

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



Fakulta životního
prostředí

Acidifikace půd v blízkém okolí Prahy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Robin Němeček

Praha, 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Robin Němeček

Krajinářství

Název práce

Acidifikace půd v blízkém okolí Prahy

Název anglicky

Acidification of the soil on the outskirts of Prague

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnocení míry nebezpečí acidifikace půd v blízkém okolí Prahy, analyzovat současné podmínky a možnosti ochrany půdy a navrhnout řešení zpomalení tohoto degradačního procesu půdy. Součástí práce je charakteristika a vznik acidifikace dle literární rešerše.

Metodika

1. Zpracování literární rešerše o půdě, jejím vzniku, dělení, ochraně a degradaci.
2. Zpracování literární rešerše o acidifikaci půdy, vzniku a možné nápravě.
3. Vyhodnocení půdy v blízkém okolí Prahy.
4. Návrh možného řešení nápravy či udržení kvality půdy, dle zjištěných informací.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

acidifikace, degradace půdy, kvalita půdy

Doporučené zdroje informací

JANDÁK, Jiří, Eduard POKORNÝ a Alois PRAX. Půdoznalství. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7.

LACKOVÁ, Eva, Kateřina RŮŽIČKOVÁ a Lenka URBANCOVÁ. Degradace a ochrana půd: teorie a cvičení : výuková skripta. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3704-8.

ŠARAPATKA, Bořivoj, Zoltán BEDRNA a Pavel DLAPA. Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

ŠÍMEK, Miloslav. Základy nauky o půdě. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2004. ISBN 80-7040-667-4.

VLČEK, Vítězslav. Kvalita a zdraví půdy. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-215-1.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2017

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci "Acidifikace půd v blízkém okolí Prahy" vypracoval samostatně pod vedením garanta doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu mé práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi při vypracování poskytl. Poděkování také patří mé rodině, která mě podporovala během celého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá otázkou jedné z chemických degradací půd a to acidifikací, neboli okyselení. Jsou zde popsány základní vlastnosti půdy, ať už fyzikální, chemické či biologické a následně rozepsány důvody a důsledky okyselení na půdu, rostliny i edafon. Také se v krátkosti věnuje acidifikaci lesních porostů a ohrožení povrchových vod. Podrobně se práce zabývá možnostmi nápravy škod způsobených okyselením půd, mezi které patří hlavně vápnění půd. Jak je v práci uvedeno, vápnění s sebou nese také rizika, a proto je vhodnější této degradaci předejít.

Nejzávažnější situace v naší republice je v krajích Karlovarském, Jihočeském a v kraji Vysočina, kde je ohroženo více než 50 % půd. Tato práce je ovšem zaměřena na půdy kolem hlavního města Prahy. Byly odebrány vzorky a zpracovány výsledky, které jsou srovnány se statistickými údaji.

Klíčová slova: Acidifikace, degradace půdy, kvalita půdy

Abstract

The bachelor's thesis deals with soil acidification which is one of the chemical soil degradation processes. The basic soil properties, either physical, chemical or biological are described and also the reasons and consequences of acidification on soil, plants and edaphon. The thesis then describes the treatment possibilities of damages caused by acidification. To this category belongs liming but it nonetheless carries some risks and thus it is better to prevent acidification than to look for remedies.

Soil acidification is a major problem in the Karlovy Vary, South Bohemia and Vysočina regions where more than 50% of soils are endangered. The thesis however deals only with the soils around Prague. Statistical data are compared with soil samples acquired in the region.

Key Words: Acidification, soil degradation, soil quality

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 10 |
| 2 | Cíl práce a metodika..... | 12 |
| 3 | Půda..... | 13 |
| 3.1 | Pedogeneze..... | 13 |
| 4 | Vlastnosti půdy..... | 16 |
| 4.1 | Fyzikální vlastnosti půdy..... | 16 |
| 4.1.1 | Zrnitost | 16 |
| 4.1.2 | Skeletovitost a hloubka půdy | 17 |
| 4.1.3 | Měrná a objemová hmotnost půdy..... | 18 |
| 4.1.4 | Pórovitost | 18 |
| 4.1.5 | Půdní struktura | 18 |
| 4.1.6 | Barva | 19 |
| 4.2 | Chemické vlastnosti půdy | 19 |
| 4.2.1 | Výskyt prvků v půdě | 19 |
| 4.2.2 | Půdní reakce | 20 |
| 4.2.3 | Půdní sorpční komplex..... | 20 |
| 4.2.4 | Pufrovací schopnost půdy | 21 |
| 4.2.5 | Oxidačně redukční vlastnosti | 21 |
| 4.2.6 | Půdní organická hmota..... | 21 |
| 4.3 | Biologické vlastnosti půdy | 23 |
| 5 | Funkce půdy | 24 |
| 6 | Degradace půd..... | 25 |
| 7 | Ochrana půdy před degradací..... | 27 |
| 7.1 | Právní ochrana půdy | 27 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.2 | Třídy ochrany zemědělského půdního fondu | 28 |
| 8 | Acidifikace | 29 |
| 8.1 | Přírodní zdroje acidifikace | 29 |
| 8.2 | Antropogenní zdroje acidifikace | 29 |
| 8.2.1 | Kyselý déšť | 30 |
| 8.3 | Důsledky acidifikace | 30 |
| 8.4 | Ochrana půd před acidifikací | 31 |
| 8.4.1 | Vápnění | 32 |
| 8.4.2 | Agrochemické zkoušení zemědělských půd | 33 |
| 8.4.3 | Obsah přístupného vápníku..... | 34 |
| 8.5 | Acidifikace lesních půd | 34 |
| 8.6 | Acidifikace povrchových vod | 35 |
| 9 | Současný stav půdy v ČR v souvislosti s acidifikací půd | 36 |
| 9.1 | Situace vápnění..... | 37 |
| 10 | Stav půdy ve Středočeském kraji v souvislosti s acidifikací půd..... | 39 |
| 10.1 | Půdní typy a třídy ochrany ZPF v kraji | 39 |
| 10.2 | Přístupný vápník v kraji | 40 |
| 11 | Ohrožení půdy v blízkém okolí Prahy | 41 |
| 12 | Diskuze..... | 44 |
| 13 | Závěr | 46 |
| 14 | Použitá literatura | 47 |

1 Úvod

Půda je jednou z nejdůležitějších a základních podmínek pro existenci života. Díky půdě mohou růst rostliny, které produkují kyslík a slouží zároveň jako potrava pro živočichy, díky půdě mohou žít různé organismy spjaté s touto neživou složkou přírody, které jsou nedílnou součástí koloběhu vody, živin a základních prvků. Díky půdě také můžeme žít my, lidé. Půda je pro lidstvo nenahraditelným zdrojem obživy. Člověka provází půda od prvopočátku, slouží mu jako stavební materiál, jako plocha na výrobu produktů určených k výživě či jako zdroj odpočinku.

Půda má mnoho dalších vlastností a funkcí, které by měly být nadále uchovávány v její kvalitě a patřičně chráněny. Zemědělství v historii bylo bráno jako privilegium, které se učilo z generace na generaci. Otcové předávali svým synům poznatky, vědomosti, učili je jak se o půdu starat a chovali se k ní nanejvýš uctivě. V moderním světě dochází bohužel k pravému opaku. Člověk začal půdu brát jako nutnost, kterou je potřeba náležitě využít. Zjistil, že za pomoci různých látek průmyslově vyráběných lze zvýšit výnos plodin. Také učinil několik opatření, které měly pomoci opět k navýšení výnosu, jako například masivní scelování pozemků s odstraňováním remízků.

Tyto postupy ovšem vedly pouze k postupné degradaci půd. Půda je stále se měnící a vyvíjející systém, ovšem neuváženou lidskou činností jsou některé procesy narušeny a půda přestává plnit své určité funkce. Degradaci je možno rozdělit z několika hledisek, z nichž nejpoužívanější je podle typu a to fyzikální a chemická degradace. V této práci je popsána jedna z chemických degradací a to acidifikace.

Acidifikace neboli okyselení půd je "moderní" problém většiny zemí světa. Kyselé půdy se do jisté míry mohou přirozeně nacházet v jehličnatých lesích, ovšem v půdě orné může kyselá reakce způsobovat mnoho negativních vlivů, které nadále ovlivňují výnos plodin a v nemalé míře také půdní život. Acidifikaci již vzniklou lze tlumit přidáváním vápenatých hmot, ale ty mají nejenom vlivy pozitivní. Také osevňovací postupy, ve kterých se zařazují víceleté pícnin nebo např. nižší aplikace minerálního N pomohou snížit důsledky okyselení. Jeden z nejzávažnějších důvodů okyselení půd nejen orných, ale i lesních nebo trvalých travních porostů jsou kyselé

deště. Existuje mnoho teorií jak zabránit či alespoň snížit důsledky okyselování, ovšem praxe je v mnoha případech naprosto odlišná.

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je vyhodnocení míry nebezpečí acidifikace půd v blízkém okolí Prahy, analýza současných podmínek a možnosti ochrany půdy a návrh řešení zpomalení tohoto degradačního procesu. Byly vyhodnoceny vzorky půd odebraných v okolí Prahy a porovnány se statistikami z uplynulých let.

Součástí práce je také zpracování literární rešerše zaměřené na vlastnosti půdy, funkce půdy, důvody a důsledky degradace půd a podrobně rozepsána charakteristika a vznik chemické degradace půdy - acidifikace.

Metodika

1. Zpracování literární rešerše o půdě, jejím vzniku, dělení, ochraně a degradaci
2. Zpracování literární rešerše o acidifikaci půdy, vzniku a možné nápravě
3. Vyhodnocení půdy v blízkém okolí Prahy
4. Návrh možného řešení nápravy či udržení kvality půdy, dle zjištěných informací

3 Půda

Půda pro lidstvo od počátku plní funkci výživy, čímž se stává nenahraditelným prvkem krajiny. Na vznik půdy a definici tohoto pojmu se názory vyvíjely podobně, jako je tomu v jiných oborech. Nejvýznamnější byly směry Statické nazírání a Dynamické pojetí (Jandák et al., 2010).

Statické nazírání pokládalo půdu za neživou směs zvětralých hornin a odumřelých organických zbytků v různém stupni rozkladu. Nebere ohled na vývoj půdy a jeho vztah k přírodnímu prostředí (Jandák et al., 2010).

Dynamické pojetí bylo zaváděno od sedmdesátých let 19. století ruskou školou ve vedení V. V. Dukočajeva, který je nyní považován za zakladatele moderní vědy o půdě. Podle této koncepce jsou půdy chápány jako nezávislé subjekty, z nichž každý má unikátní morfologii, která vzniká působením specifické kombinace klimatu, živých organismů, matečného substrátu, reliéfu a stáří. Skládá se z pevných látek minerálních i organických, kapalin a plynů (Vlček, 2015).

V Československu toto pojetí zastával profesor Václav Novák a jeho definice půdy zní (dle Vlček, 2015):

"Půda je přírodní útvar vyvinutý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků. Jeho stavba a složení jsou výsledkem působení klimatu a živých organismů žijících v půdě i na ni."

3.1 Pedogeneze

Vznik půdy je velmi složitý proces, který nemá konce. Na začátku vzniku půdy je proces zvaný zvětrávání. Jedná se o přírodní proces, kdy dochází k přeměně skal a minerálů do stabilnější formy. Zvětrávání se dá rozlišit do 3 základních typů:

Fyzikální zvětrávání - dochází k rozpadu celistvé horniny na různě velké úlomky bez chemické a mineralogické změny. Hlavními faktory jsou změny teplotní.

Chemické zvětrávání - působením vody, kyslíku a oxidu uhličitého na rozpadlé horniny vznikají částice, které mají odlišné chemické a mineralogické složení než původní substrát.

Biologické zvětrávání - živé organismy je účastním zvětráváním svým mechanickým i chemickým působením na mateční horninu a půdotvorný substrát (Jandák, 2010; Hladký et al., 2015).

Přeměna minerální hmoty v půdu má 3 základní stupně (Jandák, 2010):

Mateční hornina - hornina nedotčená zvětrávacími procesy, narušená pouze fyzikálně na svém povrchu

Půdotvorný substrát - mateční hornina narušená mechanicky a chemicky zvětrávacími procesy

Půda - přírodní oživený útvar vytvořený půdotvorným procesem z půdotvorného substrátu, při čemž důležitou součástí procesu hrají biologické pochody

Pedogeneze je ovlivněna faktory a podmínkami půdotvorných procesů. Půdotvorné faktory působí přímo na vznik půdy a řadí se zde půdotvorný substrát, klima, biologický faktor, podzemní voda a do jisté míry i člověk. A mezi půdotvorné podmínky patří reliéf terénu a čas (Hladký et. al, 2015).

Člověk sice ovlivňuje pedogenezi, ale nelze ho řadit mezi přirozené faktory. Pozitivní vliv člověka na půdu je např. zvyšováním hloubky prohumózněné vrstvy a jiné kladné změny ve vlastnostech půdy, ovšem na druhé straně dochází díky kultivační činnosti k úbytku humusu v proorávaném vrstvě, utužování půd, zvyšování účinku eroze, kontaminace půdy cizorodými xenobiotickými látkami aj. (Tomášek, 2007).

Půdotvorné procesy lze rozdělit na (Šarapatka, 2014):

Obecné půdní mikroprocesy - působení fyzikálních, chemických a biologických pochodů na pevnou, kapalnou a plynou fázi půdy

Speciální půdotvorné procesy - kombinace půdních mikroprocesů za vzniku půdních horizontů a významných znaků. Např. (Hladký et al., 2015):

- hnědnutí (braunifikace) - dochází k transformaci méně stabilních forem železa do forem stabilnějších, půda má barvu hnědou až rezavou
- humifikace - přeměna surových organických látek na humus, na procesu se podílí edafon
- iluviace - dochází k obohacení půdního horizontu koloidy a dalšími látkami z výše položených horizontů
- eluviace - ochuzování (vyplavování) půdního horizontu o koloidy a další rozpustné látky vlivem prosakující srážkové vody. Látky jsou odnášeny do nižších částí půdního profilu
- Salinizace - akumulace rozpustných solí v půdě. Při zdvihu podzemních vod a následném intenzivním vypaření se sůl v půdním roztoku zkrystalizuje
- Vyluhování - acidifikace - dochází ke snížení nasycenosti sorpčního komplexu v důsledku vyplavení iontů z půdního profilu

4 Vlastnosti půdy

Půda se skládá ze 3 jednotlivých částí, které mají velmi úzký vztah. Navzájem se ovlivňují, probíhají mezi nimi procesy a výsledkem jsou různé vlastnosti půdy. Jedná se o pevné části (minerální a organické látky), kapalnou část (půdní roztok) a plynnou část (půdní vzduch). (Mučková a Kapica, 2015).

4.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Mezi základní fyzikální vlastnosti patří zrnitost, skelevitost, měrná a objemová hmotnost, pórovitost, struktura půdy a barva. Mezi další vlastnosti fyzikální charakteristiky patří např. vodní kapacita, propustnost, tepelná a teplotní vodivost, soudružnost, konzistence atd. (Šarapatka, 2014).

4.1.1 Zrnitost

Udává informace o poměrném zastoupení částic určité velikosti. Je jednou z nejdůležitějších vlastností půdy, základní složkou pro klasifikaci půd dle druhu nebo zrnitostní třídy (Jandák et al., 2003).

Ovlivňuje mnoho chemických, fyzikálních i biologických vlastností. Jednou z nich je pohyb vody v půdě. Rychleji odtéká v písčítých půdách než v jílovitých. S tím souvisí i dostupnost vody rostlinám. V jílovitých půdách je dostupnost vody nižší, protože půdní částice a voda poutají větší síly než je tomu v půdách písčítých.

Na základě zrnitosti lze hodnotit i erodovatelnost. Za stejných podmínek lépe erodují půdy s vyšším obsahem prachu a jílu, než písčité půdy. Ty totiž lépe vsakují vodu (nedochází k odtoku) a jsou na rozdíl od prachu a jílu těžké a proto hůře transportované.

Také obsah půdní hmoty bývá ovlivněn zrnitostí, čím více jílu, tím více organické hmoty. Z neméně významných vlastností, které ovlivňuje obsah jílu a půdní organické hmoty je kationtová výměnná kapacita a pufrční schopnost půd (Vlček, 2015).

Klasifikace zrnitosti

Existuje mnoho různých systémů hodnocení zrnitosti, u nás ovšem nejpoužívanější je Novákova klasifikace půdních druhů, která se sestavena podle procentuálního zastoupení částic menších než 0,01 (jílkaté částice) (Šarapatka, 2014).

Tabulka č. 1: Novákova klasifikace dle Pokorný et al., 2007

| Obsah částic (zrn) <0,01 mm | Označení půdního druhu | Označení pro zpracovatelnost půdy |
|---------------------------------------|-------------------------------|--|
| 0 - 10 % | písčítá zemina (P) | lehká |
| 10 - 20 % | hlinitopísčítá zemina (HP) | |
| 20 - 30 % | písčitohlinitá zemina (PH) | středně těžká |
| 30 - 45 % | hlinitá zemina (H) | |
| 45 - 60 % | jílovitohlinitá zemina (JH) | těžká |
| 60 - 75 % | jílovitá (JV) | |
| nad 75 % | jíl (J) | |

4.1.2 Skeletovitost a hloubka půdy

Půdní skelet je významnou složkou především lesních porostů, ale i část zemědělské půdy (25 %) obsahuje štěrk, kameny nebo balvany. Půdním skeletem jsou tedy označeny částice o průměru větším než 2 mm. Částice o velikosti 2 - 4 mm jsou pojmenovány hrubý písek, 4 - 30 mm štěrk a nad 30 mm se hodnotí jako kamení. Přítomnost skeletu ovlivňuje především objemovou hmotnost, vodní kapacitu, infiltraci, náchylnost k erozi, teplotu půdy, aj.

Hloubka půdy ovlivňuje rozvoj kořenů rostlin, akumulaci vody a rostlinných živin. Charakterizuje mocnost půdního profilu, rozeznáváme půdy hluboké, střední a mělké (Mučková a Kapica, 2015).

4.1.3 Měrná a objemová hmotnost půdy

Měrná hmotnost

Představuje poměr hmotnosti pevné části půdy bez pórů k objemu. Závisí na obsahu minerálů a organických látek (humusu). Nejvíce zastoupený nerost u nás je křemen. Měrná hmotnost se snižuje vyšším obsahem organických látek. Hodnota měrné hmotnosti se využívá k výpočtu půdní pórovitosti (Pokorný et al., 2007).

Objemová hmotnost

Jedná se o hmotnost určitého objemu půdy v přirozeném uložení. Závisí na poměru pevných částic půdy a pórovitosti, se zvyšováním množství pórů klesá objemová hmotnost (Šarapatka, 2014). Tato hodnota je velmi nestálá, kolísá během roku v závislosti na vlhkosti půdy (Pokorný et al., 2007).

4.1.4 Pórovitost

Volné prostory mezi půdními částicemi jsou póry, díky kterým vniká do půdy voda, vzduch a ovlivňují zvětrávací a půdotvorné pochody (Šarapatka, 2014). Mají rozdílný tvar, velikost a jsou navzájem různě propojeny. Nezbytné jsou pro výměnné reakce mezi mikroorganismy a kořinky rostlin. Pórovitostí se vyhodnocuje kyprost či ulehlost půdy a lze ji upravit zpracováním půdy (orba, kypření, vláčení, aj.) (Pokorný et al., 2007).

4.1.5 Půdní struktura

Jedná se o fyzikální vlastnost půd, kdy mluvíme o prostorovém uspořádání agregátů v půdě (Jandák et al., 2010). Agregáty jsou strukturální elementy, vzniklé seskupením elementárních půdních částic. Strukturu lze třídit dle velikosti, tvaru a vzniku agregátů. Na tvorbě struktury se podílí procesy fyzikální (tlak kořenů, mechanická činnost edafonu, vliv teplotních změn půdy i pracování půdy), fyzikálně-chemické (především procesy, kdy dochází ke koagulaci půdních koloidů) a biologické (např. vznik agregátu v trávicím ústrojí edafonu) (Šarapatka, 2014).

Kvalitní půdní struktura je předpokladem k tzv. zralosti půdy, což je optimální stav fyzikálních a biologických vlastností půdy. Strukturální ornice je

snadno obdělávatelná, celkově kyprá s vyrovnanou biologickou aktivitou, vodním, vzdušným, tepelným a živinným režimem. Narušení může přijít společně s vydatnými dešti, nevhodným zpracováním půdy, použitím těžkých mechanických strojů a také neúměrné užití průmyslových hnojiv (Jandák et al., 2010).

4.1.6 Barva

Barva je ukazatelem obecných půdních vlastností, důležitým morfologickým znakem při rozlišování půdních horizontů a také díky barvě jsou pojmenované některé půdní typy (černozem, hnědozem, andozem, apod.). Chemické procesy, které v půdě probíhají, mohou být vykazovány barevnou změnou půdy (braunifikace - hnědnutí, leucinizace - vybělení, apod.). Barva je ovlivněna obsahem organických látek, vody, přítomností a oxidačním stavem chemických látek (Vlček, 2015).

4.2 Chemické vlastnosti půdy

Mezi chemické vlastnosti půdy lze řadit výskyt prvků v půdě, půdní reakce, půdní sorpční komplex, pufovací schopnost půdy, oxidačně redukční vlastnost a organická hmota.

4.2.1 Výskyt prvků v půdě

Při chemickém rozboru půdy se především zjišťuje minerální síla půdy (Mučková a Kapica, 2015). Kyslík, křemík, hliník a železo jsou nejrozšířenější prvky v půdě. Jsou součástí primárních či sekundárních minerálů, půdní vody i vzduchu a uvolňují se v různých formách při zvětrávání (Šarapatka, 2014). Dusík, fosfor a draslík jsou fyziologicky významnými živinami. Negativní dopady má zvýšený obsah sodíku, který může ovlivnit fyzikální vlastnosti půdy, především rozpad půdní struktury. Dále železo a mangan mohou poškodit vodní režim půdy (Mučková a Kapica, 2015).

4.2.2 Půdní reakce

Jedna z nejvýznamnějších vlastností půdy, patří mezi ukazatele degradace půdy. Závisí na ni rozpustnost sloučenin biogenních a stopových prvků, ovlivňuje proces vniku a vývoje půdy, složení a aktivitu edafonu i rostlin. Je určena aktivitou volných iontů H^+ a OH^- . Vyjadřuje se hodnotou pH, reakce může být od velmi kyselé po zásaditou (Jandák, 2010; Mučková a Kapica, 2015).

Tab. č. 2: Kritéria pro hodnocení půdní reakce pH/KCl (Richter et al., 1999)

| pH | Půdní reakce |
|-----------|-----------------|
| nad 7,7 | silně alkalická |
| 7,3 - 7,7 | alkalická |
| 6,6 - 7,2 | neutrální |
| 5,6 - 6,5 | slabě kyselá |
| 5,1 - 5,5 | kyselá |
| 4,6 - 5,0 | silně kyselá |
| do 4,5 | extrémně kyselá |

4.2.3 Půdní sorpční komplex

Další velmi důležitá schopnost půdy, která lze charakterizovat jako schopnost vázat různé ionty nebo celé molekuly látek z půdního roztoku a omezovat tak vyplavení živin do spodních vrstev a nežádoucí zvýšení koncentrace solí v půdním roztoku (Richter, 1997).

Sorpce je závislá na množství koloidních částic v půdě, tvořené organickými (humusové látky) a minerálními (jílovité minerály) látkami. Většina půdních koloidů má negativní náboj, proto poutají především kationty (95 %) a anionty bývají vyplavovány z půdy a mohou způsobit kontaminaci podzemních vod (Vlček, 2015).

Dle Vlčka, 2015 sorpční komplex ovlivňuje sorpční kapacitu vody, půdní reakci, charakter a dynamiku některých chemických procesů, pufrovitost půdy a

nepřímo ovlivňuje strukturu půdy a obdělávatelnost, vodní a vzdušný režim, biologickou aktivitu půdy aj.

4.2.4 Pufrovací schopnost půdy

Pufrovitost neboli tlumivost je schopnost půd bránit se změnám půdní reakce, tzn. udržovat stálou koncentraci vodíkových iontů v půdním roztoku. Určit pufrovací kapacitu lze množstvím kyselin nebo zásad, které vychýlí pH o jednu jednotku. Pufrovací schopnost závisí na chemickém a zrnitostním složení půd, sorpční kapacitě i stupni nasycenosti půd bazickými kationty.

Vliv na pufrovací kapacitu má zejména adsorpčně nasycený humus. Kyselost odstraňuje výměnnou bázi za ionty vodíku půdního roztoku. Alkalita je neutralizována uvolněním H^+ do půdního roztoku, kde s OH^- vytvoří málo disociovanou vodu.

Dále na pufrovací kapacitu má vliv obsah jílových minerálů v půdě a amorfní gely kyseliny křemičité a hydrátů sesquioxidů. Těžší půdy mají vysokou pufrovací schopnost, oproti půdám lehčím (píscitě), které citlivě reagují na každý zásah do půdy a při nevhodných úpravách či hnojení, může dojít k acidifikaci půdy (Jandák, 2010; Šarapatka, 2014).

4.2.5 Oxidačně redukční vlastnosti

Podmínky oxidačně redukčních procesů jsou především půdní vlhkost, obsah kyslíku v půdním vzduchu i půdním roztoku, organické látky i činnost mikroorganismu. Oxidace i redukce jsou součástí komplexních chemických dějů v půdách (Mučková a Kapica, 2015).

4.2.6 Půdní organická hmota

Organické látky tvoří v půdě 2 - 5 %, ale i přes nízký obsah ovlivňují řadu procesů v půdě, které mají vliv na výživu rostlin. Jedná se o složitý komplex organických sloučenin. Do půdy se mohou dostat posklizňovými zbytky (kořeny, nadzemní části rostlin), organickými hnojivy (chlévkový hnůj, kejda, zelené hnojení,

kompost, aj.) nebo v půdě vzniká (humus). Organickou hmotu lze dělit na humifikované a nehumifikované.

Dle Richter, 1997:

Nehumifikované organické látky - přibližně 10 - 15 % z celkové organické hmoty. Jedná se o nerozložené zbytky rostlin, organických hnojiv a živočichů. Postupně dochází k rozkladu, který se nazývá mineralizace a konečným produktem jsou voda, oxid uhličitý a jednoduché sloučeniny. Uvolněná energie z mineralizace slouží jako potrava pro půdní mikroorganismy.

Humifikované organické látky - k plné mineralizaci nedochází u 85 - 90 % organických látek. Za omezeného přístupu vzduchu probíhá vedle rozkladu tvorba nových složitých organických látek, zvané látky humusové.

Dle Jandák et al., 2010 se humifikované organické látky dělí:

- humínové kyseliny - jsou tmavé barvy a řadí se mezi nejkvalitnější složku humusových látek. Ve vodě jsou nerozpustné, dobrá rozpustnost v louhu a roztocích soli. Významnou vlastností je tvorba tzv. organominerálních komplexů, které mají vysokou schopnost sorpce.
- hmatomelanové kyseliny - součást huminových kyselin, dají se oddělit extrakcí
- fulvokyseliny - žluté až hnědé a pohyblivé v půdě. Rozpustné ve vodě a silně kyselé fulvokyseliny jsou agresivní na minerální část půdy a ochuzují ji o živiny a koloidní látky
- humíny, humusové uhlí - nerozpustné ve vodě, ani louhu či roztoku soli. Je to silně karbonizovaná organická hmota. Humusové uhlí je tmavá, zuhelnatěná, na uhlík a dusík bohatá hmota.

4.3 Biologické vlastnosti půdy

V půdě jsou přítomné živé organismy, kterým se říká edafon. Význam půdních organismů je především v rozkladu organické hmoty, podílení na koloběhu živin, zlepšování půdní struktury, podílení se na regulaci rostlinných škůdců v půdě a podpoře růstu rostlin.

Edafon se dělí na fytoedafon - organismy pocházející z rostlinné říše a zooedafon - organismy z živočišné říše. Dále lze dělit na:

- mikroedafon - velikost pod 0,2 mm (bakterie, aktinomycety, sinice, řasy, houby a prvoci)
- mezoedafon - velikost 0,2 - 2 mm (hád'átka, chvostoskoci, roztoči)
- makroedafon - velikost 2 - 20 mm (pavouci, mnohonožky, stonožky, hmyz a měkkýši)
- megaedafon - velikost nad 20 mm (děšť'ovky, obratlovci)

Mikroedafon ovlivňuje především zvětrávací procesy, nitrifikaci, denitrifikaci, fixace molekulárního dusíku a zejména vliv na mineralizaci organických látek a humifikaci včetně rozkladu rezidui pesticidů.

Složení půdních organismů je závislé na půdním typu a vlastnostech půdy. Změny jsou zásluhou ekologických a geologických faktorů, klimatem a činností člověka (Pokorný 2007; Mučková a Kapica, 2015).

5 Funkce půdy

Jedná se o schopnost půdy zabezpečovat určité ekologické, enviromentální a socioekonomické jevy a činnosti v přírodě. Půdu je potřeba chápat nejen ve vztahu k biotě, ale také k hornině, vodě či atmosféře (Vlček, 2015).

Podle směrnice EU by půda měla plnit tyto funkce (Mučková a Kapica, 2015):

- produkce biomasy
- shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody
- zásobárna biodiverzity, jako stanoviště druhů a genů
- fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti
- zdroj surovin
- působení jako zásobárna uhlíku
- archiv geologického a archeologického dědictví

Mezi další funkce patří: biochemická, transportní a asanační funkce.

6 Degradace půd

Degradace je jev, který snižuje schopnost půdy podporovat život, ve kterém dochází ke snížení úrodnosti, využitelnosti půd a snižuje se i její ekologická funkce (Lacková, et al., 2015).

- Související pojmy (Smrček, 2013)

Poškození půdy - ztráta jedné či více funkcí půdy

Citlivost půdy - stupeň reakce půdy na degradační faktory (náchylnost ekosystému ke změnám ve struktuře a funkci)

Zranitelnost půdy - do jaké míry mohou degradační procesy poškodit funkce půdy

Antropogenní příčiny způsobující degradaci půd (Lacková et al., 2015):

- nadměrné spásání vegetace pastvou dobytka (35 %)
- nepřiměřené zemědělské využití, nevhodné osevní postupy a nevhodné zavlažovací systémy (27 %)
- ndlesňování (30 %)
- odstraňování přirozené vegetace (7 %)
- průmyslové aktivity
- časté použití těžké mechanizace a sešlapávání

- Typy degradace (Smrček, 2013):

Fyzikální - zábor půdy, vodní a větrná eroze, utužení půdy, pokles povrchu, zamokření, desertifikace

Chemické - kontaminace rizikovými prvky, organickými látkami, radionuklidy, acidifikace, eutrofizace, salinizace

- Formy degradace (Vlček, 2015):

Kvantitativní - brownfields, zábor půdy, desertifikace

Kvalitativní - eroze, acidifikace, salinizace, kontaminace polutanty, utužení aj.

➤ Dopady degradace (Vlček, 2015):

Přímé - snižují výrobní kapacitu půdy, škody na osivu, hnojivu, potřeba zvýšených vstupů pro udržení úrovně výroby aj.

Nepřímé - např. u vodní eroze zanášení koryt, vodních nádrží, pokles kvality říčních toků

7 Ochrana půdy před degradací

Pojem ochrana půdy ukrývá celou řadu technických, ekonomických a legislativních opatření, díky kterým je snaha zabránit zmenšování plochy půdy pokryté vegetací a ničení či jen zhoršování všech produkčních a ekologických funkcí půdy.

Cílem ochrany půdy (dle Smrček, 2013) je:

- zachování půdy jako výrobního prostředku a součásti životního prostředí
- zachování nebo obnova funkcí půdy
- zabránění degradace půdy vnějšími faktory a lidskou činností

7.1 Právní ochrana půdy

Ochrana půdy je významná i na úrovni mezinárodní spolupráce a jak uvádí Smrček (2013) jsou to především přijaté dokumenty Evropská charta o půdě (přijata roku 1972) a Světová charta o půdě (přijata roku 1981).

V EU se jednotlivé předpisy týkající se půdní problematiky připravují. Formulovaná je Tematická strategie pro ochranu půdy (The Thematic Strategy for Soil Protection), jejíž součástí je Sdělení Komise - KOM(2006)231 ostatním evropským institucím. V přípravě je také Rámcová směrnice k ochraně půdy (MŽP, online).

Přehled národní legislativy týkající se ochrany půdy (MŽP, online):

- Zákon č.334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu.
- Zákon vymezuje zemědělský půdní fond (ZPF), stanovuje nástroje jeho kvalitativní i kvantitativní ochrany, režim odnímání zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu a odvody za odnětí zemědělské půdy, vymezuje orgány ochrany ZPF a upravuje výkon státní správy na úseku ochrany ZPF, stanovuje sankce za správní delikty a zmocňuje MŽP k vydávání prováděcích předpisů (vyhlášek).
- Vyhláška č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany ZPF

- Vyhláška č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany
- Vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě

Související legislativa (MŽP, online; Smrček, 2013):

- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Zákon č. 254/2001 Sb., o ochraně vod
- Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech
- Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách používání kalů na zemědělské půdě

7.2 Třídy ochrany zemědělského půdního fondu

Je definováno 5 tříd ochrany zemědělského půdního fondu (ZPF) pro účely optimalizace nakládání se státní půdou (Vumop, online).

- I. třída ZPF - bonitně nejcennější půda v jednotlivých klimatických regionech. Převážně na rovinatých, nebo jen mírně sklonitých pozemcích.
- II. třída ZPF - v rámci jednotlivých regionů mají nadprůměrnou produkční schopnost.
- III. třída ZPF - půdy vyznačující se průměrnou produkční schopností. Tuto půdu je možné využít i na územní plánování pro výstavbu a jiné nezemědělské využití.
- IV. třída ZPF - půdy podprůměrné, jen s omezenou ochranou, využitelné pro výstavbu a jiné nezemědělské účely.
- V. třída ZPF - ostatní bonitované půdní ekologické jednotky (BPEJ), půda má velmi nízkou produkční schopnost. Pro zemědělské účely postradatelná půda, ochranný stupeň nejnižší, s výjimkou vymezených ochranných pásem a chráněných území.

8 Acidifikace

Acidifikaci neboli okyselení je možné definovat jako snížení schopnosti pufovitosti půdy. V půdě se tvoří kyseliny nebo se do půdy mohou dostat z povrchu, dochází ke ztrátě bazických kationtů (K^+ , Ca^+ , Mg^{2+} , Na^+) a uvolňováno hliníku a železa. Zároveň se zhoršuje sorpční schopnost půdy (Brtnický et al., 2012). Acidifikace může vznikat přirozenými půdními procesy, nebo také antropogenně podmíněnými procesy. Přírodně tento proces trvá staletí až tisíciletí, lidskou činností se urychlil na desetiletí, což má negativní vliv na mikroorganismy a rostliny (Šarapatka, et al., 2002).

8.1 Přirozené zdroje acidifikace

Přirozenou acidifikaci způsobují např. pochody v půdě jako podzolizace nebo ilimerizace, dále zvětráváním určitých půdotvorných minerálů se uvolňují ionty H^+ .

Dýchání kořenů a rozklad organických látek za produkce CO_2 , (rozpuštěním CO_2 ve vodě vzniká slabá $H_2CO_3^*$). Rozklad organických látek za produkce humusových kyselin (huminové a fulvokyseliny).

Externím zdrojem okyselení se stávají kyselé deště, kdy pH srážek klesá pod 5,6 díky tvorbě kyseliny sírové a dusičné (Šimek, 2004; Lacková et al., 2015)

8.2 Antropogenní zdroje acidifikace

Nejzávažnějším faktorem okyselení půd jsou kyselé deště. Mezi další patří (dle Šarapatka et al., 2002):

- vysoké dávky fyziologicky kyselých průmyslových hnojiv (zejména dusíkatých)
- omezené použití hnoje a kompostu
- vysoké dávky kejdy (prasečí)

- vysoké zastoupení obilovin v osevním postupu
- nízké zastoupení víceletých pícnin na orné půdě
- utužení půdy použitím těžkých mechanismů se zvyšováním koncentrace CO₂ v půdním vzduchu
- zrychlená vodní eroze půdy s odkrýváním kyselé spodiny
- nedostatečné vápnění přirozeně kyselých zemědělských půd

8.2.1 Kyselý déšť

Jak už bylo výše zmíněno kyselý déšť je výtvořem jak přírody, tak i neméně důležitou roli v něm hraje člověk. Atmosférické srážky bez působení emise mají pH 5 - 6, jak udává Hruška a Kopáček (2005) ještě v nedávné době srážky nad průmyslovými oblastmi se pohybovaly v rozmezí pH 3,5 - 4,5. Nejvýznamnější kyseliny nacházející se v deštích jsou sírová a dusičná, které vznikají z oxidu siřičitého (SO₂) a oxidu dusíku (NO_x).

Přírodními zdroji kyselinotvorných plynů, které vstupují do atmosféry, jsou emise sopek, půdy, bažin, oceánů a některých biologických procesů.

Antropogenními zdroji průmyslové výroby jsou především energetika a provoz motorových vozidel. Vlastimil Myslíl (1999) zmiňuje jako hlavní zdroj plynů elektrárny spalující fosilní paliva, hlavně hnědé uhlí. Vzhledem k výšce komínů dochází k rychlému průniku plynů s vysokými obsahy oxidu síry do vyššího proudění a tím snadnější přenos do vyšší nadmořské výšky a vzdálenosti několika set kilometrů. Vestreng et al. (2009) se své práci zdůrazňuje, že antropogenní zdroje okyselení jsou až 4x vyšší než zdroje přírodní. Evropské emise jsou ovšem oproti jiným kontinentům lépe regulovány, a proto nedochází k extrémním nárůstům, jako je tomu např. v Asii, Africe a Jižní Americe.

8.3 Důsledky acidifikace

Vítěslav Vlček (2015) jako nejzávažnější důsledky okyselení uvedl:

- redukce půdních organismů a jejich nižší aktivita způsobuje zpomalení dekompozice rostlinných zbytků a koloběhu základních rostlinných živin
- aktivizace patogenních a jiných hub, které mají za následek rozvoj chorob, snížení počtu a aktivity hlízkových bakterií a snížení nitrifikační schopnosti půd
- tvorba nekvalitního humusu (převládají fulvokyseliny), díky němu dochází ke zhoršení půdní struktury a provzdušněnosti
- snížení sorpční kapacity a pufrovitosti
- zpomalení uvolňování minerálního dusíku z organické hmoty a humusu v půdě
- snížení příjmu fosforu a bóru rostlinami
- deficiencie draslíku a jeho uvolňování do půdního roztoku
- zvýšená mobilita těžkých kovů
- snížení odolnosti rostlin vůči chladu a suchu (nižší dostupnost bazických kationtů), s tím související snížení klíčivosti semen

8.4 Ochrana půd před acidifikací

Snížení kyselosti půdy se dá dosáhnout několika způsoby, jako např. střídání zemědělských plodin se zařazením víceletých pícnin do osevního postupu a snížení kyselých vstupů do půdy, především nižší aplikace minerální formy N.

Ovšem nejdůležitější ochranou půd před acidifikací je vápnění (dolomitický vápenec - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Vápnění vede ke změně chemismu půdy, výrazně ovlivňuje edafon, rychlost rozkladu humusu a stav bylinného patra (Lacková et al., 2015). Dalšími možnými látkami vápnění jsou vápenec, pálené nebo hašené vápno či např. vysokopecní vápenaté strusky (Richter et al, 1999).

8.4.1 Vápnění

Vápník je z půdy rostlinami přijímán i vyplavován z půdy přirozenou cestou. Ovšem k vyplavování dochází větší rychlostí a proto půda není schopna doplnit hladinu na potřebné množství a dochází k jeho snižování v půdním roztoku (Brady a Weil, 2002). Jak je výše uvedeno, vápník je nepostradatelným prvkem ve výživě rostlin a úpravě půdy. Vápník se účastní půdotvorného procesu, ovlivňuje chemické a fyzikální vlastnosti půdy, z čeho nejvýznamnější je úprava půdní reakce. Dále nesmí být opomenut vysoký význam omezování výskytu určitých chorob a škůdců v půdě (Flohrová, 1997).

Dávka vápenatých hnojiv se upravuje dle daného stanoviště a plánovaného osevního postupu. Vhodný termín aplikace je pozdní jaro a časný podzim, kdy se aplikuje hnojivo na strniště nebo podmítku a následně se zapraví do půdy. Při současném použití organických hnojiv je nutné zabránit styku těchto dvou hnojiv z důvodu ztráty amoniakálního dusíku z organických hnojiv. Odstup mezi aplikacemi se doporučuje 10 - 14 dní (Richter et al., 1999). Jsou dvě možnosti aplikace a to meliorační vápnění - s udržovacím vápněním je schopna zvýšit nebo udržet hodnotu pH a udržovací vápnění - vyrovnává meziroční ztráty vápníku po melioračním vápněním (Vlček, 2015).

Jak ovšem uvádí Šarapatka et al. (2002) můžou vápnění doprovázet i negativní vlivy, mezi které patří např. snížení zásoby humusu, vzrůst koncentrace dusičnanů v průsakových vodách, mobilizace těžkých kovů ve formě organických komplexů a Šimek (2004) doplňuje zvýšení nedostupnosti bóru, vyšší infekci patogenů, změny ve společenstvech půdních organismů, zejména živočichů a další.

Tab. č. 3: Optimální hodnoty pH pro ornou půdu (Richter et al., 1999).

| Půda | Optimální hodnota pH | Žádoucí rozmezí pH |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Písčítá | 5,5 | 5,3 - 5,7 |
| Hlinitopísčítá | 6 | 5,8 - 6,2 |
| Písčitohlinitá | 6,5 | 6,3 - 6,7 |
| Hlinitá až jíł | 7 | 6,5 - 7,5 |

Tab. č. 4: Průměrná potřeba vápnění na orné půdě (Výsledky AZZP 2010 - 2015)

| Lehká půda | | Střední půda | | Těžká půda | |
|------------|----------|--------------|----------|------------|----------|
| pH | t CaO/ha | pH | t CaO/ha | pH | t CaO/ha |
| do 4,5 | 1,20 | do 4,5 | 1,50 | do 4,5 | 1,70 |
| 4,6 - 5,0 | 0,80 | 4,6 - 5,0 | 1,00 | 4,6 - 5,0 | 1,25 |
| 5,1 - 5,5 | 0,60 | 5,1 - 5,5 | 0,70 | 5,1 - 5,5 | 0,85 |
| 5,6 - 5,7 | 0,30 | 5,6 - 6,0 | 0,40 | 5,6 - 6,0 | 0,50 |
| | | 6,1 - 6,5 | 0,20 | 6,1 - 6,5 | 0,25 |
| | | | | 6,6 - 6,7 | 0,20 |

Přímé vápnění se provádí zejména plodinám jako je cukrovka, vaječnice, fazol, zelí, cibule, česnek, které jsou náročné na množství vápníku, nebo se také může vápníkem přihnojit ječmen či slunečnice. Plodiny, které nesnesou přímé vápnění, jsou brambory, len, jahodník, okurky, rajčata a celer (Šarapatka et al., 2002).

8.4.2 Agrochemické zkoušení zemědělských půd

AZZP neboli Agrochemické zkoušení zemědělských půd se provádí podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích, substrátech a agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Odběr půdy probíhá pravidelně v šestiletých cyklech. AZZP je prováděno Ústředním kontrolním ústavem zemědělským (ÚKZUZ), který odebere potřebné vzorky, zanalyzuje, zpracuje výsledky a předá Ministerstvu zemědělství ČR, dalším orgánům, ale i samotným zemědělským subjektům (Klement a Sušil, 2013).

AZZP slouží především k posouzení vlivů intenzity hnojení, zahrnuje (Klement a Sušil, 2013):

- stanovení obsahu uhličitanu (CO_3^{2-})
- obsah přístupného fosforu, draslíku, hořčíku i vápníku
- stanovení výměnné půdní reakce
- na základě pH a půdního druhu je poté vypočtena potřeba vápnění

8.4.3 Obsah přístupného vápníku

Dle výsledků SVZ z roku 2015 obsah přístupného vápníku stále klesá, i když jen velmi pomalu z důvodu extrémního vápnění v 80 a 90 letech. V orných půdách se jedná o snížení 231 mg/kg půdy. Trend okyselování půd je pod vlivem značné absence vápnění a tím související snižování přístupného vápníku v půdě.

Tab. č. 5: Výsledky zkoušení obsahu přístupného vápníku na orné půdě (upraveno dle ÚKZUZ, 2015)

| Cyklus zkoušení | Výměra (ha) | Kategorie dle zásoby vápníku v půdě (%) | | | | |
|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| | | N (nízká) | VH (vyhovující) | D (dobrá) | V (vysoká) | VV (velmi vysoká) |
| 1990 - 1992 | 2 727 315 | 3,43 | 17,60 | 48,75 | 18,72 | 11,51 |
| 1993 - 1998 | 2 240 430 | 5,73 | 23,60 | 48,54 | 13,83 | 8,29 |
| 1999 - 2004 | 1 754 529 | 8,81 | 31,37 | 44,13 | 10,00 | 5,70 |
| 2005 - 2010 | 2 696 398 | 7,68 | 28,74 | 44,24 | 11,85 | 7,49 |
| 2009 - 2014 | 2 497 932 | 7,77 | 27,66 | 43,17 | 12,24 | 9,16 |
| Rozdíl | -229 383 | +4,34 | +10,06 | -5,58 | -6,48 | -2,35 |

V tabulce lze vidět, jak se z kategorie velmi vysoké, vysoké a dobré zásoby postupně přesunuje půda do kategorie vyhovující a nízké zásoby živin.

8.5 Acidifikace lesních půd

Acidifikace půdy v lesních porostech má dva hlavní zdroje. Jedním je rozklad jehličnatého odpadu a druhým odnos části bazických kationtů a to především těžbou a dále odtokem půdní a povrchové vody. Dlouhodobá intenzivní těžba způsobuje ztrátu bazických kationtů, které jsou jednak bránícími prvky proti okyselení a také významnými živinami pro stromy.

Mezi hlavní meliorační opatření patří, stejně jako u acidifikace orné půdy, vápnění. Je ovšem potřeba zohlednit stav porostu a stanoviště, aby vápnění dosáhlo pozitivních účinků. Nejvhodnější je použití dolomitových vápenců o velikosti do 1 mm.

Při lesním hospodaření lze uplatnit několik postupů snižující okyselování půdy a nejvýznamnějším z nich je výsadba listnatých dřevin. A to jak hospodářských, tak také melioračních, zpevňovacích dřevin (mezi které patří např. dub zimní, buk lesní, javor mléč, jeřáb ptačí a mnoho dalších). Dalším, neméně důležitým opatřením je omezení vzniku holin, v kterých dochází k rychlému úbytku humusu. Také snížení těžebních procesů má za následek zpomalení degračních procesů půdy (Hruška a Cienciela, 2001).

Ve zprávě o životním prostředí ČR za rok 2015 se autoři zmiňují, že dochází k pozvolnému nárůstu listnatých stromů, kdy v roce 2015 tvořilo 26,5 % z celkové plochy lesů (v roce 2000 bylo 22,3 % listnatých stromů) a to především buk a dub v přibližně stejném poměru.

8.6 Acidifikace povrchových vod

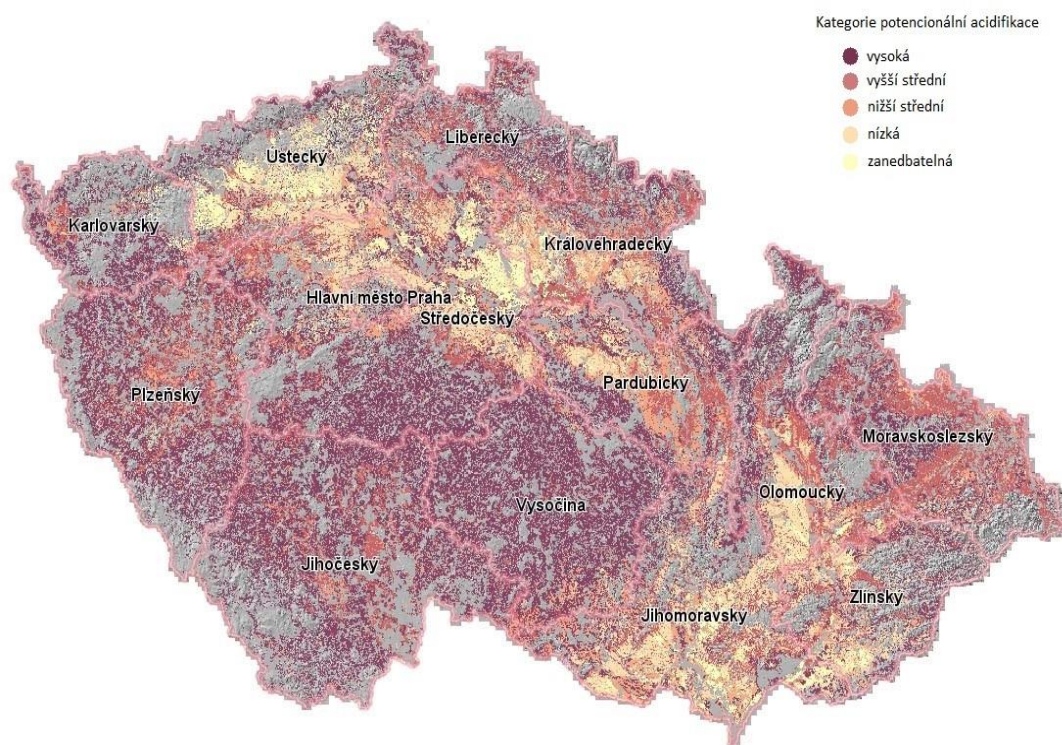
Kyselost povrchových vod, stejně jako u půd, může být způsobena jak přírodními, tak i antropogenními vlivy. Mezi nejvýznamnější vlivy se řadí např. (Oppeltová, 2015):

- geologické podloží
- vyluhování huminových kyselin a fulvokyselin z rašelinišť
- kyselé srážky
- kácení smíšených porostů a vysazování jehličnatých monokultur

Brtnický et al. (2012) se zmiňuje, že snížení půdního pH může také negativně působit na ryby, mikroorganismy a vodní rostliny. Acidifikace je provázána zvýšenou koncentrací hliníku, která je pro obyvatele vodních toků toxická. Nejzávažnější situace okyselení povrchových vod je v Krkonoších, Jizerských a Orlických horách.

9 Současný stav půdy v ČR v souvislosti s acidifikací půd

Z výsledků situační a výhledové zprávy za rok 2015 jsou alarmující hlavně změny pH, kdy za posledních 25 let se 17 % půdy s neutrální půdní reakcí přesunulo do kategorie slabě až silně kyselých půd. Acidifikací je podle této studie ohroženo 43 % zemědělské půdy ČR. Nejohroženější jsou kraje Karlovarský (54 %), Jihočeský (51 %), Vysočina (50 %) a kraj Plzeňský (47 %).



Zdroj: <http://statistiky.vumop.cz/?core=map>

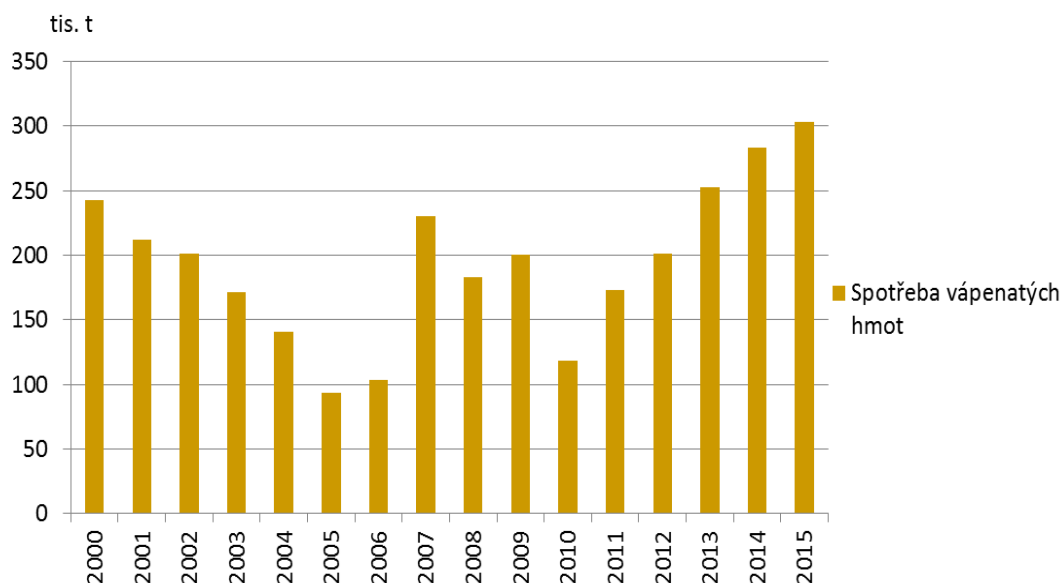
Obr. č. 1. Mapa potencionálně ohrožených půd acidifikací (rok 2016)

Půdy nejméně odolné vůči acidifikaci jsou v horských oblastech. Zde totiž mají malou mocnost a přirozeně nízké množství bazických kationtů, takže rozkladem jehličnatého odpadu a kyselou depozicí dochází k okyselování rychleji než je tomu v jiných oblastech (Hruška a Cienciela, 2001).

9.1 Situace vápnění

Vápnění půd v současné době nestačí ani na pokrytí ztrát vápníku odběrem rostlinami, vymýváním, vlivem atmosférického spadu, apod. (Flohrová, 1997).

Od roku 2010 dochází k nárůstu potřeby vápnění zemědělských půd o 7,1 % na 303 tis. tun. Dle autorů zprávy o životním prostředí z roku 2015 je průměrná půdní reakce zemědělské půdy mezi lety 2010 - 2015 pH 6,1 (tz. slabě kyselá). Podobnou hodnotu pH má 40,4 % výměry půdy a dalších 31,7 % má extrémně kyselou, silně kyselou nebo kyselou půdní reakci (tj. pH do 5,5). Tyto hodnoty dokazují, že by bylo potřeba pravidelně vápnit 72,1 % zemědělské půdy. Půdy alkalické (pH vyšší než 7,2) jsou ČR zastoupeny v 11,86 %.



Graf. 1: Spotřeba vápenatých hmot (Zpráva o životním prostředí ČR za rok 2015)

ÚKZUZ pravidelně sleduje hodnotu výměnného pH již od roku 1961, zároveň od roku 1990 sleduje obsah přístupného vápníku v půdě. V roce 1986 byla spotřeba vápenatých hnojiv 2500 tis. tun a jak je vidět z tabulky, do roku 2004 několikanásobně klesla až na 141 tis. tun. Trend vápnění se opět vrací, ovšem není již taková spotřeba, z důvodu extrémního hnojení v minulosti a to především hrubě

mletých vápenců, které se ještě stále do půdy uvolňují, proto by byla potřeba pouze vyrovnávat půdní reakci. Jak je již výše uvedeno, i přesto půdní reakce směřuje stále více k okyselování sledovaných pozemků, především z důvodu používání minerálních hnojiv, které jsou v zásadě kyselé (Bouma, 2015).

Tab. č. 6: Půdní reakce zemědělské půdy (Výsledky AZZP za rok 2010 - 2015)

| Kraj | Průměrná hodnota pH | Podíl půd v % | |
|-----------------|---------------------|------------------------|----------------------------|
| | | Kyselá reakce (do 5,5) | Alkalická reakce (nad 7,2) |
| Středočeský | 6,4 | 20,51 | 19,29 |
| Jihočeský | 5,6 | 50,55 | 0,22 |
| Plzeňský | 5,6 | 46,75 | 0,15 |
| Karlovarský | 5,6 | 55,39 | 0,33 |
| Ústecký | 6,6 | 13,32 | 34,52 |
| Liberecký | 5,8 | 37,89 | 1,37 |
| Královéhradecký | 6,3 | 19,56 | 10,36 |
| Pardubický | 6,0 | 29,83 | 7,19 |
| Vysočina | 5,6 | 50,32 | 0,63 |
| Jihomoravský | 6,7 | 12,55 | 41,19 |
| Olomoucký | 6,3 | 19,96 | 10,85 |
| Zlínský | 6,2 | 20,00 | 10,51 |
| Moravskoslezský | 5,8 | 35,38 | 1,11 |
| Česká republika | 6,1 | 31,7 | 11,86 |

V tabulce, oranžově označeny, jsou kraje Jihočeský, Plzeňský, Karlovarský a Vysočina. Jsou to kraje s nejvyšším zastoupením alkalických půd.

10 Stav půdy ve Středočeském kraji v souvislosti s acidifikací půd

10.1 Půdní typy a třídy ochrany ZPF v kraji

Půdní zastoupení v kraji Středočeském ve srovnání např. s krajem Karlovarským je velmi rozdílné. Zatím co v kraji Středočeském je zastoupení kambizemě v 31,29 % a dále černozemě v 16,75 % a hnědozemě 10,18 %, v kraji Karlovarském jsou tyto půdy jen výjimečně. Zde se nachází nejvíce pseudogleje až v 31,44 % a kambizemě dystrikové, podzoly a kryptopodzoly ve 27,26 %, které mají charakteristickou silně kyselou či kyselou půdní reakci (Vumop, online).

Tab.č. 7: Procentuální zastoupení tříd ochrany ZPF ve vybraných krajích (dle statistik Vumop).

| Třída ochrany ZPF | Zastoupení zemědělských půd v kraji (%) | | | | |
|-------------------------|---|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| | Středočeský kraj | Karlovarský kraj | Jihočeský kraj | Olomoucký kraj | Jihomoravský kraj |
| I. | 23,29 | 13,59 | 16,55 | 25,20 | 26,33 |
| II. | 18,83 | 12,95 | 16,20 | 24,77 | 32,26 |
| III. | 23,79 | 30,10 | 32,19 | 16,51 | 14,09 |
| IV. | 21,35 | 18,32 | 11,25 | 15,05 | 16,73 |
| V. | 12,74 | 25,04 | 23,80 | 18,47 | 10,60 |

V tabulce jsou patrné rozdíly bonity půdy. Zatím co v kraji Karlovarském a Jihočeském jsou nejvíce vidět půdy 3. a 5. třídy, v kraji Olomouckém a Jihomoravském zaujímá nejvyšších procent půdy 1. a 2. třídy. Kraj Středočeský je ve statistikách podobný průměru ČR, kdy nejvyššího zastoupení je půd třídy 3. a poté 1.

10.2 Přístupný vápník v kraji

Tab. č. 8: Srovnání AZZP Středočeského kraje s průměrem v ČR a Karlovarským krajem (upraveno dle výsledků Smatanová a Klement, 2016)

| Zemědělská půda | Průměr pH | Obsah přístupného vápníku (%) v kategoriích dle zastoupení | | | | |
|---------------------|--------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | N | VH | D | V | VV |
| Průměr v ČR | 6,1 | 9,40 | 41,64 | 25,66 | 12,20 | 11,09 |
| Středočeský kraj | 6,4 | 6,62 | 31,34 | 28,46 | 17,11 | 16,47 |
| Karlovarský kraj | 5,6 | 12,72 | 51,27 | 25,73 | 7,25 | 3,04 |

Jak z tabulky vyplývá, průměrné pH ve Středočeském kraji je vyšší než průměr celé ČR, např. kraj Karlovarský má pH zemědělské půdy 5,6. Také obsah přístupného vápníku v půdě je o mnoho vyšší, v kategorii vysoké a velmi vysoké zastoupení živiny je o cca 5 % vyšší v obou hodnotících skupinách. To znamená, že v roce 2016 bylo o 10,29 % více zemědělské půdy v Středočeském kraji dostatečně zásobeno přístupným vápníkem z půdy než v průměru ČR a o 23,29 % více než v kraji Karlovarském.

11 Ohrožení půdy v blízkém okolí Prahy

Bylo odebráno 6 vzorků orné půdy z okresu Praha východ a Praha. Následně byla zjištěna hodnota pH. Při odběru bylo zaznamenáno místo a poté zjištěn kód BPEJ.

Tab. č. 9: Výsledky odběrů vzorků

| Vzorek č. | Místo odběru | Hodnota pH | Kód BPEJ | Třída ochrany | Hlavní půdní jednotka |
|-----------|-------------------|------------|----------|---------------|---------------------------|
| 1. | Praha - Královice | 7,18 | 2.10.00 | 1 | Hnědozemě |
| 2. | Světice | 6,12 | 5.48.11 | 4 | Pseudoglej |
| 3. | Strašín | 6,30 | 5.11.00 | 1 | Hnědozem |
| 4. | Úvaly | 7,08 | 2.10.10 | 2 | Hnědozem |
| 5. | Svémyslice | 7,35 | 2.19.01 | 3 | Rendziny, pararendziny |
| 6. | Starý Brázdim | 7,36 | 2.01.00 | 1 | černozem |

V tabulce je možné si všimnout, že naměřené hodnoty pH půdy jsou ve 4 vzorcích mnohem vyšší, než udávají průměrné statistiky ze Středočeského kraje.

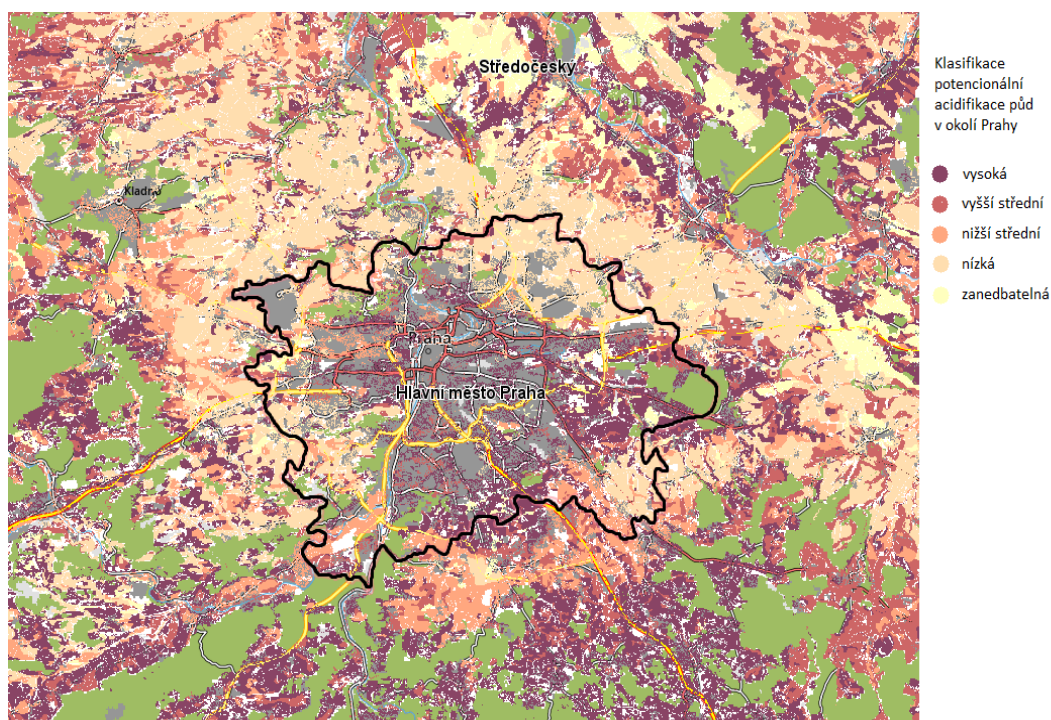
Výsledky jednotlivých vzorků

- Vzorek č. 1 - Praha - Královice - hodnota pH 7,18, třída ochrany 1, půda je tedy pro zemědělce velmi ceněna. Hnědozemě je přirozeně mírně kyselá, takže zde zjištěné pH je odpovídající podzimnímu vápnění, či velmi dobré zásobě přístupného vápníku v půdě, který je podporován pravidelným vápněním.
- Vzorek č. 2 - Světice - hodnota pH 6,12, třída ochrany 4, půda je jen málo produkční, pH je slabě kyselé, ale v případě půdního typu pseudoglej by reakce mohla být i kyselejší. Půda je používána jako orná, proto je možno předpokládat, že byla na podzim vápněna.
- Vzorek č. 3 - Strašín - hodnota pH 6,30, třída ochrany 1. Jedná se o hnědozem a stejně jako tomu bylo ve vzorku č.1 je potřeba udržovat půdu

vápněním z důvodu přirozené mírné kyselé reakci, podle této pH je možno usuzovat, že současná pěstovaná plodina nesnese přímé vápnění.

- Vzorek č. 4 - Úvaly - hodnota pH 7,08, třída ochrany 2. Jedná se zde také o hnědozem, takže nutnost vápnění je stejná jako v případě vzorku 1 a 3. Zde mohlo proběhnout podzimní vápnění.
- Vzorek č. 5 - Svěmyslice - hodnota pH 7,35, třída ochrany 3. Zde byl zjištěn půdní typ rendziny, pararendziny, což jsou půdy, které v nižších oblastech mají pH neutrální až alkalické, což znamená, že zjištěné pH může odpovídat přirozené půdní reakci.
- Vzorek č. 6 - Starý Brázdim - hodnota pH 7,36, tříd ochrany 1. Půdní typ černozem má neutrální až slabě alkalickou půdní reakci, takže zjištěné pH může být přirozenou alkalitou, nebo také mírným podzimním přivápněním.

Všech 6 vzorků bylo odebráno z míst, které jsou acidifikací málo dotčené, což se ve výsledku potvrdilo.



Dostupné z: statistiky.vumop.cz/?core=map

Obr. č. 2: Potencionální riziko acidifikace v okolí Prahy

Z této mapy je zřetelné, že blízké okolí Prahy ve velké míře ohroženo acidifikací není. Je možno si to vysvětlit poměrně vysokým zastoupením půdních typů jako je černozem, které jsou přirozeně neutrální či alkalické. V okrese Praha - východ se černozem nachází až v 25,04 %, což je ve srovnání s průměrem ČR 12,12 % velmi vysoké a ovlivňuje pozitivně kvalitu orné půdy. Také nízkým zastoupením jehličnatých lesů, či nižší nadmořskou výškou mohou být způsobeny rozdíly v kyselosti půdy ve srovnání s jinými kraji.

12 Diskuze

Z uvedených statistických výsledků různých zdrojů se zjistilo, že Středočeský kraj je ohrožen acidifikací méně než kraje jemu sousedící. Dle Vumopu je v tomto kraji ohroženo 42,30 % zemědělské plochy, naopak nízká zranitelnost půd je u 19,72 %. V krajích jako je Plzeňský nebo Karlovarský je ohroženo více než 65 % zemědělské půdy, a dokonce v kraji Vysočina je přes 80 % zemědělsky využívaných půd ohroženo okyselením, přičemž nízké zranitelnosti nedosahuje ani 0,3 %. Ovšem například kraje Jihomoravský či Olomoucký jsou ohrožené pouze ve 30 %. Důvody rozdílnosti ohroženosti půdy napříč naší zemí mohou být převážně geografické a ekonomické. Kraje nejvíce postižené acidifikací se nacházejí ve vyšších polohách, čemu odpovídá složení půdních typů a také zalesnění, které hodnotu pH snižují. Neméně důležitým aspektem je důvod ekonomický. Například kraj Vysočina patří mezi kraje chudé a to se samozřejmě projeví i na ochotě a možnosti financovat nápravu půdy. U krajů bohatších můžou trend okyselování způsobovat průmyslové zóny, především elektrárny.

Jak uvádí kapitola 9.1. Situace vápnění, na většině území České Republiky je velkým problémem nedostatečné zásobování půdy vápenatými hnojivy. Zásoby, které vznikly extrémním vápněním v 80. a 90. letech, se velmi rychle snižují a nyní je potřeba vápnit přes 70 % zemědělských půd. Toto číslo by poměrně rychle kleslo při omezení používání minerálních hnojiv, které mají často silnou acidickou reakci. Ovšem statkové hnojiva jsou z hlediska jednoduchosti a účinnosti hůře využitelné než např. granulované dusíkaté hnojiva, a proto je do jisté míry pochopitelné rozhodnutí zemědělce, který je tlačěn mít úrodu s co nejvyšším výnosem. Toto je jeden z dalších ekonomických důvodů, díky kterému může docházet k okyselování orných půd.

Blízké okolí Prahy a to především Praha východ se řadí do kategorie nižší střední a nízké zranitelnosti. Výsledky odebraných vzorků tyto statistiky potvrdily. Všechny vzorky byly nad průměrem České republiky, jenž je pH 6,1. Pouze v jednom případě, a to z obce Světice, byl výsledek pH 6,12, což vzhledem k typu půdy pseudoglej může znamenat, že se na půdě nyní pěstuje plodina, která velmi dobře snáší přímé vápnění, protože pseudoglej je přirozeně kyselá a není příliš

vhodná jako orná půda. Druhým vzorkem s mírně kyselou reakcí byl z okolí obce Strašín, kde bylo naměřeno pH 6,30 a zjištěn typ půdy hnědozem. V tomto případě lze konstatovat, že na půdě je pěstovaná plodina, která přímé vápnění nesnese. Ostatní vzorky byly naměřeny více než pH 7, což znamená neutrální až alkalická reakce. Opět může mít dvě vysvětlení. V případě zjištěného půdního typu hnědozem, je možné se přiklánět k variantě, že půda byla na podzim vápněna, naopak při půdním typu černozem a rendziny by se spíše jednalo o přirozenou půdní reakci, i když samozřejmě vápnění není možné vyloučit.

Území Praha východ se může pyšnit až 25 % orné půdy typu černozem. Také nižší polohou a v neposlední řadě malým procentem jehličnatých lesů. Proto je zde většina orné půdy ve vysoké kvalitě. Neznamená to ovšem, že není potřeba o tuto půdu pečovat. Je nutné pravidelně provádět AZPP a dle výsledků hnojit. Přílišné, nepodložené hnojení či použití v nevhodnou dobu, může naopak půdu více poškodit a tím opět snížit výnos plodin. Neméně důležitou roli v udržení či zlepšení kvality půdy hraje dodržování osevních postupů a zařazování víceletých píceň. Také zamezení utužení a erozi půdy správnými technologickými postupy může vést ke spokojenosti zemědělce i pedologa.

13 Závěr

Acidifikace je pro zemědělce strašákem budoucnosti. Trend okyselování se i přes snahy omezit kyselé srážky stále rozšiřuje, nejen v orných půdách. Tento proces, který je částečně přirozený, lze velmi těžko zastavit. Jediná možnost je prevence okyselování včasným a uváženým vápněním zemědělských půd, také dodržování osevních postupů a snížení používání organických hnojiv. Nutností je ovšem ochota lidí učit se, znovu začít rozumět a naslouchat přírodě a poté následuje možnost nápravy, či alespoň zmírnění důsledků degradace půd.

14 Použitá literatura

BRADY, Nyle C. a WEIL, Ray R.. *The nature and properties of soils*. 13th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2002. ISBN 01-301-6763-0.

BRTNICKÝ, Martin. *Degradace půdy v České republice*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2012. ISBN 978-80-87361-20-7.

CENIA. *Zpráva o životním prostředí České republiky 2015*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2016.

FLOHROVÁ, Alena. *Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. Studijní informace. Rostlinná výroba. ISBN 80-86153-21-5.

HLADKÝ, Jan. *Klíč k určování půdních typů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-278-6.

HRUŠKA, Jakub a CIENCIALA, Emil. *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2001. ISBN 80-7212-190-1.

HRUŠKA, Jakub a KOPÁČEK, Jiří. *Kyselý déšť stále s námi - zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2005. Planeta. ISSN 1213-3393.

JANDÁK, Jiří. *Cvičení z půdoznalství*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-733-2.

JANDÁK, Jiří, POKORNÝ, Eduard a PRAX, Alois. *Půdoznalství*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7.

KLEMENT, Vladimír a SUŠIL, Aleš. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2007 - 2012* Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, sekce Úřední kontroly, 2013. ISBN 978-80-7401-077-4.

LACKOVÁ, Eva, RŮŽIČKOVÁ, Kateřina a URBANCOVÁ Lenka. *Degradace a ochrana půd: teorie a cvičení: výuková skripta*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3704-8.

MUČKOVÁ, Jitka a KAPICA, Roman. *Základy pedologie*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3818-2.

MYSLIL, Vlastimil. *Voda, země, život*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1999. ISBN 80-7212-072-7.

OPPELTOVÁ, Petra. *Ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-218-2.

RICHTER, Rostislav. *Půdní úrodnost*. Vyd. 2. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. Rostlinná výroba (zelená ř.). ISBN 80-7105-145-4.

RICHTER, Rostislav, HŘIVNA, Luděk a HLUŠEK, Jaroslav. *Výživa a hnojení rostlin: praktická cvičení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. ISBN 80-7157-346-9.

Situační a výhledová zpráva. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2016. ISBN 978-80-7434-252-3.

SMATANOVÁ, Michaela a SUŠIL, Aleš. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2010 - 2015*. Brno: ÚKZÚZ, sekce Úřední kontroly, 2016. ISBN 978-80-7401-131-3.

SMRČEK, Lubomír. *Ochrana půdy proti degradačním faktorům v zemědělském podniku: sborník ze semináře*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství, 2013. ISBN 978-80-87262-29-0.

ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3736-1.

ŠARAPATKA, Bořivoj, BEDRNA, Zoltán a DLAPA, Pavel. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2004. ISBN 80-7040-667-4.

TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 5., upr. a dopl. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

VESTRENG, Vigdis, NTZIACHRISTOS, Leonidas, SEMB, Arne, REIS, Stefan, S. A. ISAKSEN, Ivan a TARRASON, Leonor. Evolution of NO_x emissions in Europe with focus on road transport control measures. *Atmospheric Chemistry & Physics* 2009, **9**(4), 1503-1520. ISSN 16807316.

VLČEK, Vítězslav. *Kvalita a zdraví půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-215-1.

Internetový zdroj

BOUMA, David. Potřeba vápnění výrazně stoupá. *Úroda* [online]. 2005 [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://uroda.cz/potreba-vapneni-vyrazne-stoupa/>

POKORNÝ, Eduard, ŠARAPATKA, Bořivoj a HEJÁTKOVÁ, Květuše. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka* [online]. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007 [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-903548-5-2. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/26922/Hodnoceni_kvality_pudy.pdf

Ochrana půd: Aktualita v ochraně půdy. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, 2015 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/ochrana_pudy

Statistická ročenka: půdní služby [online]. VÚMOP, 2015 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://statistiky.vumop.cz/?core=map>

EKatalog BPEJ [online]. Praha: Půdní služba VÚMOP [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://devbpej.vumop.cz/>