

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Predikce deficitních vlastností půd pro vybranou oblast se specifikací na erozní ohroženost, infiltrační vlastnost, posouzení vodního režimu půd a skeletovitost.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radka Váchalová, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Jan Kuntzman

České Budějovice, 2016

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jan KUNTZMAN
Osobní číslo: Z13226
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Agropodnikání
Název tématu: Predikce deficitních vlastností půd pro vybranou oblast se specifikací na erozní ohroženost, infiltrační vlastnost, posouzení vodního režimu půd a skeletovitost
Zadávací katedra: Katedra agroekosystémů

Zásady pro vypracování:

Osnova:

Literární rešerše. Vymezeny budou základní pojmy z oblasti eroze, infiltrace, vodního režimu a skeletovitosti u deficitních půd.

Cíl práce. Provedení predikce deficitních vlastností půd pro vybranou oblast.

Materiál. Vybrané oblasti.

Metody. Metodický postup pro Predikce deficitních vlastností půd pro vybranou oblast se specifikací na erozní ohroženost, infiltrační vlastnost, posouzení vodního režimu půd a skeletovitost.

Výsledky a diskuse. Vyhodnocení realizace predikce deficitních vlastností půd.

Závěr. Shrnuty budou nejvýznamnější poznatky z řešení, včetně doporučení a jejich přínos pro danou lokalitu.

Literatura

Přílohy

Ke zpracování bakalářské práce budou využita skripta Technika zpracování bakalářských a diplomových prací (Kareš, J., Vaněček, D., Burešová, M., 2007) a Práce s VTI (Milota, J., Nýdl, V., 1996).

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 20-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

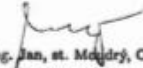
- Džatko, M. Hodnotenie agroekosystémov pre účely špecializácie rastlinej výroby a usporiadanie pôdneho fondu. Výzkumná správa, Bratislava: VUPUR, 1981. 37 s.
- Forman RTT. a Godron M. Krajinná ekologie. Praha, Academia, 1993. 584 s. ISBN 80-200-0464-5.
- Hraško, J. a Bedrna, Z. Aplikované půdoznalectvo. Bratislava: Příroda, 1983. 136-137 s. ISBN 80-901152-0-9.
- Hraško, J. et al.: Morfogenetický klasifikační systém půd ČSFR. VÚPÚ Bratislava, 1991, 160.
- Němeček, J. a kol. Taxonomický klasifikační systém půd ČR, ISBN 80-238-8061-6, 2001.
- Němeček, J. a Kozák, J. Approches to the solution of a soil map of the Czech Republic at the scale 1:250 000 using SOTER methodology. Plant Soil Environment., 49, 2003 (7): 291-297.
- Němeček, J. a Mašát, K. a Tomášová, Z. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 1. vydání, ČZU, Praha 2002. ISBN 80-238-9095-6.
- Němeček, J. a Smolíková, L. a Kutílek, M.: Pedologie a paleopedologie. Academia, Praha 1990, 546 s.
- Váchal, J. Metoda postupné projekce ekologických systémů hospodaření. Habilitační práce. České Budějovice: ZF JU, 2000.
- Váchalová, R. Monitoring a hodnocení produkčního potenciálu zemědělských půd v procesu tvorby GIS. Disertační práce. České Budějovice: ZF JU, 2004.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radka Váchalová, Ph.D.
Katedra agroekosystémů

Datum zadání bakalářské práce: 13. února 2015
Termín odevzdání bakalářské práce: 24. dubna 2016


prof. Ing. Miloš Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan, et. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 17. března 2015

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 16. 4. 2016

Podpis:

V první řadě bych chtěl poděkovat mé školitelce Ing. Radce Váchalové PhD. za vedení mé práce a trpělivý přístup, za což jsem jí vděčný. Dále bych chtěl poděkovat svojí rodině, která mi umožnila studium a dále mně v něm podporuje, taktéž svojí přítelkyni a všem, kteří mi poskytli rady a pomoc pro vypracování této práce.

Abstrakt

V práci jsou nastíněny základní informace o složení, vlastnostech a funkcích půdy. Dále je nastíněna problematika půdní degradace včetně jejích principů, dopadů a případných možností v jejím zmírňování. Na základě map s BPEJ kódy jsou zde pak predikovány deficitní vlastnosti půd v oblasti Rankov.

Klíčová slova:

půda, degradace půdy, eroze, zhutnění, kontaminace půdy, humus

Abstract

The thesis contains the basic information on the soil composition, properties and functions. Moreover it contains a basic view on the issue of the soil degradation including its principals, impacts and possibilities of mitigating. Based on the maps with BPEJ codes included, deficient properties of soils were predicted in the Rankov area.

Key words:

soil, soil degradation, erosion, compaction, contamination, humus

Obsah

1.1	Složení půdy	10
1.1.1	Plynná fáze půdy	11
1.1.2	Kapalná fáze půdy.....	12
1.1.3	Pevná fáze půdy.....	13
1.1.3.1	Minerální částice v půdě	13
1.1.3.2	Půdní organická hmota.....	15
1.2	Vlastnosti půdy	17
1.2.1	Fyzikální vlastnosti	18
1.2.2	Chemické vlastnosti	18
1.2.3	Biologické vlastnosti.....	18
1.3	Atributy půdy.....	19
1.3.1	Úrodnost.....	19
1.3.2	Produktivita.....	19
1.3.3	Kvalita půdy	20
1.3.4	Zdraví půdy	20
1.3.5	Resilience	20
1.4	Funkce půdy.....	20
2	Degradace	22
2.1	Faktory degradace.....	23
2.1.1	Přírodní faktory	23
2.1.2	Antropogenní faktory	24
2.2	Chemická degradace	24
2.2.1	Změny pH	25
2.2.1.1	Acidifikace	25
2.2.1.2	Alkalizace.....	26
2.2.1.3	Zasolení	27
2.2.2	Kontaminace polutanty	27
2.3	Biologická degradace půdy.....	28
2.4	Fyzikální degradace půdy	29
2.4.1	Eroze	29
2.4.1.1	Větrná eroze	30
2.4.1.2	Vodní eroze	31
2.4.2	Desertifikace	31
2.4.3	Zhutnění	32
2.4.3.1	Co je zhutnění.....	32
2.4.3.2	Druhy zhutnění.....	33
2.4.3.3	Příčiny zhutnění.....	33
2.4.3.4	Faktory zhutnění.....	34
2.4.3.5	Vliv půdní struktury	34
2.4.3.6	Vliv půdní zrnitosti a obsahu organické hmoty	36
2.4.3.7	Vliv vlhkosti a počtu přejezdů	36
2.4.3.8	Tlak.....	37
2.4.3.9	Rychlost pojezdu.....	37
2.4.3.10	Dopady kompakce.....	38
2.4.3.11	Omezování zhutnění.....	39
3	Cíl práce	41
4	Metodika a materiály	42
4.1	Metodika	42

4.2	Popis oblasti	44
4.3	Geologie	44
4.4	Vodní režim	44
4.5	Zemědělský půdní fond	45
5	Výsledky	46
5.1	Hodnocení hydromorfismu	47
5.2	Hodnocení náchylnosti k degradaci půdní struktury	49
5.3	Hodnocení půd dle náchylnosti k vodní erozi	52
5.4	Hodnocení půd dle předpokladů ke skeletovistosti	54
6	Závěr a diskuze	57
	Přehled literatury a zdrojů	59
	Přehled příloh	62

Úvod

S půdou se za svého života setkal prakticky úplně každý, avšak její skutečný význam v dnešní době rezonuje jen velmi málo. Význam úlohy půdy v přírodě je mimořádný. Půda je zónou, ve které dochází ke styku života a zemské kůry, je složitým systémem ovlivňujícím život na celé planetě Zemi, na kterém potravně závisí všechen život včetně člověka.

Problematika půdy byla po dlouhou dobu silně zanedbávána, a tak byla půda na základě neznalosti po dlouhou dobu využívána nesprávně. Ačkoli nejzávažnější provinění proti půdě se začaly páchat již s počátkem využívání mechanizace, respektive s počátkem intenzifikace zemědělství, tak i dnes je ve velmi velké míře možno vidět nesprávné využívání půdy. Z nesprávného využívání plynou samozřejmě důsledky v podobě degradace půdy, která může mít mnoho různých podob. Tak jako různé typy půdy reagují rozdílně na různé nesprávné zásahy, tak i různé nesprávné zásahy působí různé typy degradace o různých intenzitách.

Dnes již máme dostatek informací k tomu, abychom byli schopni vysvětlit velkou většinu procesů, které přispívají k degradaci půdy, a tím máme možnosti tyto procesy alespoň omezit, když ne zastavit či otočit. V dnešní době je nutno tyto informace šířit z výzkumu především mezi (nejen) zemědělskou veřejnost, která má půdu v rukách, a vysvětlit jí přínosy, které plynou ze správného (i když relativně méně efektivního) využívání půdy.

Cílem práce bylo nastínit problematiku degradace půdy všeobecně a v praktické části pak predikovat možné deficitní vlastnosti půd v dané oblasti Rankov.

“Poznej a chraň!”

1 Půda

Půda je jednou ze tří součástí zemského povrchu, který mimo ní tvoří ještě voda (resp. led, sníh) a hornina. Mnoho definic vzniklo za účelem vystižení podstaty půdy. Jedna z nejkompexnějších říká, že půda je samostatný přírodně historický útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin zemské kůry a zbytků organismů působením půdotvorných faktorů a je schopný zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím (Šimek, 2004). Půda, jak již bylo zmíněno, je dynamickým útvarem, který se v čase stále mění, vyvíjí. Tento vývoj se nazývá půdotvorný proces a probíhá jako souhrn dílčích pochodů, vedoucích k vertikální diferenciaci půdotvorných substrátů na genetické půdní horizonty a k samotné tvorbě půdy. Mateční hornina, podnebí, biologický faktor, podzemní voda a vlivy člověka jsou faktory ovlivňující proces vzniku půdy, zatímco reliéf a čas jsou jeho podmínkami (Ledvina et. al., 1992).

1.1 Složení půdy

Půda je tvořena třemi fázemi - plynem, vodou a pevnými částicemi. Konfigurace těchto tří fází má vliv na pohyb vody, tepla, plynů a v konečném důsledku i na samotný růst rostlin (Wang, 2013). V praxi můžeme rozlišovat čtyři základní komponenty půdy: plyn (tvořící plynou fází), vodu (která tvoří kapalnou fází), minerální částice a částice organické (dohromady označované jako pevná fáze). Zastoupení těchto čtyřech složek v půdě se liší napříč typy půd a má zásadní vliv na její kvalitu a produktivitu. Přibližně je půda tvořena z 50% póry a z 50% pevnými částicemi. Póry jsou vyplněny plynem či vodou a to přibližně ve stejném poměru. Pevné částice jsou v převážně minerálního původu (z 90%) a zbytek tvoří organická hmota (10%) (N. C. Brady, 2002).

Zemskou kůru, tak jako půdu tvoří velké množství různých prvků, které se zde vyskytují v různých množstvích. Mezi ty, které se zde vyskytují, hojně patří například vodík, uhlík, kyslík, dusík, fosfor, síra či hliník. Naproti tomu prvky, které se zde vyskytují spíše vzácně (respektive v malém množství) jsou železo, kobalt, nikl, měď, hořčík, mangan a zinek. Tyto prvky jsou označovány jako stopové a ačkoliv jejich zastoupení v půdě je velmi malé, jejich význam je značný.

Z hlediska výživy organismů můžeme tyto stopové prvky rozdělit do dvou skupin, a to na prvky, které jsou z pohledu výživy rostlin (resp. organismů) esenciální a ty co esenciální nejsou. Z celkového pohledu je toto rozdělení problematické, jelikož některé stopové prvky jsou esenciální pro rostliny, ale to nemusí platit pro výživu živočichů (či naopak). Mnoho těchto prvků také nejsou esenciálními z hlediska přímé výživy, ale mohou například ovlivňovat příjem jiných, již esenciálních živin. Jako příklad poslouží hliník, který ovlivňuje přístupnost fosforu v půdě (FAO, 1968).

1.1.1 Plynná fáze půdy

Plynná fáze půdy, mnohdy označovaná jako půdní vzduch, je složena z mnoha různých plynů. Tato fáze vychází ze vzduchu atmosférického, ovšem zastoupení jednotlivých plynů je rozdílné.

Půdní vzduch tvoří přibližně 25% z celkového obsahu půdy a vyskytuje se v pórech, které nejsou vyplněny vodou. Půdní vzduch je často izolován od toho atmosférického, což má za následek, že jeho složení neodpovídá složení toho atmosférického. Díky biochemickým procesům, které zde probíhají díky živým složkám, je v půdě méně kyslíku, ale více oxidu uhličitého a vodní páry (N. C. Brady, 2002). Mezi tyto procesy řadíme především respiraci rostlin a půdních mikroorganismů, ale také aerobní rozklad půdní organické hmoty. Pro půdní vzduch jsou vymezeny určité limity, které vymezují přípustné obsahy jednotlivých plynů. Například pro kyslík platí, že by jeho obsah v půdním vzduchu neměl poklesnout pod 15% (K. H. Tan, 1994). Vzduch v půdě je s tím atmosférickým v neustálém kontaktu, nicméně přílišné zavodnění nebo kompakce půdy může toto propojení velmi rychle přerušit. V zásadě jde především o vytlačení vzduchu z malých pórů, které pak nejsou schopny toto spojení zprostředkovat (N. C. Brady, 2002). Míra aerace půdy má zásadní vliv na biochemické reakce. V půdách které jsou dobře nasyceny kyslíkem, mohou probíhat tzv. aerobní reakce, na druhou stranu v půdách které trpí nedostatkem kyslíku, převažují tzv. anaerobní reakce. Pro nastolení podmínek vhodných pro růst rostlin je nutné umožnit průběh právě reakcí aerobních - je tedy nutné dosáhnout stavu, kdy je půda dobře provzdušněna. Za aerobních podmínek je totiž organická půdní hmota rozkládána za vzniku vody a oxidu

uhličitého. Při tomto procesu je do půdy uvolňováno velké množství prvků, které mohou posloužit při výživě rostlin. Za anaerobních podmínek (například u zavodněných půd) nejsou kořeny rostlin schopny respirovat a také zde vznikají pro organismy toxické látky jako například sulfan (K. H. Tan, 1994).

1.1.2 Kapalná fáze půdy

Půdní voda je považována za jeden z nejdůležitějších druhů vody, které se vyskytují v celé biosféře. Protože má obrovský povrch, může půdní voda interagovat s ostatními komponenty půdy. Kapalná fáze tvoří pomyslné přemostění propojující živé složky půdy s ostatními fázemi (V. V. Snakin, 2001).

Z tohoto faktu si můžeme odvodit, že voda v půdě je naprosto nepostradatelnou součástí výživy rostlin, protože prvky obsažené v ostatních fázích půdy jsou do půdní vody postupně uvolňovány a z tohoto roztoku mohou rostliny přijmout prvky, které potřebují pro svůj růst a vývoj. Bohužel se tak může dít i s prvky, které jsou pro rostliny toxické (N. C. Brady, 2002).

Dle formy rozlišujeme čtyři různé typy vody v půdě:

- a) vodu vázanou
- b) vodu kapalnou
- c) vodu plynnou

Kapalná fáze má přirozeně vztah k vodě kapalné. Vodu v kapalném stavu můžeme dělit na další tři podskupiny a to dle sil, kterým podléhají:

- D) voda chemicky vázaná
- II) voda kapilární
- III) voda gravitační

Největší podíl z těchto tří druhů zaujímá v praxi voda kapilární - to z ní dělá nejdůležitější část kapalné vody v půdě.

1.1.3 Pevná fáze půdy

Jak již bylo zmíněno výše, pevné složky půdy zauímají pibližně 50% z celkového objemu půdy. Pevná fáze má svoji organickou a minerální část. Zatímco minerální částice jsou zastoupeny v pevném podílu půdy z 90%, organické pouze z 10%. To ovšem neodpovídá vlivu těchto částic na vlastnosti půdy. I přesto, že organické částice jsou v půdě zastoupeny v takto malém měřítku (jen 5% z celkového objemu půdy), jejich vliv je mnohem značnější (N. C. Brady, 2002). Pevná fáze a její vlastnosti jsou v úzkém spojení s fyzikálními vlastnostmi půdy - pro podmínky určující dobrý růst rostlin je totiž zásadní půdní struktura. V momentě, kdy je narušena fyzikální kvalita půdy, může nastat mnoho, problémů, mezi něž patří eroze, zhutnění, špatná aerace, špatná zpracovatelnost půdy a další (A. R. Dexter, 2013). Indikátory fyzikálních vlastností půdy jsou objemová hmotnost, hydraulická vodivost a vztahy mezi vodní a vzdušnou kapacitou půdy, k nimž patří samozřejmě jejich limitní hodnoty (W. D. Reynolds, 2008).

1.1.3.1 Minerální částice v půdě

Anorganický podíl pevných částic v půdě pochází ze zvětrávacích procesů hornin. Tuto minerální součást půdy tvoří úlomky hornin a minerálů, které se mezi sebou liší ve velikosti i složení. Tyto částice jsou tvořeny primárními minerály (těmi, které nepodstoupily žádné, či pouze malé změny ve složení od doby, kdy byly extrudovány z lávové taveniny) a sekundárními minerály (které prošly změnou složení a byly tak přeměněny v jiné chemické sloučeniny). Sekundární minerály pochází ze zvětrávacích procesů a rozpadu méně odolných hornin během půdotvorného procesu.

Velké částice (kameny, štěrk a písek) jsou obvykle fragmenty různých hornin (N. C. Brady, 2002). Menší částice už bývají tvořeny pouze jedním minerálem. Nejběžnějšími prvky zvětralých hornin jsou kyslík, hliník, železo, vápník, hořčík, sodík a draslík, a tuto skladbu kopírují i minerální částice nacházející se v půdě. Většinou jde o oxidy a silikáty (K. H. Tan, 1994).

Mimo variabilitu ve složení se mezi sebou částice liší i ve velikosti. Pokud pomíneme opravdu velké částice (kameny a štěrk), velikost částic jde přes 4 řády - od 2 mm po částice menší než 0,002 mm v průměru. Dle velikosti rozlišujeme 3

druhy půdních částic: písek, prach a jílu. Jejich poměrné zastoupení pak predikuje půdní druh (D. Hillel, 1982).

- Písek

Pro člověka je písek jistě nejznámější frakcí, a to proto, že je dostatečně veliký na to, aby byl spatřen okem. Velikost pískových zrn se pohybuje v rozmezí od 2 mm do 0,5 mm. Pokud třeme písek mezi prsty, je velmi hrubý a nikdy nelepí, ani pokud je mokrá (N. C. Brady, 2002). Písek je možné dále dělit do dalších kategorií dle velikosti (hrubý, středně hrubý, jemný) (D. Hillel, 1982).

- Prach

Prachové částice jsou oproti těm prachovým menší - jejich velikost se pohybuje v rozmezí do 0,05 mm 0,002 mm. Takto malé částice již není možné zahlédnout okem, ale je možné je pozorovat pod mikroskopem. Když je třen mezi prsty, prach budí hladší dojem díky menší velikosti částic, ale podobně jako písek nelepí (N. C. Brady, 2002). Prachové částice mohou být ovšem obaleny vrstvou jílu, čímž mohou částečně přejímat jeho chemické a fyzikální vlastnosti (D. Hillel, 1982).

- Jíl

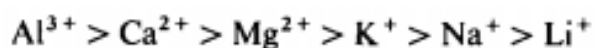
Jílové částice jsou v půdě těmi vůbec nejmenšími. Jejich velikost je menší než 0,002 mm a mohou být tedy spatřeny pouze za použití elektronového mikroskopu (N. C. Brady, 2002). Jílové částice jsou většinou příslušníky skupiny minerálů nazývané aluminosilikáty, které řadíme mezi sekundární minerály. To ale neplatí všeobecně, jelikož částice jílu mohou být příslušníky i skupin oxidů železa. Vlhký jíl je velmi hladký a plastický, ovšem když vyschne, velmi rychle tvrdne. Dle obsahu jílu v půdě rozdělujeme půdy na lehké a těžké. V lehkých půdách převažuje písek - jsou sypké, dobře provzdušněné a velmi snadno zpracovatelné. Naproti tomu těžké půdy, s vysokým obsahem jílu, jsou mnohem hůře zpracovatelné, a to kvůli jeho fyzikálním vlastnostem.

Částice menší než 0,001 mm již mají koloidní vlastnosti, protože jejich velmi malá velikost zaručuje obrovský povrch. Ze všech částic v půdě vykazuje právě jíl

největší fyzikální i chemickou aktivitu. To je způsobeno povrchem částic, které mají elektromagnetický náboj a přitahují tak pozitivní či negativní ionty a vodu (N. C. Brady, 2002). Koloidní částice mohou být také nositeli kontaminantů, což jsou v praxi například radionuklidy či rezidua herbicidů atd. Vzhledem k tomu, že jsou koloidy v půdě všudypřítomné a zároveň velmi pohyblivé, je jejich role v transportu kontaminantů značná.

Koloidní částice se skládají z pevného jádra a elektrického dvojvrství, které se skládá z nabíjecí vrstvy (určující celkový náboj částice) a kompenzační vrstvy opačně nabitých iontů. Výsledný náboj koloidní částice je tedy teoreticky elektroneutrální, ovšem v praxi mají tyto částice náboj. To je způsobeno slabými silami poutajícími ionty vně micely. Tyto ionty se mohou odpoutat či být nahrazeny jinými ionty což porušuje elektroneutrální stabilitu micely, ale je to naprosto zásadní jev z hlediska půdní fyziky i chemie, jelikož to umožňuje pohyb (i fixaci) živin. Koloidní micela vzniká teprve v momentě, kdy je hydratována - negativní náboj je neutralizován kationty z půdního roztoku a vzniká elektrické dvojvrství. Množství kationtů fixovaných v určitém objemu půdy za chemicky neutrálních podmínek nezávisí na druhu kationtů, které jsou fixované. Tato veličina, která se nazývá kationtová výměnná kapacita, závisí spíše na minerálním složení jílu - různé druhy jílových částic mají totiž různé povrchy a tudíž se liší i jejich kationtová výměnná kapacita.

Síla, kterou je iont přitahován k micelle, závisí na valenci iontu. Monovalentní ionty jsou poutány menšími silami než bivalentní či trivalentní. Tato preference je charakterizována lyotropní řadou, která znázorňuje atraktivitu jednotlivých iontů. Také platí, že síly, kterými je iont vázán k micelle slábnou s narůstající vzdáleností od jádra micely (Hillel, 1982).



1.1.3.2 Půdní organická hmota

Organická hmota v půdě je odvozena od půdní biomasy a má proto svoji živou i neživou část. Živá půdní organická hmota je zastoupena všemi živými

organismy v půdě - mikro a makroflorou a zároveň mikro a makrofaunou. Neživá organická hmota je tvořena zbytky těl organismů, případně zbytky různých exudátů. Tuto neživou hmotu je možné dále dělit:

1. Zbytky organismů, u kterých je stále možné určit jejich původ.
2. Zbytky organismů, které jsou již plně rozloženy.

Z půdoznaleckého hlediska jsou o mnoho důležitější skupina plně rozložené organické hmoty, kterou dělíme dále na organickou hmotu nehumifikovanou a humifikovanou. Nehumifikovaná hmota pochází z rozkladu těl mrtvých organismů, ale neprošla od té doby žádnou zásadní chemickou přeměnou. V praxi je tato nehumifikovaná hmota složena z proteinů, sacharidů, aminokyselin, tuků, organických kyselin a jiných látek, které se běžně vyskytují v organismech. Humifikovaná hmota pochází z té nehumifikované, jen u ní došlo k chemickým změnám (resp. byla z ní syntetizována). Proces této přeměny se nazývá humifikace a jejím výstupem jsou komplexní sloučeniny: humínové kyseliny, fulvokyseliny a humíny (Kononova, 1966).

V půdě je fixováno větší množství uhlíku, než je fixováno v rostlinách a atmosféře dohromady. Vzhledem k tomu, že oxid uhličitý je s největší pravděpodobností tzv. skleníkovým plynem a způsobuje tudíž tzv. skleníkový efekt, je jasné, že udržení půdy v dobré kondici pro růst rostlin má tento až globální přesah. Rostliny jsou totiž při fotosyntéze schopny sekvestrovat uhlík a v momentě, kdy uhlík přechází do tkání rostlin, je zde velká pravděpodobnost, že přejde i do půdní organické hmoty. I velmi malé změny v zásobárně půdního uhlíku mohou vyústit ve velké změny v problematice skleníkového efektu (Wang Zhi-Ping, 2012).

Organický uhlík se v půdě vyskytuje ve dvou formách, které se rozlišují dle stability. První forma, labilní, se vyznačuje chemickou nestálostí. Tato forma je snadno rozložitelná pro mikroorganismy a slouží jako složka výživy rostlin a organismů v půdě všeobecně. Druhá forma je stabilní a je tudíž schopna odolávat rozkladu a v půdě je schopná setrvat 300 - 3000 let. Ačkoli je v otázce stálosti těchto uhlíkatých sloučenin nejzásadnější jejich chemické složení, nemalý efekt na jejich stálost má i ochrana před fyzikálními vlivy (Wang Chao, 2012).

Organická půdní hmota zaujímá pouze 5% z celkové půdní hmoty, její vliv na stav půdy je ovšem mnohem větší. Organická hmota lepí minerální částice k sobě

a způsobuje tak drobtovitou půdní strukturu, díky které může být půda snadno zpracovávána. Jelikož je v dnešní době půda zatížena extrémním stresem v podobě intenzivní orby a přejezdům celkově, je nezbytné se starat o půdní organickou hmotu, abychom mohli předejít, nebo alespoň zmírnit její degradaci (Abdollahi, 2013). Má také zásadní vliv na množství absorbované vody a její přístupnost pro rostliny. Je největším zdrojem fosforu, síry a pro mnoho rostlin také dusíku. Při rozkladu organické hmoty jsou do půdního roztoku uvolňovány živiny ve formě iontů, které mohou být dále přijaty kořeny rostlin. A v neposlední řadě slouží jako hlavní zdroj potravy pro půdní mikroorganismy. Bez mikrobiální aktivity by v podstatě vymizela i biochemická aktivita ekosystému, která je pro život esenciální.

Humus

Fulvokyseliny, humínové kyseliny a humíny jsou v praxi označovány jako humus. Jsou to komplexní sloučeniny, které jsou těžko rozložitelné, a proto se v půdě shromažďují. Jednotlivé humusové částice mají nabité povrchy, tak jako ty jílovité, jsou ovšem organického původu. Humus napomáhá spojovat větší půdní částice a tak zlepšuje půdní strukturu (Tan, 1994). Tak jako jíl, je humus schopný poutat vodu a ionty, ale dělá to s větší efektivitou. V dnešní době je považován za nejdůležitější podmínku půdní úrodnosti.

1.2 Vlastnosti půdy

Vlastnostmi půdy se rozumí charakteristiky půdy, které lze přímo změřit a vyjádřit v přesných mírách a jednotkách. Rozlišujeme tři skupiny vlastností půd dle jejich charakteru:

- fyzikální
- chemické
- biologické

1.2.1 Fyzikální vlastnosti

Mezi důležité fyzikální vlastnosti půd řadíme texturu (zrnitostní složení - zastoupení jednotlivých velikostních frakcí v minerálním podílu půdy), strukturu (prostorové uspořádání částic v půdě, velikost a tvar agregátů, tvar a distribuce půdních pórů), barvu, teplotu půdy, vlhkost půdy a její míru provzdušnění (aerační status). Z hlediska mnohých půdně-fyzikálních vlastností a funkcí půdy je významný obsah organických látek a jejich kvalita. Stejně tak je hodnocen i obsah jílových minerálů v půdě, potažmo minerální složení půdy obecně.

Pro praxi jsou významné tzv. technologické vlastnosti půdy, mezi které patří koheze (soudržnost půdních částic), adheze (přilnavost, lepivost částic k povrchu těles vnikajících do půdy), uléhavost a hutnost (snížení pórovitosti a naopak zvýšení objemové hmotnosti), tření půdy a orební odpor, bobtnání (zvětšování objemu půdy při hydrataci), smršťování (snižování objemu půdy při vysychání), kornatění (tvorba povrchového škrálopu), hrudkovatění a rozprašování (rozpad strukturních agregátů).

1.2.2 Chemické vlastnosti

Všeobecně chemické vlastnosti půdy popisují především složení půdy jako celku a dále jejích jednotlivých složek. Těmito vlastnostmi tedy rozumíme elementární složení půdy (zastoupení prvků v pevné fázi půdy), složení půdního roztoku, složení půdního vzduchu, složení organické hmoty v půdě (včetně stavu koloidů a sorpčního komplexu půdy), pH půdy, vodivost půdního roztoku a redox potenciál

1.2.3 Biologické vlastnosti

Jako biologické vlastnosti půd bychom označili různé charakteristiky společenstev půdních organismů a biologických procesů. Mezi ně pro představu patří početnost, biomasa a aktivita jednotlivých skupin půdních organismů, rychlost respirace, rychlost přeměn sloučenin N atd.

1.3 Atributy půdy

Slova atribut a vlastnost jsou ve většině považována za synonymní. Ovšem ve vztahu k půdě zavádí Szabolcs (1994) rozlišení, kdy vlastnosti, jak již bylo zmíněno, reprezentují takové charakteristiky, které lze přesně změřit a dále vyjádřit v jednotkách. Naproti tomu atributy reprezentují ty charakteristiky, které nelze přesně měřit, případně u nich nastává problém přímo s definicí. Mezi atributy půdy bychom proto zařadili úrodnost, produktivitu, kvalitu a zdraví půdy, resilienci půdy a například Lal (1994) mezi atributy řadí i půdní strukturu, neboť ji také nelze snadno změřit či charakterizovat. Dalším atributem by mohla být i degradace půdy, která je v podstatě protipólem půdní kvality.

1.3.1 Úrodnost

Dle Ledviny (1992) půda umožňuje životní činnost autotrofních (fotosyntetizujících) organismů tak jako těch heterotrofních (mikroorganismy a živočichové závislí na energii vázané v organické hmotě). Schopnost zajišťovat život vyšších rostlin, které mohou zužitkovat energii ze slunečního záření je pak nazvána úrodností. Ačkoli se k termínu úrodnost vztahuje mnoho různých definic, vždy z nich vyplývá souvislost s rostlinami. Problematickou se jeví spíše měřitelnost úrodnosti a to vzhledem k její relativitě. Při hodnocení této charakteristiky tak nestačí například jen spočítat výnosy realizované na dvou půdách a ty dále porovnat. Naopak je nutné zohlednit mnoho dalších parametrů jako je podnebí, sklonitost pozemku či sezónu.

1.3.2 Produktivita

Produktivita je charakterizována jako schopnost půdy produkovat určitý výnos plodin a to při tzv. optimálním pěstování. Optimální pěstování (management) by se dalo (dal) dále charakterizovat jako dodržení optimálních pěstitelských zásahů (doba výsevu, hnojení, orba, osevňovací postup, regulace škůdců). Při hodnocení produktivity půdy se zohledňují i vlivy počasí a nadmořské výšky. Produktivita je tedy charakteristikou, která zohledňuje všechny faktory ovlivňující výnos plodin (Foth, 1990).

1.3.3 Kvalita půdy

Jako schopnost plnit své vlastní funkce lze vysvětlit pojem kvalita půdy. Jde především o to, zda je půda schopna produkovat biomasu, filtrovat vodu, zda zde dochází ke koloběhu prvků a skladování živin pro rostliny. V širším hledisku se tento pojem odkazuje ke schopnosti půdy produkovat potraviny, dřevo, vlákno a palivo (Lal, 2004).

1.3.4 Zdraví půdy

Šimek (2004) doporučuje oddělení termínů kvalita a zdraví půdy. Zatímco kvalitu půdy chápe jako pojem blízký spíše úrodnosti a produktivitě (pro pěstování pšenice je třeba, aby měla půda určitou kvalitu - vlastnosti potřebné k pěstování dané plodiny, pro pěstování např. chmele už bude soubor vlastností odlišný, nicméně lze jej označit také jako kvalitu půdy), zdravím půdy pak odkazuje spíše ke znečištění polutanty či biodiverzitě.

1.3.5 Resilience

Pojem resilience se vztahuje ke kapacitě systému pohltit (negativní) vliv bez toho, aby se významně změnil vztahy mezi relativní důležitostí a počtem jedinců, ze které se společenství skládá. Pojem půdní resilience pak charakterizuje schopnost půdy odolat antropogenním či přírodním rušícím vlivům, potažmo schopnost se po narušení vrátit do původního stavu (Lal, 2004).

1.4 Funkce půdy

Nejdůležitější funkce, které má půda lze shrnout tak, že půda:

- zabezpečuje růst rostlin - produkci (regulací biotických procesů)
- tvoří přechodnou zónu mezi biosférou a geosférou, tím umožňuje, reguluje a kontroluje cykly a toky látek (především tzv. bioelementů)

- přispívá k vodní a tepelné rovnováze atmosféry a reguluje vzájemnou výměnu plynů mezi atmosférou a půdou
- redistribuuje vodu, tím že umožňuje její zasakování
- ochraňuje litosféru (regulací destrukčních procesů svrchních částí zemské kůry a také pufrací)
- pokrývá povrch Země (je místem pro stavby)

2 Degradace

Degradace ve vztahu k půdě znamená její negativní změny způsobené vnějším narušením její rovnováhy. Toto narušení může mít jednak přírodní, ale i antropogenní příčiny. I přesto, že přírodní příčiny mají většinou spíše dlouhodobý charakter (změny klimatu, změny vegetace), který půdě poskytuje dostatečný prostor se adaptovat, mohou mít i velmi rychlý průběh s drastickými dopady (vulkanická či tektonická aktivita). Oproti tomu antropogenní činnost je většinou krátkodobého charakteru s významnými dopady. Degradace je definována jako snížení potenciální či aktuální schopnosti plnit svoje funkce a také plnit funkce ekosystémové. Jinými slovy jde o snížení kvality půdy, která vede ke snížení její produktivity - degradovaná půda nemůže být kvalitní (zdravá) půda. Horší se také její schopnost přispívat k vodní a tepelné rovnováze atmosféry. Dle charakteru rozlišujeme tři druhy půdní degradace: fyzikální, chemickou a biologickou (Lal, 2004).

Protože rozsah a stupeň degradace půdy není v celosvětovém měřítku znám, byl v 80. letech dvacátého století zahájen projekt GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation). Vznik tohoto projektu byl iniciován programem OSN UNEP (United Nations Environment Programme) a GLASOD funguje dodnes jako jediný komplexní a globálně konzistentní zdroj informací týkajících se půdní degradace. Dle odhadů studií GLASOD, byly od poloviny dvacátého století vystaveny degradaci až 2 miliardy hektarů orné půdy, pastvin a lesních půd, což představuje necelých 15% plochy zemské souše (Gibby, 2014). Z toho je přibližně 300 000 000 ha (přibližně rozloha Indie) degradováno silně, což znamená, že je možné jim vrátit kvalitu jen při vynaložení vysokých investic, případně už to nemusí být možné vůbec. Většina silně degradovaných půd se nachází v Africe a Asii (dohromady až 80%). Ve středním stupni degradace se nachází asi 900 mil ha půdy. Tyto půdy mají sníženou produkční schopnost, nicméně jejich resilience je stále dostatečná k tomu, aby jejich produkční vlastnosti mohly být vhodnými zásahy obnoveny. Asi 750 mil ha je pak ve stavu lehké degradace, kterou lze řešit vhodnými agrotechnickými zásahy (Šimek, 2004).

2.1 Faktory degradace

V momentě, kdy začal člověk obdělávat půdu, začal se podílet i na její degradaci. Z počátku má toto působení spíše lokální důsledky malého významu. V průběhu času ovšem nabývá na důležitosti s přibývajícím počtem lidí chodících po zemském povrchu. Pozvolný nárůst, který vyvrcholil populační explozí ve 20. století, vyvinul skrze potřebu potravin obrovský tlak na půdu. Nejen, že musely polím ustoupit lesy či louky a tím se narušily funkce ekosystémů. Navíc jsou dnes pole vystavena extrémní intenzitě využívání. Výsledkem je nejen zvětšení počtu vlivů na půdní degradaci o ty antropogenní, ale i urychlení přírodních vlivů právě působením člověka (Šarapatka et al., 2002).

2.1.1 Přírodní faktory

V minulosti byly prvotně přírodní jevy nejvýznačnějšími činiteli znehodnocování půdy. Vlivem industrializace, intenzivní těžby neobnovitelných přírodních zdrojů a intenzifikace zemědělství byly tyto faktory zastíněny faktory antropogenního charakteru.

Mezi prvotně přírodní faktory degradace půdy patří:

- Geochemické anomálie - vysoké obsahy jednotlivých prvků (např. nadměrný obsah olova v půdách Slovenského Rudohoří)
- Mineralizované podzemní a sezónně mineralizované povrchové vody - působící problémy především v aridních oblastech (zasolování)
- Vulkanická činnost - Japonsko, Kamčatka
- Destrukce povrchů kontinentů - sesuvy, soustavné působení větrné a vodní eroze
- Permafrost - prostřednictvím kryoturbace (mísení půdní hmoty způsobené pravidelným vznikem a táním ledu v půdě)
- Půdotvorné procesy - např. peptizace půdních agregátů či illimerizace

(Šarapatka et al., 2002)

2.1.2 Antropogenní faktory

Jak již bylo zmíněno výše, zásahy člověka mají v dnešní době zásadnější dopady na degradaci půd než přírodní procesy. Je důležité zmínit, že vinu nenese pouze zemědělství, ale svoji ruku k dílu přikládají i rezorty lesnictví, vodního hospodářství, průmyslu či dopravy. V rámci projektu GLASOD bylo vytyčeno 5 hlavních mechanismů degradujících půdu, které způsobuje člověk svou činností:

- Odlesnění a odstranění původní vegetace - komerční lesnictví, odlesnění pro zemědělské účely aj.
- Nadměrné využívání půdy pro pastvu - neřízená a nadměrná pastva mimo jiné poškozují vegetaci, způsobuje utužení půdy
- Zemědělské technologie - těžká mechanizace, nesprávné dávkování hnojiv, chybné provedení agrotechnických zásahů aj.
- Nadměrné využívání přirozené vegetace - ponechání nedostatečného pokryvu půdy a tím vystavení půdy působení eroze
- Průmyslové technologie - výroba, těžba surovin, skladování odpadů aj.

(Šimek, 2004)

2.2 Chemická degradace

Chemickou degradací se rozumí akumulativní a negativní vliv chemikálií a chemických procesů na vlastnosti půdy vztahující se k životním procesům, které v ní probíhají. Tzv. zdravá půda má mnoho užitečných samoregulačních schopností, které probíhají právě na chemické bázi, a které ohrožuje právě chemická degradace. V praxi se jedná především o schopnost zásobovat organismy živinami, pufrační kapacitu, schopnost rozkládat organickou hmotu, ničení patogenů či inaktivaci těžkých kovů. Bohužel dnes člověk poznává, že kapacity těchto vlastností jsou konečné a mohou být zničeny nesprávným obhospodařováním půdy (Lal, 1992).

Chemická degradace půdy tedy zahrnuje všechny mechanismy, které zhoršují jakoukoli z chemických vlastností půdy, což mohou být například: změny pH, změny koncentrací solí (zasolení), odčerpání či vyplavení určitých iontů (živin), zvýšení

biologické přístupnosti některých prvků (problematické u těžkých kovů), změny v kvalitě organické hmoty, znečištění polutanty aj. (Šimek, 2004).

2.2.1 Změny pH

Hodnota pH vyjadřuje záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů na stupnici od 0 do 14. Neutrální hodnota pH je rovna 7 a znamená, že vodíkové a hydroxidové ionty jsou v rovnováze (mají stejnou koncentraci). Všechny hodnoty pH menší než 7 znamenají převahu vodíkových kationtů, naopak hodnoty od 7 výše znamenají převahu hydroxidových aniontů. Půda má schopnost vzdorovat změně pH prostřednictvím několika různých procesů, která se nazývá pufrční schopnost půdy. Díky pufrční schopnosti půdy se pH zpočátku působení negativního vlivu nemění, ovšem v momentě, kdy je pufrční kapacita vyčerpána, pH se mění strmě (Šarapatka et al., 2002).

2.2.1.1 Acidifikace

Vztah mezi průmyslovými emisemi a kyselostí srážek je znám již od 19. století. V té době šlo o nedokonalý postup výroby sody, při kterém do atmosféry volně unikala kyselina chlorovodíková. Ve 20. století byly deště s touto kyselinou nahrazeny dešti okyselenými znečištěním pocházejícím z tepelných elektráren (oxidy dusíku a síry). Zatímco pH srážek se přirozeně pohybuje přibližně kolem 5,6 (díky oxidu uhličitému), v 70. letech pH srážek klesalo až k hodnotě 3,0. I přesto, že půdy střední Evropy mají lepší pufrční schopnost než například ty skandinávské, problémy s důsledky kyselých srážek se koncentrují především do tzv. černého trojúhelníku, kterým se rozumí oblast bývalé NDR, Polska a Československa. Toto území tvořilo průmyslovou základnu bývalého východního bloku, která ovšem stála na energii pocházející z hnědého uhlí nízké kvality (s vysokým podílem síry). Zvláštní problém v acidifikaci půd pak představují odkaliště a haldy hlušinyho materiálu, jako pozůstatky těžby uhlí. V nich se často vyskytují nestabilní minerály, které po oxidaci okyselují vodu v okolí hald a odkališť. Často jsou mezi těmito minerály zastoupeny sulfidy, které následně tvoří tzv. síranové vody, které jsou velmi nebezpečné hned ze dvou důvodů. Zaprvé tyto vody nabývají hodnot pH, které

mohou klesnout i pod 3 a zadruhé se acidifikace v tomto případě projeví v celém půdním profilu. Mezi další příčiny okyselování půdy patří např. vysoké dávky fyziologicky kyselých hnojiv, omezení použití hnoje, vysoké dávky kejdy prasat, kompakce půdy či nedostatečné vápnění. Je také nutné zmínit, že velká část půd ČR má přirozeně kyselý charakter, který je závislý na mateční hornině (Šarapatka et al., 2002).

Změny pH půdy ústí ve změny přístupnosti jednotlivých prvků v ní. V kyselé půdě se snižuje přístupnost sodíku, draslíku a hořčíku. Přístupnost dusíku je největší, když se pH pohybuje v rozmezí 6-8, čili klesá spolu s klesajícím pH (i vzrůstajícím). Oproti tomu přístupnost manganu, železa či hořčíku je největší v kyselém prostředí. V momentě silné acidifikace může ovšem nastat toxicita těchto prvků (Foth, 1990).

Důsledky acidifikace půd na poli jsou např. rozvoj chorob v půdě, snížení nitrifikace, zvýšená mobilita těžkých kovů, snížení aktivity fixátorů dusíku, rozpad půdní struktury aj. V lesích se snižuje přírůstek dřevní hmoty a odolnost stromů vůči škůdcům a chorobám. Nejvíce jsou zasaženy stromy jehličnaté (Šarapatka et al., 2002).

2.2.1.2 Alkalizace

Alkalizaci bychom mohli rozdělit na pozitivní a negativní. Pozitivní alkalizace posouvá pH k neutrálnímu bodu a je většinou prováděna člověkem záměrně (vápnění). Negativní alkalizace oproti tomu záměrem není a vlastnosti půdy naopak zhoršuje. Jako příčina alkalizace půdy může například sloužit úlet ze závodů zpracovávajících magnezitové rudy, který alkalizuje půdu hořčíkem (Šarapatka et al., 2002).

Důsledky alkalizace jsou pak zejména snížená schopnost infiltrace vody, a to důsledkem disperze koloidů a rozpadem půdní struktury. Produkční schopnost půdy je značně omezena a zhoršena je i její zpracovatelnost (Foth, 1990).

2.2.1.3 Zasolení

Zasolené půdy obsahují dostatečné množství soli, aby byly schopné omezovat růst rostlin. Zasolení se často projevuje vznikem bílých krust na povrchu půdy, pH těchto půd pak se šplhá k hodnotě 8,5 (Foth, 1990).

Zasolení půdy může mít primární či sekundární příčinu. Primární příčiny jsou příčinami přírodními, naproti tomu za sekundárními příčinami stojí člověk. Celkově je zasolením ohroženo až 23% celkového světového půdního fondu a jen v Evropě je 1 mil. hektarů půdy ovlivněn zasolením.

Příčinou zasolení v přírodě je především vysoký obsah ve vodě rozpuštěných solí, případně sodíkových kationtů. Tyto látky se mohou vyskytovat například v půdotvorném substrátu a mateční hornině, v podzemní silně mineralizované vodě, v povrchové silně mineralizované vodě, či v ovzduší. Soli se uvolňují při procesu zvětrávání a dále se akumulují ve vodě. Voda, která přichází do styku s povrchem půdy, se odpařuje, ovšem minerální látky v půdě zůstávají a tím ji zasolují.

Sekundární příčiny zasolení pak souvisí především s nevhodnou aplikací závlah (kdy může dojít k aplikaci nevhodné závlahové vody, či se závlahami zvedne hladina mineralizované podzemní vody), anebo souvisí s nadměrným hnojením a solením vozovek (Šarapatka et al., 2002).

Napravení zasoleného stavu vyžaduje zastavení případného uvolňování solí do půdy, dále je nutné zajistit, aby se hladina podzemní mineralizované vody nepřibližovala k povrchu půdy, čímž je znemožněno kapilární vztlínání této vody do půdy. Zasolené půdy se nedoporučuje nechat vyschnout, jelikož osmotický potenciál zpomaluje její příjem. Důležitý je také výběr plodin, které by měly vykazovat toleranci k určitým koncentracím zasolení (Foth, 1990).

2.2.2 Kontaminace polutanty

Znečištění půdy polutanty je v globálním měřítku relativně málo rozšířené, nicméně plochy takto degradovaných půd jsou odhadovány až na 22 milionů hektarů. Schopnost zajištění dostatečného množství potravin pro stále rostoucí lidskou populaci tedy mnohem více ohrožují jiné druhy degradace, které jsou plošně

mnohem více rozšířené (např. eroze). Z hlediska ohrožení lidského zdraví však představují kontaminované půdy významný problém. Polutanty totiž snadno přecházejí do potravních řetězců a následně se dostávají i do potravy určené pro lidi.

Nerozpustné polutanty mají tendenci hromadit se při povrchu půdy, do jejich hlubších vrstev pak mohou proniknout skrze zasakování většími póry a trhlinami či při mechanickém pohybu jednotlivých partií půdy. Rozpustné polutanty naproti tomu přecházejí do půdního roztoku, za jehož pomoci se snadno dostávají do půdních mikropórů. Zde mohou interagovat s koloidními částicemi a mohou být jimi sorbovány. Sorpce polutantů na povrchu koloidních částic je hlavní příčinou jejich perzistence v půdě (Šimek, 2004).

Za polutanty jsou považovány toxické prvky jako například olovo, rtuť, kadmium či arsen. Mohou se jimi snadno stát i prvky, které jsou pro výživu organismů nezbytné, ale při nárůstu jejich koncentrace se objevuje jejich toxicita. Zástupci těchto prvků jsou např. měď, zinek, mangan a molybden (resp. všechny mikroživiny). Nelze opominout ani organické sloučeniny přispívající ke znečištění půdy, mezi něž nepochybně patří zástupci polycyklických uhlovodíků, rezidua pesticidů a herbicidů, polychlorované bifenyly či různá aromatická rozpouštědla (Šarapatka et al., 2002).

2.3 Biologická degradace půdy

Všeobecně člověk ovlivňuje biologickou složku půdy v podstatě jakýmkoli zásahem, který do ní provede. Je logické, že degradace půdy, v podstatě v jakékoli formě, ovlivňuje velikost i složení společenstev organismů, které se v ní nacházejí. Utužení půdy, znečištění polutanty nebo poškození půdní struktury zajisté “komplikuji život” půdním organismům. Nejsou to však pouze degradační procesy, které ovlivňují biologickou stránku půdy, vliv na ztrátu biodiverzity má i dlouhodobá orba a monokulturní systémy pěstování (Šimek, 2004).

2.4 Fyzikální degradace půdy

Fyzikální stav půdy má vliv na mnoho jejích klíčových funkcí v ekosystému, které podmiňují jeho stabilitu a biologické procesy v něm. Příklady těchto funkcí mohou být schopnost půdy pojmout, udržet a přemísťovat vodu, možnost výměny plynů a energie, možnost koloběhu živin, odolání erozi, čili všeobecně jde o schopnost vytvoření příznivých podmínek pro růst kořenů rostlin, půdních mikroorganismů, hmyzu a zvířat. Dopady fyzikálních faktorů těchto funkcí mohou být relativně těžko definovatelné, jelikož jsou vysoce interaktivní mezi sebou. Například špatný růst kořenů ve ztuhlé půdě může mít jednu, nebo také hned několik příčin, které s utužením souvisejí (nedostatek nebo přebytek vody, nedostatek kyslíku aj.). Špatné fyzikální vlastnosti půdy mají nepříznivý vliv na růst kořenů, konkurence schopnost pěstovaných rostlin proti plevelům a odolnost proti hmyzím škůdcům. V důsledku těchto sekundárních efektů mohou rostliny zpomalit či zastavit růst nebo dokonce uhynout (Szabolcs, 1994).

Procesy fyzikální degradace mají vliv na vztahy mezi objemem a hmotností půdy, na vztah vody a vzduchu v půdě, na výměnu plynů mezi atmosférou a půdou a také ovlivňuje schopnost půdy vzdorovat narušení ze strany vody a vzduchu. Tyto procesy ovlivňují fyzikální, mechanické, reologické, který se věnuje zkoumání a modelování deformačních vlastností látek, zejména závislosti deformace a napětí a hydrologické vlastnosti půdy. Mezi procesy fyzikální degradace řadíme například: rozpad půdní struktury, utužení, desertifikaci či erozi (Lal, 2004).

2.4.1 Eroze

Dle FAO (1968) je ve světě z 2 mld. hektarů degradovaných půd až 84 % tvořeno půdami degradovanými právě příčinou eroze. Jen v EU je erozí ohroženo 27 mil. hektarů půdy - to z ní z dnešního pohledu dělá největší riziko pro kvalitu světových půd a s tím mimo jiné i pro schopnost uživit stále zvětšující se lidskou populaci (Šarapatka, 2002).

Slovo eroze pochází z latinského výrazu erodere (nahlodávat). Ve vztahu k půdě jde o její rozrušování, přemísťování a akumulaci na jiném místě (za pomoci větru, vody či ledu) (Šarapatka, 2002). Půdy takto narušené se vyznačují ochuzenou

ornicí, kde klesá obsah humusu a živin, zkracuje se humusový horizont a snižuje se v důsledku i biologická aktivita půdy. Tyto půdy jsou mnohem náchylnější k dalším druhům degradace např.: vysychání a slévání půdního povrchu či zhutnění (kultivace a rekultivace půdy, 1994, Lhotský).

Foth (1990) říká, že půdotvorný proces i eroze jsou přirozené, avšak protichůdné procesy. V přirozeném stavu (kdy půda není narušována) je míra tvorby půdy v rovnováze s její erozí. Eroze totiž nepáchá žádné výrazné škody, pokud je povrch půdy zakryt. V momentě, kdy je pokryv půdy odstraněn začíná efekt eroze výrazně růst. V tomto případě je míra eroze větší míře půdotvorného procesu a je nutné podnikat zásahy do půdy za účelem udržení její produktivity. Dle Šimka (2004) připadá největší podíl eroze na desertifikaci (vysušení způsobené nadměrnou pastvou), v tropických oblastech je pak příčinou zejména odlesnění krajiny.

2.4.1.1 Větrná eroze

Jev, při kterém hlavním činitelem eroze je proudění vzduchu se nazývá větrná eroze. Tento typ se vyskytuje především v aridních či semiaridních oblastech. Vítr zde přemísťuje jednotlivé částice a narušuje povrch půdy (Lal, 1992). Zejména na písčitéch půdách může docházet k tzv. písečným bouřím, kdy jsou půdní částice přemísťovány na značné vzdálenosti. V krajním případě může docházet až k tvorbě půdních přesypů a dun a to zejména v polopouštních a pouštních oblastech. Mimo samotného negativního vlivu na půdu jako takovou, hrozí u větrné eroze i například odhalování kořinek rostlin s rizikem poškození těch mladých (Šarapatka, 2002).

Zmírňování větrné eroze je otázkou především prevence. Nejdůležitější zásadou jak čelit větrné (ale i vodní) erozi je především zajištění co nejstálějšího pokryvu půdního povrchu. Mezi další důležitá opatření patří i kultivace půdy a setí kolmo na převládající směr větru, střídání plodin méně a více odolných k erozi a zdrsnění povrchu. Poslední z těchto opatření závisí na dostatečné vlhkosti, při které je půda kultivována, a která umožňuje tvorbu větších agregátů (hrud) (1994, Lhotský). Zdrsnit povrch půdy je možné i za pomoci tzv. hrůbkování, které snižuje efekt větrné eroze o 85 - 90 % v porovnání s hladkým povrchem. Efekt tohoto opatření závisí ovšem na výšce hrůbků, na poměr jejich výšky a mezer mezi nimi a také na hrůbkovitosti půdy (de Oro et al., 2015).

2.4.1.2 Vodní eroze

Vodní eroze (tak jako větrná) souvisí především s vlastnostmi půdy, zásahy člověka a rostlinným krytem půdního povrchu. Co se však liší je vliv svažitosti (délky a sklonu svahu) a vliv přívalových dešťů. V ČR je na základě svažitosti vodní erozí ohroženo 54 % orných půd (Šarapatka, 2002).

Pro kontrolu nad vodní erozí je nutné chránit povrch vůči přímo dopadajícím vodním kapkám, je také nutné zlepšit infiltraci vody tak, aby nedocházelo k smyvům ornice, a platí také příznivý efekt zdrsnění povrchu na snížení rychlosti proudění nad ním (Lal, 2006).

2.4.2 Desertifikace

Desertifikace je definována jako degradace krajiny v aridních a semiaridních oblastech způsobená především nepříznivým působením člověka (UNEP, 1992). Jak tvrdí Lal (2004), z tohoto tvrzení je nutné zdůraznit, že desertifikace je spíše degradací krajiny a má na ní svůj značný vliv člověk prostřednictvím svých zásahů. Hlavními procesy podílející se na desertifikaci jsou pak degradace vegetace, eroze, salinizace a kompakce půdy. Hlavní příčinou ovšem zůstává člověk, který tyto procesy vyvolává svým působením v krajině.

Přirozené pastviny (grasslands) zaujímají přibližně jednu čtvrtinu povrchu zemské pevniny. Většina této plochy je dnes využívána k živočišné produkci, ale hraje důležitou roli i jako významný zásobník uhlíku a fixátor dusíku, nutné je zmínit i roli při ochraně vody a půdy v krajině (Bo, 2013). Zejména v suchých oblastech (drylands), které zabírají přes 5 mld. hektarů zemského povrchu je riziko desertifikace vůbec nejvyšší. Z těchto 5 mld. hektarů je 88 % využíváno jako pastva a v kombinaci s růstem populace a jejich potřeb se tlak na krajinu neustále zvyšuje (Ibañez, 2007). Až 15 % plochy těchto suchých oblastí byla ještě před 100 lety využívána k pastvě a během 20. století došlo k přeměně na ornou půdu, což má za následek nejzávažnější příčinu desertifikace - nadměrnou pastvu. V suchých oblastech žijí až 2 mld. lidí a to z 90 % v rozvojových zemích. Odhaduje se, že regradace desertifikace stojí vlády zemí ležících v těchto oblastech 4-8 % HDP. Mnoho těchto zemí nemá dobré potravinové zabezpečení a další odhady mluví až o

135 milionech lidí, kteří jsou ohroženi dlouhodobým hladověním zapříčiněným degradací krajiny.

Vliv pastvy dobytka na půdu je rozličný. Pošlapání půdy dobyt看 způsobuje její utužení spojené s redukcí pórovitosti a narušením jejího povrchu. Redukce rostlinného pokryvu má za následek omezení přísunu organického materiálu do půdy, čímž se snižuje obsah organické hmoty v půdě. Výsledkem těchto procesů je snížená infiltrace vody, zvýšený povrchový odtok vody a zrychlená eroze (D'Odorico, 2012).

2.4.3 Zhutnění

Jen v Evropě je utužením poškozeno 33 milionů hektarů půdy a v ČR je takto ohroženo až 45 % zemědělských půd. Nutno ovšem dodat, že z toho 15 % tvoří půdy zhutnělé geneticky, což je dáno přirozenými vlastnostmi těchto těžkých půd. Zhutnění může mít tedy hned dvojí příčinu - primárně jde o přirozený proces související s půdotvornými procesy a sekundárně jde o tzv. technogenní zhutnění, kde je příčinou člověk a jeho činnost (Šarapatka, 2002).

2.4.3.1 Co je zhutnění

Na zhutnění můžeme nahlížet ze tří různých hledisek. Z dynamického pohledu jde o fyzikální objemovou deformaci. Z hlediska statického jde o charakteristiku, která se vztahuje k resilienci půdy a zvyšuje její objemovou hmotnost. V praxi je pak kompakce půdy proces směřující k stlačení půdní hmoty do menšího objemu za snižování její makroporozity a schopnosti vést vody a plyny (Lal, 2004). Při procesu zvyšování objemové hmotnosti půdy platí, vzhledem k fyzikálním vlastnostem jednotlivých fází, že dochází k redukcí pórovitosti. Lhotský (1994) uvádí, že problémem je nejen redukce pórovitosti jako takové, ale i zhoršení její kvalitativní skladby. V důsledku redukce většiny nekapilárních pórů dochází k snížené propustnosti půdy pro vodu a vzduch, a také ke změnám v transportních a transformačních procesech. Změny pórovitosti se navíc odráží i v orientaci pórů, kdy se zvětšuje podíl horizontálních pórů, čímž se snižuje nejen odolnost proti další deformaci, ale snižuje se také účinnost transportních pochodů.

2.4.3.2 Druhy zhutnění

Jak již bylo výše zmíněno, rozlišujeme z hlediska vzniku dva druhy zhutnění - primární (genetické) zhutnění, které vzniká přirozeně při půdotvorných procesech a sekundární, tzv. technogenní zhutnění, které vzniká v důsledku působení člověka. Ehrlich et al. (1987) dále rozlišuje zhutnění dle intenzity na:

- Strukturální zhutnění - při kterém dochází k *“přiblížení agregátů při zachování jejich prvků za současného snížení a přerozdělení pórovitosti a zvýšení objemové hmotnosti”*.
- Mikrostrukturální zhutnění - *“při němž dochází k silnému přiblížení agregátů za jejich současné destrukce až včetně mikroagregátů a tvorby nestrukturních matrix.*

Stejní autoři pak dále rozlišují 4 druhy uspořádání makro a mikroagregátů:

1. Makroagregáty se nachází bez směrové orientace a jsou od sebe odděleny sítí trhlín. Mikroagregáty se nachází v rámci makroagregátů taktéž bez směrové orientace a jsou spojené elementárními vazbami.
2. Makroagregáty jsou ve stejné formě jako v 1. variantě, ale mikroagregáty jsou horizontálně orientované.
3. Pouze makroagregáty jsou horizontálně orientované a mikroagregáty jsou bez orientace.
4. Mikro i makroagregáty vykazují směrovou orientaci. V tomto případě jde o texturální (mikrostrukturální) zhutnění.

2.4.3.3 Příčiny zhutnění

Od doby, kdy se v zemědělství začala uplatňovat mechanizace, její velikost a především váha, narůstá. Děje se tak především z důvodu zvýšení efektivity při intenzivním způsobu hospodaření. Tak jak se zvyšuje intenzita celého zemědělství, tak se také musí zvyšovat výkonnost strojů, které jsou na poli používány. Ačkoliv se zemědělské stroje stále zvětšují v rozměrech i hmotnosti, kontaktní plocha, skrze kterou působí na půdu, zůstává v podstatě stejná. To v praxi znamená stále větší

tlaky působící na půdu, které v kombinaci s absencí zásahů zmírňujících zhutnění, nedostatečnou aplikací organických hnojiv a nevhodnou aplikací agrotechnických zásahů půdu stále více utužují (Lhotský, 1994).

2.4.3.4 Faktory zhutnění

Výsledná míra zhutnění půdy je součtem hned několika faktorů, které na ni působí. Mezi nejdůležitější faktory patří vlhkost půdy, počet přejezdů techniky, rychlost a tlak techniky (kterým působí na půdu), zrnitost půdy, struktura půdy či obsah org. látek v ní.

2.4.3.5 Vliv půdní struktury

Kvalitní půdní struktura podporovaná uhličitany v půdě snižuje nebezpečí zhutnění. Největšimu riziku jsou pak vystaveny půdy kyselé, zamokřené, jílovité s malým obsahem humusu a špatnou strukturou. Potenciální nebezpečí zhutnění u půdních typů je znázorněno v tabulce č. 1. (Šarapatka, 2002)

	slabé	střední	silné
Litozem	x		
Ranker	x		
Rendzina	x	x	
Pararendzina		x	x
Regozem	x	x	
Fluvizem	x	x	x
Koluvizem	x	x	

Smolnice			x
Černozem	x	x	
Černice	x	x	x
Šedozem	x	x	x
Hnědozem	x	x	x
Luvizem		x	x
Kambizem	x	x	x
Pelozem			x
Andozem	x		
Kryptopodzol	x		
Podzol	x		
Pseudoglej			x
Stagnoglej		x	x
Glej		x	x
Solončak			x
Slanec			x
Organozem	x		

Tab. č. 1 - Potenciální nebezpečí zhutnění u jednotlivých půdních typů - (převzato z: Šarapatka, 2002)

2.4.3.6 Vliv půdní zrnitosti a obsahu organické hmoty

Dle Šarapatky (2002) mají zrnitost půdy a množství a kvalita organických látek důležitý vliv na odolnost půdy vůči zhutnění. Půdy jílovité a prachové mají odolnost vůči zhutnění relativně slabou, což platí i pro minerální půdy s obsahem organických látek do 1%. Naproti tomu půdy s hrubší zrnitostí jako jsou např. půdy písčité či kamenité a půdy s obsahem humusu přesahujícím 3-6 % jsou proti utužení relativně odolnější. Největší odolnost pak vykazují rašeliny.

2.4.3.7 Vliv vlhkosti a počtu přejezdů

Ahmadi a Ghaur (2015) prokázali, že půdní vlhkost hraje v procesu zhutnění signifikantní roli. Ve svém pokusu hodnotili míru zhutnění při vlhkostech 12, 15, 17, 19, a 21% v souvislosti s počtem přejezdů (0, 2 a 4) a ještě v souvislosti s hloubkou odběru vzorku (0-10, 10-20, a 20-30 cm). Výsledky vyhodnocovali na základě objemové hmotnosti a hydraulické vodivosti. Z jejich práce je patrná souvislost mezi půdní vlhkostí, při níž se pojíždí po poli, počtem přejezdů techniky a výslednou mírou utužení viz tab. č. 2.

Z jejich pokusu pak lze odvodit, že zatímco se zvyšující vlhkostí se plynule zvětšuje i míra kompakce při pojezdech, u počtu přejezdů toto neplatí. První přejezd má signifikantnější důsledky, než ty následující, ale opakovanými přejezdy se prohlubuje efekt zhutnění.

Relativní vlhkost vzorku (%)	Objemová hmotnost vzorku (g*cm)		
	Počet přejezdů		
	0	2	4
12	1,43	1,49	1,47
15	1,44	1,57	1,55
17	1,43	1,61	1,6
19	1,41	1,68	1,66

21	1,38	1,73	1,78
----	------	------	------

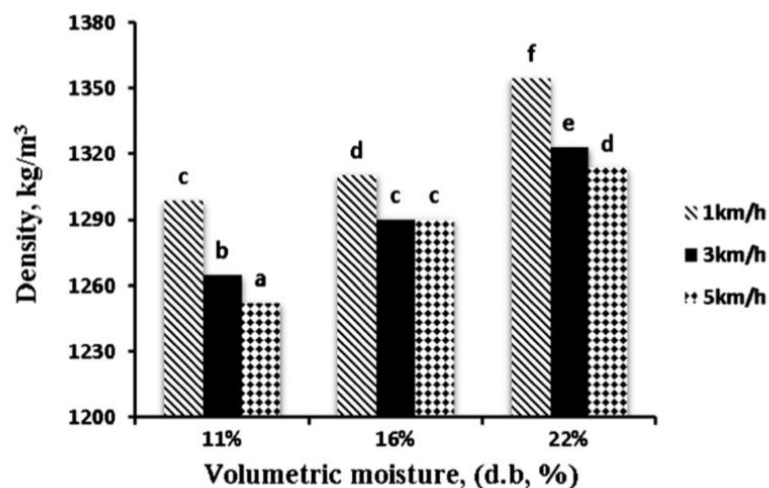
Tab. č. 2 - Objemová hmotnost vzorku v závislosti s rel. vlhkostí vzorku a počtem přejezdů (Ahmadi et Ghaur, 2015)

2.4.3.8 Tlak

Dle Ehrlicha et al. (1987) je za nepříznivých vlhkostních podmínek do tlaků 0,10 MPa možné počítat s vratnými změnami zhutnění. S narůstajícím tlakem a opakováním působení se však stupeň zhutnění zvyšuje a efekt zhutnění se prohlubuje. Lhotský (1994) tvrdí, že traktor s kontaktním tlakem 0,15 MPa ovlivní strukturu půdy až do hloubky 0,3 - 0,4 m, ale opakováním se zhutnění projevilo v hloubkách 0,75 - 1,4 m. Dle Šarapatky (2002) ovšem dnešní traktory působí na půdu tlaky, které se běžně pohybují mezi 0,25 - 0,50 MPa, což i při jednotlivém přejezdu působí do hloubky 0,5 m.

2.4.3.9 Rychlost pojezdu

Shashgoli (2015) ve svém pokusu dává do souvislosti nejen vlhkost a hloubku působení efektu kompakce vyvolaného přejezdy traktoru, ale zohledňuje i rychlost přejezdu mechanizace. Měření proběhlo při rychlostech 1, 3 a 5 km/h a prokázalo korelaci mezi rychlostí pohybu traktoru a změnou objemové hmotnosti půdy, po které se pohybuje. Graf č. 1 ukazuje, že největšího utužení bylo dosaženo při nejnižší rychlosti, zatímco s narůstající rychlostí se utužení zmírňuje. To je způsobeno sníženou kontaktní plochou mezi půdou a pneumatikou a také snížením času, při kterém jsou pneumatika s půdou v kontaktu při zvyšující se rychlosti stroje.



Graf č. 1 - efekt rychlosti pojezdu traktoru a půdní vlhkosti na kompakci

2.4.3.10 Dopady kompakce

a) Vliv na půdní prostředí

Zhutnění má za následek zvýšení obj. hmotnosti, redukcii pórovitosti a destrukci agregátů. Důsledkem těchto jevů dochází k snížení propustnosti pro vodu. Menon et. al. (2015) ve svém pokusu prokázali, že při zhutnění dochází ke zvýšení celkového počtu pórů, nicméně celkový objem pórů klesá. Tyto malé póry, i přesto, že jejich počet vzrostl, nejsou schopny vést vodu v takovém rozsahu jako je to u půdy nezhutnělé. To je způsobeno především jejich nedostatečnou propojeností. Narušen je i vztah mezi obsahem vzduchu a teplotou půdy, kdy dochází k nedostatku kyslíku v kořenovém prostoru.

Dle Javůrka a Vacha (2008) se při vyšším zhutnění omezuje především mezoedafon (chvostoskoci, dešťovky, členovci aj.). Mikroedafon, který je tvořen především aerobními organismy, je pak limitován nedostatečnou provzdušněností či nedostatečnou zásobou organických látek. Biologicky nečinná půdy pak snižuje efektivnost hnojení.

S nárůstem zhutnění půdy rostou i požadavky na energii vynaloženou na její obdělávání. Chamen (2014) tvrdí (na základě svých předchozích pokusů), že rozdíl ve spotřebě energie vynaložené na obdělávání půdy nezatížené žádným provozem a půdy zatížené běžným provozem je u mělké orby (10 cm) 60% u orby do hloubky 20 cm pak 20%. Dále uvádí, že rozdíl v požadavcích energie na založení porostu

pšenice u půdy s provozem a bez něj je 84%. To se samozřejmě výrazně projevuje ve spotřebě nafty, čímž se zvyšují náklady na orbu.

b) Vliv na výnos plodin

Tak jak se zhutněním narůstá objemová hmotnost, zvyšuje se i odpor, který musí překonat kořeny rostlin prorůstající ornici. Hydrostatický tlak v elongační části kořene často neposkytuje dostatek síly k protlačení vrcholu skrz utuženou půdu (Šimek, 2004).

Plodiny tvořící hospodářský výnos podzemními orgány na zhutnění doplácí nejvíce (deformace brambor, mrcasatění bulev cukrovky). Plodiny vytvářející hlavní kulový kořen jsou omezeny tím, že kořen neproniká zhutnělou vrstvou, roste horizontálně a deformuje se, čímž se snižuje jeho schopnost příjmu vody a živin. Výnosy plodin se vlivem zhutnění snižují v závislosti na míře zhutnění, ale mají na ně vliv ještě další faktory (průběh počasí, vlhkost půdy, agrotechnika aj.). Rozmezí redukce výnosů způsobených kompakcí je např. u obilnin 10-20%, u kukuřice 10-15%, u brambor 20-25% a u cukrovky dokonce 20-30%.

Zhutnění neovlivňuje pouze kvantitu produkce, ale také její kvalitu, kdy např. u cukrové řepy se vlivem zhutnění snížila cukernatost bulev průměrně o 15% a olejnatost semen řepky olejky až o 8% (Javůrek, Vach, 2008).

2.4.3.11 Omezování zhutnění

a) Preventivní opatření

Největší možnosti prevence zhutnění se naskýtají v oblasti mechanizace. V praxi jde především o redukci počtu přejezdů, snižování kontaktního tlaku za pomoci dvojmontáží či nízkotlakých pneumatik nebo volba vhodného způsobu zpracování půdy. Naskýtají se ovšem i další způsoby prevence jako např. vhodné střídání plodin či vhodně zvolená síť polních cest, která napomáhá omezovat neproduktivní pojezdy po pozemku. Velmi důležité je nezanedbání ohledu na vlhkost při zpracování půdy, jelikož se zvyšující se vlhkostí stoupá i citlivost ke zhutnění. S ohledem na zachování půdní struktury je nutný i dostatečný přísun organické hmoty a vápnění, při kterém se posilují kostru půdní stavby a tím zvyšují odolnost proti deformaci.

b) Agromeliorační opatření

Proti škodlivému zhutnění můžeme využít mechanizačních zásahů, které zlepšují vlastnosti takto postižených půd.

- Podrývání - určené pro půdy mělké, s dosahem podrýváčku 8 - 12 cm pod úroveň orby, řešící počáteční fázi zhutnění
- Dlátování - kypření zhutnělých podorničních vrstev do 45 cm
- Hloubkové meliorační kypření - na půdách s podorničím zhutnělým do větší hloubky než 45 cm (45 - 80 cm) (Lhotský, 1994)

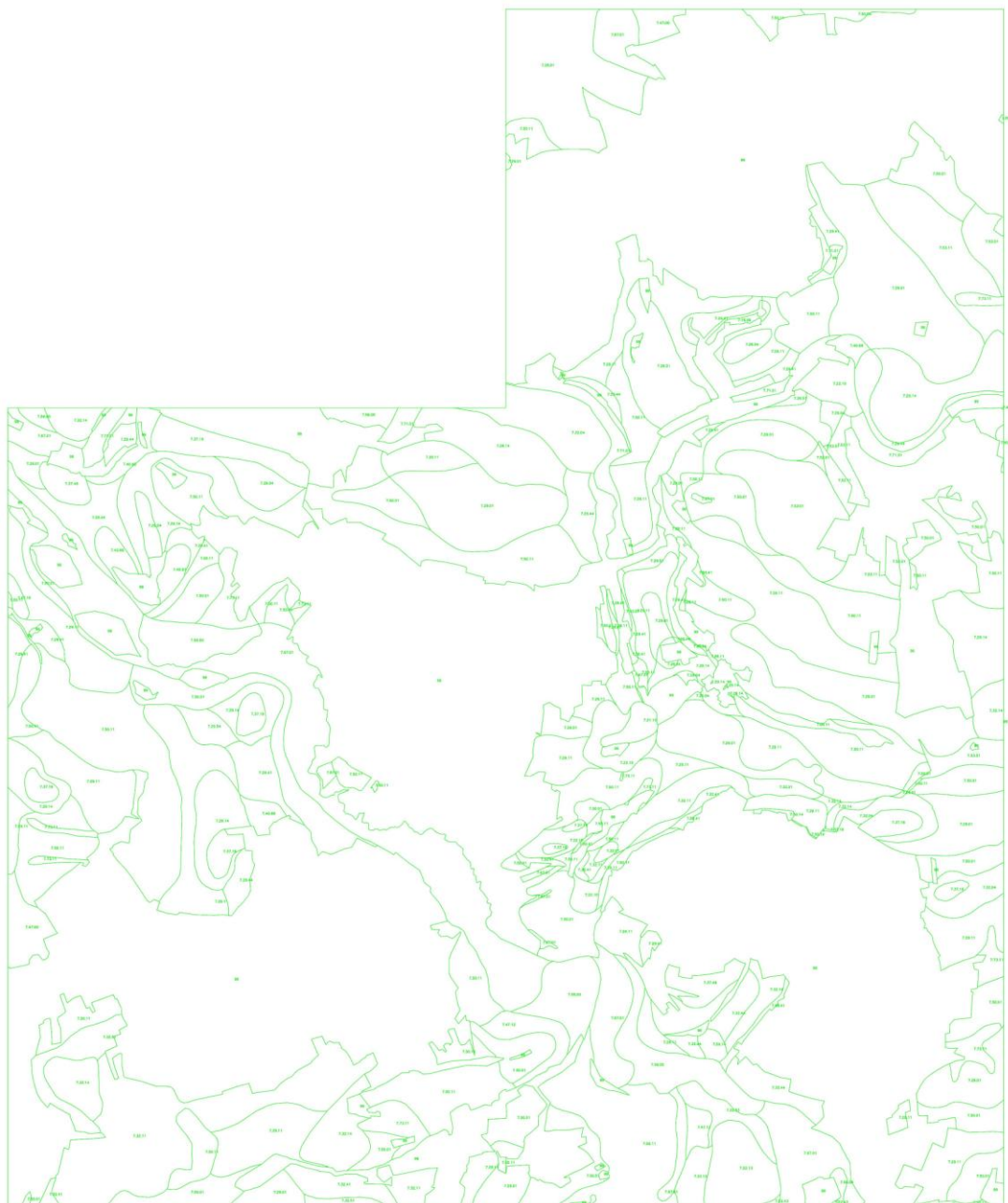
3 Cíl práce

Cílem práce byla predikce deficitních vlastností půd s důrazem na erozní ohroženost, infiltrační vlastnost, posouzení vodního režimu, skeletovitosti a ohroženost zhutněním. V rešerši byly představeny základní pojmy problematiky. V praktické části pak byly vyhodnoceny vlastnosti pozemků v oblasti Rankov a to na základě map s pozemky a jim přidělených kódů BPEJ.

4 Metodika a materiály

4.1 Metodika

K vypracování praktické části byla použita metodika vypracovaná Ing. Váchalovou Ph.D. a uvedená v její disertační práci, která byla oponována prof. Němečkem (Váchalová, 2004). Hodnoceny byly pozemky v oblasti Rankov na základě map s přidělenými kódy BPEJ (respektive HPJ) k jednotlivým pozemkům - viz obr. č. 1. Pozemky byly hodnoceny dle kódů BPEJ s ohledem na jejich ohroženost různými druhy degradace (zhutnění, eroze, skeletovitost, porušený vodní režim a infiltrace). Hodnocení pozemků bylo provedeno především s přihlédnutím k jejich “hlavním půdním jednotkám”, které jsou určeny vždy prvními dvěma číslicemi kódu BPEJ. Metodické tabulky, dle kterých byla úloha zpracována, jsou uvedeny v následující kapitole “Výsledky”, vždy před hodnocením každého druhu deficiencie jednotlivě.



Obr. č. 1 - Mapa oblasti Rankov s příslušnými kódy BPEJ

4.2 Popis oblasti

Rankov je malou vesnicí u města Trhové Sviny a je zároveň i částí města. Jeho poloha je přibližně 4,5 km severozápadně od Trhových Svinů a leží v katastrálním území Rankov u Trhových Svinů o rozloze 4,98 km². Správní oblast obce s rozšířenou působností (SO ORP) Trhové Sviny je jedním ze 17 SO ORP Jihočeského kraje, které se rozprostírá v jihovýchodní části kraje a zaujímá celkovou rozlohu 452,1 km². ([https://cs.wikipedia.org/wiki/Rankov_\(Trhov%C3%A9_Sviny\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rankov_(Trhov%C3%A9_Sviny)))

4.3 Geologie

ORP Trhové Sviny tvoří jihovýchodní část území Novohradské hory, patřící k šumavské větvi moldanubika. Z původních vyvřelin a sedimentů zde v minulosti vznikla řada metamorfovaných hornin (svory a pararuly, ortoruly, amfibolity atd.). Zbývající území náleží k jihočeské kotlině. Z hlediska nerostných surovin je v oblasti významná těžba diatomitu, v současnosti jediná v ČR. Dále zde probíhá těžba jíly, polodrahokamů a stavebního kamene viz tab. č. 3.

Obec	Číslo ložiska	Název ložiska	Surovina	Plocha	Podíl (%)
Slavče	26180000	Slavče I.	Polodrahokamy	2,9	0,2
Jílovice	17510000	Lipnice	Jíly	131,7	3
Ločnice	25890000	Chlum nad Malší-východ	Polodrahokamy	0,0	0,0
Svatý Jan nad Malší	25890000	Chlum nad Malší-východ	Polodrahokamy	9,1	0,7
Trhové Sviny	3430002	Trhové Sviny - Rejta	Stavební kámen	23,9	0,5
Trhové Sviny	3430001	Trhové Sviny - Rejta	Stavební kámen	33,9	0,6
Borovany	14190000	Ledenice I.	Diatomity, Jíly	35,6	0,8
Svatý Jan nad Malší	15270100	Ločnice	Polodrahokamy	2,0	0,2

Tab. č. 3 - Ložisková území - SO ORP Trhové Sviny (<http://www.tsviny.cz/>, 2012)

4.4 Vodní režim

Na území SO ORP Trhové Sviny pramení několik přítoků Vltavy, z nichž je nejvýznamnějším, řeka Stropnice. Nalézají se zde řada zdrojů podzemních vod a také množství drobných toků a vodních ploch menších rozměrů. 61,57% území je pak určena jako oblast přirozené akumulace vod, 41 % celkové rozlohy pak tvoří území vymezena jako zranitelná oblast dle nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení

zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech a revidována nařízením vlády č. 219/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 103/2003 Sb.

4.5 Zemědělský půdní fond

V SO ORP Trhové Sviny patří zemědělství k tradičním hospodářským odvětvím. Z toho důvodu je vývoj a výměra orné půdy patří k významným charakteristikám. Podíl zastavěné půdy na celkové výměře SO ORP činil v roce 2012 pouze 0,8%, přičemž přírůstek zastavěných ploch v období 1999-2009 byl také relativně nízký (2,8%). Podíl orné půdy v ORP pak činí 31,8% a plocha odvodněné půdy tvoří 26,56% z celku. Celkový trend podílu orné půdy je zde klesající (Hruška et. al., 2012).

5 Výsledky

Pozemky v oblasti Rankov byly hodnoceny na základě jejich hlavních půdních jednotek (HPJ), které jsou obsaženy v kódu BPEJ jako jeho 2. a 3. číslo. Na hodnocených pozemcích se nachází dohromady 17 různých HPJ, které dohromady zaujímají výměru 20153543,2 m². Přehled HPJ spolu s výměrami a procentickým zastoupením jsou k nalezení v tab. č. 4.

HPJ	Suma Výměr (m2)	Procentické zastoupení (%)
21	31754.4	0.16
22	381270.2	1.89
29	5555742.8	27.57
32	7389512.2	36.67
37	308559.7	1.53
40	145960.6	0.72
47	191665.8	0.95
50	3579745.3	17.76
52	27821.7	0.14
53	620198.6	3.08
56	11638.5	0.06
58	376271.9	1.87
67	994714.6	4.94
68	64463.7	0.32
71	276846.6	1.37
73	186995.6	0.93
78	10381	0.05
celkem	20153543.2	100

Tabulka č. 4 - HPJ kódy s celkovými výměrami pozemků se stejnými HPJ a jejich zastoupením

5.1 Hodnocení hydromorfismu

Pozemky byly hodnoceny dle kritéria potřeby optimalizace vodně-vzdušného režimu, viz tabulka č. 5. Z tabulky vyplývá, že půdy jsou rozděleny do dvou skupin dle stupně ohroženosti zamokřením a to na skupinu půd náchylných k tomuto druhu degradace, případně přechodně zamokřených a skupinu půd v podstatě trvale zamokřených jako např. močály či rašeliniště.

Do 1. skupiny by z půd v oblasti Rankov spadaly HPJ: 47, 50, 52 a 53. Jedná se o půdy středně těžké, které trpí sklonem k dočasnému převlhčení. Pozemky s těmito HPJ zaujímají plochu 4419431,4 m², což tvoří 21,9% celkové výměry. U takto ohrožených půd mají opatření charakter především agromeliorační a agrotechnický.

Do 2. skupiny by v oblasti Rankov spadaly půdy s HPJ: 58, 67, 68, 71 a 73. Tyto půdy zaujímají 9,4% z půd výše zmíněné oblasti o výměře 1899292,4 m². HPJ 58 reprezentuje půdu středně těžkou s vidinou zlepšení poměrů při vhodném odvodňovacím zásahu, HPJ 67 a 68 mohou být již půdy těžšího charakteru (až velmi těžké) s nepříznivým vodním režimem a využitím převážně jako TTP (trvalý travní porost). U HPJ 71 je navíc problémem zaplavování půdy a HPJ 73 se vyznačuje svahovými polohami s možností výskytu prameniště. U takto postižených půd se volí hydrotechnické způsoby odvodnění s možností doplnění o agromeliorační a agrotechnické zásahy, přičemž prameniště, které by se mohlo vyskytovat u HPJ 73 podléhá speciálnímu způsobu odvodnění a často se vůbec neodvodňuje z ekologických či technických důvodů (což platí i pro rašeliniště, které se ovšem v oblasti Rankov nevyskytuje).

Skupina půdy náchylné k zamokření a půdy dočasně (přechodně) zamokřené	Skupina půdy zamokřené, silně zamokřené, katény, prameniště, rašeliniště, močály
HPJ charakteristika	HPJ charakteristika

42.	středně těžké, dobré vodní poměry, ale se sklonem k dočasnému převlhčení	54.	těžké až velmi těžké, velmi malá propustnost, obvykle zamokřené
43.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	58.	středně těžké, vodní poměry méněpříznivé, při odvod. příznivější
44.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	59.	těžké až velmi těžké, vodní poměry méně příznivé, při odvodnění příznivější
45.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	62.	středně těžké, dočasné zamokřené spodní vodou
46.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	63.	těžké až velmi těžké, vodní poměry nepříznivé, zamokřené spodní vodou
47.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	66.	středně těžké až velmi těžké, nepříz.vodní režim, obtížně meliorovatelné, převážně TTP
48.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	67.	středně těžké až velmi těžké, nepříz.vodní režim, převážně TTP
49.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	68.	středně těžké až velmi těžké, nepříz.vodní režim, převážně TTP +
50.	středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	69.	těžké, nepříznivý vodní režim, převážně TTP +
51.	lehké až středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	71.	středně těžké až velmi těžké, trpí záplavami, převážně TTP
52.	lehké až středně těžké, sklon k dočasnému převlhčení	72.	středně těžké až těžké, trvalý vliv spodní vody, převážně TTP +

53. středně těžké, sklon k dočasnémupřevlhčení	73. svahové polohy, středně těžké až velmi těžké, výskyt svahových pramenišť, převážně TTP +
	74. středně těžké až těžké, svahové poloh prameniště a rašeliněním, přev. TTP +
	75. různé vodní poměry, středně těžké až velmi těžké, převážně TTP
	76. převaha glejových půd zrašelinělých a rašelinistních, středně těžké až velmi těžké, převážně TTP
Podle místních podmínek a stupně volíme především agromeliorační a agrotechnická opatření.	Podle místních podmínek a stupně zamokření volíme způsoby hydrotechnických způsobů odvodnění, která dle možnosti doplňujeme agromelioračními a agrotechnickými zásahy
	+ rašeliny a prameniště mají speciální způsoby odvodnění nebo se neodvodňují (ekologické či technické hledisko)

Tab. č. 5 - Orientační rozdělení půd podle stupně hydromorfismu (pro potřebu optimalizace vodně-vzdušného režimu (Váchalová, 2004)

5.2 Hodnocení náchylnosti k degradaci půdní struktury

Dle HPJ byly kategorizovány půdy vyskytující se v oblasti Rankov, které by mohly být reálně ohroženy zhutněním, nebo se jedná o půdy těžké. V praxi rozlišujeme tři úrovně naléhavosti respektive nutnosti k provedení opatření zmírňujících tyto nedostatky.

III. stupeň naléhavosti

Do III. stupně řadíme půdy těžké či silně zhutnělé, což jsou půdy v praxi nejvíce ohrožené, s nejakutnější potřebou meliorace. Z hodnocené oblasti připadají do tohoto stupně HPJ: 53, 67, 68, 71 a 73, s výměrou 2143219,1 m², která dosahuje 10,6% celkové výměry oblasti. Dle metodiky jsou půdy s HPJ: 67, 68, 71 a 73 hydromorfního charakteru a tak by u nich mohlo přicházet v úvahu odvodnění, které se ovšem musí zvážit jednotlivě dle terénní rekognoskace krajiny. Půdy s HPJ 53 spadají do skupiny oglejených půd.

II. stupeň naléhavosti

Do II. stupně řadíme půdy středně těžké i lehké, u kterých je prokázáno, že u nich došlo ke zhutnění, v praxi jde o střední stupeň ohroženosti. Z oblasti Rankov do tohoto stupně spadají pouze půdy s HPJ 47, což jsou půdy oglejené. Tyto půdy pak tvoří necelé jedno procento (0,9%) z plochy oblasti s výměrou 191665,8 m².

I. stupeň naléhavosti

Do nejnižšího stupně naléhavosti spadají půdy v počátečním stádiu ohrožení zhutněním a dále půdy již zhutnělé, u kterých ovšem není možné z různých důvodů aplikovat mechanické kypření. Reálně tak do tohoto stupně spadají HPJ: 29, 56 a 58 v práci hodnocené oblasti. HPJ 29 spadá do skupiny půd hnědých a v oblasti Rankov se vyskytuje na ploše 5555742,8 m², respektive na 27,6% celkové plochy. HPJ 56 a 58 spadají do skupiny půd nivních poloh, s výměrou 387910,4 m² reprezentují 1,9% oblasti.

Orientační rozdělení půd podle náchylnosti k degradaci půdní struktury a stavby:

III. stupeň naléhavosti (největší intenzity)

půdy černozemního charakteru	:HPJ 07
skupina rendzin	:HPJ 20
skupina oglejených půd	:HPJ 53, 54
skupina půd nivních poloh	:HPJ 59

skupina lužních půd	:HPJ	61, 63	
skupina hydromorfních půd	:HPJ	64 – 76	*

*Poznámka: přichází v úvahu po odvodnění, nutno zařadit individuálně dle terénní rekognoskace a kultury.

II. stupeň naléhavosti (střední intenzity)

půdy černozemního charakteru	:HPJ	06, 08, 09
skupina hnědozemí	:HPJ	10, 11, 12
skupina illimerizovaných půd	:HPJ	14, 15
skupina rendzin	:HPJ	19
skupina půd na písčích a štěrkopísčích	:HPJ	23
skupina hnědých půd	:HPJ	24, 26, 33
skupina oglejených půd	:HPJ	42 – 49
skupina půd nivních poloh	:HPJ	57
skupina lužních půd	:HPJ	60, 62

I. stupeň naléhavosti

půdy černozemního charakteru	:HPJ	01, 02, 03, 05
skupina illimerizovaných půd	:HPJ	16
skupina rendzin	:HPJ	18
skupina hnědých půd	:HPJ	25, 28, 29, 30
skupina nivních poloh	:HPJ	56, 58

(Váchalová, 2004)

5.3 Hodnocení půd dle náchylnosti k vodní erozi

Půdy byly dle metodiky rozděleny do 4 skupin a to dle jejich náchylnosti k erozi. Hodnocení proběhlo na základě HPJ příslušných půd.

I. skupina

V první skupině ohroženosti se vyskytují půdy k erozi slabě náchylné až středně ohrožené. V oblasti Rankov se takto ohrožené půdy vyskytují jako HPJ: 29, 32, 47, 50, 52, 53 a 73. Takto ohrožených ploch je ve výše zmíněné oblasti 87% (17551682 m²) z celkové výměry.

II. skupina

Tato skupina reprezentuje půdy značně náchylné k erozi a erozí výrazně ohrožené. Do této skupiny se z hodnocené oblasti dají zařadit HPJ: 21, 22, 29, 32, 37, 47, 50, 52, 68 a 73 zaujímající plochu 17717531,4 m² čili 87,9% celkové plochy.

III. skupina

Půdy silně náchylné k erozi a půdy erozí výrazně ohrožené spadají do třetí skupiny. Z rankovské oblasti do tohoto stupně ohrožení spadají pouze HPJ 40 a 78, které se vyskytují na ploše 156341,6 m² tvořící pouze necelé procento (0,8%) z celku.

IV. skupina

Do poslední skupiny, kde se vyskytují půdy nejvíce ohrožené a náchylné k erozi, řadíme z pozemků Rankova pouze HPJ 40, zabírající 145960,6 m² (0,7% celkové výměry).

Skupina I. kód 1,2,3	Skupina II kód 4,5	Skupina III. kód 6,7	Skupina IV. kód 8,9
půdy slabě náhylné k erozi, erozí středně ohrožené	půdy značně náhylné k erozi a erozí výrazně ohrožené	půdy silně náhylné k erozi a erozí výrazně ohrožené	půdy silně náhylné k erozi a erozí výrazně ohrožené
HPJ	HPJ	HPJ	HPJ
11	14	24	40
12	15	40	41
13	18	41	77
14	19	77	
15	20	78	
17	21		
19	22		
20	24		
25	25		
26	26		
27	27		
28	28		
29	29		
30	30		
31	31		
32	32		
33	33		
34	34		
35	35		
36	36		
42	37		
46	38		
47	47		

50	48		
52	49		
53	50		
64	52		
73	68		
74	73		
	74		
	75		
	76		

Tab. č. 6 - Orientační posouzení půd k náchylnosti k erozi (Váchalová, 2004)

5.4 Hodnocení půd dle předpokladů ke skeletovistosti

Skeletem se rozumí půdní částice s průměrem nad 3 cm. Dle jeho zastoupení v půdě můžeme rozlišovat půdy na 4 podskupiny:

- I. bezskeletovitá půda
- II. slabě skeletovitá půda
- III. středně skeletovitá půda (25 - 50% skeletu)
- IV. silně skeletovitá půda (přes 50% skeletu)

Skupina I.

Do první skupiny spadají půdy středně skeletovité, respektive půdy s obsahem skeletu mezi 25 a 50%. Z hodnocené oblasti tak do této skupiny spadají HPJ: 21, 22, 29, 32, 37, 47, 50, 53 a 73. Tyto HPJ dohromady tvoří plochu 18245444,6 m² (90,5%).

Skupina II.

Druhá skupina zahrnuje půdy středně až silně skeletovité, tzn. půdy s obsahem skeletu až přes 50 %. Z rankovské oblasti bychom do této skupiny zařadili HPJ: 40 a 78. Ty celkově zaujímají plochu 156341,6 m², což je 0,8% z celku.

Skupina III.

Poslední skupina obsahuje půdy bezskeletovité až silně skeletovité. Z rankovské oblasti tomuto odpovídají opět pouze HPJ 40 (pouze za předpokladu extrémní sklonitosti) a 78. HPJ 40 a 78, jak již bylo zmíněno, se vyskytují na ploše 156341,6 m² (0,8%).

Rozčlenění půd zastupuje BPEJ podle kombinace kódu skeletovitosti a hloubky půdy:

- 0
- 1
- 2
3. středně skeletovité
4. středně skeletovité
- 5
6. středně skeletovité
- 7.
8. středně až silně skeletovité
9. bezskeletovité až silně skeletovité

Uvažujeme BPEJ pouze v 5,7,8,9 klimatickém regionu.

Skupina I.	Skupina II.	skupina III.
Kód 3,4,6 (5,7,8,9) . 12 . 13	kód 8 (KR) 39 . nevyvinuté (neorané, mělké)	kód 9
13 . 13		
15 . 13	40 . 68	(KR) 40 . 89
43	78	99
53	41 . 68	41 . 89
18 . 14	78	89
44	77 . 68	77 . 69
54	78 . 68	78 . 69

Zastoupení HPJ ve skupinách:

Skupina I.	Skupina II.	skupina III.
HPJ 20 sklonité	HPJ 39 nevyvinutá	HPJ 40 (extr. sklonitá)
21 terasy	(mělký drnový	41 (extr. sklonitá)
22 terasy	horizont s různou	78
23 terasy	zrnitostí, hl. do	39 nevyvinuté
24,25,26,27,28	10cm)	
29,30,31,32,33	40,41,77,78	
34,35,36		
37 mělké		
38 mělké		
46,47,48,50,51		
53,73,74,76		

Tab. č. 7 a 8 - Orientační hodnocení předpokladů ke skeletovitosti (Váchalová, 2004)

6 Závěr a diskuze

V práci byly shrnuty základní funkce půdy, její složení a vlastnosti. Dále byla nastíněna problematika půdní degradace, byly uvedeny příklady pro biologickou, chemickou i fyzikální degradaci, u kterých bylo dále rozvedeno, jak vznikají, jaký mají dopad, případně jaké je jejich rozšíření či jaké jsou potenciální možnosti v jejich zmírňování.

Z výsledků je patrné, že degradací ohrožených půd je na pozemku velká většina a je velmi důležité, aby subjekty či osoby hospodařící na těchto půdách brali tento fakt v potaz, jelikož nesprávnými zásahy do půdy bude narůstat nejen jejich (ekonomická) újma, ale jistě bude i újma na životním prostředí dané oblasti.

Výsledky týkající se degradace půdní struktury napovídají, že takto ohrožených je v hodnocené oblasti 13,4% ve všech třech stupních ohrožení. Nutno ovšem podotknout, že do třetího, nejzávažnějšího stupně ohrožení spadá celých 10,6% půd z celkové výměry oblasti. Dle Šarapatky (2002) je problém při pohledu na celou republiku o něco závažnější, přičemž uvádí, že je v ČR jen (genetickým) zhutněním ohroženo až 15 % půd. Vzhledem k tomu, že Lhotský (1994) uvádí jako hlavní příčinu takovéto degradace samotnou intenzifikaci zemědělství, bylo by vhodné se zamyslet nad tím, zda je to opravdu cesta dobrým směrem. Kombinace těžké mechanizace, absence organických hnojiv a nevhodné aplikace agrotechnických zásahů může být pro půdní strukturu smrtelnou.

Eroze je proces přirozený, stejně tak jako půdotvorný proces, nutno ovšem podotknout, že tyto procesy kráčí přímo proti sobě (Foth, 1990). V přirozeném stavu, kdy povrch půdy je zakryt, jsou oba procesy v rovnováze. Člověk tento vztah mimořádně závažně naborává svými zásahy, proto často eroze vítězí. Na světě je dle FAO (1968) podíl erozí degradovaných půd ze všech degradací poškozených půd až 84%. Jak na světě, tak i v EU představuje eroze největší hrozbu pro schopnost v budoucnu uživit stále rostoucí lidskou populaci. Co se týče konkrétně vodní eroze, Šarapatka (2002) uvádí, že takto ohrožených půd je v ČR 54%. Na pozemcích v oblasti Rankov je výskyt takovýchto půd o poznání větší. Alespoň do jedné ze čtyřech skupin půd ohrožených vodní erozí spadá alarmujících 92,4% plochy, je ale pravdou, že 90,9% spadá do prvních dvou (nejméně ohrožených) skupin.

Vyhodnocení předpokladů ke skeletovitosti ukázalo, že středně a více skeletovité půdy by mohly být až na 91,3% plochy oblasti Rankov. Ohrožení hydromorfismem se pak týká 21,3% plochy půd. Celkově pak alespoň některým druhem ohrožení degradací trpí 100 % půd v oblasti.

Přehled literatury a zdrojů

- 1 ABDOLLAHI, L., P. SCHJØNNING, S. ELMHOLT a L.J. MUNKHOLM. The effects of organic matter application and intensive tillage and traffic on soil structure formation and stability. DOI: 10.1016/j.still.2013.09.011. ISBN 10.1016/j.still.2013.09.011. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198713001797>
- 2 AHMADI, Iman a Hossein GHOUR. Effects of soil moisture content and tractor wheeling intensity on traffic-induced soil compaction. DOI: 10.5513/JCEA01/16.4.1657. ISBN 10.5513/JCEA01/16.4.1657. ISSN 1875-9637. Dostupné také z: <http://jcea.agr.hr/volumes.php?search=Article:1657>
- 3 BO TIAN.LI, FU LIN-TAO, ZHENG XIAO-JING, Modeling the impact of overgrazing on evolution process of grassland desertification, *Aeolian Research*, Volume 9, June 2013, Pages 183-189, ISSN 1875-9637, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2013.01.001>.
- 4 BRADY, Nyle C, Ray R WEIL a E KOVÁCS-LÁNG. The nature and properties of Soils. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002, xvi, 960 s. ISBN 01-301-6763-0.
- 5 CHAMEN T., W.C., Andrew P. MOXEY, Willie TOWERS, Bedru BALANA a Paul D. HALLETT. Mitigating arable soil compaction. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.011. ISBN 10.1016/j.still.2014.09.011. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198714001901>
- 6 D'ODORICO P., BHATTACHAN A., KYLE D. F., SUJITH R., CHRISTIANE R. W., Global desertification: Drivers and feedbacks, *Advances in Water Resources*, Volume 51, January 2013, Pages 326-344, ISSN 0309-1708, <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.
- 7 DE ORO L. A., COLAZO J. C., BUSCHIAZZO D. E., RWEQ – Wind erosion predictions for variable soil roughness conditions, *Aeolian Research*, Volume 20, March 2016, Pages 139-146, ISSN 1875-9637, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.01.001>.
- 8 DEXTER, A.R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*. 2003, 2004(120): 14.
- 9 EHRLICH, P., V. CHÁBERA, J. VÁCHAL a M. ZÁGORA. 1987. Využití penetrometrických metod pro průzkum a projektování zúrodnovacích opatření. Praha. Metodika.
- 10 FAO SOILS BULLETIN [online]. 1968, (17) [cit. 2015-12-16]. Dostupné také z: <http://www.fao.org/docrep/017/d4779e/d4779e.pdf>
- 11 FOTH, Henry D. 1990. Fundamentals of soil science. 8. Michigan, U.S.A: John Wiley and sons. ISBN 0-471-52279-1.
- 12 GIBBS H.K., SALMON J.M., Mapping the world's degraded lands, *Applied Geography*, Volume 57, February 2015, Pages 12-21, ISSN 0143-6228, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>.
- 13 HILLEL D., M. M. Introduction to soil physics. [Nachdr.]. New York: Academic Press, 1982, 544 s. ISBN 01-234-8520-7.
- 14 IBÁÑEZ J., MARTÍNEZ J., SCHNABEL S., Desertification due to overgrazing in a dynamic commercial livestock–grass–soil system, *Ecological Modelling*, Volume 205, Issues 3–4, 24 July 2007, Pages 277-288, ISSN 0304-3800, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.02.024>.

- 15 JAVŮREK, Miloslav a Milan VACH. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění: Metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-87011-57-7.
- 16 KONONOVA, M. M. SOIL ORGANIC MATTER ITS NATURE, ITS ROLE IN SOIL FORMATION AND IN SOIL FERTILITY. 2. Moscow: Pergamon Press Ltd., 1966, 544 s.
- 17 LAL, Rattan. 2006. Encyclopedia of Soil Science. CRC Press. ISBN 0849338301.
- 18 LAL, Rattan a Manoj K. SHUKLA. 2004. Principles of soil physics. New York, NY, U.S.A: Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-5324-0.
- 19 LAL, Rattan, STEWART, B.A. (ed.). 1992. Advances in soil science: Need for Land Restoration. Springer-Verlag New York Inc. ISBN 13:978-1-4612-7684-5.
- 20 LAL, Rattan, Terry M. SOBECKI, Thomas IIVARI a John M. KIMBLE. 2004. Soil degradation in the United States. U.S.A: Lewis Publishers. ISBN 1-56670-534-7.
- 21 LEDVINA R., KOUBALÍKOVÁ J. a HORÁČEK J. 1992. Geologie a půdoznalství. První. České Budějovice: Scientific-Pedagogical Publishing. ISBN 80-900364-6-5.
- 22 LHOTSKÝ, Jiří. 1994. Kultivace a rekultivace půd. 1. Praha: VÚMOP Praha.
- 23 MENON, M., X. JIA, G.J. LAIR, P.H. FARAJ a A. BLAUD. Analysing the impact of compaction of soil aggregates using X-ray microtomography and water flow simulations. DOI: 10.1016/j.still.2015.02.004. ISBN 10.1016/j.still.2015.02.004. ISSN 1875-9637. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198715000392>
- 24 RANKOV. 2014. In: Wikipedia [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Rankov_\(Trhov%C3%A9_Sviny\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rankov_(Trhov%C3%A9_Sviny))
- 25 REYNOLDS, W.D., C.F. DRURY, X.M. YANG a C.S. TAN. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. DOI: 10.1016/j.geoderma.2008.06.017. ISBN 10.1016/j.geoderma.2008.06.017. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706108001821>
- 26 Rozbor udržitelného rozvoje území pro správní obvod obce s rozšířenou působností Trhové Sviny – AKTUALIZACE 2012. 2012. In: www.tsviny.cz [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.tsviny.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=16815&id_dokumenty=1172
- 27 SHAHGOLI, Gholamhossein a Mohammadreza ABUALI. Measuring soil compaction and soil behavior under the tractor tire using strain transducer. DOI: 10.1016/j.jterra.2015.02.007. ISBN 10.1016/j.jterra.2015.02.007. ISSN 1875-9637. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002248981500018X>
- 28 SNAKIN, V, A PRISYAZHNAYA a E KOVÁCS-LÁNG. Soil liquid phase composition. 1st ed. New York: Elsevier, 2001, 316 p. ISBN 04-445-0675-6.
- 29 SZABOLCS, GREENLAND, D.J. a I. SZABOLCS (eds.). 1994. Soil resilience and sustainable land use: The concept of soil resilience. Wallingford: CAB International.
- 30 ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA. 2002. Kvalita a degradace půdy. Olomouc. ISBN 80-244-0584-9.

- 31 ŠIMEK, Miloslav. 2004. Základy nauky o půdě 4. - Degradace půdy. České Budějovice. ISBN 80-7040-667-4.
- 32 TAN, K.H., Ray R WEIL a E KOVÁCS-LÁNG. Environmental soil science. 13th ed. New York: Dekker, 1994, xiv, 304 p. ISBN 08-247-9198-3.
- 33 VÁCHALOVÁ, Radka. 2004. Monitoring a hodnocení produkčního potenciálu zemědělských půd v procesu tvorby GIS. České Budějovice. Jihočeská univerzita.
- 34 WANG, Chao, Fuchun LI, Huanzhi SHI, Zhangdong JIN, Xuhui SUN, Fei ZHANG, Feng WU a Shang KAN. The significant role of inorganic matters in preservation and stability of soil organic carbon in the Baoji and Luochuan loess/paleosol profiles, Central China. CATENA [online]. 2013, 109: 186-194 [cit. 2015-12-16]. DOI: 10.1016/j.catena.2013.04.001. ISSN 03418162. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816213000817>
- 35 WANG, Enheng, Richard M. CRUSE, Yusen ZHAO a Xiangwei CHEN. Quantifying soil physical condition based on soil solid, liquid and gaseous phases. Soil & Tillage Research. 2013, 2015(146): 6. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.018.
- 36 WANG, Zhi-Ping, Xing-Guo HAN, Scott X. CHANG, Bin WANG, Qiang YU, Long-Yu HOU a Ling-Hao LI. Soil organic and inorganic carbon contents under various land uses across a transect of continental steppes in Inner Mongolia. CATENA [online]. 2013, 109: 110-117 [cit. 2015-12-16]. DOI: 10.1016/j.catena.2013.04.008. ISSN 03418162. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816213000982>

Přehled příloh

- 1 Tab. č. 1 - Potenciální nebezpečí zhutnění u jednotlivých půdních typů - (převzato z: Šarapatka, 2002)
- 2 Tab. č. 2 - Objemová hmotnost vzorku v závislosti s rel. vlhkostí vzorku a počtem přejezdů (Ahmadi et Ghaur, 2015)
- 3 Tab. č. 3 - Ložisková území - SO ORP Trhové Sviny (<http://www.tsviny.cz/>, 2012)
- 4 Tab. č. 4 - HPJ kódy s celkovými výměrami pozemků se stejnými HPJ a jejich
5 zastoupením
- 6 Tab. č. 6 - Orientační posouzení půd k náchylnosti k erozi (Váchalová, 2004)
- 7 Tab. č. 7 a 8 - Orientační hodnocení předpokladů ke skeletovitosti (Váchalová, 2004)
- 8 Graf č. 1 - efekt rychlosti pojezdu traktoru a půdní vlhkosti na kompakci
- 9 Obr. č. 1 - Mapa oblasti Rankov s příslušnými kódy BPEJ