxonomie

Zabýváme-li se půdní taxonomií, děláme to proto, abychom si rozuměli s těmi, kteří dělají totéž – principiálním smyslem půdní taxonomie je komunikace mezi půdoznalci, stejně tak jako mezi lidmi, kteří vnímají půdu jako předmět jejich jakkoliv praktického zájmu.

Jde tedy o komunikaci, ostatně základ veškerého lidského snažení a pospolitosti.

A zde je problém: jednotná půdoznalecká systematika, **celosvětově jednotná půdní taxonomie, neexistuje.**

Co to znamená? Znamená to, že když pozvete tři špičkové pedology, aby dali jméno půdní sondě vykopané na vaší zahrádce, tak jeden řekne „*Brunisol*“, druhý řekne „*Cambisol*“, třetí řekne „*Inceptisol*“ – a všichni tři mají pravdu! Pravdu mají proto, že každý z nich používá jiný klasifikační systém¹⁸⁵. Klasifikační systémy obecně sice vycházejí jak z morfologických znaků, tak fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických půdních vlastností, ale dávají jim zcela odlišné priority a zcela odlišně je třídí.

Co je **základem moderní půdní taxonomie**? Obsah předchozí kapitoly: procesy v půdě. Tím, že zdůrazňujeme rozhodující roli půdních procesů v půdní taxonomii, tím přímo reflektujeme dynamické pojetí půdy (obrázek 17). Na druhou stranu tím však také říkáme, že každá půdní klasifikace je dočasnou, protože jak se mění stupeň poznání, tak se mění i naše vnímání konkrétních půdních procesů a jejich kombinací (v dané hloubce na daném místě v daném čase) – a tak se bude prohlubovat i objektivita půdní systematiky.

9.1 Typologie (třídění) půdy a její smysl

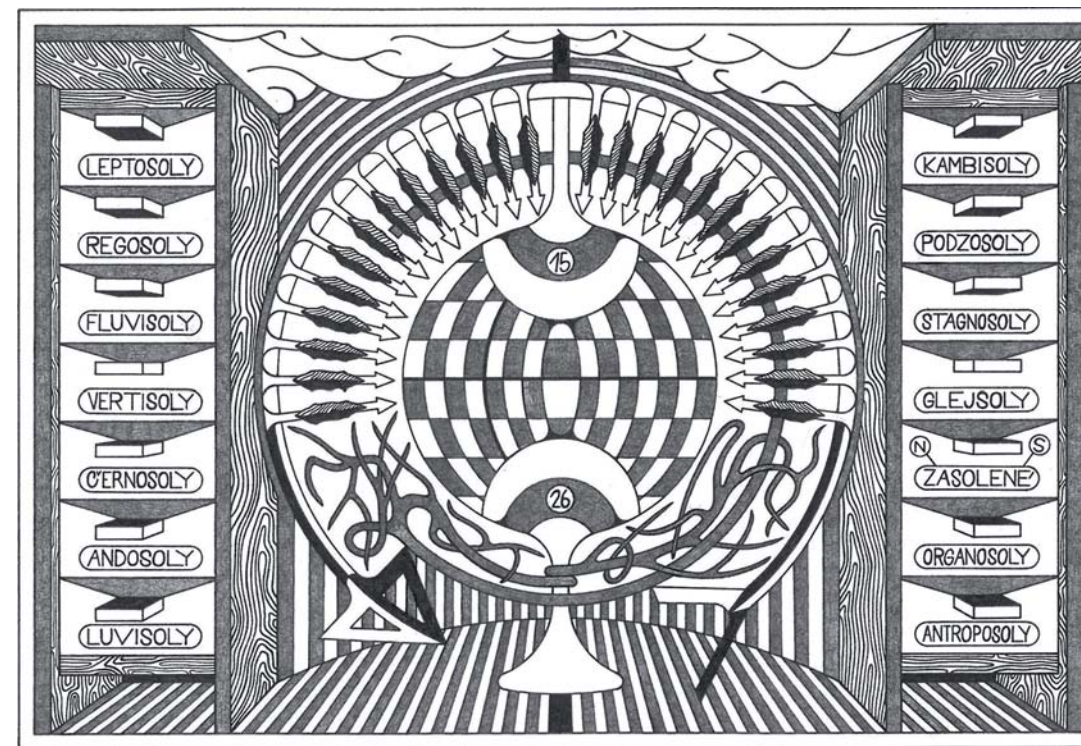
Třídění půd.

Synonymy jsou půdní klasifikace, půdní systematika, půdní taxonomie či půdní typologie.

Vše začalo brilantní Dokučajevovou teorií tvorby půd v sedmdesátých letech 19. století¹⁸⁶ a jeho kvalitativně novou interpretací do genetického klasifikačního systému Jennym ve čtyřicátých letech 20. století. Tyto dvě přelomové „události“ nám dnes umožňují vnímat půdu jako systematizovaný produkt fyzikálních, chemických a biochemických procesů probíhajících na akumulovaných, transformovaných a translokovaných půdních částicích anorganického a organického složení, a to v podmínkách lokálního klimatického a orografického působení.

¹⁸⁵ Brunisol je platný název půdního řádu dle The Canadian System of Soil Classification (1998), Cambisol je název půdní jednotky dle World Reference Base for Soil Resources (2006) a Inceptisol je názvem opět půdního řádu dle Soil Taxonomy (2010).

¹⁸⁶ Tak, jak lze díla vynikajících učenců, anglického profesionálního geometra Wiliama Smitha (1769–1839) a skotského přírodovědce Jamese Huttona (1726–1797) považovat za základ moderní geologie, tak lze díla učenců stejně vynikajících, petrohradského univerzitního profesora Vasilije Vasiljeviče Dukučajeva (1846–1903) a amerického ředitele Soil Survey Investigations Guy Donalda Smitha (1907–1981) považovat za základ moderní pedologie.



Obrázek 17. Půdní taxonomie. Projevem působení pedogenetických faktorů na daném stanovišti jsou diferenční půdní procesy: ty ústí do zákonité stratigrafie plně vyvinutých diagnostických horizontů určujících půdní typy. Platí pak, že obdobně jako máme vyspělý taxonomický systém živých organismů, můžeme cosi podobného uplatnit i pro klasifikaci půd. Musíme se však mít na pozoru, neboť systémy, jimiž se můžeme řídit, existují dnes celosvětově ve velkém množství. A jsou vzájemně nekompatibilní. Platný klasifikační systém půd v České republice je velmi vyspělý, a to v první řadě dvěma skutečnostmi: převoditelností do mezinárodních systémů a výraznou hierarchičností – definuje 15 referenčních tříd půd a 26 půdních typů.

Chceme-li půdy mezi sebou třídit, je nutné uvědomit si **tři skutečnosti**:

- Půdy se od sebe mimořádně liší – prostorová heterogenita půdních jednotek je na přirozeně se vyvíjejících stanovištích zcela mimořádně vysoká.
- My se přesto snažíme definovat skupiny půdních těles, které mají natolik obdobné znaky a vlastnosti, že je možno je sdružit pod jeden název.
- Děláme to proto, abychom nově otevřený půdní profil mohli odhadnout, predikovat jeho vlastnosti.

A právě dané sdružování půd pod jeden název je smyslem typologie, třídění, systematizování a klasifikování půd.

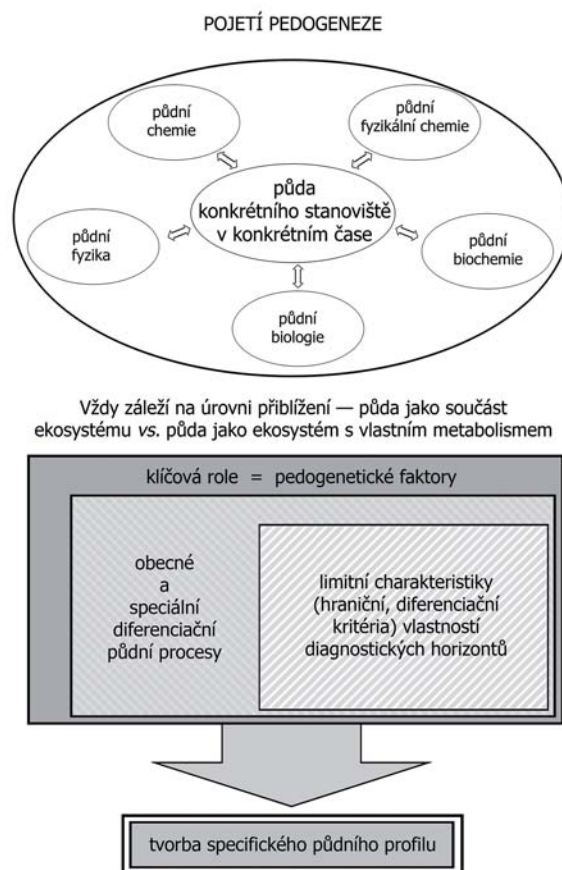
Je to činnost snadná či nesnadná? Je to činnost **nesnadná** – základním důvodem je zde principiální odlišnost ve srovnání s biologickými disciplínami, botanikou, zoologií, entomologií či ornitologií, protože v pedologii nemůžeme očekávat platnost zákonů dědičnosti, a tudíž popsateľnost genomu dané tříděné přírodní entity (i půda je přírodní entita!). Jednotně nazvaná skupina půd tak představuje takzvané *kontinuum variability*, což exaktnost třídění zásadně ztěžuje.

Navíc neexistuje, jak jsme si řekli hned v úvodu této subkapitoly, jednotný klasifikační systém světa či kontinentu (viz dále)!

Co je podstatou této kontinuální, průběžné variability? Postupnost změn se vzdáleností, vertikálně i horizontálně. Vezmeme-li například charakter půdních pórů či aktivitu půdních mikroorganismů, tak takovéto parametry se mění po centimetrech! Je-li tomu tak a jsou-li takovéto vlastnosti běžné, pak je iluze myslet si, že můžeme půdní jednotky definovat tak zvaně rigorózně: přísně, exaktně, neúprosně přesně. Musíme si pomoci – pro různé půdní jednotky vybíráme pro ně charakteristické půdní vlastnosti a u nich stanovujeme přípustné rozsahy v laboratoři změřitelných vlastností.

Tyto přípustné rozsahy nazýváme **limitní charakteristiky**.

Zařazujeme-li nově otevřený půdní profil do systému půdních klasifikací, pak vyjdeme z genetiky tohoto pedonu a do jejího uchopení a vymezení vkládáme naši znalost limitních charakteristik. Tak kombinujeme tradiční genetické pojetí s moderním pojetím procesním. Kombinujeme tradiční morfologické znaky dané působením pedogenetických faktorů s moderním přístupem vycházejícím z měřitelnosti procesů v půdě probíhajících (obrázek 18).



Obrázek 18. Propojení moderního pojetí pedogeneze s půdní taxonií. Rámcová ilustrace významu naměřených hodnot v pedologických laboratořích: abychom na současném stupni poznání mohli i v případě relevantního postižení komplexního působení pedogenetických faktorů dát půdě jméno, potřebujeme znát konkrétní limitní charakteristiky pro danou půdní jednotku konkrétních diagnostických horizontů.

Je jasné, že tento přístup je náročný: vyplývá z něj, že nemáme-li k dispozici údaje z laboratoře, pak nejsme schopni dát půdě jméno, půdu přesně klasifikovat!

Klasifikovat pomocí limitních charakteristik. To znamená vybrat si pro danou skupinu půd ty vlastnosti, které nám poslouží k dávání jmen půdám. Poslouží nám k diagnostice, k určování půd. Proto tyto vlastnosti, pro danou skupinu půd relevantní¹⁸⁷, nazýváme diagnostickými.

Jaký je tedy smysl třídění půd? Mít schopnost co nejexaktnějšího zobecnění pro projevy půdních vlastností v různorodé krajině! Mít schopnost odhadnout, jaké bude chování konkrétního krajinného segmentu ve vazbě na jeho půdu, jakou může mít krajina infiltrační schopnost v době dlouhodobých přívalových dešťů, jaké bude drenážní působení nově založeného městského parku, jaká bude úrodnost, hektarový výnos nového kultivaru sladovnického ječmene na svazích pod touto hanáckou obcí. Mít schopnost identifikovat půdy a podle toho půdy využívat. K tomu je nutné co nejpresněji postihnout rozdíly mezi skupinami půdních jednotek – vědět, jaké konkrétní půdní vlastnosti jakých jejich konkrétních půdních horizontů co nejpresněji vystihují jejich specifika a na těchto rozdílech mezi skupinami půd vystavět odpovědnou systematiku.

To je náročný úkol. Nicméně, je-li ho dosaženo, pak na úrovni detailních půdních map, map s měřítkem 1 : 25 000 či měřítkem ještě větším, máme k dispozici naprosto neocenitelné podklady k našemu rozhodování! Vždy je však nutné mít na paměti výše uvedené: **půdy jsou sdružovány podle zvolených kritérií** – změníme-li kritéria, která pro danou prioritu považujeme za základní, pak změníme i logiku klasifikačního systému, který se tak zákonitě stane nekompatibilním s dalšími půdními klasifikacemi.

9.2 Platný klasifikační systém půd v ČR

Současným referenčním systémem půdních jednotek České republiky je **multikategoriální systém Němečka a kol. (2011)**.

Jedná se o druhé vydání tohoto systému, který se stal v roce 2001 (jeho první vydání) vyspělým činem tehdy osm let staré České republiky, mající tímto svůj moderní, samostatný, národní půdní typologický systém. Ten byl a je využíván jak pro systémy bonitace zemědělsky využívané půdy ČR, tak pro aktivní postižení vazby mezi cílovou dřevinou skladbou a trvalými produkčními podmínkami lesních stanovišť. Souběžně s tím je tato klasifikace orientována na možnost převodů do (světově referenčního) *World Reference Base* (IUSS Working Group WRB, 2006; IUSS Working Group WRB, 2015), (nejproslulejšího národního) *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010), (uživatelsky patrně nepříjemnějšího) kanadské klasifikace (The Canadian System of Soil Classification, 1998) a dalších národních systémů širší platnosti.

Půdní systematika (klasifikace, typologie, taxonomie) systému Němeček a kol. (2011) má výrazně hierarchickou strukturu.

¹⁸⁷ Hydraulická konduktivita, vodivost daného horizontu vyjádřená jeho filtračním koeficientem v m.s^{-1} , zásadně podmiňuje schopnost horizontu vést vodu pedonem. Je tedy jasné, že hydraulická konduktivita musí záviset na pórovitosti horizontu: horizontu coby porézního prostředí se svojí texturou na straně jedné a konkrétními tvary pevných půdních částí a konkrétními tvary svých pórů má svůj měrný povrch, a tak jako takový v interakci s vlastnostmi proudícího půdního roztoku na stanovišti (tj. v první řadě s jeho viskozitou a hustotou) musí vykazovat svoji specifickou barevnost. Relevantním znakem stanoviště s dominantním vlivem srážkové vody tak bude mramorovanost, barevná skvrnitost, podpovrchových minerálních horizontů majících díky své nízké hydraulické konduktivitě charakter nepropustného podloží.

11 Výživa rostlin a hnojení půd

Tato kapitola vychází z toho, že ať chceme nebo nechceme, i v době hydroponických kultur, klonů, gnotobiontů a biotronů, je to právě půda, tato staříčká materie, která stojí v pozadí současné výživy lidstva. Dnes již půda není doslova svatá, jako tomu bylo u dávných kmenových etnik, ale právě pro studenty univerzity zaměřené na zemědělství, krajinářství, lesnictví a zahradnictví by měla být i v současné době předmětem hlubokého poznání a respektu. Jak říká klasik „Ztratit spojení se z(Z)emí, to znamená ztratit štěstí“, tak i my se v této kapitole budeme zabývat aktivním a relativně detailním pochopením soudobého stupně poznání v aktivní práci s půdou obecně z pohledu výživy rostlin.

Právě z pohledu výživy rostlin platí dříve již zmíněné obecné pravidlo – **výživa musí být vyrovnaná, harmonická**. To obecně znamená, že nelze chybějící látku nahradit látkou jinou, v daném okamžiku v supraoptimální koncentraci, tj. v přebytku. Toto pravidlo má přitom do problematiky výživy rostlin ještě obecnější přesah: je-li na stanovišti problematika konkrétní abiotická příčina nízké vitality a abundance rostlin, pak ji nelze nahradit přebytkem jiného abiotického faktoru. Co však samozřejmě lze, je aktivní zásah člověka snižující dopad dané problémové situace, například:

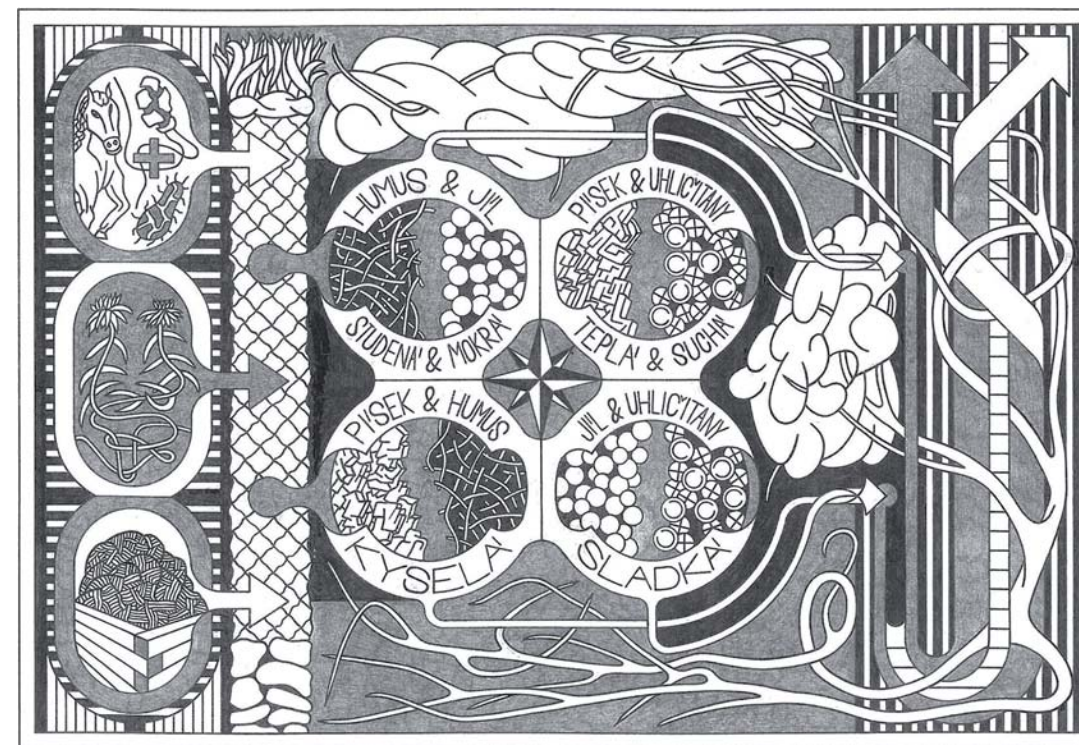
- Chybí-li rostlinám světlo, snížím jejich spon – čímž ovšem dosáhnu též i zvýšení vstupu srážkové vody do půdy, neboť tato nebude zachycována intercepcí na nadzemních částech rostlin.
- Je-li stanoviště příliš výsušné, ochranou proti větru snížím výpar – čímž ovšem dosáhnu i zvýšení teploty stanoviště.
- Mám-li půdu zrnitostně příliš lehkou, zhutním ji; je-li zrnitostně příliš těžká, vylehčím ji.
- Je-li půda chudá organickou hmotou, používám komposty a zelené hnojení a mnoho dalších příkladů.

V následujícím textu, milý čtenáři, budeme společně otevření různým vědeckým názorům a výzkumným metodám a budeme spolu absolvovat snad i pro vás zajímavou exkurzi do nitra půdního profilu a budeme se společně ptát, jaká je skutečná role konkrétních půdních fenoménů při růstu a vývoji rostlin.

Výživu a hnojení půd budeme přitom vnímat **ze dvou úhlů pohledu**:

- **pohled ekofyziologický** – uspokojování růstových nároků rostlin
- **pohled anatomický** – stimulace vývoje optimální architektury kořenového systému rostlin

Má-li rostlina optimální teplotní a světelné podmínky a je-li zajištěn vstup fyziologicky přístupné vody a kyslíku, jsou to právě biogenní prvky, které dovrší optimalizaci její výživy (obrázek 21). Chybí-li, musí se dodat. A chybí většinou vždy, je-li půda intenzivně využívána – což je běžné jak v zemědělství a zahradnictví, tak i v intenzivním lesnickém školkařství. Souběžně s tím je správně se zabývat právě výše zmiňovanou optimalizací (a vzhledem ke kompetičnímu prostředí v půdě stran půdní bioty i rychlosti) růstu primárních, hlavních kořenů rostlin. Je-li růst optimalizován, pak je pravděpodobné, že dojde spontánně k optimalizaci růstu sekun-



Obrázek 21. Jak je to vlastně s výživou rostlin a hnojením půd? Uvědomme si, že pokud hledáme způsoby naplnění požadavků na optimální výživu rostliny, čili se zabýváme hnojením, optimalizací výživy rostliny nekonáme přímo: my v pravém slova smyslu živíme půdu – to až ona námi dodané hnojivé látky předá v podobě přijatelných forem živin či stimulačních agens dál rostlině. Výživa rostlin a hnojení půd jsou tématy nadčasovými a všudypřítomnými. A byť můžeme rozpoznat výrazný vliv času na platnou pedologickou a botanickou terminologii, povaha věci zůstává v základu nezměnitelná velmi podobná. Pro ilustraci: hnojiva živočišného původu, rašelina a kompostování byly, jsou a budou běžně užívanými hnojivými látkami – odborné pedologické termíny naproti tomu prošly velkými změnami.

dárních, laterálních kořenů a následně optimalizaci vertikální distribuce mykorhiz (u obligátně automykotrofních druhů rostlin) či kořenového vlášení.

Proč je tento druhý, anatomický pohled nyní takto zdůrazňován? Globální klimatická změna, to je odpověď. Žijeme v době takových výkyvů počasí během vegetačního období, kdy zvláště letní přísušky v oblastech srážkových stínů vedou ke zcela mimořádné důležitosti hluboko založeného kořenového systému. Dnes se zdá, že tolerance k periodicitě období výrazného fyziologického sucha je právě podmíněna možností přímé komunikace s kapilární vodou, lemující buď hladinu podzemní vody, anebo výskyt nepropustných podloží často ve větších hloubkách.

Je však jasné, že kapitola o výživě a hnojení půd bude sestávat především z informací o minerálních půdních živinách jako takových, doplněných o moderní pojetí významu výměnné sorpce pro zajištění výživy rostlin.

13 Studium půdy

Co je na půdě klíčově důležité? Jak postupovat od obecného ke konkrétnímu? Jak dané základní poznatky kombinovat?

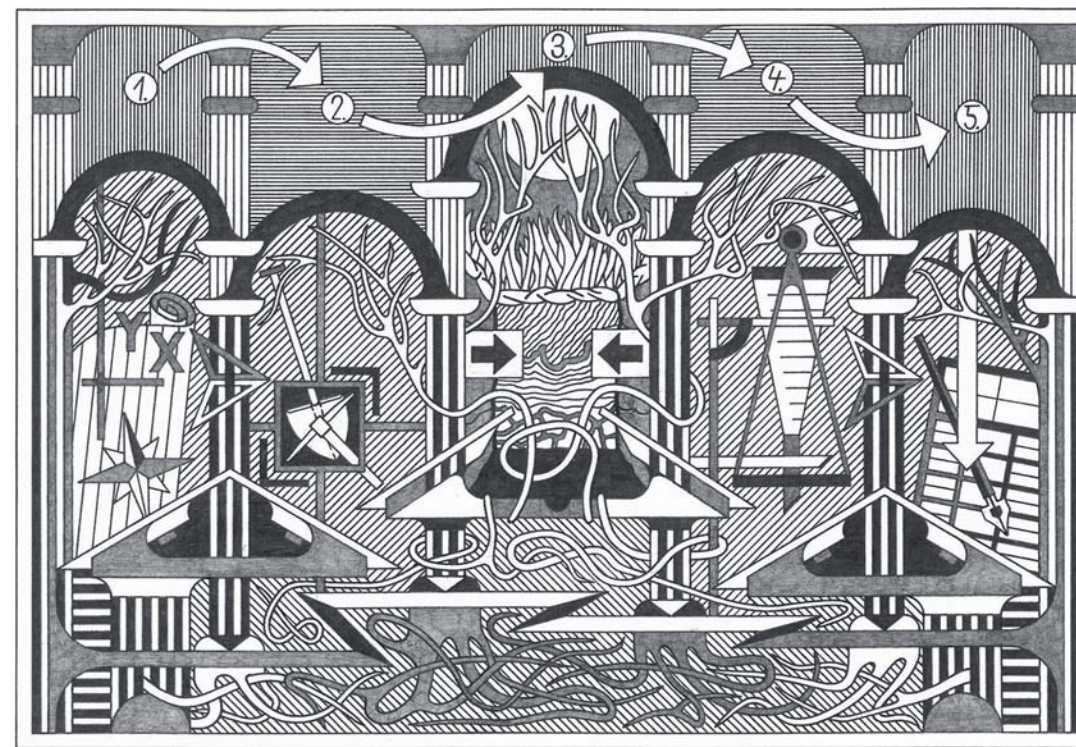
V první řadě by studium půdy mělo být realistické. Je-li půda skutečně komplexním systémem, pak obecně platí, že každá reakce komplexního systému je také komplexní. Studium půdy tedy jednoduché nebude.

V druhé řadě by studium půdy mělo být systematické. Jde nám o poznání růstových poměrů rostlin z pohledu nauky půd. Často se setkáme s tím, že se studium půdy provádí bez širšího začlenění – toto není moderní přístup: studium půdních poměrů oblasti by mělo být koncipováno jako průzkum vedený pedologicky jasně formulovaným, specifickým zadáním.

V čem tedy konkrétně danou systematickostí spatřovat? V počtu a detailu studia jednotlivých půdních charakteristik – stejně tak jako charakteristik celého stanoviště! Kolik parametrů a jak detailně studovat, to je již samozřejmě otázka konkrétního cíle studia půdy: jakákoliv speciální potřeba informace z oboru nauky o půdě je cestou ke stanovení speciálních znaků půdy, které jsou předmětem našeho zájmu. Je si tak možno velmi dobře představit situaci, kdy je studium půdy zacíleno například na formy a subformy humusu na daném stanovišti a na hodnocení prokořenění jednotlivých horizontů, stejně tak jako na stejném půdním tělese pro jiný cíl na zrnitost půdy a strukturu jednotlivých horizontů spolu s přítomností půdních novotvarů a hydromorfních znaků.

Studium půdy je činnost nutná a nepřekvapující. Důvodem je skutečnost, že půda tvoří jedinečné a nenahraditelné prostředí, jedinečný a nenahraditelný zdroj pro život všech terestrických organismů včetně člověka. V úzkém pojetí je soubor půdních těles, pedosféra, tenkou vnější vrstvou zemské kůry a místem kořenění zelených rostlin – místem jejich získávání vody a živin. V širším pojetí je to součást abiotických faktorů stanoviště a základ jeho trvalé produkční schopnosti – místo vytvářené společným působením rostlin, půdních makro-, mezo- a mikroorganismů, složitých roztoků a atmosféře nepodobného složení plynů, a to na většinou ve starších čtvrtohorách přemístěném půdotvorném materiálu sedimentární povahy – a velmi silného, přímého či nepřímého, vlivu člověka.

Studium půdy České republiky musí vycházet ze skutečnosti, že půdy střední Evropy vznikají na geologicky mladých sedimentech, přemísťovaných ve starších čtvrtohorách, a tudíž i během současné holocenní etapy kenozoika výrazně méně pozměněné dlouhodobým zvětráváním a vyplavováním než jsou půdy většiny ostatních světadílů (s výjimkou Severní Ameriky). Studium půdy, počínaje studiem jednotlivých půdních vlastností, tak musí odrážet tu základní skutečnost, že některé charakteristiky půdních těles jsou v čase velmi stabilní, zatímco jiné mohou například zcela zmizet i během překvapivě krátkého období. Byly to obrovské změny klimatických podmínek střední Evropy, od subtropických třetihor po temperátní čtvrtohory, kombinované s dalším výrazným externím faktorem, hydrologií krajiny a tehdejší/současnou podobou říční sítě, které například na některých stanovištích vedly k masivní akumulaci jílu uvnitř půdních těles a následné stagnaci infiltrované srážkové vody na nepropustných podložích – zatímco na blízkých stanovištích k dominanci mělkých půd s převládající humifikovanou hmotou a rychlým drenováním stanoviště nad skeletovitým rozpadem pevných hornin. Tento příklad ukazuje mimořádnou odlišnost tvorby půdy (pedogeneze)



Obrázek 23. Studium půdy je krásné! Ano, je mnohdy složité. Mnohdy je ale také nesmírně zajímavé a napínavé! Svědčí o tom jeho fáze, jimiž se z terénu přesouváme do laboratoří – a následně do studoven či k pracovním stolům. Platí zde, že jako každé jiné studium má i toto svou zažitou metodiku. Chceme-li prostudovat půdní těleso, pak nás čekají *přípravné práce + vlastní terénní práce + terénní šetření a odběr půdních vzorků + laboratorní analýzy + vyhodnocení výsledků*.

i na velmi krátkou vzdálenost: je tedy zřejmé, že studium půdy je třeba rozumně plánovat a připravit, a to s důrazem na návaznost etap hodnocení půdních vlastností jednotlivých horizontů.

Jaké tedy jsou základní etapy zjišťování půdních vlastností?

Chceme-li rozumět rostlinám a jejich stanovišti, pak je naše snaha nemyslitelná bez důkladného pedologického šetření (obrázek 23). Jeho cílem je získání řádně vyhodnocených a správně interpretovaných údajů jak z terénu, tak i z pedologické laboratoře – pro jejich získání je nutné nejprve odebrat půdní vzorky z půdních vzorkovacích sond. Rozvržení sítě sond a jejich výkopu předchází přípravné práce určené k shromáždění veškerých potřebných údajů o zájmovém území. V případě srovnávacích studií je nutné věnovat maximální pozornost volbě kontrolních ploch.

Při respektování cílů pedologického průzkumu stanoviště jsou základní etapy zjišťování půdních vlastností následující:

1. přípravné práce
2. vlastní terénní práce
3. terénní šetření a odběr půdních vzorků
4. laboratorní analýzy
5. vyhodnocení výsledků

13.1 Cíle studia půdy

Jaké jsou cíle studia půdy? Ty hlavní jsou **čtyři**:

- **Hodnotit půdu jako základ produkce v zemědělství, lesnictví a zahradnictví a základ celospolečenských funkcí životního prostředí člověka** – jde tedy o postavení půdy jako složky obývané krajiny (viz kap. 1 a 12). Z pohledu terestrických ekosystémů je půda základní složkou jejich životního prostředí. Studium půdy se tak stává součástí vnímání krajiny z pohledu na jedné straně geologie, kvartérní geologie, geochemie a geomorfologie a na straně druhé ekologie a hydrologie. Ve vazbě na produkční a mimoprodukční funkce ekosystémů obývané krajiny studium půdy tuto hodnotí nejen z pohledu uspokojování růstových potřeb rostlin (viz níže), ale také z pohledu biogeochemických koloběhů živin (zvláště dusíku, fosforu a uhlíku) a vody a přímé interakce s hydrosférou a atmosférou. Klasickými pracemi jsou zde Pimentel a Pimentel (1996), Gerrard (2000) a Miller a Gardener (2001).
- **Rozpoznat blízkící se problém v uspokojování růstových nároků rostlin** – jde tedy o půdní vlastnosti (viz kap. 2–6). Rostlina očekává akumulované přijatelné formy živin a tlumení gradientů atmosféry a hydrosféry. Máme-li reálnou představu o půdních vlastnostech, pak máme též zákonitě představu o půdních procesech (viz kap. 8) a známe-li růstové nároky konkrétních taxonů rostlin, máme vše, co potřebujeme k reflexi aktuálního stavu (čili potenciálního problému) pro všech pět základních potřeb každé zelené rostliny (viz kap. 10 a 11), tj. potřeba vody, biogenních prvků, tepla, světla a kyslíku. Klasickými pracemi jsou zde Wild (1988) a Mengel a Kirkby (2001).
- **Porozumět vzniku půdy na daném stanovišti** – jde tedy o půdní genetiku (viz kap. 7). Vývoj půdy má na daném stanovišti v daném čase svůj základ, a to lokálně vymezenou kombinací půdotvorného substrátu, klimatických podmínek, tvárnosti lokality, rostlinných a půdními živými společenstvy a činností člověka. Klasickými pracemi jsou zde Buol a kol. (1997) a Brady a Weil (1999).



Fotografie 44. Studium půdy začíná prací v terénu.

- **Dávat půdám jména a následně – případně – tvořit či upřesňovat půdní mapy** – jde tedy o půdní taxonomii (viz kap. 9). Vycházíme z konkrétního klasifikačního (typologického) systému, v němž se orientujeme podle kombinace pedogeneze a limitních charakteristik daných výsledky laboratorního šetření vzorků diagnostických půdních horizontů. Zde je důležité opřít se na jedné straně o klasifikace *World reference base for soil resources 2014* (2015) a *Soil Taxonomy* (2010) a na straně druhé o systematiku Němečka a kol. (2011).

Začít je tedy třeba od jednotlivých vlastností jednotlivých půdních horizontů. Vlastnosti půdy poznáváme na základě získání řádně vyhodnocených a správně interpretovaných údajů jak z terénu, tak i z pedologické laboratoře. Zde platí dvě skutečnosti:

- Pro získání výsledků laboratorních analýz je nutné nejprve odebrat půdní vzorky z půdních vzorkovacích sond.
- Rozvržení sítě sond a jejich výkopu předchází přípravné práce, určené k shromáždění veškerých potřebných údajů o zájmovém území.

Takto je možno realisticky postihnout situaci, během níž na našem zájmovém území půdní vzorkovací sondy charakterizují jednotlivá stanoviště s různými:

- klimatickými údaji (různou průměrnou roční teplotou a různým ročním úhrnem srážek v různých částech města)
- půdotvornými substráty
- hloubkami půdy
- morfologickými parametry (typ reliéfu, sklon reliéfu a expozici reliéfu)
- vlhkostními poměry
- různým obsahem humusu
- dřevinnými skladbami současných výsadeb
- a velmi často stupni antropogenního ovlivnění stanoviště zemními pracemi a motorismem, či dokonce podílem cizorodého, antropogenního materiálu

Klíčem k navržení sítě sond je opět cíl pedologického šetření. Máme dvě možnosti: buď se síť sond navrhne tak, aby zachycovala typické půdní profily, anebo odkryla specificky požadované profily dané oblasti.

Pracujeme-li v lese, důležité kritérium místa výkopu vzorkovacích sond je vzdálenost od jednotlivých stromů:

- V případě mladých stromů, u nichž je nebezpečí poškození jejich kořenových systémů v blízkosti kmenů díky krátkému období od výsadby výrazně menší, než je tomu u stromů rostoucích zde desítky let, je možno otevřít půdní profily v blízkosti jejich kmenů.
- V případě vzrostlých stromů je výkop v blízkosti kmene s ohledem na zdravotní stav často překvapivě rozsáhlého kořenového systému zcela nemyslitelný, takže se půdní profily otevírají pouze na volné ploše.

Cíle studia půdy reflektují skutečnost, že vývoj půdy je nepřetržitý – tak, jak je nepřetržitý koloběh hmoty a tok energie. Cíle studia půdy tak musí nutně vycházet z toho, že půdy jsou zákonitě variabilní: vycházejme minimálně z toho, že na stanovišti můžeme studovat půdy vytvářející se několik desetiletí, stejně tak jako půdu vytvářející se tisíce let.

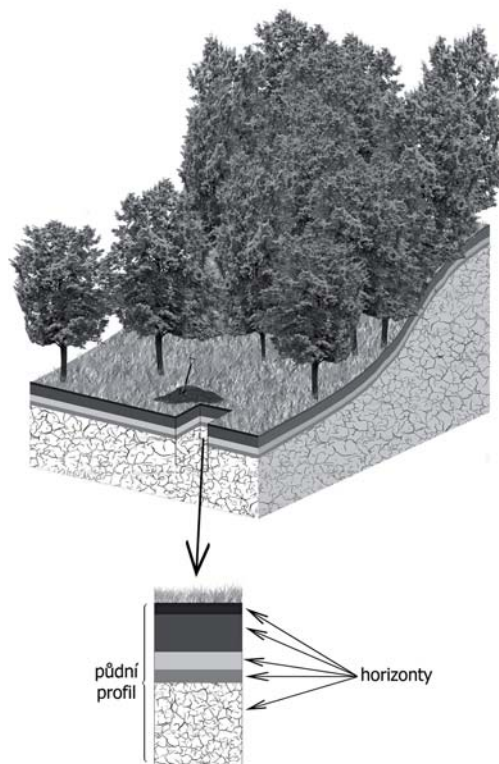
Z tohoto úhlu pohledu je však pro Českou republiku nutné zdůraznit jeden opomíjený, nicméně nesmírně důležitý faktor, který musí být zohledněn z hlediska cílů studia půdy: **během**

- Stanoviště z pohledu vody se charakterizuje těmito třemi základními parametry:
 - přítomností a mírou potenciálního zamokření – jak půdního povrchu, tak i pedonu
 - drenážními poměry pedonu
 - charakteristikou³⁰⁵ výšky hladiny podzemní vody
- Půdní těleso daného otevřeného profilu se charakterizuje třemi základními parametry:
 - půdotvorným substrát
 - skeletovitostí pedonu
 - hloubkou prokořenění
- Reliéf stanoviště půdního profilu se charakterizuje těmito třemi základními parametry:
 - inklinací terénu, tj. jeho svazitost
 - orientací půdního profilu vůči světovým stranám
 - přítomností a mírou akumulace či odnosu (eroze) půdního materiálu do či z pedonu

Druhá etapa – vnímám-li půdní profil jako vertikálně rozrůzněné těleso, co mne konkrétně zajímá:

- Mám-li z první etapy pedon pojmenovaný, nyní se přímo v rámci studia půdního profilu zabývám základní terénní charakteristikou každého horizontu zvlášť.
- Pozici horizontů v půdním profilu si vymezují hloubkou jejich horní a dolní hranice.
- Charakter horizontů se vymezuje jednak podle charakteru přechodu mezi nimi (hranice horizontů), a jednak jejich základními morfologickými znaky (viz kap. 13.3.3.2).

Půdní profil je vytvářen jako produkt pedogeneze. Komplexní působení hornin a produktů jejich zvětrávání, srážek a teplot, půdních organismů a rostlin na stanovišti určitého typu, sklonu a expozice, a to vše během určitého času vede k vertikálně diferencovanému půdnímu tělesu, studovanému na jeho otevřeném řezu. Půdní profil nám tak vytváří jedinečnou možnost nahlédnutí do dlouhodobého vývoje neživé přírody daného místa při mimořádně silných interakcích s přírodou živou, přičemž vždy je odrazem kombinace nárůstu a ztráty hmoty v půdním tělese s přesuny (translokacemi) a vnitřními přeměnami (transformacemi) uvnitř něho (**obrázek 24**).



Obrázek 24. Pohled na půdní profil (upraveno podle McLarena a Camerona, 2002).

13.3 Charakter základních etap zjišťování půdních vlastností

13.3.1 Přípravné práce

Chceme-li půdu zájmové oblasti dobře studovat, nesmíme podcenit teoretické seznámení se s touto oblastí ještě před tím, než započnou vlastní terénní práce.

Je vhodné velmi zodpovědně zhodnotit cíl daného studia: zcela jinak proběhne příprava na studium půdy v jednom zájmovém území, budu-li mít za cíl charakteristiku stupně kontaminace půd nebo studium humusu, či postižení kvantity a kvality jílů oblasti.

Přípravné práce je vhodné zaměřit na teoretické seznámení s budoucí lokalitou studia půdy ze sedmi úhlů pohledu – znát:

- **Poměry geologické a hydrogeologické** – vědět s jakými půdotvornými substráty je třeba počítat, znát geologický podklad studijní oblasti; znát vzestupné i sestupné prameny studijní oblasti, postihnout vliv podzemní vody a říční sítě na studijní oblast – a to vše v přímé vazbě na regionálně-geologické jednotky.
- **Poměry orografické** – vědět v jakém typu reliéfu a v jaké nadmořské výšce se budeme pohybovat a jak tomu bude se sklony a orientacemi svahů.
- **Poměry mezoklimatické** – znát charakter a rozložení srážkové činnosti a za jakých teplotních podmínek bude v dané nadmořské výšce vymezena délka vegetačního období.
- **Poměry biogeografické** – znát pozici daného místa v rámci areálů zájmových rostlinných druhů a vegetační pásmovitosti, mít k dispozici mapy lesních typů; znát rámcové podíly taxonů původního vegetačního krytu studijní oblasti.
- **Poměry politicky-správní a porostní** – znát podklady k správnímu členění oblasti³⁰⁶, mít k dispozici mapy věkových tříd, prostorové úpravy a kategorií lesa.
- **Poměry historického využívání krajiny** – znát historický vývoj stavu lesů, zemědělské půdy a zastavěných území zájmové oblasti; vědět o zalesněné nelesní půdě a o půdě degradované velkoplošnými antropogenními zásahy, tj. např. pastvou, intenzivním hrabáním steliva či vypalováním lesního porostu, tzv. žďáření; znát historii lidské kolonizace a následné industrializace studijní oblasti, a to včetně rámcového názoru na pravěké osídlení oblasti.
- **Poměry pedologické** – jsou-li k dispozici, mít mapy půdních typů oblasti; vědět, zda se ve studijní oblasti nachází půdy rámcově úrodné či neúrodné.

³⁰⁵ Nesmírně cenným údajem je maximální a minimální výška hladiny podzemní vody na daném stanovišti. Je přitom jasné, že zde se jedná o výhradně externí informaci, informaci z vnějšího zdroje.

³⁰⁶ Jsou-li k dispozici a je-li to v zájmu cíle řešení, osvědčují se též podklady „exhalační“ – mapy pásem ohrožení a stupňů poškození.

Část druhá

Půda, její využívání a ochrana

RADIM VÁCHA



14 Legislativní zabezpečení ochrany půdy

V této části knihy se zaměříme více prakticky na jednotlivé **aspekty využívání a ochrany půdy**. Ochrana půdy je proces, který zahrnuje více nutných opatření, ta nejdůležitější z nich se pokusíme popsat v následujících kapitolách.

Soustředit se budeme především na oblast zemědělství a lesnictví, kde je půda základním výrobním prostředkem a těžko obnovitelným přírodním zdrojem. Jak bude dále rozvedeno, přes deklarovaný význam ochrany půdy (viz předchozí část knihy), je její praktická ochrana poměrně obtížná, a to zejména v globálním měřítku. Situace v České republice není v této oblasti rovněž plně uspokojivá. Definování příčin tohoto stavu je nutným krokem k jeho zlepšení.

Celosvětová situace není příliš optimistická. Udává se, že nyní asi 1 miliarda lidí, tedy cca 1/7 celosvětové populace, trpí nedostatkem potravin. Souvisí to především s dostupností dostatečné rozlohy zemědělské půdy, protože potenciál zemědělské produkce je logicky omezený. Suché oblasti pokrývají 41,5 % pevninského povrchu Země. Probíhající klimatické změny situaci určitě nezlepší, to je patrné z meteorologických údajů posledního desetiletí dokonce i v našich země-



Fotografie 49. Rýže je nejdůležitější plodinou zajišťující výživu lidstva na planetě. Její pěstování vyžaduje nemalá množství vody (Laos).

pisných šířkách. V suchých oblastech žije až 35 % světové populace, která se stává nedostatkem vody stále ohroženější (viz situace v Sýrii). Dle prognóz Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) bude muset dojít **do roku 2030 k nárůstu rozlohy zemědělských půd ze současných 40 % na 50 %** rozlohy pevninského povrchu, a to zřejmě na úkor lesních ekosystémů. **Vstupy do půd ve formě živin se do roku 2050 budou muset ztrojnásobit a zemědělská produkce bude muset narůst nejméně o 50 %**, aby byla nasycena narůstající světová populace. Že se nejedná o zbytečně katastrofické scénáře, bylo patrné i v průběhu konání posledního celosvětového kongresu věd o půdách „20th World Congress of Soil Science“, který se konal v Jižní Koreji v červnu 2014. Název kongresu „Soil Embrace Life and Universe“ a klíčové přednášky, zaměřené na souvislost mezi dostupností půdy, a tím pádem dostatečného množství potravin a sociálním smírem ve společnosti (Prof. Rattan Lal: The Soil – Peace Nexus, Prof. Magdi Selim: Soils for Peace and Security), potvrzují, že globální situace začíná být skutečně vážná. Nutnost navýšení zemědělské produkce, která bude vyžadovat tak zásadní průlom, jakým byla Zelená revoluce v 60. letech minulého století, je obrovskou výzvou pro základní a aplikovaný zemědělský výzkum, včetně věd o půdách, v průběhu příštích desetiletí. Důsledná ochrana základního výrobního prostředku – půdy – je pak podmínkou nutnou, ale ne dostačující. Je tedy reálná představa, že v případě neschopnosti produkce dostatečného množství potravin z vlastních zdrojů, zajistíme v budoucnu potraviny z dovozu za přijatelných ekonomických podmínek?

V České republice došlo po roce 1990 k některým významným změnám v hospodaření na zemědělských půdách. Bohužel ne vždy směrem k lepšímu. Pokud bychom měli alespoň zmínit nejaktuálnější problémy, patří k nim:

- orientace na ekonomicky atraktivní plodiny, vedoucí k nedodržování zásad správného střídání plodin (osevních postupů)
- úbytek živočišné výroby, vedoucí k nedostatečnému přísunu organické hmoty do půd
- nevyjasněné vlastnické vztahy (okolo 75 % rozlohy půd je v pronájmu), mezi vlastníky půdy narůstající trend „big guys“, tedy vlastníků půdy o rozloze vyšší než 100 ha (v ČR přes 50 % vlastníků, to je v rámci EU výrazný nadprůměr)
- velké procento zornění (stále přes 70 %) a náchylnost půd k zejména vodní erozi (výrazné ohrožení je až na 35 % území), zvýšené technogenní zhutnění půd (téměř polovina zemědělských půd), katastrofální stav starých odvodňovacích soustav
- malá ochota nájemců investovat do zlepšení zemědělského půdního fondu (pozemkové úpravy, protierozní opatření, ozelenění krajiny, vápnění půd, vyvážené hnojení, atd.)
- přílišná orientace na dotační tituly a malý zájem o know-how a nové technologie
- stále nedostatečně rozvinutý systém transferu výsledků výzkumu do zemědělské praxe
- slabé povědomí naší veřejnosti o půdě a jejím významu pro společnost
- klimatické změny

Protože uvedené problémy a jejich příčiny jsou známy, je nutné jejich řešení. Děje se tak v současné době u řady z nich, ovšem změny jsou postupné a závisí na celé řadě dalších okolností (změny vlastnických vztahů, průchodnost legislativních návrhů, nastavení zásad správné zemědělské praxe – DZES, dříve GAEC a jejich vazba na čerpání dotačních titulů, podpora živočišné výroby, obnova závlahových systémů a revitalizace starých odvodňovacích soustav, atd.).

Zakotvení ochrany půdy v právních předpisech je jedním z mála nástrojů, kterými lze půdu relativně účinně chránit. Primárně je třeba věnovat pozornost **výchově a osvětě**, která

formuje vztah člověka k přírodě, a tím pádem i půdě, vymezení konkrétních a vymahatelných nástrojů její ochrany je však nezbytnou nutností. Zakotvení podmínek ochrany půdy v zákonech není záležitostí jednoduchou. Definování podmínek ochrany půdy vychází zpravidla primárně z oblasti výzkumu, ovšem sladění představ „výzkumníků“ a zástupců právní oblasti je obtížným procesem a nezbytným kompromisem. Provází ho často nutnost redukce nastavených požadavků z oblasti výzkumu, protože v právní praxi je třeba zajistit vztah mezi konkrétním požadavkem a následným opatřením při jeho porušení či nedodržení. Nastavené podmínky ochrany proto musí být jasně definované a nelze uplatnit takové podmínky, kde následné definované opatření při jejich nedodržení je nejasné či příliš obecné.

14.1 Ochrana půdy v ČR

Česká republika má slušně rozpracovanou **legislativu** týkající se ochrany půdy, v mnoha aspektech plně srovnatelnou s nejvyspělejšími státy světa. Horší situace je z pohledu kontroly a vymahatelnosti práva (což se ovšem u nás nevztahuje specificky pouze k legislativě o ochraně půdního fondu). Je třeba si uvědomit, že průchodnost zákonných norem je vždy záležitostí politického kompromisu. V případě ochrany půdy to platí v plném rozsahu, protože požadavek její ochrany je mnohdy v rozporu s krátkodobými zájmy. V roce 2015 byla po několika pokusech schválena **novelizovaná forma zákona o ochraně zemědělského půdního fondu** (zákon č. 334/1992 o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění zákona č. 41/2015 Sb.). Sporným bodem, který komplikoval dosažení kompromisu a přijetí zákona, bylo stanovení podmínek a výše poplatků za zábory zemědělské půdy. Důležité však je, že do zákona byly zapracovány podmínky (tzv. zmocnění) pro přijetí konkrétních vyhlášek, upravujících podrobné podmínky ochrany zemědělského půdního fondu (ZPF). Velkým přínosem je existence zmocnění pro nově vznikající vyhlášku o erozi a zmocnění pro novelizaci dosavadní vyhlášky o kontaminaci zemědělských půd (vyhláška č. 13/1994 Sb.). Zákon definuje ve své první části zásady ochrany ZPF, změnu využití ZPF, nově je zařazen paragraf o aplikaci vytěžených sedimentů na zemědělskou půdu, dále jsou uvedeny podmínky evidence informací o kvalitě zemědělské půdy a evidence odnětí zemědělské půdy, postupy při znečištění zemědělské půdy nebo ohrožení zemědělské půdy erozí a opatření k nápravě, zásady zpracování dokumentace k realizaci staveb a sítí na ZPF, principy státní správy ochrany ZPF a konečně správní delikty fyzických a právnických osob.

14.1.1 Legislativa ochrany půdy z pohledu produkčních funkcí půdy

V české legislativě je značný počet předpisů, pouze zákonů týkajících se nějakým způsobem půdy a vody je téměř třicet, celkový počet legislativních předpisů (zákony, vyhlášky, nařízení vlády, metodické pokyny, pravidla) je přes sedmdesát. Aktuální přehled všech zákonných norem je dostupný v pravidelně publikované **Situační a výhledové zprávě – Půda**, kterou vydává Ministerstvo zemědělství ČR. Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů (aktuálně zákona č. 41/2015 Sb.) je z hlediska ochrany půdy stěžejním legislativním předpisem. Zmínit je třeba dále zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech



Fotografie 50. Půda a krajina, místo pro náš život (Všenory, Středočeský kraj).

a o agrochemickém zkoušení půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, který má přímou návaznost na produkční funkce půdy, význam má však i z pohledu ekologických funkcí půdy, – limituje vstupy nežádoucích látek do půd.

Samostatnou vyhláškou je řešena aplikace vytěžených sedimentů na zemědělskou půdu (společná vyhláška MZe a MŽP č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě) a aplikace kalů z čistíren odpadních vod (vyhláška MŽP č. 504/2004 Sb., kterou se mění vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě). Obě vyhlášky mají význam z pohledu produkčních funkcí půdy (určují například minimální obsahy makroprvků v sedimentech a kalech ČOV) i z pohledu ekologických funkcí půdy (limitují vstupy nežádoucích látek a patogenních mikroorganismů do půd).

K produkčním i ekologickým funkcím půdy se vztahuje i legislativa týkající se realizace pozemkových úprav. Je to 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. Zákon stanoví zmocnění k vyhlášce č. 13/2014 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav.

Z pohledu lesních půd je důležitý zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Legislativní otázky ochrany vod řeší pak zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.



Fotografie 51. Půda a krajina odráží také historii a kulturu (Hejnice, Liberecký kraj).

14.1.2 Legislativa ochrany půdy z pohledu mimoprodukčních funkcí půdy

Ochrana **ekologických funkcí půdy** je zohledněna v některých právních předpisech, které mají vztah k produkčním funkcím půdy (viz výše). Z pohledu půdních vlastností nebo spíše jednotlivých typů degradace půdy, je podrobně ošetřena pouze otázka kontaminace půdy (vyhlášky MŽP ČR č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobnosti kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu), v současné době se pracuje na velmi potřebné vyhlášce, která se bude týkat působení vodní a větrné eroze.

14.1.3 Stanovení pravidel pro poskytování zemědělských podpor – Cross Compliance

Účelem této úpravy je stanovení podmínek **udělení dotačních titulů** v závislosti na způsobu hospodaření. Předpis vychází z legislativy EU a jeho účelem je podpora správné zemědělské praxe ekonomickými prostředky. Právní předpis existuje ve formě Nařízení vlády.

Nařízení vlády č. 309/2014 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor § 1.

Tento základní předpis je průběžně novelizován, a to v závislosti na změně definovaných podmínek hospodaření. Poslední aktualizovaná verze je následující.

Nařízení vlády č. 61/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 50/2015 Sb., o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům a o změně některých souvisejících nařízení vlády, ve znění pozdějších předpisů, a další související nařízení vlády.

14.2 Ochrana půdy zemí Evropské unie

Legislativa Evropské unie je relativně komplikovaná, nenajdeme zde prozatím žádný specifický právní předpis, který by se soustředil přímo na zemědělskou půdu, obdobně jako je tomu v ČR. Evropská legislativa vychází z předpokladu, že jednotlivé členské státy mají tuto otázku ošetřenu v rámci národní legislativy. Přesto je třeba zmínit snahu o prosazení materiálu tematické strategie ochrany půdy „**Toward Soil Thematic Strategy**“ do „6th Environment Action Programme“. Tento jasně vymezený materiál definuje hlavní rizika ohrožení půdy, kterými jsou:

- eroze
- úbytek organické hmoty
- kontaminace půd
- zábory půd
- utužení půd
- úbytek půdní biodiverzity
- zasolení půd
- povodně a sesuvy půd

„Soil Thematic Strategy“ se velmi detailně zabývá otázkou kontaminace půd a byly navrženy postupy k identifikaci kontaminovaných míst a vypracování a realizaci remediačního plánu. Především tato závazná pravidla vyvolala nevoli v celé řadě členských států, finanční náklady na realizaci těchto opatření by byly enormní. Materiál, který byl zpracován do formy Soil Framework Directive nebyl do legislativy EU prozatím prosazen.



Fotografie 52. Legislativa EU podmiňuje i zachování významných biotopů (Hortobagy pusta, Maďarsko).

14.2.1 Legislativa ochrany půdy v EU

Problematika ochrany půdy je v legislativě EU podchycena částečně v řadě předpisů z oblasti několika kapitol, jakými jsou zemědělství, průmyslová politika a domácí obchod, regionální politika a koordinace strukturálních nástrojů a ochrana životního prostředí, spotřebitele a zdraví. Vybrané právní předpisy EU jsou uvedeny níže.

Směrnice Rady 79/409/EHS o ochraně volně žijících ptáků. Významná je problematika ochrany hnízdišť a krajinných prvků.

Směrnice Rady 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2003/2003 ze dne 13. října 2003 o hnojivech.

Směrnice Rady 86/278/EHS o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu)

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky. Účelem nařízení je regulace trhu a stanovení pravidel o pohybu chemických látek, z pohledu zemědělství především v potravinách, krmivech a léčebných přípravcích.

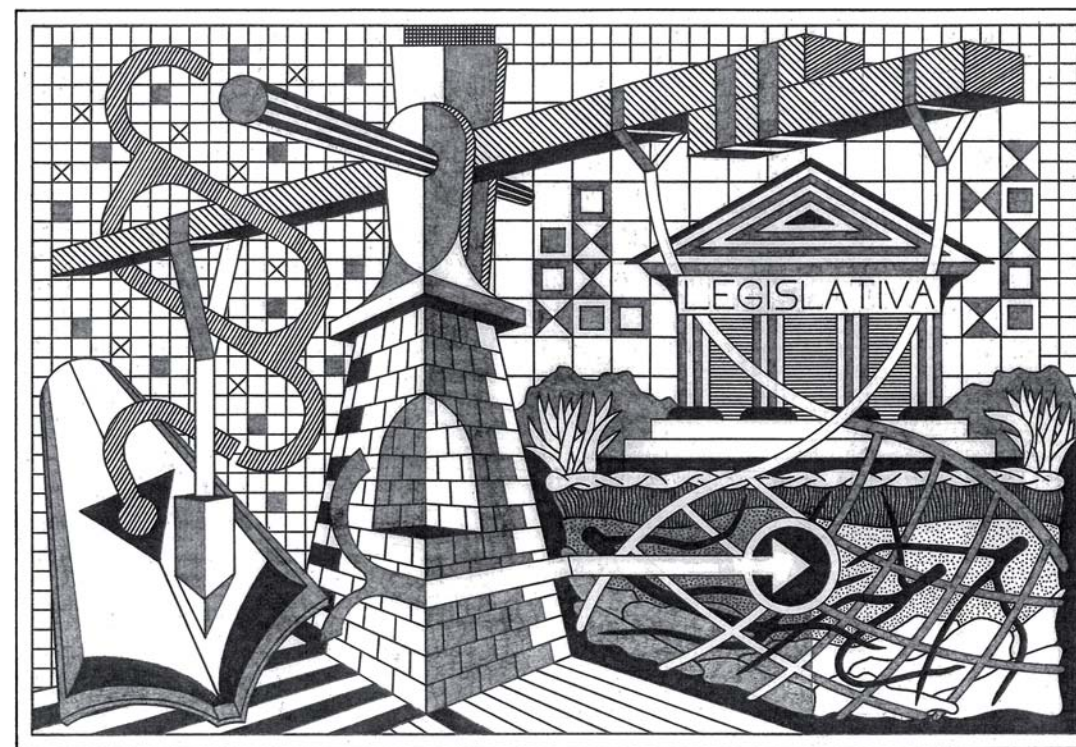
Směrnice Rady 80/68/EHS o ochraně podzemních vod před znečištěním některými nebezpečnými látkami.

Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Materiál u nás známý jako nitratová směrnice.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí. Předpis stanovuje pravidla balení látek v souvislosti se zajištěním obchodu a ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 765/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví požadavky na akreditaci a dozor nad trhem týkající se uvádění výrobků na trh a kterým se zrušuje nařízení (EHS) č. 339/93.

Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1348/2008/ES ze dne 16. prosince 2008, kterým se mění směrnice Rady 76/769/EHS, pokud jde o omezení uvádění na trh a používání 2-(2-methoxyethoxy)ethanolu, 2-(2-butoxyethoxy)ethanolu, methyldifenylidiiisokyanátu, cyklohexanu a dusičnanu amonného.

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (EU) č. 1310/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví některá přechodná ustanovení o podpoře pro rozvoj venkova z Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova (EZFRV), kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1305/2013, pokud jde o zdroje a jejich rozdělení v roce 2014, a kterým se mění nařízení Rady (ES) č. 73/2009 a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1307/2013, č. 1306/2013 a č. 1308/2013, pokud jde o jejich použití v roce 2014. Naří-



Obrázek 25. Zakotvení ochrany půdy v právních předpisech je jedním z mála nástrojů, kterými lze půdu relativně účinně chránit. Primárně je třeba věnovat pozornost výchově a osvětě, které formují vztah člověka k přírodě – a tím pádem i k půdě. Vymezení konkrétních a vymahatelných nástrojů její ochrany je však nezbytnou nutností. Zakotvení podmínek ochrany půdy v zákonech není záležitostí jednoduchou. I přesto se však jedná o naprostou nutnost a nezbytnost.

zení stanovuje pravidla pro použití zemědělských strukturálních fondů, o podpoře venkova, drobných zemědělců atd.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1305/2013 ze dne 17. prosince 2013 o podpoře pro rozvoj venkova z Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova (EZFRV) a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 1698/2005.

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty a zrušují nařízení Rady (EHS) č. 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007.

14.2.2 Stanovení pravidel pro poskytování zemědělských podpor – Cross Compliance v EU

Politika Evropské unie využívá **finančních nástrojů v rámci přidělování podpor**, jak je uvedeno v kapitole 14.1.3. Ke kontrole správných zásad zemědělské praxe pak využívá specifických předpisů, které jsou zvýrazněny v předchozí kapitole 14.2.1. Přitom vlastní principy „Cross Compliance“ jsou specifikovány v následujících předpisech.



Fotografie 53. Chov dobytka má často návaznost na čerpání dotačních titulů (kraj Vysočina, ČR).

Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 640/2014 ze dne 11. března 2014, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013, pokud jde o integrovaný administrativní a kontrolní systém a o podmínky pro zamítnutí nebo odnětí plateb a správní sankce uplatňované na přímé platby, podporu na rozvoj venkova a podmíněnost.

Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 809/2014 ze dne 17. července 2014, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013, pokud jde o integrovaný administrativní a kontrolní systém, opatření pro rozvoj venkova a podmíněnost.

14.3 Ochrana půdy mimo EU

V posledních desetiletích je zřejmá snaha přistupovat k ochraně půdy v globálním měřítku. Důvodem je především stále ze zrychlující nárůst obyvatel planety, který s sebou přináší mimo jiné i zvýšenou urbanizaci, spojenou s živelnými a obtížně kontrolovatelnými zábory půd, nejvíce v rozvojových zemích s rychle se vyvíjející ekonomikou. Udává se (European Environmental Agency, 2016), že celosvětově si urbanizace vyžádá 2 hektary každou jednu minutu. Připočteme-li další degradační procesy, je zřejmé, že **celosvětová ochrana půdy bude nabývat na významu**. V současné době se na tomto poli angažují vyspělé rozvinuté země, neboť ochrana půdy znamená vypracovaný právní systém s účinnými kontrolními nástroji a existenci zemědělského (pedologického) výzkumu s dostatečným množstvím relevantních údajů a dat.

Dlouhou tradici má ochrana půdy **na severoamerickém kontinentu**. Důraz je kladen na osvětovou a vzdělávací činnost farmářů, kterou v USA zajišťuje United States Department of Agriculture (USDA), zejména prostřednictvím Natural Resources Conservation Service. Tato agentura realizuje technickou podporu farmářům a vlastníkům půdy. Využívá programů, cílených na zlepšení půdního

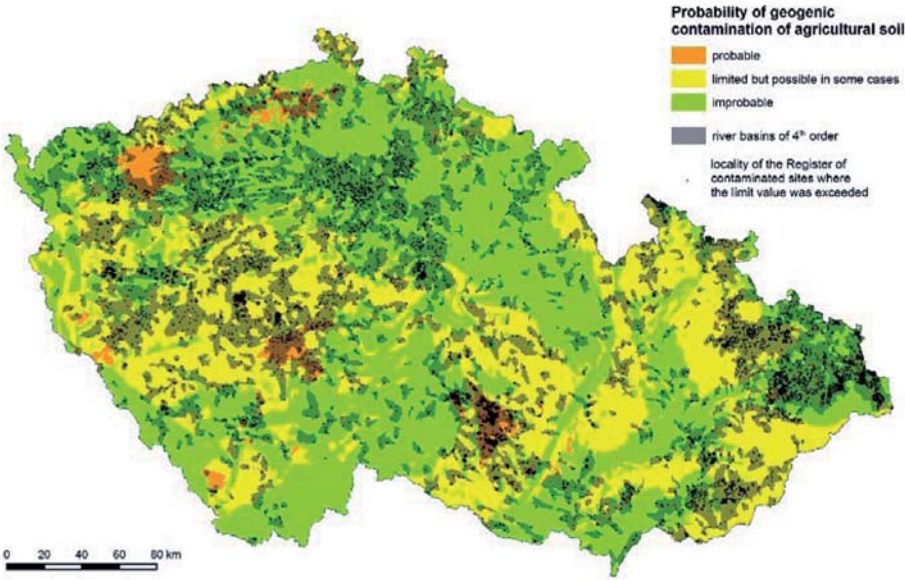
průzkumu, ochranu půdy a vodních zdrojů a zajišťuje poradenský servis prostřednictvím svých lokálních pracovišť. Agentura vznikla ve třicátých letech minulého století, impulzem byla snaha omezit rozvoj eroze na plochách hospodařících farmářů. V roce 2015 začala agentura např. podporovat program „Soil Health“ zaměřený na půdoochranné technologie s cílem omezení eroze a zvýšení půdní diverzity. Velký důraz je kladen i na využívání a ochranu vodních zdrojů, poskytováním finanční a technické pomoci farmářům. Zákonné normy související s ochranou půdy v USA jsou pod gescí Environmental Protection Agency (EPA), jedná se především o oblast využívání chemických látek, nakládání s odpady, revitalizace brownfields, ochranu podzemních vod před znečištěním apod.

Velký důraz na ochranu půdy klade také Kanada, kde je osvětová a vzdělávací činnost zastřešena pod Soil Conservation Council of Canada. Organizace realizuje programy s vládní podporou, zaměřené na oblast ochrany půdy, poskytuje poradenství farmářům, včetně orientace v národní legislativě, spolupracuje se státními úředníky při tvorbě legislativy atd. (Soil Conservation Council of Canada, 2016). Legislativní normy související s půdou jsou většinou pod gescí ministerstev životního prostředí jednotlivých států, federální normy pak zajišťuje Canadian Council of Ministers of the Environment. Stojí za zmínku, že v oblasti limitování nežádoucích látek v půdách se kanadská legislativa zabývá i půdami zemědělskými, vše je zpracováno v „Canadian Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health“ (např. v USA a některých evropských zemích je toto řešeno pouze u půd průmyslových a urbánních oblastí).

Více než sedmdesátiletou tradici má **ochrana půdy v Austrálii**, která legislativní nástroje ochrany nechává pod gescí jednotlivých států, ovšem pod koordinací federální vlády, byla zřízena Australian Standing Committee on Soil Conservation. V rámci ochrany půdy jsou využívány legislativní, technické, institucionální a strategické nástroje. Vývoj legislativy v jednotlivých státech se v posledních letech zaměřuje přímo na ochranu půdy omezeně, využívány jsou spíše právní úpravy v jiných oblastech, které mají k půdě nějaký vztah (obdobně jako v EU), především v oblasti environmentální (voda, vegetace, územní plánování, kontaminace). Výjimkou je stát Jižní Austrálie, kde byl v roce 1990 schválen „Soil Conservation and Landscape Act“ (Hannam, 2003).



Fotografie 54. V Austrálii je půda a zemědělské hospodaření výrazně ohroženo fenoménem narůstajícího sucha (stát Queensland).



Obrázek 26. Vymezení oblastí zvýšené geogenní zátěže půd a povodí 4. řádu.

do půd, ve srovnání s kaly ČOV (aplikační dávka 5 tun sušiny/ha/3roky). Ve výsledku je možné konstatovat, že vyhláška pro používání sedimentů je oproti vyhlášce pro používání kalů ČOV benevolentnější. Existence vyhlášky výrazně zlepšila situaci při nakládání se sedimenty a umožnila jejich využití v zemědělství při akceptovatelné míře rizika.

14.5 Limitní hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v půdě

V České republice máme k dispozici legislativu, která limituje obsah rizikových prvků a látek v zemědělských půdách již od roku 1994, vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., uváděla maximálně přípustné obsahy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v zemědělských půdách. Tato vyhláška byla koncipována jako jednostupňový systém limitních hodnot, který udával obsahy rizikových prvků v extraktu 2M HNO₃ a v extraktu lučavky královské (tzv. pseudototální obsahy). Obsahy POP byly uváděny jako celkové obsahy. Tato verze vyhlášky byla v platnosti až do roku 2015, přestože již v roce 2002 byl předložen první návrh její novelizace (Sánka a kol., 2002). Důvodů k novelizaci vyhlášky bylo několik. V první řadě již byla koncepce jednostupňových limitů v půdě překonaná, neboť členit půdu na dvě kategorie – vyhovující a nevyhovující na základě jedné hodnoty je z odborného pohledu nesprávné (z právního hlediska však zcela jednoznačné). V případě rizikových prvků byly jejich maximálně přípustné obsahy alespoň odvozeny od skutečné zátěže našich zemědělských půd (Podlešáková a kol., 1994),

v případě POP, kde reálné hodnoty v našich zemědělských půdách byly vyhodnoceny až později (Němeček a kol., 1996), byly využity hodnoty zahraniční (Nizozemí), které našim půdám příliš neodpovídaly. V případech některých sloučenin (zejména jednotlivé typy PAU) byly jejich limitní hodnoty ve vyhlášce nižší, než skutečné požadové hodnoty v našich zemědělských půdách. To vedlo k případům účelového zneužívání vyhlášky při procesu vynětí půdy ze zemědělského půdního fondu (ZPF), kdy půda byla označena za „kontaminovanou“ a byly vznášeny nároky na finanční úlevu z poplatků za její vynětí ze ZPF. Nově navržená verze vyhlášky vycházela ze stále více se prosazující filozofie **vícestupňových limitních hodnot**, nejčastěji udávaných jako A, B a C, kde zpravidla limit A je úroveň požadových hodnot, limit B je úroveň definovaného rizika (např. přestup kontaminantů do rostlin) a limit C je úroveň remediačního (asanačního) limitu. Uvedený návrh novelizace vyhlášky zahrnoval první dva stupně, pojmenované jako preventivní limit a indikační limit. Preventivní limit byl odvozen od požadových hodnot rizikových prvků a POP v našich zemědělských půdách, indikační limit pak zohledňoval přestup rizikových prvků z půdy do zemědělských plodin, dodatečně pak byly zařazeny indikační limity pro přímé ohrožení lidského zdraví kontaminovanou půdou. Kompletní návrh novelizace vyhlášky, popsany podrobně v práci Váchy a kol. (2014), byl přijat do legislativního procesu a využit ve **vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 153/2016 Sb.**

Preventivní hodnoty (tabulka 35) prezentují tzv. **požadové hodnoty rizikových prvků a POP** v našich **zemědělských půdách**. Ty byly odvozeny statisticky a v případě rizikových prvků jsou dány jejich přirozenými obsahy v půdotvorných substrátech a připočtenou průměrnou rozptýlenou antropogenní zátěží (mokrou a suchou depozicí). V případě POP jsou dány de-facto pouze její průměrnou rozptýlenou antropogenní zátěží. Tento přístup je praktikován i v některých dalších státech EU, které požadové hodnoty odvozují v případě rizikových prvků nejenom od jejich přirozených obsahů, ale také průměrné antropogenní zátěže (SRN, Velká Británie, Francie). Princip stanovení tohoto typu požadových hodnot uvádí Hellmann (2002). Některé země (Belgie, Nizozemí, Lucembursko) nepočítají s antropogenní zátěží a hodnoty pozadí odvozují pouze od přirozených obsahů rizikových prvků v půdotvorných substrátech. To má ovšem nevýhodu v tom, že prakticky všechny půdy jsou do jisté míry ovlivněny antropogenní zátěží z emisí, a budou tak překračovat hodnoty pozadí. Zde záleží na způsobu využití požadových hodnot. Pokud jsou využity pro stanovení hodnot limitních, bude docházet v tomto případě k velmi častému překračování limitů s určitými potenciálními dopady na využívání půdy a především negativním ohlasem veřejnosti.

Preventivní hodnoty rizikových látek jsou odvozeny jednoznačně od antropogenní zátěže, uvedeny jsou v **tabulce 36**.

Tabulka 35. Preventivní hodnoty rizikových prvků dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Kategorie půd	Preventivní hodnota (mg.kg ⁻¹ sušiny)											
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Normální půdy ¹⁾	20	2.0	0.5	30	90	60	0,3	1200	50	60	130	120
Lehké půdy ²⁾	15	1.5	0.4	20	55	45	0,3	1000	45	55	120	105

¹⁾ Půdy zrnitostní kategorie písčito-hlinité, hlinité, jílovito-hlinité a jílovité

²⁾ Půdy zrnitostní kategorie písčité a hlinito-písčité

Z hlediska interpretace překročení preventivního limitu, stanoveného vyhláškou je postupováno v souladu se zákonem č. 41/2015 tak, že je zakázána aplikace kalů ČOV a sedimentů na zemědělskou půdu.

Tabulka 36. Preventivní hodnoty rizikových látek dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Preventivní hodnota	(mg.kg sušiny)
Polycyklické aromatické uhlovodíky Σ PAU ¹⁾	1.0
Chlorované uhlovodíky	
Σ PCB ²⁾	0.02
Σ DDT ³⁾	0.075
HCB ⁴⁾	0.02
HCH ⁴⁾ (Σ α+β+γ)	0.01
PCDDs/Fs ^{4,5)}	1.0*
Ropné znečištění	
Uhlovodíky C10 – C40 ⁴⁾	100

¹⁾ Σ PAHS – polycyklické aromatické uhlovodíky (anthracen, benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranthén, benzo(k)fluoranthén, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, fenantren, fluoranten, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren)

²⁾ Σ PCB kongenerů – 28+52+101+118+138+153+180

³⁾ Σ DDT, DDE, DDD

⁴⁾ HCB, HCH (Σ α+β+γ), PCDD/F a uhlovodíky C10-C40 se analyzují pouze při důvodném podezření z jejich výskytu (např. předchozí znečištění půdy z výroby)

⁵⁾ Hodnota mezinárodního toxického ekvivalentu I-TEQ_{PCDD/F} (ng/kg sušiny)

Indikační hodnoty byly stanoveny v případě rizikových prvků jako hodnoty **indikující** možné **překročení kritické zátěže** jejich **obsahů v rostlinách** (plodinách) z pohledu přestupu do potravního řetězce (zvýšená zátěž potravních řetězců) a **omezení růstu rostlin** (fytotoxické působení rizikových prvků v rostlinách omezující tvorbu výnosu zemědělských plodin). Hodnoty byly odvozeny z nádobových a terénních experimentů (Němeček a kol., 2001) při použití vícerozměrných statistických metod, které hodnotily závislost mobility rizikových prvků na vybraných půdních vlastnostech a jejich přestup do několika testovacích rostlin (ředkvička, triticales, vybrané druhy travin, pícniny na orné půdě). Indikační limit je založen na porovnání celkových (výluh v lučavce královské) a mobilních (výluh v 1M NH₄NO₃) forem rizikových prvků v půdě. Jako cílové hodnoty byly využity kritické obsahy v rostlinách, stanovené krmivářskými a potravinářskými normami (ohrožení potravního řetězce) a kritické hodnoty fyto toxicity (omezení tvorby výnosu). Celková koncepce indikačních limitů je tak relativně složitá, protože je založena na porovnání dvou typů výluhů, a v případě prvků s vysokou závislostí jejich mobility na pH (Cd, Ni, Cu) přistupuje navíc členění dle pH půdy. Vyhodnocení je tak složitější, než v případě bývalého znění vyhlášky č. 13/1994 Sb., rovněž interpretace není jednoznačná, protože překročení indikačního limitu znamená statisticky pravděpodobné překročení kritických obsahů v rostlinách (různé druhy rostlin přijímají rizikové prvky s různou

intenzitou), a je třeba následně provést testování na konkrétních plodinách, které se na daném pozemku pěstují. Kromě toho přistupuje opatření omezující používání těch typů hnojiv, ve kterých je daný rizikový prvek obsažen ve vysokých koncentracích (např. fosforečná hnojiva s obsahem P₂O₅ 5% a více na půdách s nadlimitním obsahem Cd). Hodnoty indikačních limitů ohrožení kvality

Tabulka 37. Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin nebo krmiv (mg.kg⁻¹ sušiny) dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Prvek	Struktura	pH/CaCl ₂	Indikační hodnota (mg.kg ⁻¹)	
			Aqua regia	1mol.L ⁻¹ NH ₄ NO ₃
As	–	–	–	1,0
Cd		≤6,5	1,5	–
	Běžné půdy	>6,5	2,0	0,1
	Lehké půdy	>6,5	2,0	0,04
Ni		≤6,5	150	–
		>6,5	200	–
		–	–	1,0
Pb		–	300	1,5
Tl		–	10	0,2
Hg ¹⁾		–	1,5	–

¹⁾ Celkový obsah

Tabulka 38. Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být podezření z ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy (mg.kg⁻¹ sušiny) dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Prvek	Struktura	pH/CaCl ₂	Indikační hodnota (mg.kg ⁻¹)	
			Aqua regia	1mol.L ⁻¹ NH ₄ NO ₃
Cu		<5	150	–
		5–6,5	200	–
		>6,5	300	–
		–	–	1,0
Ni		≤6,5	150	–
		>6,5	200	–
		–	–	1,0
Zn			400	–
			–	20

plodin (ohrožení potravního řetězce) jsou uvedeny v **tabulce 37**, hodnoty indikačních limitů ohrožení tvorby výnosů jsou uvedeny v **tabulce 38**.

Jak bylo uvedeno výše, byly vypracovány rovněž **indikační limity přímého ohrožení lidského zdraví** a zvířat **inhalačním, perorální a dermálním příjmem** kontaminovaných částic půdy při pohybu na zatížených plochách (týká se především zemědělců při polních pracích a zvířat na pas-tvě). Limity se týkají vybraných perzistentních organických polutantů a významných zootoxicky působících rizikových prvků (As, Cd, Pb, Hg). V případě překročení těchto indikačních limi-tů musí být na pozemku provedena riziková analýza, respektive následná opatření (zatravnění pozemku, vyjmutí ze ZPF). Intenzita kontaminace je vysoká, nelze ji však vyloučit (zejména v pří-padě POP) například v záplavových zónách po povodních. Hodnoty indikačních limitů přímého ohrožení lidského zdraví pro rizikové prvky jsou uvedeny v **tabulce 39**, pro POP v **tabulce 40**.

14.6 Připravovaná legislativní opatření

V současné době, po novelizaci zákona o ochraně zemědělského půdního fondu a vyhlášky o sta-

Tabulka 39. Indikační hodnoty rizikových prvků, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat (mg.kg sušiny) dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Prvek	As	Cd	Hg ¹⁾	Pb
Indikační hodnota (mg.kg ⁻¹)	40	20	20	400

¹⁾ Celkový obsah

Tabulka 40. Indikační hodnoty rizikových látek, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat (mg.kg⁻¹ sušiny) dle vyhlášky MŽP č. 153/2016 Sb.

Sloučenina	Indikační limit (mg.kg ⁻¹)
Σ PAU ¹⁾	30
Benzo(a)pyren	0,5
Σ PCB ²⁾	1,5
Σ DDT ³⁾	8,0
HCB	1
HCH (Σ α+β+γ)	1
PCDDs/Fs ⁴⁾	100 ⁵⁾

¹⁾ Σ PAHS – polycyclické aromatické uhlovodíky (anthracen, benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranthen, benzo(k)flu-oranthen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, fenantren, fluoranten, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren)

²⁾ Σ PCB kongenerů – 28+52+101+118+138+153+180

³⁾ Σ DDT, DDE, DDD

⁴⁾ Hodnota mezinárodního toxického ekvivalentu I-TEQ PCCD/F (ng.kg⁻¹ sušiny)

⁵⁾ (ng.kg⁻¹ sušiny)

novení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, se zpracovává „Vyhláška o stanovení hod-nocení erozního ohrožení zemědělské půdy, přípustné míry erozního ohrožení zemědělské půdy a opatření k jeho snížení, a o stanovení půd nevhodných pro změnu trvalého travního porostu na ornou půdu“. Vyhláška bude stanovovat pravidla výpočtu přípustné míry erozního ohrožení vodní a větrnou erozí. Hodnocení přípustné míry erozního ohrožení bude odvislé od realizova-ných agrotechnických a organizačních opatření definovaných vyhláškou, stejně jako zastoupení pěstovaných plodin a použité agrotechniky. Existence vyhlášky je velmi žádoucí, vzhledem k neu-spokojivému stavu zemědělského půdního fondu ČR v dané oblasti.

V závěru roku 2016 vyšla v platnost novelizovaná vyhláška o použití upravených kalů na země-dělské půdě, jako vyhláška MŽP ČR č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich používá-ní na povrchu terénu a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). Účelem novelizace bylo na jedné straně rozšíření seznamu sledovaných polutantů o některé POP (např. PAU), na druhé straně je snaha o zjednodušení procesů nakládání s kaly, ve smyslu jejich manipulace před vlastní aplikací na půdu (možnost ponechání kalů na zpevněných úložištích v areálech zemědělských podniků po nezbytně dlouhou dobu). Vyhláška by tak měla vyjít vstříc zemědělské praxi a zároveň zvýšit míru bezpečnosti použití upravených kalů v zemědělství.

21 Možnosti člověka pracovat s půdou a nápravná opatření

Vlivem lidské činnosti dochází na půdách k jejich urychlené degradaci, a je proto třeba věnovat pozornost možnostem zlepšení nepříznivého stavu půd. Preventivní opatření byla v předchozím textu zmíněna u každého popisovaného typu degradace půdy. Jedním z účinných nástrojů, který umožňuje aplikovat ochranná opatření proti degradaci půd v krajině, jsou pozemkové úpravy. U půd poškozených chemickou degradací (kontaminací) je možno realizovat remediační opatření, která jsou popsána v kapitole 15.10. Třeba je také zmínit **rekultivace**, tedy postupy v krajině výrazně poškozené těžbou nerostných surovin.

21.1 Pozemkové úpravy

Pozemkové úpravy jsou výrazným zásahem člověka do krajiny, podle Váchala, Němce a Hladíka (eds.) (2011) jsou „uvědomělou a cílevědomou činností skupiny odborníků, státních úředníků a zvolených zástupců vlastníků, kteří spolupracují na **zpracování nového návrhu uspořádání pozemků**“. Pozemkové úpravy jsou tedy nástrojem, který přispívá k řešení vlastnických vztahů, zpřístupňuje pozemky maximálně vhodným způsobem, celkově řeší v území obce veřejný zájem obyvatel obce a zemědělců. Zároveň je jejich úkolem zlepšování kvality životního prostředí, ochrana a zúrodnění půdního fondu, úprava lesního a vodního hospodářství v oblasti snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, řešení odtokových poměrů, vytváření retenčních prostorů v krajině a rovněž zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledkem pozemkových úprav je obnovený digitální katastrální operát a schválený plán společných zařízení (PSZ). Ten obsahuje účelové komunikace (zpřístupnění pozemků), protierozní opatření, vodohospodářská opatření, opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí a zvýšení ekologické stability krajiny (MZe a VÚMOP, v.v.i., 2016).

Vlastní realizace pozemkových úprav může krajinu výrazným způsobem měnit, záleží na kvalitě návrhu a vlastního provedení projektu. Velmi názorným příkladem velmi dobře historicky prováděných zásahů do krajiny, je přírodně-kulturní krajina Třeboňska, která plní hospodářské a ekologické funkce téměř ukázkovým způsobem. Plánování a vlastní realizace pozemkových úprav je v gesci Státního pozemkového úřadu České republiky.

VÚMOP (zejména Oddělení pozemkové úpravy a využití krajiny) se problematikou pozemkových úprav zabývá dlouhodobě. Zkoumá především účinnost pozemkových úprav v rámci protierozních opatření (Podhrázská a kol., 2015b). Prosazuje výsledky výzkumu do metodických postupů pozemkových úprav v závislosti na ovlivnění funkcí krajiny (Stejskalová a kol., 2012) a účinnosti opatření přispívajících k ochraně půdy a vody (Konečná a kol., 2011) i mimoprodukčních funkcí krajiny (Pochop a kol., 2016).



Fotografie 95. Krajina projektovaná člověkem může mít i vysokou estetickou hodnotu (Křemení, Středočeský kraj).

21.2 Rekultivace

Těžební činnost za sebou nezřídka zanechává **výrazné poškození krajiny**. Oblast severozápadočeského regionu ČR je názorným příkladem, povrchová těžba hnědého uhlí započala v tomto regionu již v roce 1819. Její postupné rozšiřování, které dosáhlo maxima v období socialistického zřízení, znamenalo prakticky odstranění zemského povrchu, včetně obcí a měst, nejznámější je zřejmě zánik starého Mostu s proslulým přesunem kostela Nanebevzetí Panny Marie. Těžba, která stále probíhá, se přiblížila až k úpatí Krušných hor, kde působí další problémy, např. v podobě posunu svahů. Otázka prolomení těžebních limitů je v tuto chvíli stále otevřená. Oblast severočeského regionu ČR se stala de-facto experimentálním územím, na kterém byly testovány a aplikovány rekultivační práce po dobu mnoha desetiletí.

Těžební činnost přináší prokazatelné zisky, a tak je zcela na místě, že společnosti provádějící těžbu, jsou ze zákona povinovány realizovat po ukončení těžby rekultivace poškozených území, které mohou mít několik forem.

Relativně nejjednodušší metodou, která však je sporná z několika hledisek, je zaplnění prostorů bývalé těžby vodou. Vznikají tak nové typy nepůvodních lokalit, které však mohou, obzvláště v oblasti dešťového stínu severních Čech, přinášet pozitiva při hospodaření s vodou v krajině. Otázkou v těchto případech může být kvalita vody v nádržích v dlouhodobějším časovém horizontu, protože přítokové a odtokové poměry jsou zpravidla velmi omezené. Tento způsob rekultivace není ideální z pohledu evropské legislativy, která klade důraz na navrá-



Fotografie 96. Přemístěný kostel Nanebevzetí Panny Marie ze zbořeného historického Mostu, který musel ustoupit těžbě, je důkazem naší schopnosti proměňovat, manipulovat, ničit i tvořit...

cení území do stavu blízkého původnímu, před zahájením těžby. V některých případech se však při rekultivacích vytváří kompletně nový povrch s existencí menších nádrží komponovaných do krajiny (včetně specifické vegetace), jedná se o tzv. hydrické rekultivace. Pozitivem tohoto typu rekultivací je jejich nesporná estetická hodnota, schopnost zadržovat vodu v krajině a nárůst biodiverzity v krajině, neboť takto vytvořené lokality jsou ve velmi krátké době kolonizovány širokým spektrem rostlin a živočichů.

Takzvané zemědělské rekultivace počítají s využitím ploch pro účely pěstování zemědělských plodin (orná půda) nebo travních porostů, tedy luk a pastvin (Čermák a Ondráček, 2009a). Při tomto typu rekultivací se zpravidla vytváří umělý půdní profil – humusovou vrstvu může tvořit substrát obohacený organickou hmotou (např. kaly z ČOV, různé typy kompostů, atd.), často se také využívá orniční vrstva, skrytá například při realizaci staveb (soil sealing). Použití takového materiálu přináší pozitivita zejména z pohledu obohacení rekultivované plochy půdní organickou hmotou a základními živinami (Borůvka a kol., 2012).

Lesnické rekultivace jsou relativně jednodušší z pohledu tvorby půdního profilu, humusový horizont se nevytváří a výsadba stromů se provádí přímo na urovnaný a upravený povrch (Ondráček a Čermák, 2009). Humusový horizont se vytváří následně přirozenou cestou z „opadanky“ dřevin. Jedná se rovněž o frekventovaný způsob rekultivace, který se v některých případech může využít i na nepůvodních substrátech, např. složištích energetických popílků (Čermák a Ondráček, 2009b).

Ve všech případech rekultivací se vytváří antropozemě, tedy půdy uměle vytvořené člověkem, jejichž hodnota může být proměnlivá (obsah organické hmoty, živin, kontaminujících látek, fyzikální vlastnosti). Uměle vytvořené půdy mají i různý stupeň zranitelnosti vůči vodní i větrné erozi



Fotografie 97. Je těžké uvěřit tomu, že tady byl ještě nedávno povrchový důl. Tak výrazně pozměnily krajinu vhodně provedené hydrické rekultivace (okres Most).

(nevhodně zvolené materiály při formování umělého půdního profilu mohou být velmi rychle erodovány), suchu, acidifikaci, atd. Poznatky získané dlouhodobým výzkumem a praxí výrazně zlepšují kvalitu rekultivací a přispívají tak k úspěšnému formování krajiny, která plní své základní environmentální i produkční funkce a která je v mnoha případech jen těžko rozeznatelná od krajiny okolní, nepostížená těžbou.

Prof. Ing. Klement Rejšek, CSc.

*2. 5. 1963 – † 4. 10. 2017

Klement Rejšek absolvoval v roce 1985 Lesnickou fakultu tehdejší Vysoké školy zemědělské v Brně, dnes Mendelovy univerzity v Brně v oboru Lesní inženýrství. Po studiích zůstal na fakultě v navazujícím postgraduálním studiu, v roce 1996 se habilitoval v oboru Lesnická geologie a pedologie a v roce 2012 se stal profesorem v oboru Ekologie lesa. Od roku 2000 do roku 2014 byl vedoucím Ústavu geologie a pedologie LDF MENDELU. Byl aktivně zapojen do dění fakulty jak po odborné, tak i po veřejně činné stránce. Byl proděkanem pro



zahraniční vztahy, koncepci a akreditaci, byl členem vědeckých rad, nejen v Brně, ale také ve Zvolenu, člen akademických senátů, člen oborových rad a předsedal oborové radě doktorského studijního programu Ekologie lesa, byl členem odborných společností a asociací.

Hlavním odborným zaměřením mu byla lesnická pedologie, dále pak půdní biologie, stanovištní ekologie a aplikovaná geologie. Byl přímým pokračovatelem české školy lesnické pedologie, založené prof. Pelíškem, a obor důstojně rozvíjel. V těchto oblastech je autorem nebo spoluautorem více než stovky publikačních výstupů – od populárně naučných po vědecké texty, od odborných posudků, expertíz a závěrečných zpráv po komplexní monografie v českém a anglickém jazyce.

Klement Rejšek na fakultě garantoval a vyučoval desítky předmětů, které vždy patřily mezi nejnavštěvovanější. Přednášel na evropských i mimoevropských univerzitách např. ve Velké Británii, Finsku, Itálii, Španělsku, Řecku, Slovinsku, Kostarice a dalších. Účastnil se řady seminářů a konferencí zaměřených na pedologii, lesnictví, dřeviny, ekologii a přírodní zdroje. Na svých přednáškách dovedl v posluchačích vzbudit zájem svým zaujetím pro dané téma a schopností propojovat jednotlivá témata do větších celků a nečekaných kontextů a „servírovat“ tak neobvyklý pohled na dění kolem nás.

Jeho hlavním posláním bylo předávat poznání nejen studentům, ale i široké veřejnosti, a vytvářet tak hezký svět.

Rád cestoval, fotil, četl, poznával. Miloval svou rodinu, historii, svou práci, Boha a život.

Doc. Ing. Radim Vácha, Ph.D.

Narozen 10. 3. 1967 v Jihlavě, maturoval na gymnáziu v Jihlavě v roce 1985. Je absolventem Vysoké školy zemědělské Brno (nyní Mendelova univerzita v Brně), fakulty agronomické, obor fytotechnický, studium ukončil v roce 1989. Diplomovou práci vypracoval na katedře pícninářství. Od roku 1990 pracuje ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze – Zbraslavi, kde nastoupil do Oddělení hygieny půdy a spolupracoval v týmu Ing. Elišky Podlešákové, CSc. a prof. RNDr. Jana Němečka, DrSc. Doktorandské studium absolvoval formou distančního studia, v oboru „Obecná produkce rostlinná“ na Katedře pedologie a ochrany půd pod vedením prof. Ing. Josefa Kozáka, DrSc. Disertační práci obhájil v roce 2001.



Ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy zastával pozici výzkumného asistenta, vedoucího Oddělení hygieny půdy, náměstka pro výzkum a vývoj, v současné době je ředitelem ústavu. Zabývá se problematikou ochrany půdy, především kontaminace půd rizikovými prvky a perzistentními organickými polutanty, je řešitelem výzkumných projektů.

Od roku 2006 působí externě na fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů (FAPPZ) České zemědělské univerzity v Praze, v rámci výuky předmětu „Úprava degradovaných půd“ na Katedře pedologie a ochrany půd. V roce 2009 obhájil habilitační práci na téma „Možnosti regulace výskytu a působení rizikových látek v půdním prostředí“.

Je členem několika vědeckých rad, oborové rady doktorského studia, redakčních rad vědeckých časopisů. Je členem představenstva České akademie zemědělských věd, kde dále zastává funkci předsedy Vydavatelské rady vědeckých časopisů ČAZV, členem představenstva České pedologické společnosti, předsedou odborného panelu „Agricultural and Veterinary Sciences“ v rámci hodnocení výsledků výzkumu a vývoje a členem několika dalších odborných společností.

V současné době žije v Praze, k jeho zájmům patří cestování, fotografie, teraristika a potápění.