

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Použití indikátorů kvality půd pro posouzení jejich
produkčních a ekologických funkcí**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Markéta Kosánová

Obor studia: Ochrana a využívání přírodních zdrojů

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Kozák, DrSc., dr. h. c.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Použití indikátoru kvality půd pro posouzení jejich produkčních a ekologických funkcí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Podpis _____

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce panu prof. Josefu Kozákovi, DrSc., dr. h. c. za čas, který mi věnoval, a za rady a připomínky, které mi pomohly při zpracování mé závěrečné práce. Za cenné rady děkuji i paní Ing. Jaroslavě Janků, CSc. Děkuji také panu Ing. Tomášovi Herzovi, který mi pomáhal se zpracováním dat. Dále bych chtěla poděkovat Výzkumnému ústavu meliorací a ochrany půdy za podklady a jejich odborné rady. Poděkování patří také celé mé rodině, partnerovi a blízkým, kteří mě podporovali po celou dobu psaní mé diplomové práce, za jejich trpělivost a porozumění.

Použití indikátorů kvality půd pro posouzení jejich produkčních a ekologických funkcí

Souhrn

Diplomová práce se zabývá zhodnocením kvality půd na území Středočeského kraje. Pro vybrané území v České republice byly zjištěny důležité vlastnosti a charakteristiky půd. Na základě dat o půdních sondách, charakteristikách klimatu, produkční schopnosti a údajů o využití území byly vybrány charakteristiky označené jako indikátory kvality půd. Následně byly půdy rozříděny do skupin, které udávaly jejich vhodnost. Za indikátory kvality byly zvoleny charakteristiky půd, které se nejvíce podílejí na ekosystémových službách poskytovaných touto složkou životního prostředí.

Aby bylo možné zjistit, do jaké míry jsou půdy schopné tyto služby poskytovat, byly využity dva přístupy – průměrné bodové hodnocení a celkový počet bodů. Prostřednictvím programu ArcGIS byly vytvořeny mapy značící kvalitu půd na jednotlivých stanovištích. Zároveň se zjišťovalo, zda existují rozdíly v kvalitě ve dvou různých vrstvách půdy. Oba výše zmíněné přístupy došly k závěru, že nejhodnotnější půdy se nacházejí na severovýchodě kraje, zejména v okrese Nymburk a částečně Mladá Boleslav a Kolín. Dále byl ve většině případů zaznamenán pokles kvality půdy s rostoucí hloubkou.

Výsledky této práce mohou posloužit jako základ pro novou bonitaci půd ve Středočeském kraji. Od roku 2002, kdy byla bonitace naposledy upravována, se přírodní i klimatické poměry velmi změnila a stále se mění. Proto by bylo v budoucnu vhodné provést nové rozřídění půd do tříd ochrany, pro což může být tato práce cenným podkladem.

Klíčová slova: ochrana půdy, indikátory kvality půdy, ekosystémové služby půdy, půdní vlastnosti

Using of soil quality indicators to assess their production and ecological functions

Summary

The thesis dealt with the evaluation of soil quality in the Central Bohemia Region in the Czech Republic. Relevant attributes and characteristics were found regarding soils in this selected area. Based on data on soil probes, climate characteristics, soil production function and data on land use, characteristics known as soil quality indicators were selected. Then the soils were sorted into groups which indicated their suitability. The characteristics of soils, that contributed the most to the ecosystem services provided by this part of the environment, were chosen as soil quality indicators.

In order to find out how the soils are able to provide ecosystem services, two types of approaches were used – the average score and the total amount of points gained. Maps indicating the soil quality were created using the ArcGIS program. At the same time, research on differences in quality in two different layers of soil was held. Both of the above mentioned approaches came to the conclusion, that the most valuable soils are located in the northeast of the region, especially in the district of Nymburk and partly Mladá Boleslav and Kolín. Furthermore, in most cases there was a decrease in soil quality with increasing depth.

The results of this thesis can be used as basis for a new soil valuation in the Central Bohemia Region. Since 2002, when the soil valuation was last modified, environmental and climate conditions have changed greatly and keep changing. Therefore, in the future it would be useful to reclassify soils, for which this thesis can be valuable basis.

Keywords: soil protection, soil quality indicators, soil ecosystem services, soil characteristics

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1. Význam půdy	11
3.2. Ohrožení půdy a její ochrana	12
3.3. Funkce půdy	15
3.4.1 Produkční funkce	16
3.4.2 Mimoprodukční funkce.....	16
3.4.3 Koncept půdních funkcí.....	18
3.4. Ekosystémové služby	18
3.5. Cíle udržitelného rozvoje	20
3.6. Posuzování a hodnocení kvality půdy	22
3.6.1 SQUID index	23
3.6.2 BOKS index	24
3.6.3 Porovnání indexů půdní kvality	24
3.7. Studie ve Švýcarsku	25
3.7.1 Ekosystémové služby založené na půdě ve švýcarské studii.....	26
3.8. BPEJ	27
3.8.1 Definice.....	27
3.8.2 Klasifikace	28
3.8.3 Oceňování zemědělské půdy	29
3.9. Ubývání půdy	29
3.9.1 Změna vývoje rozlohy orné půdy v ČR.....	30
3.9.2 Zábory půdy	31
3.9.3 Eroze	33
3.9.4 Klimatické změny a extrémní počasí	34
4 Metodika	36
4.1. Získávání dat	36
4.2. Zpracování dat a tvorba map	36
4.3. Statistické šetření	37
5 Výsledky	38
5.1. Mapy charakterizující přírodní poměry	38
5.2. Mapy vybraných půdních charakteristik	53
5.3. Závěrečné hodnocení výsledků	67
5.4. Statistické šetření	70
6 Diskuze	78

7 Závěr	81
8 Literatura.....	82

1 Úvod

Wilson (2019) uvádí, že půda má velký podíl na lidském blahobytu. Tato složka životního prostředí plní nezastupitelné funkce v přírodě, bez nichž by život na Zemi nebyl možný. Přestože je půda nesmírně důležitou složkou životního prostředí, dochází k jejímu znehodnocování a degradaci, a je tedy silně ohrožena. Půda je ve své podstatě neobnovitelná, a dojde-li k její degradaci, jedná se většinou o nevratný proces. Činnost člověka je označována za hlavní příčinu nevratného poškození půdy (Ronchi et al. 2019).

Ztráta orné půdy je problémem celé Evropské unie. Důvodem je mimo jiné rozrůstání měst do jejich okolí, což často bývá na úkor kvalitní půdy (Vejchodská a Pelucha 2019). V České republice patří mezi hlavní důvody úbytku půdy její zábory, eroze a klimatické změny.

Často chybí účinná legislativa, která by nejkvalitnější půdy účinně chránila (Ronchi et al. 2019). Problémy jsou znatelné mezi veřejným zájmem a zájmem o ochranu půd (Vejchodská a Pelucha 2019). Obce, které bývají odpovědné za územní plánování, často nemají zájem o ochranu půdy (Janků et al. 2016b). Přestože v České republice existuje zákon o ochraně zemědělského půdního fondu, jedná se o zákon, který příliš nesplnil očekávání, která do něj byla vkládána. Zastavování kvalitní půdy totiž stále pokračuje. Nesrovnalosti lze nalézt například v právní úpravě, která přímo nezakazuje stavbu na půdách spadajících pod I. a II. třídu ochrany (Franková 2019).

Kvalita půdy bývá posuzována mnoha způsoby. Jedním z nich je výběr půdních vlastností, které mohou sloužit jako indikátory kvality půd. V dnešní době je ochrana půdy postavena na bonitaci, kterou navrhli roku 1973 Mašát a kolektiv. Od této doby se však mnohé přírodní a klimatické podmínky změnila a bonitované půdně ekologické jednotky, které byly zařazeny do tříd ochrany, již nemusí splňovat dané podmínky. Tento fakt značí, že stále dochází k degradaci těch nejkvalitnějších půd. Dle dat Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (2019) je znatelný výrazný a zrychlující se úbytek orné půdy.

Vzhledem k prohlubujícímu se suchu na území České republiky, ale i v celé Evropě, začíná být stále více jasné, že bez komplexní a účinné ochrany půd se svět bude potýkat s degradací i nadále. Zároveň se stává stále diskutovanějším tématem schopnost půdy zadržovat vodu, která je v současnosti klíčová. Je důležité, aby co nejdříve vznikla účinnější legislativa zabývající se ochranou půdy s důrazem na tu nejkvalitnější. Lokality s výskytem nevhodnějších půd by se neměly vyjímat ze zemědělského půdního fondu.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

V současnosti čelí společnost problémům v důsledku extrémních hydrologických jevů (povodně a sucho). Důležitá vlastnost půdy je její schopnost zadržovat vodu.

Vědecká hypotéza

Údaje z databáze půdních charakteristik v kombinaci s klimatickými daty, údaji o produkčních schopnostech a údaji o způsobu využití území mohou být využity jako indikátory ekosystémových a produkčních služeb půd.

Cíle práce

Cílem práce bylo zhodnotit současný stav dostupných údajů o kvalitě půdy a stanovení indikátorů, které by bylo možné použít pro hodnocení ekosystémových služeb půdy. Cílem dále bylo představit možné vyhodnocení těchto indikátorů, což by mělo přispět k lepšímu hodnocení kvality půdy jak po produkční, tak po mimoprodukční stránce. Výsledkem by mohlo v budoucnu být upřesnění kritérií pro stanovení tříd ochrany půd.

3 Literární rešerše

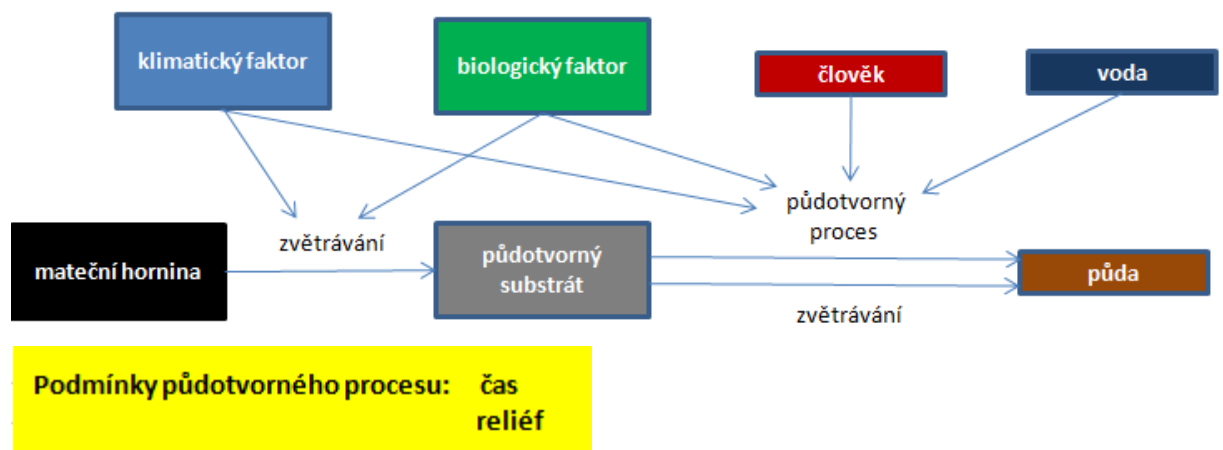
Nejsvrchnější část zemské kůry je pokryta půdou, kterou tvoří směs odumřelé organické hmoty, minerálních složek a živých organismů. Půda je vertikálně členěna do půdních horizontů a je propojena s podložím, na kterém se nachází. Vzniká z nezpevněných minerálních a organických sedimentů nebo ze zvětralin (Hauptman et al. 2009).

3.1. Význam půdy

Půda je stěžejní pro blaho lidstva na Zemi. Nejen, že je půda nezbytný prostředek pro růst rostlin, ale také má řadu dalších funkcí, jako je čištění vodních toků, zdroj biologické rozmanitosti fauny a flóry, je prostředkem ochrany životního prostředí před celou řadou znečišťujících látek a slouží jako základna, na níž spočívá většina lidmi vybudované infrastruktury (Wilson 2019).

Půdy Evropy jsou ohrožovány mnoha faktory, a tak v současnosti zavádějí všechny členské státy EU různá opatření na ochranu půdy. Mezi hrozby se řadí například eroze, znečištění, úbytek organické hmoty v půdě a zábory půd. Půdy hrají zásadní roli v biologické rozmanitosti a jsou poskytovatelem četných ekosystémových služeb podporujících lidský život na Zemi. V půdách se nachází jedna čtvrtina až jedna třetina všech živých organismů na planetě. Tyto organismy přispívají k mnoha službám, které jsou nezbytné pro udržitelné fungování všech ekosystémů (Ronchi et al. 2019). Působí jako primární hnací činitelé pro koloběh živin, čištění vody, regulují dynamiku půdní organické hmoty a struktury, sekvestraci uhlíku v půdě a emise skleníkových plynů (Breuere et al. 2012). Půdy jsou navíc základem všech suchozemských ekosystémů a zemědělských a lesnických aktivit.

Běžně jsou půdy považovány za neobnovitelný zdroj vzhledem k jejich extrémně nízké rychlosti vzniku a jejich odolnosti v případě, že jsou vystaveny nějaké formě degradace (Ronchi et al. 2019). Vznik a vývoj půd je znázorněn na obrázku 1.



Obr. 1. Vznik a vývoj půd (Kozák et al. 2009)

Degradace půdy je v současné době jeden z hlavních celosvětových problémů životního prostředí. Tento problém má za následek ztrátu půdy. Procesy degradace půdy působí nejvíce ve středomořských horských oblastech a semi-aridních prostředích, a tudíž se v těchto

oblastech vyskytuje největší počet opuštěných území. Pokud dojde k degradaci území, problémy se projeví zejména v období, než dojde k opětovnému ozelenění této plochy. Na svažitých polích a v horských oblastech je problém pozorovatelný v prvních několika letech po opuštění půdy. Dochází zde k erozi a k nízké infiltraci. Procesy eroze mohou být někde velmi výrazné, což vede k úplné degradaci opuštěných území během několika málo let (Lasanta et al. 2019).

Proces regenerace půdy je složitý a vyžaduje značné množství času a energie. Například obnovení degradované půdy do jejího původního stavu trvá přibližně 500 let, přičemž za tuto dobu vznikne pouze 2,5 cm povrchové vrstvy. Degradace půdy je definována jako ztráta její kvality a vnitřních charakteristik, které jsou nezbytné pro zajištění specifických funkcí. Tento proces je považován za hrozbu, která může být způsobena buď vnějšími přírodními vlivy, nebo v důsledku antropogenní činnosti. Přírodní vlivy, jako jsou bouře a hurikány, mohou mít dopad na stabilitu půdy, což vede k sesuvům půdy či k záplavám. V případě antropogenní činnosti se jedná o intenzivní a neudržitelné zemědělství, které mění hladinu živin a znečištění v půdě. Antropogenní procesy mohou být hlavními příčinami degradace půdy. Nicméně takové změny jsou často nepřímo způsobeny změnami klimatu, jako jsou intenzivní dešťové srážky, které vedou k erozi, sesuvům půdy nebo záplavám a jsou také považovány za antropogenní procesy (Ronchi et al. 2019). Současnost se jeví jako velmi kritická doba. Do roku 2050 má světová populace dosáhnout 9 miliard lidí, což může v kombinaci s měnícím se klimatem představovat vážné problémy. Proto je zachování zdraví půdy a zásobování vodou otázkou přežití více než kdy dříve. V první řadě je nutné usilovat o zastavení degradace půdy a přijmout postupy, které povedou ke zlepšení jejího zdraví. Paradoxem je, že se společnost pokouší omezovat emise CO₂ přijímáním stejných intenzivních výrobních postupů, které se významně podílely na znehodnocování půdy, spotřeby obrovského množství vody i energie, znečišťování životního prostředí i uvolňování velkého množství uhlíku z půdy do atmosféry (Gomiero 2018).

Navzdory povědomí o lidském tlaku na evropské půdy a souvisejících negativních důsledcích pro životní prostředí a životní pohodu člověka v současné době neexistuje společná legislativa EU o ochraně půdy. V posledních letech byly na úrovni EU iniciovány různé pokusy v oblasti ochrany půdy. Začalo to EU Communication COM (2002) 179, které identifikovalo různé hrozby půdy související s územím EU, jako jsou eroze, úbytek organických látek, kontaminace, sealing (trvalé nepropustné překrytí půdy), zhutnění, ztráta biologické rozmanitosti, zasolení, povodně a sesuvy půdy. Poslední dvě hrozby byly následně řešeny směrnicí o předcházení povodňovým rizikům (2007/60/ES), a z toho důvodu nebyly zahrnuty do konečné verze půdní strategie EU (Ronchi et al. 2019).

3.2. Ohrožení půdy a její ochrana

Jedním z hlavních cílů ochrany přírody je ochrana půdy. Jsou upřednostňovány komplexní přístupy péče o půdu. Byl zaveden systém IACS neboli identifikační administrativní kontrolní systém, který slouží pro evidenci zemědělské půdy založené na základě uživatelských vztahů. LPIS (Land Parcel Identification System) neboli registr produkčních bloků umožňuje přesně cílenou podporu prioritních věcných záměrů v ochraně půdy. V České republice byl LPIS plně uveden do provozu roku 2004 (Hauptman et al. 2009).

Ochrana půdy spočívá v řadě ekonomických, technických a legislativních opatření. Ta jsou směřována proti zmenšování plochy půdy, kterou pokrývá vegetace, a dále proti zhoršování a ničení ekologických i produkčních funkcí půdy. Půda má dvojí charakter, jelikož je veřejným statkem a soukromým majetkem zároveň, což v ochraně půdy představuje zásadní legislativní problém. Soukromý vlastník nemusí ctít všechna opatření a může se svým majetkem do jisté míry nakládat dle vlastního uvážení. Stát má oprávnění a povinnost regulovat činnosti na půdě, ale musí se přitom řídit i tím, aby jednal tak, aby nedošlo k omezení vlastnických práv (Novák 2001).

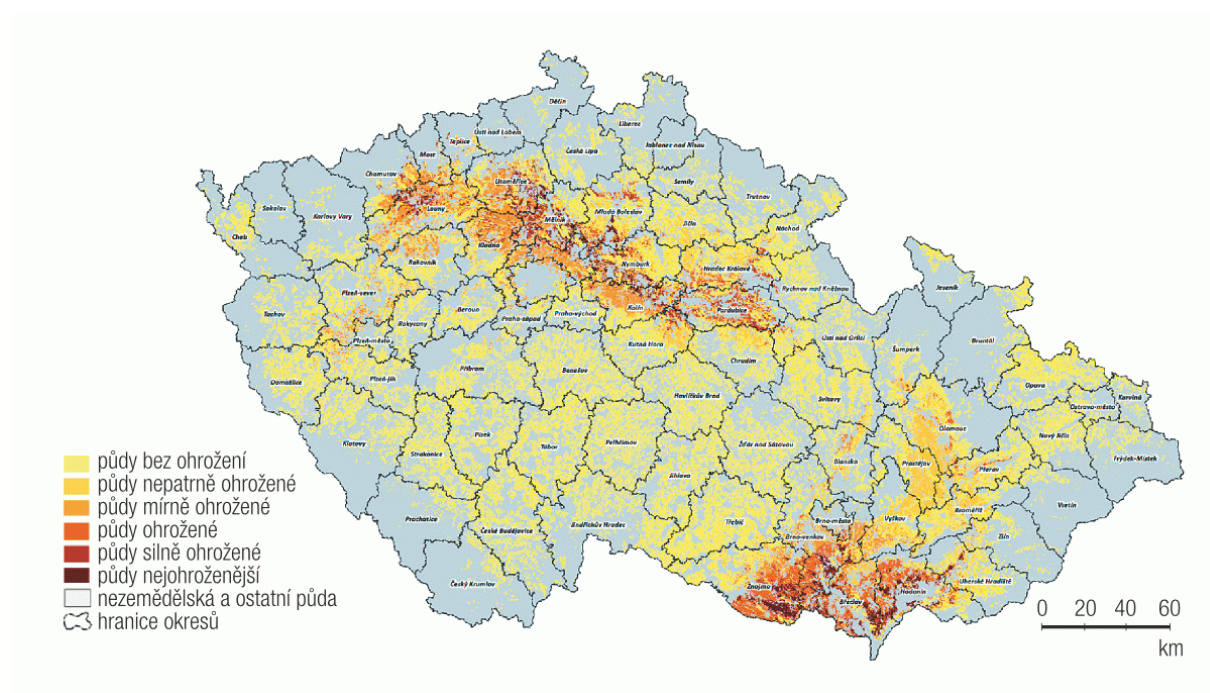
V důsledku lidské činnosti vede k degradaci půdy zejména eroze, okyselování a znečištění půdy. Rozvoj průmyslu nepříznivě ovlivňuje životní prostředí mimo jiné z důvodu výskytu skladištních zón. V současné době je naléhavým problémem také obnova a vnitrostátní využívání krajiny, která je narušena vlivem člověka (Gruzdeva & Sushchuk 2010). Degradace půdy je jedním z hlavních problémů, kterým lidstvo v současné době čelí. Mezi degradací půdy a chudobou existuje silný vztah, jelikož degradace je hlavní hrozbou pro zabezpečení potravin (Gomiero 2018).

Je potřeba řešit především následující problémy. V důsledku urbanizace neboli úplného vyloučení půdy z přírodních cyklů dochází k obrovským úbytkům půdy. Často však k těm největším úbytkům dochází na ekologicky i produkčně nejkvalitnějších půdách. Největším problémem je zlikvidování veškerých půdních funkcí pod stavbami. Přirozenými důsledky tohoto jevu jsou pak zmenšená retenční schopnost krajiny, záplavy a zrychlení odtoku (Novák 2001). Zabírání půdy v důsledku rozvoje měst představuje hrozbu pro udržitelné využívání půdy napříč celou Evropou. Tzv. soil sealing neboli trvalé nepropustné zakrytí půdy spojené s urbanizací je vnímáno jako jedno z nejvíce naléhavých témat v ochraně životního prostředí v Evropské unii. Vzhledem k tomu, že rozvoj měst a infrastruktury tedy často probíhá v oblastech s vysoce kvalitní zemědělskou půdou, je následkem nevratná ztráta zemědělské produkční kapacity EU (Vejhodská a Pelucha 2019).

Dalším problémem jsou procesy větrné a vodní eroze, které velmi významně narušují ekologické a produkční funkce půdy. Mezi vážné problémy se řadí i znečištění půdy plynnými emisemi a prachem. Některé složky znečištění jako jsou například těžké kovy a soli se do půdy dostávají kyselými srážkami nebo spadem pevných částic a pomalu zde působí. Tyto škodlivé látky se ovšem v půdě ukládají a zůstávají zde po dlouhou dobu (Novák 2001). Emise z průmyslové výroby mohou být transportovány do velkých vzdáleností od zdroje, ale většina jich obvykle zůstává uložena v jeho těsné blízkosti. Například v případě lesních půd ovlivňují usazené atmosférické kontaminanty povrchové neboli organické horizonty. Kontaminace a acidifikace těchto povrchových vrstev půdy vede často k poškození celých lesních ekosystémů (Pavlů et al. 2016). Dochází také k velkému nárůstu znečištění z dopravy (Novák 2001). Vyšší obsah olova je často spojen právě s ní, přestože olovnatý benzín se již nepoužívá. Důvodem vyšších koncentrací olova v půdě je jeho nízká mobilita a stabilita. V současné době je hlavním zdrojem olova výroba pigmentů, baterií a zpracování rudy (Galušková et al. 2011). Expozice těžkým kovům se v posledních desetiletích zvýšila, a to především ve velkých městech. Zkoumáním vzorků půdy v těchto oblastech je možné toto znečištění monitorovat. Obecně se uvádí, že největší koncentrace těžkých kovů bývají často patrné u olova a kadmia (Eghbal et al. 2018). Intenzivním zemědělstvím dochází k nárůstu vstupů chemických látek do prostředí. Hnojiva a pesticidy jsou často používány nesprávně

a dochází tak k plošnému znečišťování půd a splachům těchto látek do vod. Vážným nebezpečím je také likvidace odpadů. Lze tvrdit, že s nárůstem počtu čistíren odpadních vod a ovzduší bude vyvíjen větší tlak na ukládání zachycených látek do půd. Půdy jsou znehodnocovány též u skládek odpadů, ze kterých prosakuje voda a vítr roznáší znečištění do okolí. Ochrana půdy je ztěžována mimo jiné i utužováním a kompakcí půdy v důsledku používání těžké zemědělské a lesnické techniky. Půdní kompakce podorničních horizontů zmenšuje účinnou hloubku půdy rostlinám, zmenšuje retenci vody, zvyšuje erozi a urychluje odtok. Znečišťování, degradaci a destrukci půdy způsobují též různé ekologické havárie. Ve většině případů jde o lokální záležitosti. Další negativní dopad na půdu, vodu i celou krajinu mají černé skládky, které jsou často složeny z jedovatých a nebezpečných odpadů. Jen obtížně lze řešit problém tzv. starých zátěží. Ty často způsobují znečištění až kontaminaci půdy v okolí průmyslových závodů, ale jedná se i o pozůstatky důlní činnosti z dob minulých (Novák 2001).

Obrázek 2 znázorňuje míru ohrožení půd v České republice v důsledku eroze. Nejvíce ohrožené půdy se nachází v severní části Středočeského kraje a dále v kraji Jihomoravském. Zde se nachází i půdy spadající do skupiny nejohroženější a silně ohrožené (Šarapatka 2016).



Obr. 2. Erozí ohrožené půdy na území České republiky (Šarapatka 2016)

Půdy jsou celosvětově ohroženy. Aby se zamezilo jejich další degradaci, je potřeba na kvalitu půdy nahlížet v rozhodovacích procesech uceleně, nikoliv jen jako na pouhý povrch Země. Intenzifikace a konkurenční využívání půd pro pěstování, lesnictví, pastviny a urbanizaci ovlivňují opatření život podporujících služeb (výroba potravin, čistá pitná voda, zmírňování povodní, stanoviště pro rostliny a zvířata). Půda je obvykle vynechávána z rozhodování o jejím využívání a je marginalizována jako dvourozměrný povrch a její množství funkcí není uznáno. Ve zprávě Programu OSN pro životní prostředí (UNEP) o zelené ekonomice není půda zmiňována explicitně, nýbrž implicitně jako součást přírodního kapitálu. Závěrečná zpráva vydaná Komisí pro udržitelné zemědělství a změnu klimatu uvádí

několik klíčových doporučení pro dosažení lepší potravinové bezpečnosti, ale ani jedno z nich nezahrnuje půdu. Nedávno publikované cíle OSN pro udržitelný rozvoj se řídí stejnými zásadami, přičemž půda je zde zmíněna pouze jedinkrát napříč všemi 17 publikovanými cíli a mnoha plány (Drobnik et al. 2018).

Bouma (2010) uvádí, že pedologie je tzv. „atomizována“. Znamená to, že relevantní informace o půdě jsou roztroušeny v mnoha izolovaných a vysoce specializovaných subdisciplínách, což omezuje jejich užitečnost mimo disciplinární rozsah. Jenzen et al. (2011) uvádí, že lidé, kteří se půdou přímo nezabývají, ji v podstatě vůbec nevnímají. Kromě toho jsou data o půdní klasifikaci, interpretace a struktura dostupných dat často složité a těžko srozumitelné pro kohokoliv stojícího mimo oblast pedologie. Těchto problémů jsou si pedologové vědomi a vyvinuli proto různé koncepty pro zlepšení komunikace a spolupráce napříč obory v rámci státu i v zahraničí, čímž chtějí zlepšit interakci zúčastněných stran (Drobnik et al. 2018).

Nedávno došlo také k nárůstu výzkumných projektů, studií a iniciativ zaměřených na důležitost půdy. Cílem bylo rozšířit povědomí o důležitosti půdy a o dopadech jejího vyčerpání a degradace způsobených špatným hospodařením, a to včetně role, kterou půda hraje při poskytování ekosystémových služeb pro ochranu přírody a lidskou pohodu (např. Recare – prevence a sanace degradace půd v Evropě prostřednictvím péče o půdu, LANDMARK2020 – evropský výzkumný projekt o udržitelném hospodaření s půdou v Evropě, SOILCARE – Péče o půdu pro výnosnou a udržitelnou rostlinnou výrobu v Evropě a MAES – mapování a hodnocení ekosystémů a jejich služeb) (Landmark2020 2018; Ronchi et al. 2019). Tyto projekty podpořily hodnocení funkcí půdy v celé Evropské unii zavedením nástrojů na podporu rozhodování, nových politických rámců a udržitelného hospodaření s půdou a využívání půdy (Ronchi et al. 2019).

Počátek nového tisíciletí lze považovat za období, kdy radikálně nastoupila odborná a rozhodovací sféra EU k vytvoření základních podmínek pro ochranu půdy. V souvislosti s tím se stala výchozím materiálem velmi kvantifikovaně zpracovaná Zpráva o stavu půd Evropy (Soil Communication). Tato zpráva byla schválena v roce 2002. Znamená to, že každý hektar půdy ČR je zároveň součástí půdních zdrojů EU a že každý místní deficit ochrany a péče o půdní fond je také deficitem celku (Hauptman et al. 2009).

Přestože je hodnota půdy stále více uznávána, neexistuje společná dohoda států Evropské unie o osvědčených postupech týkajících se řešení půdních hrozeb a zlepšení poskytování ekosystémových služeb. Tento chybějící společný rámec EU motivoval členské státy, aby jednaly nezávisle a přijímaly a prováděly sektorové politiky a strategie (Ronchi et al. 2019).

3.3. Funkce půdy

Kvalita půdy nebo její zdravotní stav poskytuje celkový obrázek o funkčnosti půdy a indikuje schopnost půdy udržovat svou biologickou produktivitu a podporovat zdraví lidí, rostlin a zvířat v rámci specifického využití půdy nebo hranic ekosystémů.

Organická složka půdy je hlavní složkou, která řídí mnoho klíčových půdních funkcí jako je poskytování substrátů a energie. Půdní organická hmota ovlivňuje různé fyzikální

(např. pórovitost), chemické (např. celkový dusík) a biologické (např. mikrobiální dýchání) procesy půdy (Molaeinasab et al. 2018).

3.4.1 Produkční funkce

Základní rozdělení funkcí půdy je na produkční a mimoprodukční funkce. Produkční funkce půdy znamenají, že půda je zdroj rostlinné i živočišné produkce (Hauptman et al. 2009). K těmto funkcím se řadí také fixace a výživa rostlin (Hladík 2015).

3.4.2 Mimoprodukční funkce

Mezi mimoprodukční funkce půdy spadají prostorová funkce, hydrologické a vodohospodářské funkce, ekologické funkce, sanitární hygienické funkce, pufrční funkce, transformační funkce, sociální funkce a kulturní funkce (Hauptman et al. 2009). Půdy také zajišťují širokou škálu životně důležitých ekosystémových služeb (Drobnik et al. 2018).

Prostorová funkce půdy znamená, že je půda prostorovou základnou pro různorodé antropogenní aktivity.

Dalšími funkcemi půdy jsou funkce hydrologické a vodohospodářské (Hauptman et al. 2009). Půda je složitý systém obsahující různé množství pórů nejrůznější velikosti. Skladba pórů ovlivňuje retenční a hydraulické schopnosti půdy. Póry se dělí na malé (kapilární), střední (semikapilární) a velké (nekapilární). Pórovitost a skladba pórů je ovlivněna různými faktory – zrnitost, kvalita půdní struktury, obsah organické složky a její kvalita, biologické oživení, agrotechnika a střídání plodin (Venclová 2019). Podstatná funkce půdy je potenciál retenční vodní kapacity. Jedná se o největší množství vody, jež půda dokáže zadržet v systému kapilárních pórů. Hodnota tohoto potenciálu je shodná s hodnotou hydrolimitu polní vodní kapacity. Infiltrační schopnost půdy umožňuje vstup vody do půdního prostředí a dále pak postupovat půdou. Zároveň půda slouží jako transportní médium pro množství látek, čímž je ovlivněna dotace, složení i kvalita povrchových i podzemních vod. Rychlost, jakou se voda infiltuje, podmiňuje odtok vody z povrchu půdy, čímž je zároveň ovlivněna i zranitelnost půd vodní erozí (Novák 2013). Hydrologická akumulární funkce značí schopnost zadržovat vodu například v bezodtokových terénních depresích, jezerech a mokřadech, a především v půdě. Zmíněná schopnost krajiny rozhodujícím způsobem vymezuje své ekologické vlastnosti a vodohospodářské a zemědělské využití. Drenážní schopnost krajiny, která zahrnuje i drenážní schopnosti půdy, je nutným předpokladem pro obnovu retenčních funkcí půdy, pro sycení podzemních vod a pro zabezpečení funkční rovnováhy vodního režimu přírodních i kulturních ekosystémů (Hauptman et al. 2009). Tato schopnost půdy je výrazně ovlivněna půdními agregáty a půdními póry. Významnou roli při tvorbě a stabilitě půdních agregátů mají rostliny a živočichové interagující s půdními organismy (Pančíková 2017).

Půda dále funguje jako platforma pro růst vegetace. S tím souvisí schopnost ukládání živin, vody a dalších látek, které jsou pro růst rostlin zapotřebí (Šimek et al. 2014). Závislost na typu podloží a dalších půdotvorných podmínkách, kde půda vzniká, podmiňuje rozmanitost půd. Zabezpečením života flóry a fauny jsou plněny i další ekologické funkce (př. vytváření ekologických nik) a je uchováván genetický potenciál těchto organismů (Hauptman et al. 2009).

Půda je prostředím, ve kterém probíhá významná část koloběhu látek a živin v přírodě (Šimek et al. 2014). Tvoří prostředí pro množství látkových a energetických přeměn, filtračních a samočisticích pochodů.

Pufrovitost půdy značí její schopnost vzdorovat změnám půdní reakce při jejím alkalizování či okyselování (Hauptman et al. 2009). Dále může docházet i k tlumení rychlých teplotních změn (UPOL 2019). Pufrační schopnost půdy také dokáže neutralizovat kyselé deště (Leblanc et al. 2016). Nízkou pufrační schopnost nacházíme zejména u kyselých půd, které mají malý aktivní povrch. Velkou pufrační schopnost mají naopak sorpčně nasycené alkalické půdy. Pufrovitost lze v půdách zlepšovat za pomoci vápnění, slínování, péči o humus, melioračními opatřeními a používáním hnojiv, která nejsou fyziologicky kyselá. Obecně se uvádí, že vápnění kyselých půd je účinnou strategií v managementu půdy, jak dosáhnout a udržet její pH ve stanovených mezích (Hauptman et al. 2009). Dojde-li k významnému a zároveň rychlému poklesu pH vyvolaného zvenčí, půda nevratně ztrácí svou pufrační schopnost. Významný pokles půdní reakce způsobí rozpadnutí půdní struktury a dojde k poruchám sorpční schopnosti. To je však doprovázeno dalšími jevy, kam se řadí například utužení půdy apod. (UPOL 2019).

Půda je také prostředím, ve kterém se odehrává rozklad organické hmoty a živin a dochází k jejich přeměně na látky jednodušší (Šimek et al. 2014). Při mineralizaci působí různé mikroby a vznikají produkty jako oxid uhličitý, NH_3 , H_2S a mnoho dalších.

Sociální funkce půdy představuje, že půda je někým vlastněna a je tedy zbožím. V případě, že dojde k dočasnému utlumení intenzity zemědělské produkce, je v zájmu celé společnosti, aby byla udržena její produkční schopnost (Hauptman et al. 2009). V Evropě se v posledních několika dekadách významně snížila rozloha zemědělské půdy, avšak výnosy se zvýšily. Důvodem je intenzifikace zemědělské výroby, která umožňuje výrobu potravin v takové míře, která uspokojí rostoucí populaci. Problémem je, že tento způsob zemědělské činnosti vsází na aplikaci velkého množství hnojiv a přípravků na ochranu rostlin a vyvíjí tím tlak na zdravou a úrodnou půdu (Evropská agentura pro životní prostředí 2019). V oblastech, které jsou vzdálené od velkých měst a podniků zpracovatelského průmyslu, může mít půda výraznou sociální funkci. Znamená zde totiž hlavní zdroj obživy a zaměstnanosti. Půda se zde stává hlavním zdrojem obživy z titulu správy krajiny jako cílové místo mnoha podpůrných programů. Tyto programy stojí ve veřejném zájmu celé společnosti, státu či Evropské unie. Kdyby tyto podpůrné programy neexistovaly, docházelo by k vyliďňování celých oblastí až pod tzv. prahovou hodnotu osídlení, která by již neumožňovala potřebnou správu krajiny (Hauptman et al. 2009). Opouštění půdy v odlehlých regionech má dopad především na obyvatele žijící ve venkovských oblastech. Místní hospodářství je zde postaveno zejména na malých zemědělských podnicích, které se potýkají s různými omezeními a nízkou produktivitou. Tento fakt je umocněn ještě tím, že se mladší generace často stěhuje z venkova do měst (Evropská agentura pro životní prostředí 2019).

Poslední funkcí půdy je funkce kulturní. Půda představuje zdroj informací o minulosti a je tedy zdrojem poznání. V půdě se mimo jiné odráží to, jak bylo s půdou nakládáno v uplynulých tisíciletích, přičemž v ní lze nalézt i různé paleontologické a archeologické artefakty (Šimek et al. 2014).

3.4.3 Koncept půdních funkcí

Koncept půdních funkcí definuje šest úkolů, které půda plní. Patří sem produkce biomasy, ochrana lidí a životního prostředí, genový rezervoár, fyzikální základ lidských aktivit, zdroj surovin a v neposlední řadě geogenní a kulturní dědictví. V roce 2006 přidala Evropská komise sedmý aspekt zdůrazňující schopnost půdy chovat se jako zásobárna uhlíku neboli uhlíková banka.

Funkce půdy jsou úzce spjaty s kvalitou půdy. Americká pedologická společnost to definovala jako „kapacitu určitého typu půdy fungovat v rámci přírodních nebo řízených ekosystémových hranic...". Koncept hodnocení funkcí půdy zdůrazňuje multifunkčnost půd. Koncept ekosystémových služeb byl považován za náročný, ale slibný přístup k rozvíjení komunikace o přírodním kapitálu. Několik autorů ho využilo k propojení funkcí půdy a přínosů pro lidský blahobyt. Práce Greiner et al. (2017) ukazuje, že kapacita půd dodávat ekosystémové služby je do značné míry určována funkcemi půdy (Drobnik et al. 2018).

3.4. Ekosystémové služby

Existují tři vzájemně propojené koncepty, které souvisejí s poskytováním ekosystémových služeb. Patří mezi ně ekosystémový proces, funkce ekosystému a ekosystémová služba. Ekosystémový proces znamená jakoukoliv změnu nebo reakci (biologickou, fyzikální nebo chemickou), ke které v ekosystémech dochází. Ekosystémové procesy zahrnují rozklad, výrobu, cyklus živin a toky živin a energie (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Druhý koncept se týká funkce ekosystému. Ta je tzv. podmnožinou interakcí mezi biofyzikálními strukturami, biodiverzitou a ekosystémovými procesy, které podporují schopnost ekosystému poskytovat ekosystémové služby. Třetím konceptem jsou ekosystémové služby (TEEB 2010).

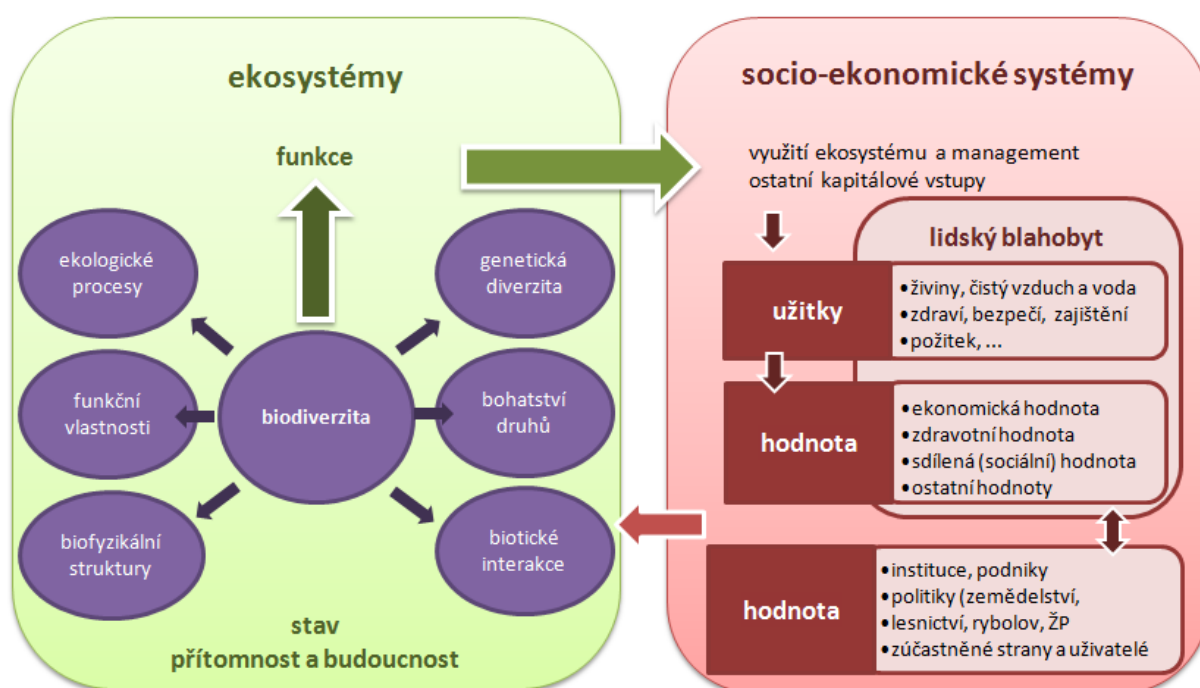
Ekosystémové služby (ES) jsou definovány Millennium Ecosystem Assessment jako statky a služby poskytované přírodou pro uspokojení základních lidských potřeb. Jsou charakterizovány jako zajišťovací, regulační a kulturní služby (Blaude et al. 2019). Jiná definice je charakterizuje jako množství různých užitků, které ekosystémy poskytují lidem (Millenium Ecosystem Assessment 2005). IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) je definuje jako přírodní příspěvky lidem.

Ekosystémové služby lze klasifikovat do třech hlavních skupin. První skupinou jsou dotace neboli výroba hmotných výstupů, druhou je regulace a údržba, což jsou služby, které udržují životní prostředí a třetí skupina se týká kulturní sféry neboli nemateriálních výhod, které lidé získávají z ekosystémů. Aby ekosystémy dokázaly poskytovat různé ekosystémové služby, je zapotřebí, aby byly v dobrém stavu (Vaidemane 2019b).

Funkční proces, který je prováděn půdním ekosystémem, přispívá k celé řadě ekosystémových služeb, které jsou nezbytné pro udržitelnost lidské společnosti. Mezi tyto služby se řadí cyklování prvků a zásobování živinami, dodávání energie, přirozené schopnosti tlumit znečišťující látky apod. Při intenzivním zvyšování antropogenní aktivity jsou půdní ekosystémy náchylné ke kontaminaci směsí rizikových prvků a chemikálií, u nichž je pravděpodobné, že ovlivní ekologické funkce, služby a udržitelnost půdního ekosystému (Jiang et al. 2019).

Přístup ekosystémových služeb má vysoký potenciál pro lepší plánování, politiku a rozhodování. Pro zajištění dlouhodobé ochrany biologické rozmanitosti a udržitelné využívání ekosystémů je zásadní porozumět tomu, jak různé ekosystémy (lesy, mokřady, řeky, louky, pastviny apod.) přispívají k sociálním a ekonomickým užitkům. V Evropské unii byl procesem MAES (mapování a hodnocení ekosystémových služeb) zaveden koncepční rámec spojující biodiverzitu, stav ekosystémů a ekosystémové služby s lidským blahobytem (Vaidemane 2019a). Tok ekosystémových služeb je vnímán jako spojitost mezi sociálně-ekonomickými systémy a ekosystémy MAES. Procesy a funkce probíhají uvnitř ekosystému a jsou ovlivňovány antropickými faktory, které mohou mít pozitivní nebo negativní dopad na poskytování služeb. Biodiverzita hraje klíčovou roli ve strukturálním uspořádání ekosystémů, které je nezbytné pro zachování základních ekosystémových procesů a podporu ekosystémových funkcí (Forest Europe 2019).

Na obrázku 3 je znázorněno schéma koncepčního rámce pro hodnocení ekosystémů v Evropské unii.



Obr. 3. Koncepční rámec pro hodnocení ekosystémů v celé EU (MAES 2013)

Posouzení ekosystémových služeb a analýza kompromisů poskytuje nový pohled na územní plánování a rozhodování na různých správních a územních úrovních a v různých sektorových politikách. Evropské a národní politiky by měly zohledňovat přínosy, které poskytují příslušné ekosystémy, a zajistit, aby se významům při uskutečňování politik přisuzovala větší váha (Vaidemane 2019a).

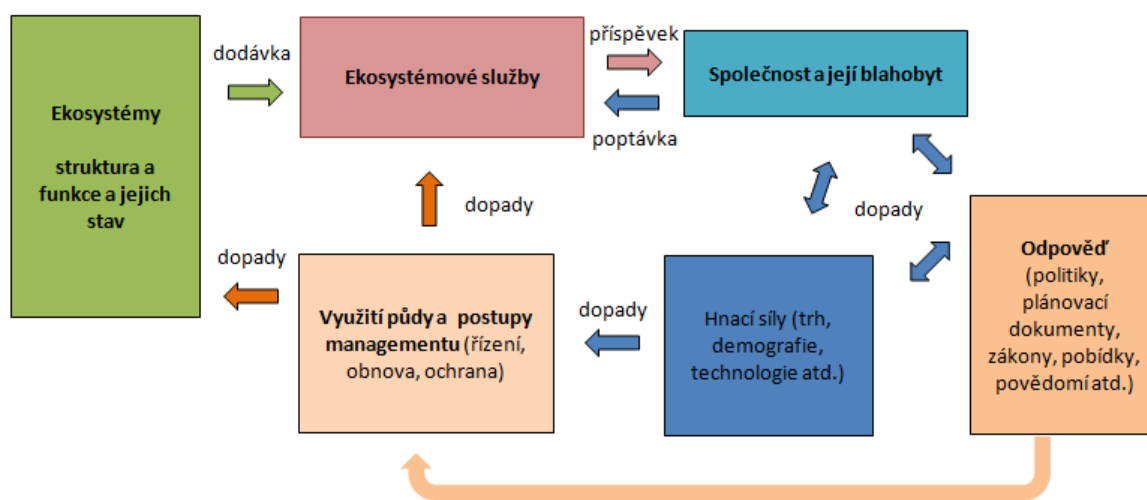
Ekosystémové služby založené na půdě v intenzivně využívané zemědělské krajině analyzujeme pěstováním plodin (zajišťovací služba), přirozenou kapacitou produkce půdy (zástupce zajišťovací služby), nebezpečím eroze (zástupce regulační služby) a biologickou rozmanitostí (zástupce pro kulturní službu).

Změna využití půdy například z pastvin na ornou půdu vede také k novým krajinným strukturám (např. živé ploty, cesty) a v upravenou (změněnou, degradovanou, sníženou, neutrální nebo zvýšenou) schopnost umístění nebo krajiny poskytovat ekosystémové služby. To způsobuje změny ve faktorech a procesech včetně jejich vzájemných vztahů (Blaude et al. 2019). Příkladem propojení ekosystémových služeb může být intenzivní využívání zemědělské půdy. Přestože produkuje potravu pro lidstvo a je výdělkem, způsobuje tato aktivita také nejčastěji problémy s kvalitou a kvantitou vody v povodí a ztrátu biologické rozmanitosti (Vaidemane 2019a).

3.5. Cíle udržitelného rozvoje

Obrovský význam má debata o cílech udržitelného rozvoje (Sustainable Development Goals neboli SDG). Tyto cíle jsou vytyčeny do roku 2030 (Ronchi et al. 2019) a jsou stanoveny pro řešení globálních výzev včetně životního prostředí a lidské pohody. Cíle jsou vzájemně propojeny a jejich dosažení vyžaduje věnování pozornosti ekosystémům a zdrojům planety - půdě, vodě a vzduchu (Vaidemane 2019a).

Dosažení dobrých životních podmínek pro všechny a zároveň ochrana životního prostředí je jedna z nejnáléhavějších globálních výzev této doby a je ústřední myšlenkou cílů OSN pro udržitelný rozvoj (SDG). Cílem SDG je znovu vybudovat a posílit integritu a funkci ekosystémů tak, aby byly zajištěny benefity, které poskytují současným i budoucím generacím. Biodiverzita, ekosystémy a ekosystémové služby podporují všechny dimenze lidského, společenského, kulturního i hospodářského blahobytu (Wood et al. 2018). Propojení cílů udržitelného rozvoje a ekosystémových služeb znázorňuje obrázek 4 (Vaidemane 2019b).



Obr. 4. Schéma propojení SDG a ekosystémových služeb (Vaidemane 2019b)

V dosažení cílů udržitelného rozvoje hraje půda velkou roli. Pro splnění cílů udržitelného rozvoje je potřeba dosáhnout úplné implementace udržitelného hospodaření s půdou, jak je doporučováno Organizací pro výživu a zemědělství (FAO) ve Světové chartě o půdě. Dále je vhodné řídit se dobrovolnými směrnici shrnující postupy pro zajištění udržitelného hospodaření s půdou vydanými FAO a přijatými v roce 2016 (Novopacký 2016;

Ronchi et al. 2019). Požadavek na právní předpisy v oblasti půdy podporujících udržitelné hospodaření s půdou je stále jedním z témat, o nichž se diskutuje v politice na různých úrovních. Je nutné předložit závazné právní předpisy o ochraně půdy (Ronchi et al. 2019).

Rockström et al. (2009) publikovali devět tzv. "planetárních hranic" definujících bezpečný operační prostor pro lidstvo. Hranice jsou definovány (1) změnou klimatu, (2) mírou ztráty biologické rozmanitosti, (3) interferencí s uhlíkovým a fosforovým cyklem, (4) stratosférickým průnikem ozonu, (5) okyselením oceánů, (6) globálním využíváním sladké vody, (7) změnami ve využívání půdy, (8) chemickým znečištěním a (9) atmosférickým aerosolovým zatížením. Velká část hospodářského a sociálního rozvoje však prošla neudržitelným využíváním ekosystémů s tím, že se společnost blížila nebo již překročila řadu planetárních hranic (Steffen et al. 2015). FAO (2015) odhaduje, že téměř 795 milionů lidí na celém světě zůstává podvyživených. Také přístup ke vzdělání, zdraví, zaměstnanosti a bohatství je mezi společnostmi velmi nerovnoměrně rozložen. Aby bylo možné realizovat ambice definované v SDG, bude zapotřebí spravovat ekosystémy za účelem ochrany přírody a udržitelné dodávky benefitů a služeb, které poskytují (Wood et al. 2018). Environmentální program OSN z roku 2011 se při zdůrazňování tzv. zelené ekonomiky zmínil o deseti klíčových odvětvích: zemědělství, budovy, energie, rybolov, lesnictví, průmysl, cestovní ruch, doprava, odpady a voda. V roce 2012 došla konference Rio 20 k dohodě o vypracování stanovených cílů udržitelného rozvoje (SDG), navazující na dřívější a částečně úspěšné rozvojové cíle tisíciletí (MDG), zaměřené na finální akční plán v roce 2015.

Sustainable Development Solutions Network navrhl, aby cíle udržitelného rozvoje měly ekologický strop založený na kritériích pro planetární blahobyt a sociální minimum s ohledem na základní lidské blaho. Těchto deset cílů je uvedeno v tabulce I (Rockström et al. 2009).

Tabulka I. Cíle udržitelného rozvoje (SDG) navržené Sustainable Development Solutions Network (UN-SDSN 2013)

Cíl	Popis cíle
1	Ukončit extrémní chudobu včetně hladu
2	Dosáhnout rozvoje v rámci planetárních hranic
3	Zajistit efektivní vzdělání pro všechny děti a mladé pro život a živobytí
4	Dosáhnout genderové rovnosti, sociálního začlenění a lidských práv pro každého
5	Dosáhnout zdraví a blahobytu pro všechny v jakémkoliv věku
6	Zlepšit zemědělské systémy a zvýšit prosperitu venkova
7	Posílit inkluzivní, produktivní a odolná města
8	Zmírnit změnu klimatu vyvolanou člověkem a zajistit udržitelnou energii
9	Zabezpečit ekosystémové služby a biologickou rozmanitost a zajistit řádné hospodaření s vodou a přírodními zdroji
10	Změnit politiku pro udržitelný rozvoj

Alespoň pět těchto cílů má přímý vztah k pedologii: 1. cíl – ukončení extrémní chudoby včetně hladu, 2. cíl – dosáhnout rozvoje v rámci planetárních hranic, 6. cíl – zlepšit zemědělské systémy a zvýšit prosperitu venkova, 8. cíl – zmírnit změnu klimatu vyvolanou člověkem a zajistit udržitelnou energii a 9. cíl – zabezpečit ekosystémové služby

a biologickou rozmanitost a zajistit řádné hospodaření s vodou a dalšími přírodními zdroji (UN-SDSN 2013).

Problémem je, že ve většině případů klíčové oblasti pozornosti nezahrnují půdu. Důraz by neměl být kladen na samotnou půdu, nýbrž na dopad půdy na bezpečnost potravin, dostupnost čerstvé vody, změnu klimatu a zachování biologické rozmanitosti a energie (Bouma 2014).

Půda hraje klíčovou roli v ovlivňování nejméně sedmi z devíti planetárních hranic, které definovali Rockström et al. (2009). To se odráží v současných interdisciplinárních programech, které charakterizují environmentální problémy spojené s planetárními hranicemi. Příkladem může být model změny klimatu, který zmiňuje důležitost změn ve využívání půdy a zvažuje uhlík v půdě, obsah půdní vlhkosti a teploty půd v biochemickém kontextu. Mackey et al. (2013) dávají pro funkce ekosystémů souvisejících s půdou větší význam obsahu organických látek v půdě.

Agronomové jsou při zkoumání potenciální půdní úrodnosti poměrně úspěšní, ale i jejich pohled na půdu je omezený. Často je půda charakterizována jen z několika málo hledisek a nebere se v úvahu změna klimatických podmínek. Tento fakt může vést k irelevantním výsledkům.

Co se týká vědy o půdě, existuje zde zřejmá propast mezi tím, co je známo, a tím, co je aplikováno ve výzkumném kontextu, který převládá při studiu hlavních environmentálních problémů současnosti.

Hlavní environmentální problémy se spojují dohromady v logické posloupnosti. Znamená to, že problémy spolu souvisí a při změně jedné složky, dochází ke změnám i dalších složek, které jsou s tím spojeny (Bouma 2014).

3.6. Posuzování a hodnocení kvality půdy

Existuje množství rámců, kterými se posuzuje a hodnotí kvalita půdy, a mají různé formy agregace. Přestože tyto rámce sdílí cíl, kterým je poskytování uceleného popisu kvality půdy, mohou být rozděleny do dvou skupin s ohledem na jejich hlavní zaměření.

První skupinu tvoří rámce indikátorů, které popisují současný stav půdního systému hodnocením kvality zemědělské půdy. Ten je založen na detailních terénních měřeních (Arshad & Martin 2002), statistické analýze půdních databází nebo zpracování statusu specifických půdních hrozeb. Analyzování statistických půdních databází slouží pro zjištění, které půdní vlastnosti a funkce jsou nejdůležitější pro vysoce kvalitní půdu (Shukla et al. 2006; Desaules et al. 2010).

Druhou skupinou jsou rámce indikátorů, které se zaměřují na změnu kvality půdy a aplikované hospodaření s půdou. Tyto rámce hovoří o produktivitě půd v různých systémech hospodaření (Oberholzer et al., 2012), srovnávají zemědělské systémy (Fließbach et al. 2007) nebo podrobně hovoří o výhodách půdní bioty jako o indikátoru kvality půdy (Schloter et al. 2003).

Další příklady indikátorů kvality půdy spadajících do těchto dvou skupin lze nalézt v práci Bastida et al. (2008). Mnohé z návrhů indikátorů kvality půdy se zaměřují na obhospodařování půdy v kontextu jedné disciplíny, jako je zemědělství nebo znečištění

půdy. Existují také indikátory, které jsou navrženy z čistě vědeckého úhlu pohledu a nemají smysl pro laiky.

Rámce kvality půdy navržené pro územní plánování jsou vzácné. Podle Drobnik et al. (2018) v Německu vyvinuli koncept pro zohlednění kvality půdy při územním plánování v regionu Stuttgart. Další podobný koncept byl vyvinut v Rakousku. Oba tyto koncepty se zaměřují výlučně na omezení expanze sídel a související infrastrukturu. Německý koncept dělí kvalitu půdy pomocí bodů (čím vyšší, tím lepší půda) založených na přirozených funkcích půdy a antropogenní degradaci půdy (skládky). Přirozenými funkcemi půdy zde jsou vhodnost pro zemědělství a rostliny, zadržování vody a filtr znečišťujících látek. Autor pak přiděluje dostupnost bodů kvality půdy obcím pro nové urbánní oblasti.

Také Halsmayr et al. (2016) posuzují různé funkce půdy pro stanovení její celkové kvality, jež je pak implementována jako tzv. prostorová rezistence pro rozvíjení místa. Mezi posuzované funkce patří stanoviště pro organismy, potenciál přírodního stanoviště pro přirozená rostlinná společenstva, přirozená plodnost půdy a další. Prostorová rezistence půdy závisí na nejvyšším výkonu posuzované půdní funkce (čím vyšší výkon, tím vyšší odolnost). V případě, že půda dosáhne nejvyššího výsledku prostorové rezistence, je považována za oblast, kde jakýkoliv antropogenní rozvoj vyžaduje kompenzační opatření.

Oba tyto indikátory půdy jsou velmi agregované a fungují dobře shora dolů při plánování prostředí, což znamená, že jsou vymezovány a sestavovány plánované cíle na nejvyšší hierarchické úrovni bez ohledu na zpětnou vazbu přicházející z nižších úrovní této hierarchie. Ukazuje se však, že pokud dochází ke kompromisnímu posuzování a hodnocení dopadů, jsou agregované indikátory méně efektivní. Toto platí zejména v případě půdy. Mnoho autorů se shoduje, že pokud má být kvalita půdy implementována do rozhodovacích procesů smysluplným způsobem, je potřeba hned několika indikátorů její kvality (Drobnik et al. 2018).

3.6.1 SQUID index

SQUID neboli Soil Quality indicator je index kvality půdy, který spojuje soubor deseti různých půdních funkcí do různých ekosystémových služeb s využitím expertního přístupu Delphi. Tento index využívá výsledky průzkumu Delphi k identifikaci přínosů půdních funkcí půdy k ekosystémovým službám. Odhady půdních funkcí (OPF neboli SFA), které jsou přínosem pro každou ekosystémovou službu, se násobí poskytnutými váženými faktory od odborníků. Výsledné hodnoty ekosystémové služby se následně zprůměrují na SQUID index. Minimální celkový výsledek je roven 0, což značí, že půda vůbec nepřispívá k ekosystémové službě. Naproti tomu maximální celkový výsledek, který je roven 5, znamená, že půda k ekosystémové službě přispívá velmi významně. SQUID index se počítá podle následujícího vzorce:

$$SQUID = \frac{\sum_{i=1}^n ES_i}{i}$$

Kde ES_i jsou ekosystémové služby založené na půdě s_i nabývající hodnot od 1 do 23, sf_{ij} je kvalita půdní funkce, kde j přispívá k dané ekosystémové službě označované i . W_{ij}

je odborníky přiřazená váha, tj. úroveň příspěvku půdní funkce j k ekosystémové službě i . Pomocné výpočty jsou:

$$ES_i = \sum_{j=1}^n sf_{ij} * w_{ij} ; \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (\text{Drobnik et al. 2018}).$$

3.6.2 BOKS index

BOKS index byl vyvinut v Německu pro použití v regionu Stuttgart (Wolff 2006). Tento index je založený na součtu šesti atributů, které se používají k charakterizaci kvality půdy. Na rozdíl od mnoha jiných indexů kvality půdy, BOKS považuje za faktory tvořící konečný index kvality půdy jak přírodní, tak i antropogenní faktory. Čtyři z těchto šesti atributů se řadí k přírodním faktorům a jsou jimi vhodnost pro přírodní vegetaci a pěstování plodin, regulace koloběhu vody, kapacita pro filtraci a pufrování kontaminantů a archivace kulturní a přírodní historie. Zbývající dva atributy náleží k antropogenním faktorům, kterými jsou kontaminované lokality a úroveň soil sealing. Každý tento atribut je normalizován od 0 (neexistuje) do 5 (velmi dobrý). Původní BOKS je parcela, kde každá hodnota atributu pochází z bodu uvnitř příslušného pozemku a je následně vynásobena plochou parcely, kam patří. Konečný výsledek BOKS se vypočítá podle následující rovnice (Wolff 2006; Drobnik et al. 2018):

$$BOKS = (svc*a) + (wc*a) + (fbc*a) + (cnh*a) + (cont*a) + (seal*a)$$

kde a ... velikost pozemku
 svc ... vhodnost pro přirozenou vegetaci a pěstované plodiny
 wc ... regulace koloběhu vody
 fbc ... kapacita pro filtrační a pufrovací funkci
 cnh ... archivace kulturní a přírodní historie
 $cont$... kontaminované lokality
 $seal$... úroveň soil sealing

Drobnik et al. (2018) použili mapy vysokého rozlišení a díky tomu vypočítali BOKS na úrovni jednotlivých rastrů, přičemž násobení plochou parcely nebylo uplatněno.

3.6.3 Porovnání indexů půdní kvality

Efektivní a informované rozhodování z hlediska územního rozvoje vyžaduje konstantní hodnocení využívání půdy a jeho dopadu na životní prostředí. V dnešní době, kdy se konflikty ohledně půdních zdrojů zvyšují, je to potřeba ještě více (O'Neill & Walsh 2000; von der Dunk et al. 2011; Hersperger et al. 2015). Pro vyhnutí se skrytým kompromisům z hlediska půdní kvality, a aby bylo možné efektivněji zařadit kvalitu půdy do plánování v rámci územního rozvoje, je potřeba znát nejen informace o absolutní hodnotě půdní kvality, ale také o jejím prostorovém rozložení.

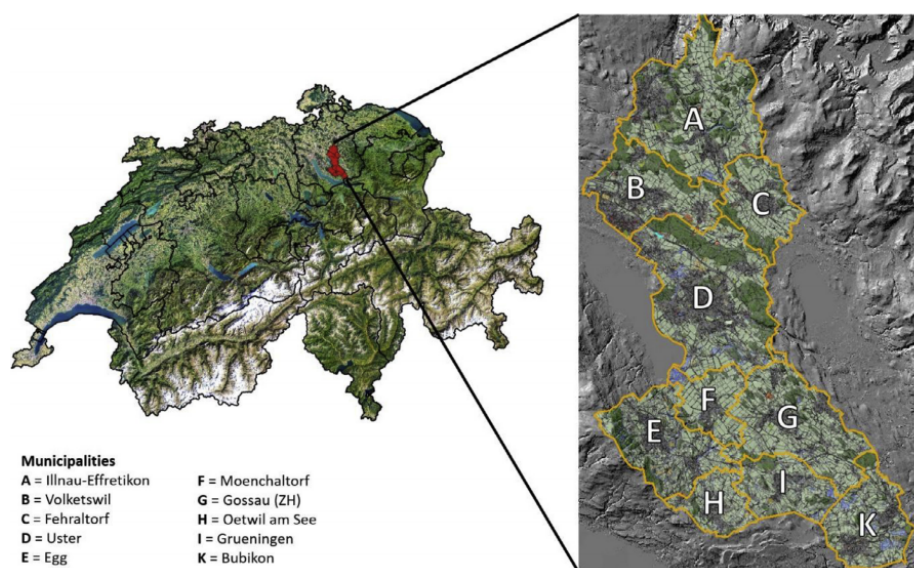
Ve Švýcarsku byly zkoumány výstupy dvou půdních indikátorů prezentovaných v případové studii, kterými jsou BOKS a SQUID. Výstupy metod hodnocení byly vzájemně porovnány s respektem k jejich absolutním hodnotám (na bázi pixelů), z hlediska klastrů

(shluků) podobné půdní kvality, a zda se tyto klastry v rámci obou ukazatelů shodují, a dále také, jak se výsledky mění se vzdáleností (Drobnik et al. 2018).

3.7. Studie ve Švýcarsku

V roce 2018 byla ve Švýcarsku provedena studie, kde byl aplikován nový přístup založený na posuzování kvality půdy nejen z hlediska půdních funkcí, ale i na schopnosti půdy podporovat různé ekosystémové služby. K tomu byl použit index kvality půdy označovaným jako SQUID (Soil Quality Indicator). SQUID spojuje soubor deseti různých půdních funkcí do různých ekosystémových služeb s využitím expertního přístupu Delphi (Drobnik et al. 2018).

Případová studie byla lokalizována na severovýchodě Švýcarska, ve Švýcarské náhorní plošině v kantonu Curych (ZSO 2016). Co se týká půdy, většina severní oblasti je pokryta úrodnými, hlubokými půdami s dobrou regulací koloběhu vody, a mohou tak být využívány jakýmkoliv druhem zemědělství. Naproti tomu jsou půdy v jižní části citlivé k zamokřování a často se jedná o půdy mělké, které bývají využívány pouze jako pastviny (Kanton Zürich 2012). Na obrázku 5 je mapa znázorňující lokalizaci, kde probíhala švýcarská studie.



Obr. 5. Lokalizace případové studie ve Švýcarsku (Drobnik et al. 2018)

Jako základ pro tuto studii byly použity mapy posouzení půdních funkcí SFA (Soil Function Assessment) (Greiner et al. 2017; Nussbaum et al. 2017). Tyto mapy pokrývají 8 1883 ha studované oblasti, avšak nezahrnují lesy, vodní útvary, malé zahrady v osídlených oblastech a nepřístupné plochy. Každý bod poskytuje informaci o kvalitě deseti různých půdních funkcí. Kvalita funkcí je dána jako tzv. stupeň naplnění neboli jak dobře daná půda funguje s ohledem na danou funkci. Hodnotí se v rozsahu od 1 (velmi nízký) do 5 (velmi vysoký) (Greiner et al. 2017). Pro vytvoření map SFA byla použita řada metod.

Vodní cyklus byl stanoven kombinací údajů týkajících se půdní vodní kapacity s údaji o nasycené hydraulické vodivosti. Pro posouzení koloběhu živin byla využita účinná kationtová výměnná kapacita jako indikátor množství živin, které jsou dostupné pro rostliny

(Lehmann et al. 2013; Drobnik et al. 2018). Regulace odtoku živin je založena na vlastnostech půdy, jako jsou textura, obsah skeletu, obsah humusu atd. Mezi hlavní faktory, které ovlivňují riziko odtoku živin, jsou však řazeny postupně zamokření půdy, hloubka půdy, velikostní rozdělení zrn a sklon terénu (Drobnik et al. 2018). Pro odhadnutí kapacity ukládání uhlíku v půdě je vypočítána jeho zásoba v prvním metru půdy. Pufrování kyselin a kontaminantů bylo hodnoceno metodou Bechler & Toth (2010), která zvažuje jíl, organickou hmotu a půdní pH až do hloubky jednoho metru. Identifikace půd, které poskytují stanoviště pro rostlinné populace, travní porosty a ornou půdu, je hodnocena z hlediska mělkosti půdy, vlhkosti a dostupnosti živin. Je zaměřena na rostlinné populace, které přispívají k druhovému bohatství a druhové diverzitě. Tyto populace často vyžadují nestandardní podmínky prostředí (suché, polosuché a/nebo chudé na živiny apod.). V případě, že jeden nebo více z těchto tří atributů – mělkost, vlhkost a dostupnost živin – vykazuje velmi vysoké nebo velmi nízké hodnoty, je daná půda považována za vhodnou pro rostlinné populace. Dále se hodnotí půdní kapacita pro filtrování a pufraci těžkých kovů, filtrování a pufrování organických látek a posuzuje se funkce biotopů pro mikroorganismy. Nakonec se odhaduje vhodnost zemědělské produkce, kdy se kombinují data o vlastnostech půdy, klimatu a topografii. Výsledkem je deset tříd produktivity (Jaggi et al. 1998; Drobnik et al. 2018).

Z výsledných 23 map SFA poskytuje 12 těchto map informaci o subfunkcích půd souvisejících s filtrováním a pufrováním organických sloučenin a další 3 mapy tematizují subfunkce půd souvisejících s filtrováním a pufrováním těžkých kovů (Gubler et al. 2015).

3.7.1 Ekosystémové služby založené na půdě ve švýcarské studii

Existuje celá řada různých kategorií ekosystémových služeb. Studie ve Švýcarsku se spoléhá na klasifikační systém ekosystémových služeb, který zavedl Švýcarský federální úřad pro životní prostředí (FOEN) (Drobnik et al. 2018). Celkem je 23 ekosystémových služeb, které jsou pro švýcarskou studii relevantní, přičemž jsou zaměřeny pouze na konečné ekosystémové zboží a služby (FEGS). Mezi tyto ES patří statky a služby poskytované přírodou, které lidi přímo spotřebovávají, používají, zkouší atd. (Boyd & Banzhaf 2007; Nahlik et al. 2012; Drobnik et al. 2018). Navíc je všech těchto 23 ES spojeno do Společné mezinárodní klasifikace ekosystémového zboží a služeb (CICES) (Haines-Young & Potschin 2013; Drobnik et al. 2018).

Pro určení toho, které funkce půdy jsou nejvýznamnější poskytnutí a udržení ES, byla použita průzkumná technika Delphi (Hasson et al. 2000; Powell 2003; Okoli & Pawlowski 2004).

Byl použit dvoukolový Delphi dotazník. První kolo dotazníku sloužilo primárně ke shromáždění informací o vazbě mezi funkcemi půdy a ekosystémovými službami. Odborníci byli požádáni, aby pro každou z 23 ekosystémových služeb zhodnotili celkovou úlohu půdy pro danou ekosystémovou službu, odhadli podíl 10 dostupných funkcí půdy k ekosystémovým službám, poskytli informace o požadované kvalitě půdních funkcí podílet se na ekosystémových službách a zhodnotili, zda zvažují či neberou v úvahu půdní funkce jako klíčovou pro udržitelné dlouhodobé poskytování ekosystémových služeb. Dále mohli odborníci také doplnit další funkce půdy, které považovali za relevantní, a odpovídajícím způsobem je ohodnotit. Hlavním cílem této možnosti bylo zjistit, zda odborníci považují

10 dostupných půdních funkcí za dostatečné pro posouzení podílu půdy k ekosystémovým službám a shromažďovat informace o tom, které další funkce půdy budou dostatečné pro budoucí posouzení ekosystémových služeb. Názory odborníků byly následně za použití min-max metody zhodnoceny pomocí bodové stupnice funkcí půdy k ekosystémovým službám (0-100), přičemž součet všech hodnot je roven 100 (Lundie et al., 2008; Rowley et al., 2012). Z normalizovaného rozsahu byl vypočten průměrný podíl půdní funkce k ekosystémovým službám.

Druhé kolo dotazníku se zaměřovalo na zjištění souhlasu s ohledem na přínos funkcí půdy k ekosystémovým službám. Normalizované výsledky z prvního kola průzkumu byly v anonymní formě spolu s případnými komentáři předány stejným odborníkům. Ty zahrnovaly také průměrný podíl půdní funkce k ekosystémovým službám. Odborníci se měli zamyslet nad svým předchozím hodnocením, které mohli buď potvrdit, nebo upravit. Výsledky druhého kola průzkumu byly také normalizovány za použití min-max metody.

Odborníci byli seskupeni podle podobnosti jejich hodnocení. U všech odborníků byly pro každou ekosystémovou službu porovnány hodnocení přínosu půdy. Dva výsledky byly považovány za podobné, pokud se 8 z 10 hodnocení přínosu funkce půdy nelišilo o více než 10 bodů (Drobnik et al. 2018).

3.8. BPEJ

3.8.1 Definice

V České republice je významným nástrojem pro hodnocení půd jejich bonitace. Byla provedena podle metodiky navržené Mašátem a kol. z roku 1973. Cílem bonitace zemědělského půdního fondu je zhodnotit a hospodářsky ocenit veškeré agronomicky a ekonomicky rozhodující vlastnosti týkající se zemědělského území nebo pozemků včetně klimatu a reliéfu (Kozák at al. 2009).

Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) jsou složeny z pětimístného číselného kódu a slouží pro hodnocení produkční schopnosti zemědělských půd (VÚMOP 2019). Definování BPEJ bylo provedeno na základě usnesení vlády č. 101/1971 Sb. mezi lety 1973 a 1980 (eAgri 2009–2019). Navazuje na dokončený Komplexní průzkum půd České republiky, který skončil v roce 1972 (VÚMOP 2017; eAgri 2019). BPEJ jsou zakotveny v legislativě, ve vyhlášce Ministerstva zemědělství České republiky č. 227/2018 Sb., o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci (Ministerstvo zemědělství 2018; VÚMOP 2019).

Na základě mapových podkladů a dalších materiálů týkajících se rekognoscace a průzkumu terénu, sběru dat a s tím spojených analýz a vyhodnocení, nám BPEJ také poskytuje informace o půdně-ekologických, půdně-genetických, půdně-retenčních, morfologických, geologických, hydrologických a klimatických vlastnostech míst po celé České republice (Státní pozemkový úřad 2019). V databázi zaneseno 2140 bonitovaných půdně ekologických jednotek, u nichž jsou známy také ekonomické charakteristiky. Dále je nově vymezeno 138 BPEJ, pro které ještě nejsou ekonomické charakteristiky vyhodnoceny. Katalog BPEJ tedy obsahuje celkem 2278 kódů BPEJ (VÚMOP 2019).

BPEJ se značí pětičíselným kódem, který charakterizuje hlavní půdní a klimatické podmínky daného pozemku. Tyto kódy jsou k dispozici v katastru nemovitostí. První číslice kódu označuje klimatický region, který je specifický přibližně stejnými klimatickými podmínkami důležitými pro růst a vývoj plodin. Druhá a třetí číslice značí příslušnost k hlavní půdní jednotce, která seskupuje půdní formy s příbuznými vlastnostmi. Čtvrtou číslicí je určována sklonitost a expozice ke světovým stranám, jež vyjadřuje utváření povrchu pozemku. Poslední neboli pátá číslice kódu označuje skeletovitost půdy neboli podíl obsahu šterku a kamene obsaženého v orniční vrstvě ku obsahu šterku a kamene v hloubce do 60 cm, a hloubku půdy (Ministerstvo zemědělství 2018). Následující tabulka II shrnuje, z jakých čísel se kód BPEJ skládá, co určují a do kolika kategorií se daná charakteristika třídí.

Tabulka II. Složení kódu BPEJ (Mašát et al. 1973, 2002)

Pořadí číslice	Charakteristika	Značení
1.	klimatický region	0-9
2. + 3.	hlavní půdní jednotka	00-78
4.	kombinace svažitosti a expozice pozemku	0-9
5.	skeletovitost a hloubka půdního profilu	0-9

3.8.2 Klasifikace

Bonitované půdně ekologické jednotky se třídí do pěti skupin, tzv. tříd ochrany půd, dle toho, jak jsou cenné a jak významná je jejich produkční schopnost. Na základě těchto skupin se půdy různým způsobem chrání a mají rozdílné podmínky pro potřeby vyjímání ze zemědělského půdního fondu (ZPF). Třídy ochrany ZPF jsou stanoveny vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 48/2011 Sb. a jsou vyhlášeny za účelem ochrany úrodných půd, ochrany životního prostředí a také z důvodu zajištění zemědělské výroby.

I. třída obsahuje bonitně nejcennější půdy v různých klimatických regionech. Jedná se zejména o půdy, které se nachází v rovinných či mírně sklonitých oblastech. Ze zemědělského půdního fondu je lze vyjmout jen zcela výjimečně. Pokud k vyjmutí ze ZPF dojde, jde převážně o potřeby, které souvisejí s obnovou ekologické stability krajiny a pro stavby liniového charakteru, které mají zásadní význam.

Do II. třídy se řadí zemědělské půdy s nadprůměrnou produkční schopností v rámci jednotlivých klimatických regionů. Jedná se o půdy s vysokým stupněm ochrany, které lze vyjmout ze ZPF jen podmíněně, či je jen podmíněně zastavovat.

III. třída shromažďuje půdy s průměrnou produkční schopností. Tyto půdy spadají pod střední stupeň ochrany. Pro potřeby územního plánování lze tyto půdy využít i pro výstavbu.

IV. třída obsahuje půdy, které mají z velké části podprůměrnou produkční schopnost. Ochrana těchto půd je jen omezená a lze je využívat pro stavební účely.

Do V. třídy patří půdy s velmi nízkou produkční schopností. Řadí se sem i půdy mělké, hydromorfní, na příkrých svazích, šterkovité až kamenité a půdy nejvíce ohrožené erozí. Ve většině případů se jedná o zemědělské půdy, které jsou z hlediska zemědělských účelů postradatelné. Na těchto půdách se jeví jako efektivnější spíše nezemědělské využití. Půdy spadají do nízkého stupně ochrany, avšak s výjimkou chráněných území, ochranných pásem,

popřípadě dalších potřeb týkajících se ochrany životního prostředí (Ministerstvo životního prostředí 2011; VÚMOP 2019).

3.8.3 Oceňování zemědělské půdy

V České republice se půda stala zbožím s nástupem tržního hospodářství, ke kterému došlo roku 1989. Investice do půdy je považována za jednu z nejvýhodnějších možností k uložení finančních prostředků. Důvodem je, že zemědělská půda dokáže produkovat výnos i bez zásahu člověka. V oceňování zemědělské půdy je stěžejní zákon č. 151/1997. Tento zákon se průběžně aktualizuje vyhláškami a v současné době platí vyhláška č. 188/2019 Sb., kterou se mění vyhláška č. 441/2013 Sb., k provedení zákona o oceňování majetku, ve znění pozdějších předpisů (Ministerstvo financí 2019).

Zemědělská půda může být oceňována dvěma základními způsoby. První z nich je úřední cena zemědělské půdy, neboli cena zjištěná dle právních předpisů, což je cena odvozená od BPEJ. Lze ji využít pro stanovení fiskálních údajů nebo pro zjednodušený odhad přibližné ceny pozemku. Druhým způsobem je určení tržní hodnoty. Tato hodnota je tvořena trhem a odvozuje se na základě vytváření ceny mezi prodávajícím a kupujícím neboli vztahem mezi nabídkou a poptávkou. O výši hodnoty půdy zde rozhoduje řada faktorů, jako jsou například poloha pozemku nebo typ kultury či infrastruktura.

Dle oceňovací vyhlášky č. 188/2019 Sb. se dle odstavce 1 určí cena zemědělského pozemku evidovaného jako orná půda, chmelnice, vinice, zahrada, ovocný sad nebo trvalý travní porost součinem výměry pozemku a základní ceny v Kč/m². Tímto způsobem se cena určí, pokud u daného zemědělského pozemku není v územním nebo regulačním plánu předpokládáno jeho nezemědělské využití. Nepatří sem zemědělské pozemky, které jsou „alespoň částečně součástí vymezené plochy koridoru veřejné dopravní nebo technické infrastruktury“. Odstavec 2 uvádí, že základní cena zemědělského pozemku se určuje dle BPEJ uváděné v příloze č. 4 k této vyhlášce nebo ji lze určit základní cenou v Kč/m² „zemědělských pozemků v daném katastrálním území, uvedenou v jiném právním předpisu, potvrdí-li Státní pozemkový úřad České republiky, že zemědělsky obhospodařovaný pozemek není bonitován“ (Ministerstvo financí 2019). Pokud je možné určit pro pozemek více základních cen (odstavec 3 této vyhlášky), tak se samostatně ocení jeho jednotlivé části se stejnou základní cenou. Výsledná cena pozemku je součtem cen jeho dílčích částí. Vyhláška č. 441/2013 Sb. v odstavci 4 uvádí, že „základní cena zemědělského pozemku se určí podle odstavců 2 a 3 a upraví se včetně zdůvodnění přírážkami a srážkami podle přílohy č. 5 k této vyhlášce“. Pokud je zemědělský pozemek neobhospodařován po dobu více než 6 let a jsou-li na něm trvalé travní porosty, které se oceňují dle „§ 43 v nezastavěném území starší než 5 let, ocení se tento pozemek podle § 9 odst. 5 a vynásobí se koeficientem 0,65“ (odstavec 5 této vyhlášky). V odstavci 6 je uvedeno, že „cena určená podle odstavců 4 až 5 činí nejméně 1 Kč za m²“ (Ministerstvo financí 2013).

3.9. Ubývání půdy

V České republice činí celková výměra půdního fondu 7 887 027 hektarů, z čehož v roce 2019 zaujímal zemědělský půdní fond (ZPF) plochu 4 205 288 hektarů. K zemědělské činnosti je využíváno 53 % z celkové výměry půdního fondu. Do ZPF se řadí orná půda, sady

a vinice, chmelnice a trvalé travní porosty. Orná půda se vyskytuje na 37,5 % rozlohy půdního fondu České republiky. Přibližně 54 % orné půdy je označováno za průměrně úrodnou a cca 40 % zabírají nadprůměrně úrodné půdy. Uvádí se, že 92 % zemědělského půdního fondu je v soukromém vlastnictví (AMSP ČR 2019).

Spolu s rychlým hospodářským rozvojem a růstem populace probíhá urbanizace po celém světě velice rychlým tempem. V důsledku rychlé urbanizace dochází k drastickým ztrátám orné půdy. Aby mohla být půda účinně chráněna, je nesmírně důležité studovat ztráty orné půdy (Liu et al. 2010).

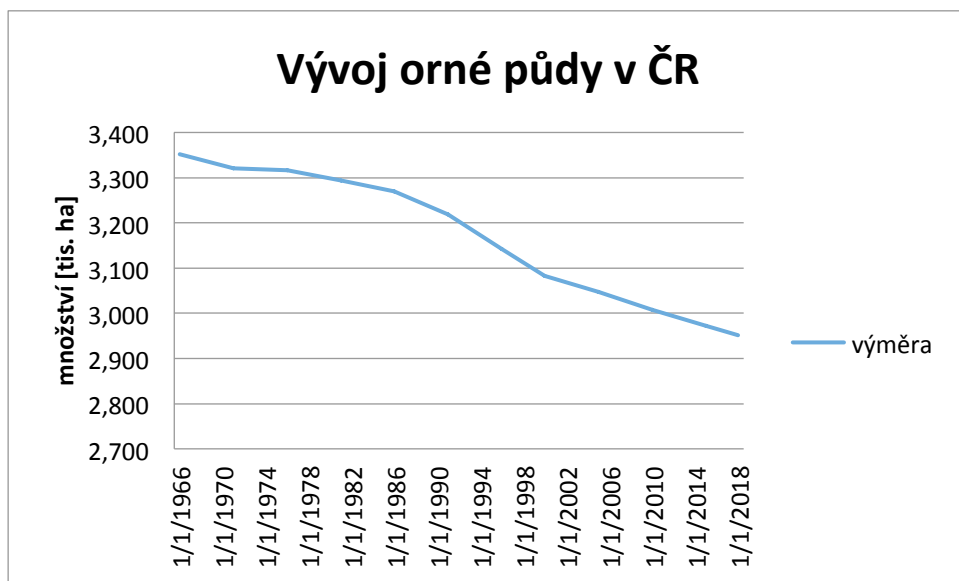
3.9.1 Změna vývoje rozlohy orné půdy v ČR

Na území České republiky žilo k 31. 12. 2018 celkem 10 610 055 obyvatel. V tomto roce dosahovala výměra orné půdy připadající na 1 obyvatele 0,2782 ha. Vývoj podílu orné půdy na obyvatele se snižuje přibližně od roku 1950, kdy připadalo 0,4330 ha půdy na 1 obyvatele.

V roce 2018 se v České republice vyskytovalo 4 203 726 ha zemědělských pozemků, z čehož výměra orné půdy byla vyčíslena na 2 951 395 ha. Oproti roku 2017 byl zaznamenán pokles rozlohy orné půdy (z 2 958 603 ha na 2 951 395 ha). V tabulce III je vyčíslena výměra orné půdy v pětiletých časových intervalech od roku 1966 do roku 2018. Jak lze vidět v grafu 1, orná půda v čase ubývá. Největší poklesy byly zaznamenány mezi lety 1986 až 1996, kdy během 10 let dohromady ubylo téměř 130 000 ha orné půdy. Po této dekádě se úbytek půdy výrazně snížil, avšak má stále vzestupnou tendenci. Co se týče úbytku půdy na úrovni krajů, tak za rok 2018 bylo nejvíce půdy ztraceno v kraji Středočeském, konkrétně 1 350,69 ha. Za ním následoval Zlínský kraj (801,47 ha) a Královéhradecký kraj (790,33 ha). Nejmenší úbytek zaznamenalo Hlavní město Praha, tedy 100,96 ha půdy (Český úřad zeměměřičský a katastrální 2019).

Tabulka III. Úbytek orné půdy na území České republiky mezi lety 1966 až 2018 (Český úřad zeměměřičský a katastrální 2019)

Stav ke dni	Orná půda v ha
1. 4. 1966	3 351 570
1. 4. 1971	3 320 179
1. 1. 1976	3 316 341
1. 1. 1981	3 293 392
1. 1. 1986	3 268 974
1. 1. 1991	3 219 030
1. 1. 1996	3 142 642
31. 12. 2000	3 082 383
31. 12. 2005	3 047 249
31. 12. 2010	3 008 090
31. 12. 2015	2 971 957
31. 12. 2018	2 951 395



Graf 1. Úbytek orné půdy v tisících hektarech v České republice v letech 1966 až 2016 (Český úřad zeměměřičský a katastrální 2019)

3.9.2 Zábory půdy

Mezi nejvýznamnější důvody úbytku zemědělské půdy se řadí zábory půdy (Janků et al. 2016a). Často dochází ke ztrátě kvalitní zemědělské půdy důsledkem jejího trvalého nepropustného překrytí, tzv. soil sealing (Vejchodská a Pelucha 2019). Soil sealing je definován jako překrývání povrchu půdy budovami, infrastrukturou nebo jakýmkoliv nepropustným materiálem (Janků et al. 2016b). Rozrůstání měst je označováno jako jedna z nejvýznamnějších hnacích sil způsobujících změny ve využívání zemědělské půdy (Janků et al. 2016a). Celá střední Evropa se potýká s úbytkem výměry orné půdy. Soil sealing byl označen za jednu z hlavních hrozeb v Soil Thematic Strategy vydanou Evropskou komisí (European Commission 2006; Janků et al. 2016b).

V současnosti představuje zabírání půdy v důsledku rozvoje měst hrozbu pro udržitelné využívání půdy na území celé Evropy. Soil sealing, který je spojený s urbanizací, je vnímán jako jedno z nejnaléhavějších témat ochrany životního prostředí v Evropské unii, kde dosud nejsou patrné žádné pozitivní trendy ve zlepšování hospodaření s půdou. Rozvoj měst a infrastruktury často probíhá v oblastech s vysoce kvalitní zemědělskou půdou, což má za následek nevratnou ztrátu zemědělské produkční kapacity EU. V rámci EU se politika městské zástavby do značné míry spoléhá na různé způsoby využití půdy prostřednictvím územního plánování. Postupy řízení a kontrolování, které se zaměřují na ochranu půdy před nadměrným rozvojem, jsou účinné jen částečně. Problém spočívá v tom, že existují rozdíly mezi sociálními veřejnými zájmy na národní nebo dokonce nadnárodní úrovni a veřejnými zájmy na místní úrovni obcí (Vejchodská a Pelucha 2019). Na místní úrovni se rýsuje konflikt mezi ochranou půdy a hospodářským rozvojem. Výsledkem pak je nekontrolované zabírání půdy, soil sealing a rozrůstání měst bez ohledu na negativní dopady na životní prostředí, které jsou s tím spojeny (Janků et al. 2016a).

Běžnou praxí je, že se odstraní svrchní vrstva ornice, které poskytuje většinu ekosystémových služeb spojených s půdou, a vzniknou pevné základy v podloží anebo

v hornině a podpoří tak budovu či infrastrukturu. Až poté se pokračuje se zbytkem výstavby. Toto obvykle odřízne půdu od atmosféry a zabrání infiltraci dešťové vody a výměně plynů mezi půdou a vzduchem (European Commission 2012).

Vzrůstající trend zabírání půdy je dán expanzí zastavěných oblastí neboli nárůstem výměry obytných a průmyslových ploch. Změna využití zemědělské půdy je ovlivněna její relativně nízkou cenou a očekáváním, že průmyslové zóny poskytnou nová pracovní místa. Kromě České republiky se potýkají s vysokou mírou trvalého překrytí půdy také další státy Evropské unie, mezi které patří Malta, Nizozemsko, Belgie, Německo a Lucembursko. Tento problém se ovšem týká celé EU, přičemž nejvíce je znatelný okolo hlavních městských aglomerací a také okolo pobřeží Středoziemního moře. V České republice představuje přeměna zemědělské půdy na zastavěné plochy velmi závažný problém. Ročně ubude přibližně 9 100 ha orné půdy, což představuje asi 25 ha půdy za den (Janků et al. 2016a). Protože existují jisté nesrovnalosti mezi realitou a katastrálními údaji, může být však úbytek orné půdy v České republice ještě větší. Problémem je i to, že obce zodpovídající za procesy územního plánování, často nemají ve svém zájmu půdu chránit (Janků et al. 2016b).

Rozrůstání měst na úkor zemědělské půdy je zapříčiněno několika faktory. Jedná se o stěhování obyvatel do příměstských oblastí, kde je pro ně k dispozici kvalitnější bydlení s větší průměrnou obytnou plochou připadající na jednoho obyvatele. Napříč EU však existují velké rozdíly v této obytné ploše. Pro migraci obyvatel na okraje měst může být důvodem také lepší životní prostředí. Důvod rychlejší zástavby je též dán stárnutím populace, prodlužováním střední délky života a zvyšujícím se průměrným věkem populace, i když tyto důvody nejsou shodné pro celý svět (Janků et al. 2016a). Ve městech existuje množství nevyužívaných původních průmyslových, zemědělských areálů atd. Přestože by bylo možné využívat tyto brownfields pro stavební účely, tak ve většině případů bývají přehlíženy. Nové budovy jsou stavěny raději na tzv. zelené louce, jelikož se jedná o levnější variantu než stavět na brownfields. V současnosti se též velké množství potravin dováží, a tak se často na půdu nenahlíží z hlediska její primární úlohy, kterou je produkce potravy (Janků et al. 2016b).

Bylo definováno několik hlavních dopadů, které jsou způsobené soil sealingem. Je vyvíjen velký tlak na vodní zdroje, což může vést ke změnám stavu životního prostředí v povodí. Tyto změny mohou mít vliv na ekosystémy a ekosystémové služby související s vodou. Nepochopitelné zakrytí půdy dále ovlivňuje nadzemní i podzemní biologickou rozmanitost. Historicky byly městské oblasti zakládány především v nejúrodnějších oblastech, tudíž dochází k záborům často na nejúrodnějších půdách. To pak má dopad na evropskou potravinovou bezpečnost. Zabírání půdy je problémem i proto, že půda má hlavní roli v globálním cyklu uhlíku. V důsledku ztráty vegetace spolu se zvýšenou absorpcí energie ze slunce tmavými povrchy v městských oblastech a se snížením evapotranspirace zábor přispívá k efektu "tepelného ostrova". Velkým problémem je odstraňování vegetace, zejména velkých stromů, které jsou podstatné při zachycování částic ze vzduchu a absorbování znečišťujících plynů. Vegetace má též nepřímý vliv na kvalitu ovzduší. Soil sealing dále narušuje spojení mezi chemickými a biologickými cykly suchozemských organismů uzavřených v půdě a zabraňuje tak půdním organismům v recyklaci odumřelého organického materiálu. Posledním hlavním dopadem utěšňování půdy je, že kvalita a množství zeleně ve městech přispívá k regulaci vody a teploty a má pozitivní vliv na vlhkost. Intenzivní stupeň

utěsnění může snížit kvalitu života. Soil sealing a zábor může významně degradovat krajinu (European Commission 2012).

Česká republika zavedla roku 1992 na základě zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, poplatků za přeměnu zemědělské půdy a představila ho jako jeden z nástrojů ochrany kvality a kvantity zemědělské půdy. Znamená to, že čím vyšší je kvalita ztracené zemědělské půdy, tím je vyšší poplatek za metr čtvereční této půdy. Zavedením těchto poplatků se očekávalo snížení ztrát půdy a přesunutí nového rozvoje do míst, kde by to mělo méně škodlivé dopady. Část výnosů z těchto poplatků odchází obci, která zároveň ovlivňuje proces lokalizace nového rozvoje tím, že definuje oblasti pro rozvoj ve svých územních plánech (Vejchodská a Pelucha 2019). Zavedením zákona o ochraně zemědělského půdního fondu se předpokládalo, že se zlepší ochrana půdy a zamezí se její degradaci a úbytku. Ovšem očekávání, která byla vkládána do tohoto zákona, se nenaplnila, jelikož stále lze pozorovat zhoršující se stav půd České republiky. Je zde patrný negativní trend zhoršování kvality i kvantity půd. Problém ovšem není jen v tomto zákoně, nýbrž v celé řadě příčin. Příkladem může být změna klimatu nebo třeba nedostatky v právním rámci zemědělství a také ve vymáhání právní úpravy. Co se týká zákona o ochraně ZPF, je zde problém v právní úpravě ochrany množství zemědělské půdy. Bylo by vhodné zaměřit se zejména na zábor nejkvalitnější půdy, kam spadají půdy I a II. třídy ochrany (Franková 2019). Zde je chyba ve formulaci, která říká: *"zemědělskou půdu I. a II. třídy ochrany lze odejmout pouze v případech, kdy jiný veřejný zájem výrazně převažuje nad veřejným zájmem ochrany zemědělského půdního fondu"*. Z této podmínky neplyne žádný přímý zákaz, který by neumožňoval nejkvalitnější půdy zahrnovat do zastavitelných ploch. Při poměrování veřejných zájmů pak vzniká další problém. Dochází zde pouze k odstraňování rozporů při realizaci územního plánování, a nikoliv v jeho koncepční fázi, která je pro plošnou ochranu ZPF podstatná (Ministerstvo životního prostředí 1992; Franková 2019).

Na nadnárodní úrovni byly zavedeny komplexní strategie a nástroje pro správu půdy (Janků et al. 2016a). Projekt SMS URBAN (Urban Soil Management Strategy) si klade za cíl vyvinout a zavést komplexní strategii managementu půdy pro obce ve střední Evropě, které pomohou zohlednit hodnotu půd a jejich různé funkce v procesech plánování (EUGRIS 2009). Tento projekt přinesl přístupy k ochraně vysoce kvalitních půd a jejich funkcí během rozvoje měst. Důležitou součástí, která přispěje k lepšímu řízení a k ochraně půdních zdrojů, je ovšem také zvyšování povědomí o hodnotě půdy (Janků et al. 2016a).

3.9.3 Eroze

Eroze je jednou z převládajících forem degradace půdy. Vodní eroze ovlivňuje až 56 % veškeré degradované půdy a je tedy významnějším problémem než eroze větrná, která ovlivňuje 28 %. Borelli et al. (2017) zjistili, že Evropa v porovnání s Amerikou vykazuje v průměru relativně nízkou úroveň eroze půdy (0,92 t/ha/rok). Severní Amerika takto ztratí až 2,23 t/ha/rok a Jižní Amerika má tuto ztrátu největší, tedy 3,53 t/ha/rok. Relativně nízká průměrná úroveň eroze v Evropě je podložena i údaji z Eurostatu, které značí, že pouze 13 % orné půdy je ovlivněno mírnou nebo vysokou úrovní vodní eroze. Tato situace je ovšem výrazně horší v České republice (Vávra et al. 2019).

Hlavním důvodem, proč je v této zemi vysoká hrozba eroze, byly necitlivé lidské zásahy do krajiny ve druhé polovině 20. století. Do tohoto období byly pro zemědělskou produkci využívány pozemky o průměrné rozloze 0,5 ha. Socialistický režim se ovšem zaměřil na posílení zemědělské produkce, a tak byla zřízena velká zemědělská družstva. Krajina byla rozsáhle devastována a docházelo mj. k zániku přírodních ekologických stabilizačních prvků, odvodňování říčních niv, vznikaly nové velké pozemky o velikosti i stovek hektarů. Všechny tyto faktory vedly k výraznému rozvoji větrné a vodní eroze a k problémům s nízkou retencí vody v krajině. Přestože se pak změnil politický režim, situace v hospodaření s půdou se nezlepšila. V současné době se odhaduje maximální odnos půdy v ČR na přibližně 21 milionů tun orné půdy ročně (Karásek et al. 2019).

Vodní eroze v České republice potenciálně ohrožuje až 54 % zemědělské půdy, přičemž na 18 % území republiky jsou půdy z hlediska eroze neohroženější (Menclová 2019) a 36 % zemědělské půdy je ohroženo mírným rizikem. Eroze půdy zapříčiněná vodou je způsobena kombinací přírodních a antropogenních faktorů. Problém způsobuje nedostatek i nadbytek srážek, které interagují s půdou, která je často ovlivňována nesprávným managementem. Patří sem odlesňování, intenzivní konvenční zemědělství spojené s velkými poli, hlubokou orbou, širokými řadami monokultur, nevyužíváním krycích plodin nebo nevhodnou orbou na příkrých svazích. Eroze vede ke ztrátě půdy, což s sebou nese i ekonomické ztráty, promývání hnojiv a pesticidů do povodí a v extrémních případech dochází k bahenním povodním. Riziko hrozby eroze půdy je umocněno změnami klimatu spojenými s kolísáním teplot a srážek a extrémny počasí (Vávra et al. 2019).

Velkým zemědělským subjektům, kterými jsou nájemci půdy, je bohužel současná špatná situace zemědělské krajiny lhostejná. Ti upřednostňují krátkodobý ekonomický zisk před trvale udržitelným rozvojem. V podstatě jediný existující nástroj vedoucí ke zlepšení situace je konsolidace půdy, úprava majetkových práv ve veřejném zájmu a navrhování a provádění opatření sloužících k ochraně a racionálnímu využívání přírodních zdrojů pro rozvoj venkovských oblastí. Konsolidace půdy spočívá v navrhování a následné realizaci protierozních opatření, vodního hospodářství a ekologických opatření v krajině. Náklady na provozování protierozních a vodohospodářských opatření jsou vysoké. Dlouhodobé ekonomické analýzy ovšem ukázaly, že prevence negativních účinků degradace půdy a vody je výhodnější, než řešení jejich důsledků (Karásek et al. 2019).

3.9.4 Klimatické změny a extrémny počasí

Půdní klima je stěžejní mj. pro růst a život rostlin, ale vzhledem i k tomu, že bonita půdy se neurčuje dle hodnot tohoto klimatu, tak o něm stále není dostatek informací (Leitschmann et al. 2018). Český hydrometeorologický ústav vypracoval několik studií, které zkoumaly, jak se mění některé meteorologické veličiny v průběhu času.

Česká republika je zvláštní tím, že veškeré zdroje vody, které zde jsou, mají původ ve srážkách a pramenech. Jsou tedy závislé na množství srážek, které naprší. Vzhledem k tomu, že se předpokládá, že v důsledku globálního oteplování bude dále narůstat teplota a zároveň se v budoucnu bude celý proces urychlovat, je potřeba těmto klimatickým změnám věnovat velkou pozornost. Očekává se, že spolu s nárůstem teplot bude zároveň ubývat srážek, což se může projevit nežádoucím suchem (Střeščík et al. 2014). Roku 1990 předložili

Kožuchowski a Marciniak studii, ve které se předpokládal nárůst srážek v západní a severní Evropě a jejich úbytek ve východní a jižní Evropě. Česká republika leží v oblasti, kde se očekává právě pokles srážek. Ve studii, která se zabývala vývojem srážkových úhrnů v ČR v letech 1961 až 2012, bylo zjištěno, že srážky na území ČR za posledních 50 let mírně rostly a nepředpokládá se výrazná změna v průběhu následujících dekád. Zjistilo se, že srážky na západě ČR rostou více než průměr pro celou republiku a naopak, že na východě je růst menší a na mnohých místech i klesá. Obecně na Moravě v nížinách dochází ke kumulaci nízkého srážkového úhrnu s jejich poklesem. Lze soudit, že v těchto oblastech srážky ubývají a bude tomu tak i v budoucnu.

Co se týká sezónních úhrnů srážek, tak v letních měsících budou častějším jevem intenzivní lokální srážky a bouřky, ale vzhledem ke krátkému trvání těchto srážek nebude docházet k zasakování vody, nýbrž k odtoku. Není tedy pravda, že s přibývajícemi srážkami rostou i zásoby vláhy v krajině. Pozorován je také jev, kdy na jaře srážek zřetelně ubývá, což způsobuje nedostatek vláhy na počátku vegetačního období (Střeščík et al. 2014).

V další studii bylo například sledováno, zda a jak se mění průměrné roční a letní teploty vzduchu, roční a letní srážkové úhrny, Minářova vláhová jistota a Langův dešťový faktor ve vybraných regionech v České republice. Jednalo se o oblasti na horních tocích Vltavy, Labe, Moravy a Odry.

Mezi nejsušší části ČR patří oblasti na jižní Moravě, především Břeclavsko a Mikulovsko, a dále pak dolní Polabí a Poohří, zejména Žatecko. Dochází k postupnému rozšiřování oblastí ohrožených suchem proti proudu velkých řek, přičemž se nepředpokládá, že by se tento trend měl zastavit. Bylo pozorováno výrazné kolísání hodnot mezi jednotlivými roky. Za oblasti nejvíce ohrožené suchem v budoucnu byly označeny zejména nížiny v povodí řeky Moravy a Labe. Dále bude sucho ohrožovat i povodí řeky Odry a okolí Prahy. V těchto regionech budou častěji zaznamenány roky označované jako silně suché či nejsušší (Střeščík et al. 2019).

4 Metodika

Pro analýzu půd byl vybrán Středočeský kraj.

4.1. Získávání dat

Pro účely diplomové práce bylo zapotřebí shromáždit potřebná data týkající se půdních charakteristik. Celkově bylo shromážděno 19 různých charakteristik půd ve Středočeském kraji. Prostřednictvím geografického informačního systému ČR PuGIS byly zjištěny následující data: pH H₂O, pH KCl, obsah humusu, hloubka humusového horizontu, Cox, CaCO₃, P₂O₅, K₂O, nasycenost sorpčního komplexu, celková sorpční kapacita a zrnitostní složení. Od Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy jsme obdrželi data týkající se tříd ochrany půd a základní ceny za tyto půdy, konkrétně z eKatalogu BPEJ (zjištěné dle vyhlášky č. 188/2019 Sb.). Kvalita ekosystému byla získána pomocí informací o krajinném pokryvu pomocí CORINE Land Cover 2012. Procento zastavěné plochy (soil sealing) bylo zjištěno z CORINE Land Cover 2018. Dále nám byla poskytnuta data o nově vznikajících klimatických regionech, přičemž průměrný úhrn srážek pro tyto regiony byl získán z charakteristik klimatických regionů v knize Půda a její hodnocení v ČR, II. díl (Vopravil a kol. 2011). Dále jsme ještě obdrželi data o retenční vodní kapacitě a hydrologických skupinách půd od Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, přičemž tato data jsou výsledkem výzkumného projektu Ministerstva zemědělství NAZV QJ1520026.

Následně bylo zapotřebí získat data potřebná pro tvorbu map. Půdní mapa Středočeského kraje byla převzata z mapy České republiky 1:250 000 (Kozák at al. 2009). Podklady pro tvorbu mapy hydrologických skupin půd a retenční vodní kapacity poskytl VÚMOP, ale jedná se o výsledky projektu Ministerstva zemědělství NAZV QJ1520026. Mapy týkající se charakteristik vycházejících z bonitace půd byly vytvořeny díky datům z Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek (Státní pozemkový úřad ČR, 2019). Pro tvorbu mapy nových klimatických regionů poskytl podklady Český hydrometeorologický ústav.

4.2. Zpracování dat a tvorba map

Získaná data o půdních charakteristikách byla zpracována prostřednictvím programu Microsoft Office Excel. Ze všech dat, která byla k dispozici, bylo potřeba vybrat nejdůležitější charakteristiky, které mají vliv na kvalitu půdy. Pro dvě různé hloubky půdy (0-30 cm a 30-60 cm) bylo vybráno pH KCl, obsah humusu, zrnitost (obsah jílu), nasycenost sorpčního komplexu a celková sorpční kapacita. Dále byla vybrána hloubka humusového horizontu, třída ochrany půd, retenční vodní kapacita, hydrologické skupiny půd, průměrný srážkový úhrn, kvalita ekosystému a soil sealing. Konkrétní hodnoty vybraných charakteristik byly následně rozděleny do tří kategorií, které charakterizovaly rozpětí hodnot. Jednalo se o kategorie dobrá, střední a špatná. Rozmezí hodnot a příslušné kategorie jsou znázorněny v tabulce IV. Tabulka byla vytvořena na základě obdobného hodnocení, které bylo použito v projektu EU URBAN Soil Management Strategy (Kozák a Galušková 2010).

Tabulka IV. Rozdělení hodnot vybraných charakteristik s vazbou k půdě

Charakteristika	dobrá (3)	střední (2)	špatná (1)
Výměnné pH	6,5-7	6,4-4,0	<4,0; >7,0
Obsah humusu [%]	>3,5	3,5-1	<1
Hloubka 1. půdního horizontu [cm]	>30	30 až 10	<10
Bonitace půd/ třídy ochrany půd	I; II	III; IV	V
Zrnitost	<25 % jílu a písku	ostatní	písek; jíl
RVK	4	3; 2	1
HSP	A	B	C; D
Průměrný úhrn srážek [mm]	550-650	500-550; 650-900	<500; >900
Nasycenost sorpčního komplexu [%]	>75	75-50	<50
Celková sorpční kapacita [mmol chem. ekv. .kg-1]	>25	25-13	<13
Kvalita ekosystému	Listnaté lesy, luční porosty, TTP	Smíšené lesy, zemědělské půdy	průmyslové areály, jehličnaté lesy
Soil sealing [%]	<5	5 až 25	>25

*RVK – retenční vodní kapacita

*HSP – hydrologická skupina půd

Mapy v této diplomové práci, které charakterizují přírodní poměry ve Středočeském kraji, byly vytvořeny v programu ArcGIS verze 10.7.1. Mapy znázorňující zařazení vybraných půdních charakteristik do výše zmíněných kategorií, byly vytvořeny ve spolupráci s firmou HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.

4.3. Statistické šetření

Pro zhodnocení výsledků práce bylo použito statistické šetření pro zjištění průkaznosti rozdílu mezi základními charakteristikami půd v hloubce 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu půdy. Byly vybrány následující základní charakteristiky: aktivní pH, obsah humusu a obsah jílu. Pro tyto účely byl využit dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. Výpočty byly provedeny v programu Statistica.

5 Výsledky

5.1. Mapy charakterizující přírodní poměry

Prostřednictvím programu ArcMap (verze 10.7.1.) bylo vytvořeno celkem 11 map, které shrnují charakteristiky Středočeského kraje a mají vazbu na vlastnosti půd. Jedná se o půdní mapu, mapu retenční vodní kapacity, hydrologických skupin půd a mapy, které vycházejí z bonitace půd, kam spadá souhrnná mapa hloubky a skeletovitosti půdy a mapa sklonitosti a expozice ke světovým stranám. Z bonitace dále vychází mapa hlavních půdních jednotek, skupin půdních typů a klimatických regionů.

Obrázky 6 a 7 znázorňují mapy retenční vodní kapacity půd Středočeského kraje. Obrázek 6 zobrazuje retenční vodní kapacitu na území celého kraje. Na obrázku č. 7 byla vybrána modelová část zkoumaného území, přičemž se jedná o oblast nacházející se na jihu kraje. Retenční vodní kapacita je členěna do čtyř kategorií dle množství vody, které půda dokáže zadržet v systému kapilárních pórů a tuto vodu pak lze postupně uvolňovat pro potřeby rostlin. Hodnoty retenční vodní kapacity berou v úvahu hloubku půdního profilu a obsah vody. Výsledné hodnoty retenční vodní kapacity charakterizují skutečné množství vody, které je půda schopna zadržet při srážkách. Do kategorie nízká spadají půdy s RVK nižší než 100 mm. Kategorie střední označuje půdy s RVK 100-200 mm, kategorie vysoká půdy s RVK 200-300 mm a do kategorie velmi vysoká patří půdy s RVK nad 300 mm. Na výsledných mapách je znatelné, že oblasti s nízkou retenční vodní kapacitou se v kraji vyskytují jen ve velice omezené míře. V oblasti nacházíme půdy především s vysokou a velmi vysokou retenční vodní kapacitou, které jsou v mapách znázorněny modrými barvami.

Na obrázku č. 8 jsou vyobrazeny půdní typy nacházející se ve Středočeském kraji. Největší část území je pokryta kambizeměmi. Nejúrodnější půdy, tedy černozemě, se nacházejí na severu a na východě kraje. Kolem hlavního města Praha najdeme převážně hnědozemě a černozemě. Severovýchod kraje je z hlediska půdních typů velice různorodý a nachází se zde i jediná oblast v kraji, kde je znám výskyt podzolů, což je na jihozápadě okresu Mladá Boleslav.

Na obrázcích 9 a 10 jsou vyobrazeny mapy hydrologických skupin půd, které lze v kraji nalézt. Obrázek 9 zobrazuje celý Středočeský kraj, zatímco obrázek 10 pouze jeho vybraný výřez neboli modelové území, které je shodné jako na obrázku 7. Hydrologické skupiny půd se dělí do 4 základních a 2 duálních kategorií. Do těchto kategorií jsou půdy děleny dle svých hydrologických vlastností, kam spadá nasycená hydraulická vodivost, hloubka nepropustné vrstvy a hladiny podzemní vody (HPV).

Skupina A obsahuje půdy s nasycenou hydraulickou vodivostí nejméně propustné vrstvy půdy větší než 0,40 mm/s, s nepropustnou vrstvou nacházející se hlouběji než 50 cm pod povrchem půdy a HPV v hloubce větší než 60 cm. Řadí se sem i hluboké půdy s nepropustnou vrstvou a hladinou podzemní vody v hloubce přesahující 1 m, u nichž je u všech horizontů nasycená hydraulická vodivost větší než 0,1 mm/s. Do skupiny B patří půdy s nasycenou hydraulickou vodivostí nejméně propustné vrstvy 0,1-0,4 mm/s, s nepropustnou vrstvou v hloubce více než 50 cm pod povrchem a HPV v hloubce přesahující 60 cm. Skupina obsahuje také půdy hluboké s nepropustnou vrstvou a HPV v hloubce větší než 1 m, u nichž je nasycená hydraulická vodivost horizontů v rozmezí 0,04-0,1 mm/s.

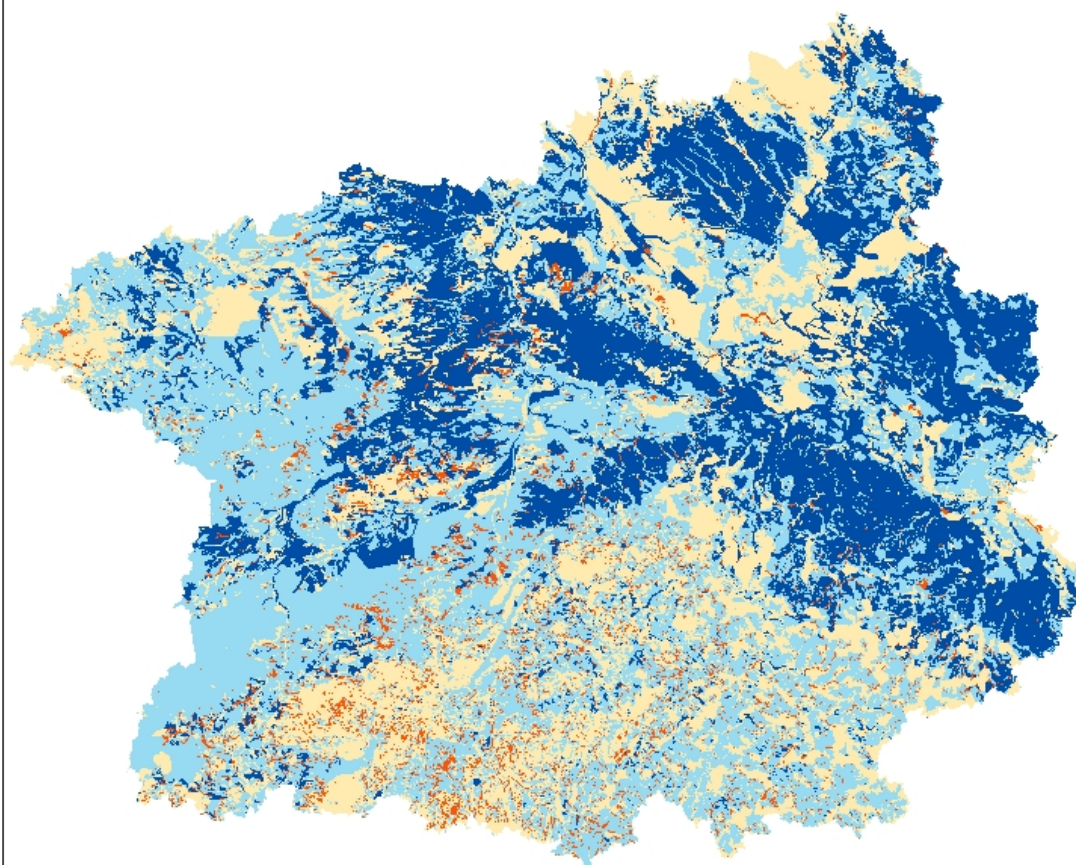
Skupina C obsahuje půdy s nasycenou hydraulickou vodivostí nejméně propustné vrstvy 0,01-0,1 mm/s, s nepropustnou vrstvou nacházející se v hloubce více než 50 cm pod povrchem a HPV více než 60 cm. Najdeme zde i hluboké půdy s nepropustnou vrstvou a HPV nacházející se v hloubce větší než 1 m. Nasycená hydraulická vodivost u těchto půd je u všech horizontů v rozmezí 0,004-0,04 mm/s. Poslední základní skupinou je D, kam spadají půdy s nepropustnou vrstvou v hloubce menší než 50 cm či HPV v hloubce menší než 60 cm. Řadí se sem také půdy s nepropustnou vrstvou nebo HPV v hloubce větší než 100 cm, přičemž jejich nasycená hydraulická vodivost je menší než 0,004 mm/s. Hydrologické skupiny půd patřící do kategorie B/D a C/D jsou uvedeny u půd, které náleží do skupiny D, avšak pouze na základě přítomnosti hloubky nepropustné vrstvy v hloubce do 60 cm, a u kterých je příznivá nasycená hydraulická vodivost. V případě, že jsou tyto půdy přiměřeně odvodněné, tedy pokud hloubka HPV je větší než 60 cm, lze tyto půdy řadit do skupin podle jejich nasycené hydraulické vodivosti.

Jak je vidět na obrázku 9, nejvíce je ve Středočeském kraji zastoupena hydrologická skupina B, která se vyskytuje téměř ve všech částech kraje. Pouze na severovýchodě území tuto skupinu téměř nenalezneme, vyskytují se zde především skupiny A, C a D. Podobně tomu je i na jihozápadě kraje, kde je však skupina D zastoupena v mnohem menším rozsahu než je tomu na severovýchodě.

Mapa retenční vodní kapacity pro Středočeský kraj

Legenda

-  nízká
-  střední
-  vysoká
-  velmi vysoká



0 10 20 30 40 km

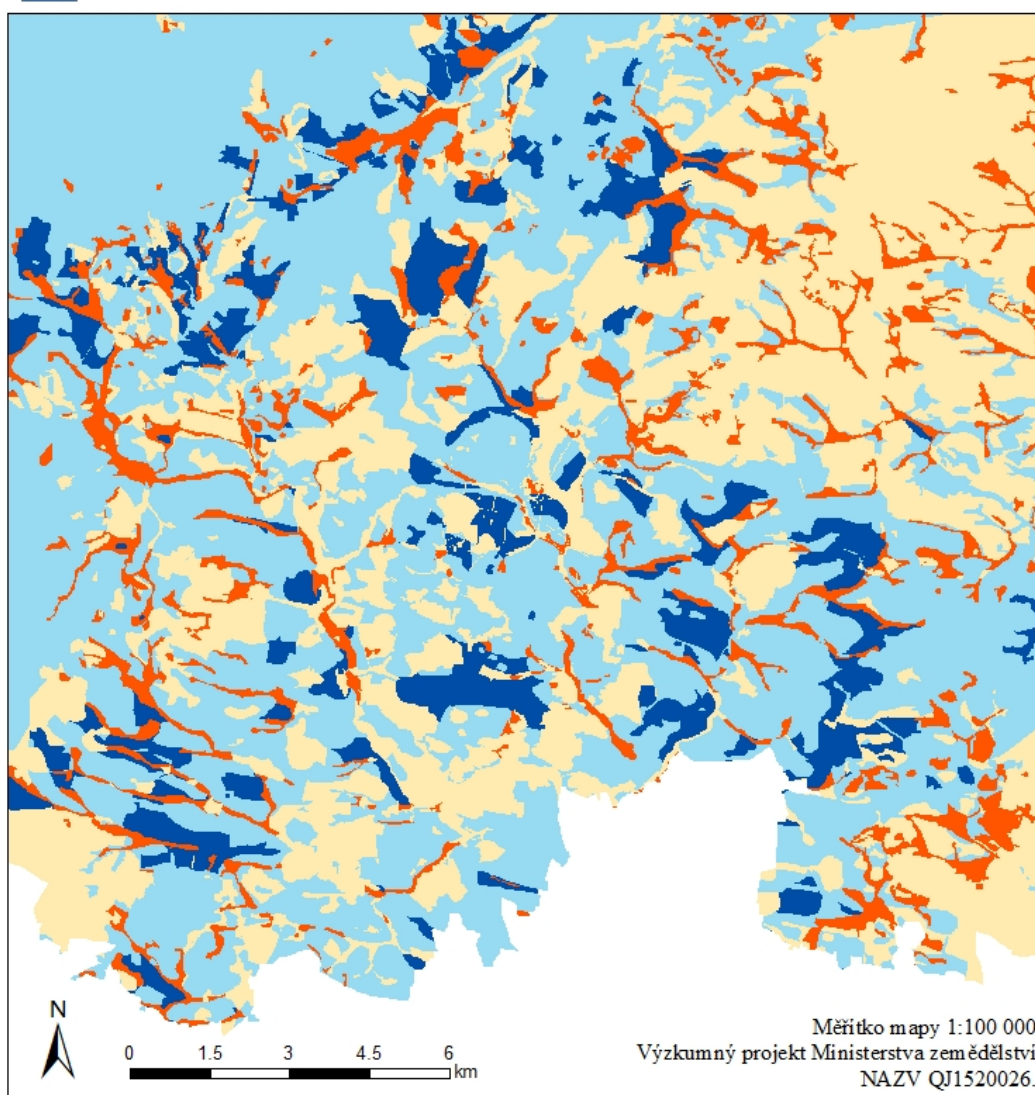
Měřítko mapy 1:800 000
Výzkumný projekt Ministerstva zemědělství
NAZV QJ1520026.

Obr. 6. Mapa retenční vodní kapacity pro Středočeský kraj, 1:800 000

Mapa retenční vodní kapacity pro vybrané území Středočeského kraje

Legenda


















- nízká
- střední
- vysoká
- velmi vysoká

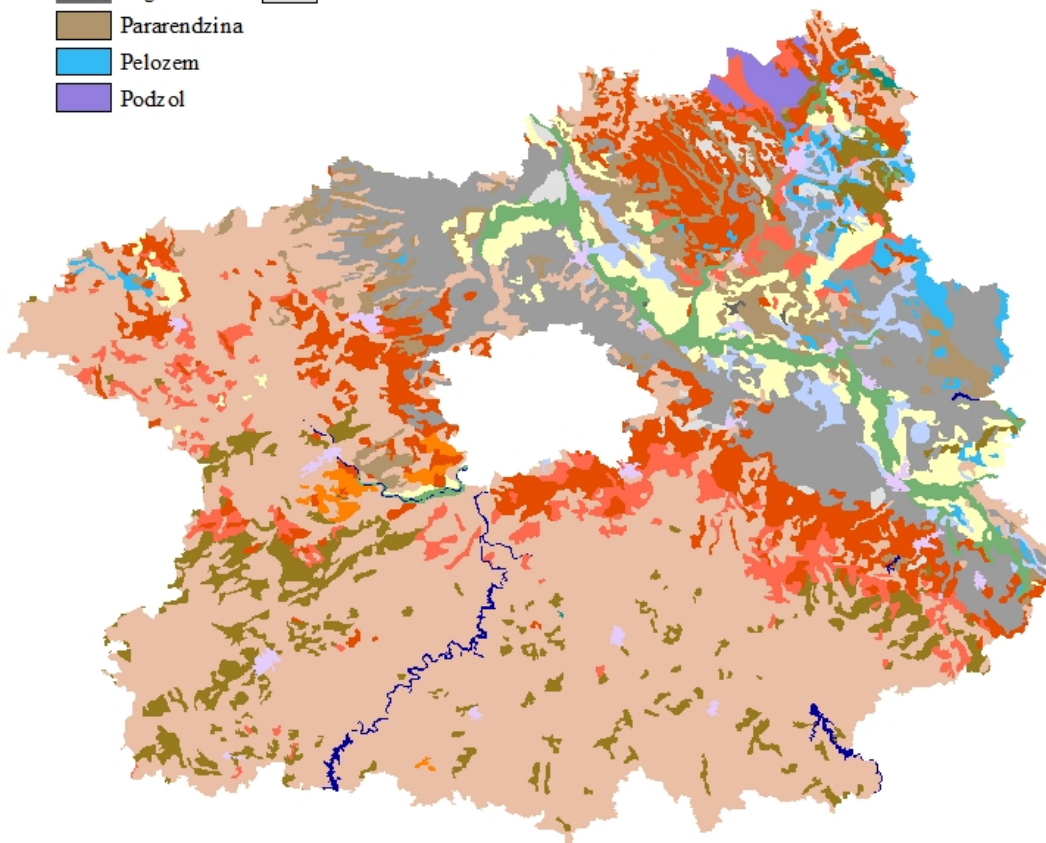


Obr. 7. Mapa znázorňující retenční vodní kapacitu na vybraném území Středočeského kraje -
jih, 1:100 000

Půdní mapa Středočeského kraje

Legenda

	Antropozem		Pseudoglej
	Fluvizem		Regozem
	Glej		Rendzina
	Hnědozem		Vodní plochy
	Kambizem		Černice
	Luvizem		Černoziem
	Organozem		Šedoziem
	Pararendzina		
	Pelozem		
	Podzol		



0 10 20 30 40
km

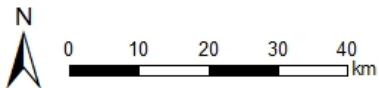
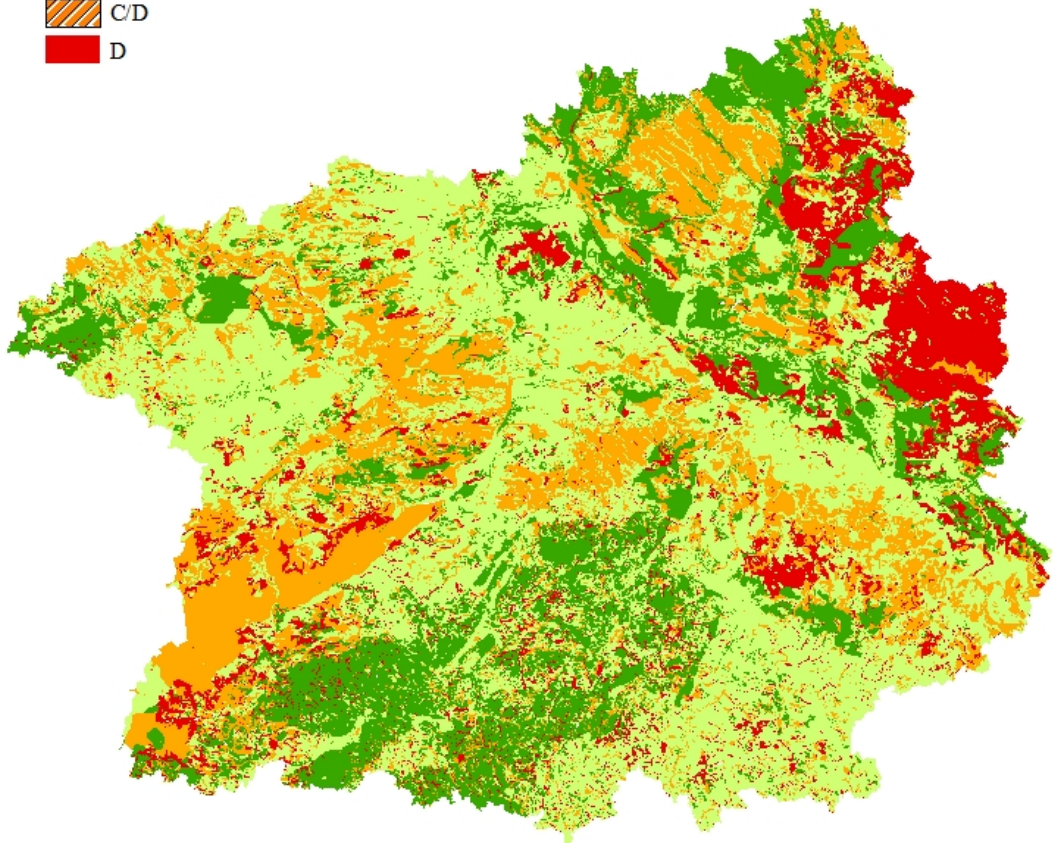
Měřítko mapy 1:800 000
Převzato z mapy ČR 1:250 000,
Kozák a kol., Atlas půd České republiky, 2009.

Obr. 8. Mapa půdních typů Středočeského kraje, 1:800 000

Mapa hydrologických skupin půd Středočeského kraje

Legenda

-  A
-  B
-  B/D
-  C
-  C/D
-  D

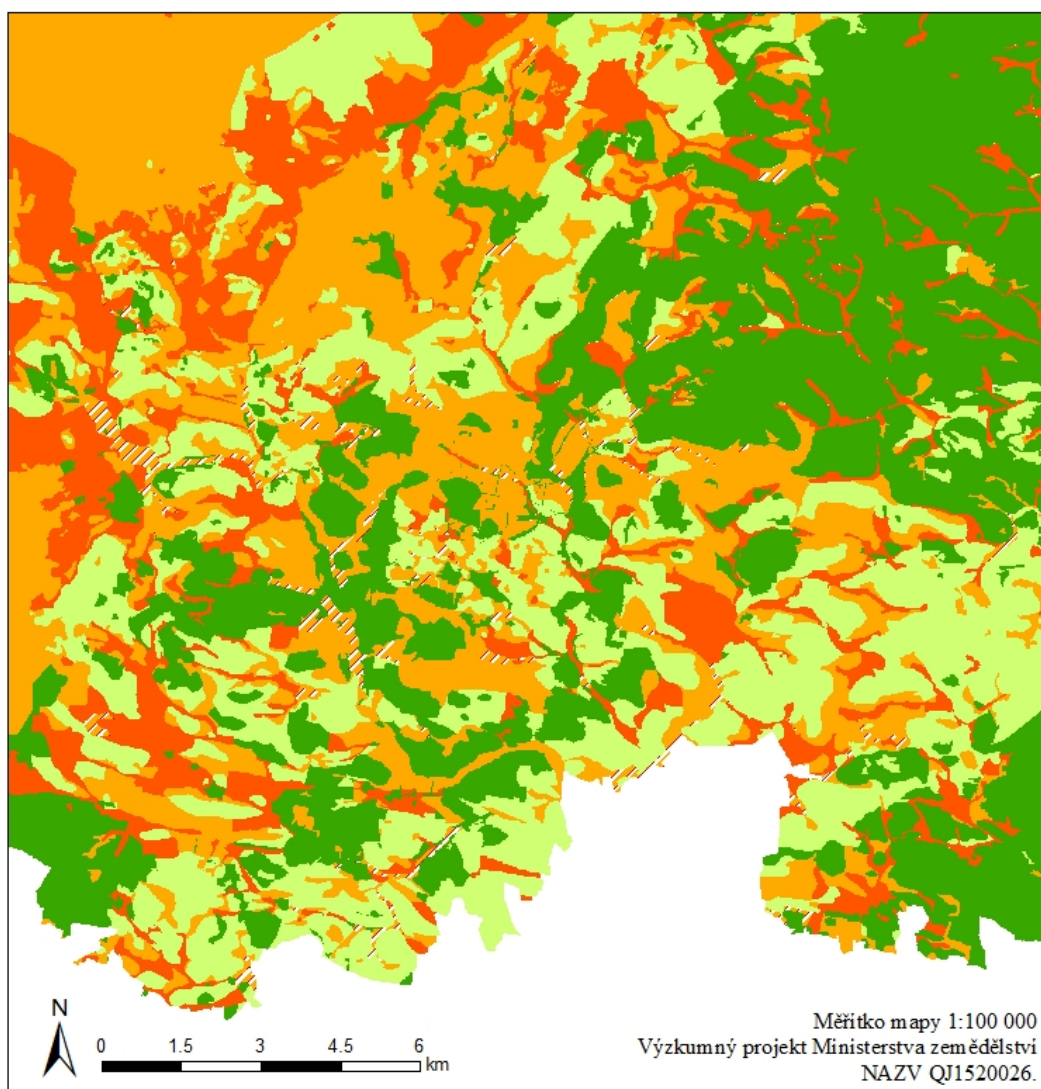


Měřítko mapy 1:800 000
Výzkumný projekt Ministerstva zemědělství
NAZV QJ1520026.

Obr. 9. Mapa hydrologických skupin půd ve Středočeském kraji, 1:800 000

Mapa hydrologických skupin půd na vybraném území Středočeského kraje

Legenda



Obr. 10. Mapa znázorňující hydrologické skupiny půd na vybraném území Středočeského kraje - jih, 1:100 000

Následující mapy vychází z bonitace půd České republiky. Kód BPEJ byl rozklíčován a na základě toho vzniklo pět map charakterizujících vlastnosti studovaného území.

Na obrázku 11 jsou vyznačeny klimatické regiony vybraného území. Celkem rozeznáváme 10 klimatických regionů, které se určují dle sumy teplot přesahujících 10 °C,

průměrných teplot, průměrného úhrnu srážek, pravděpodobnosti suchých vegetačních období a vláhové jistoty ve vegetačním období. Klimatické regiony jsou v kódu značeny od 0 do 9, přičemž na této mapě je uvedena jejich charakteristika. Z mapy je patrné, že ve Středočeském kraji se vůbec nevyskytuje klimatický region označovaný jako chladný a vlhký (CH) a jen v omezené míře zde najdeme region mírně chladný a vlhký (MCH). Mírně chladný a vlhký region (MCH) se vyskytuje pouze na jihu Středočeské pahorkatiny. Mírně chladné a chladné regiony jsou typické zejména pro oblasti výše položené, což Středočeský kraj spíše nesplňuje. Stejně tak se zde nevyskytuje velmi teplý a suchý region (VT). V kraji se nacházejí klimatické regiony od teplých (T1, T2 a T3) po regiony mírně teplé s různou mírou vlhkosti. Regiony T1 a T2 jsou typické na severu a v centrální části kraje a T3 je charakteristický v oblasti táhnoucí se od severovýchodu na východ. Mírně teplé regiony byly zjištěny na východě a jihu kraje.

V současné době postupně vznikají nové klasifikace klimatických regionů, protože klimatické regiony sestavené při bonitaci půd již nejsou úplně aktuální. Na nových klimatických regionech pracuje Český hydrometeorologický ústav. Dosud byly vytvořeny klimatické regiony, jak značí obrázek 12, ty však stále nejsou finální a dochází k jejich dalším úpravám. Je vidět, že ve srovnání s klimatickými regiony na obrázku 11 došlo k viditelným změnám. Z mapy Středočeského kraje vymizel mírně chladný a vlhký region (MCH) a změnil se rozsah regionů VT a T1, které se rozšířily či přesunuly více na západ kraje. Na severním okraji kraje se nově objevil region MT3. Ke změnám došlo i u ostatních regionů značících mírně teplé klima.

Hlavní půdní jednotky, které v kódu BPEJ označuje druhé a třetí číslo, jsou vyobrazeny na obrázku 13. Celkem existuje 78 těchto jednotek, přičemž ve studovaném území je nejhojněji zastoupena hlavní půdní jednotka č. 29. Tato půdní jednotka se rozkládá na celkové výměře 89 658,59 ha. Legenda k této mapě HPJ je na obrázku 14. S hlavními půdními jednotkami úzce souvisí skupiny půdních typů, které spojují půdy s podobnými charakteristickými vlastnostmi. Rozlišuje se 13 skupin půdních typů, které v sobě pojí hlavní půdní jednotky. Hlavní půdní jednotky v sobě mohou integrovat i větší množství půdních typů a subtypů, které však mají podobnou produkční schopnost. Skupiny půdních typů jsou znázorněny na obrázku 15.

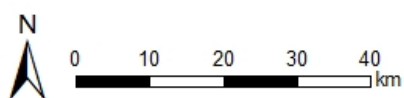
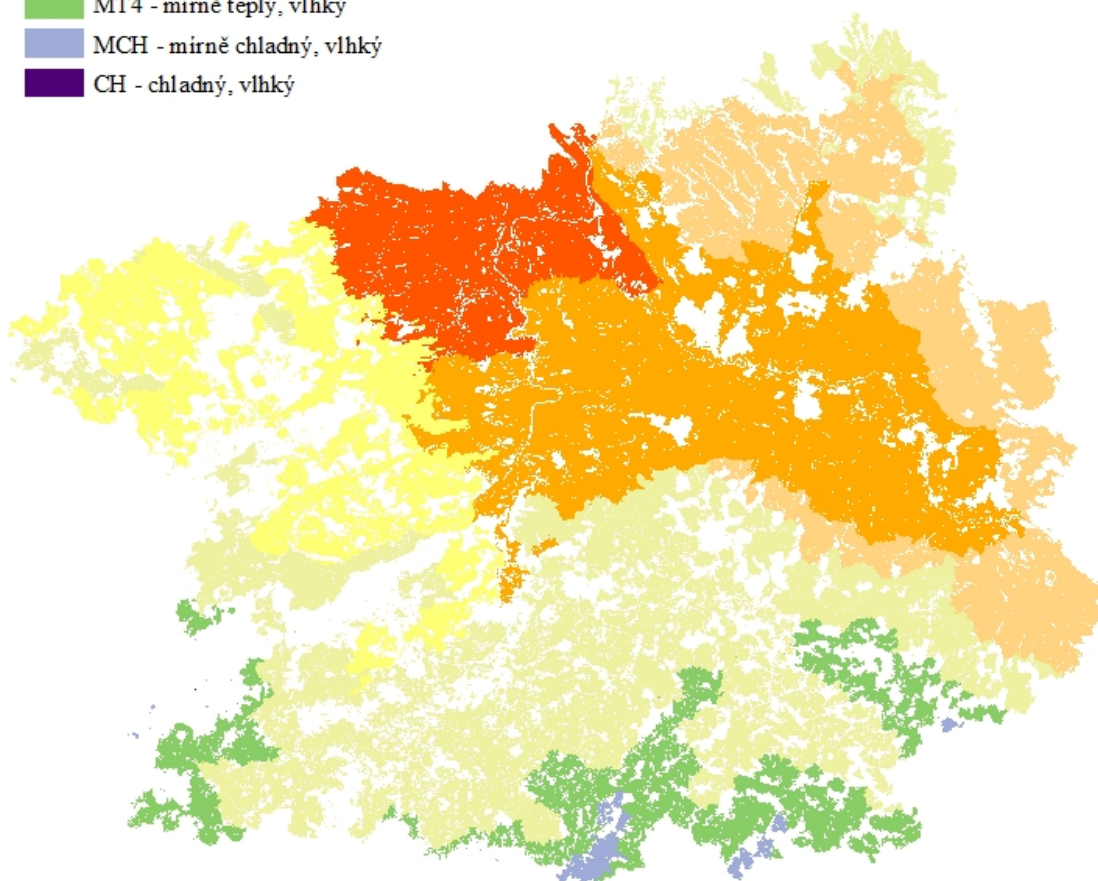
V kódech BPEJ je sdružený kód pro sklonitost a expozici půd a dále pro skeletovitost a hloubku půdy. V obou případech existuje 10 čísel, která symbolizují charakter půd daného místa. Obrázek 16 značí sklonitost a expozici půd ke světovým stranám. Středočeský kraj je převážně rovinatého charakteru. Jak lze vyčíst z mapy, na většině území se vyskytuje rovina či mírně sklonitý terén. Střední sklon, který je vyznačen žlutou barvou, je patrný pouze lokálně a sklonitý terén označovaný fialovými odstíny je v kraji jen ve velice omezeném množství. Sklonitý terén nacházíme například v oblasti Středočeské pahorkatiny, dále v lokalitě CHKO Křivoklátsko a CHKO Brdy.

Na obrázku 17 je rozlišena skeletovitost a hloubka půdy. V jižní, centrální a východní části kraje jsou zejména půdy bez skeletu, které jsou zároveň hlubší. Naopak sever a západ kraje obsahuje půdy spíše slabě či středně skeletovité.

Klimatické regiony Středočeského kraje

Legenda

- VT - velmi teplý, suchý
- T1 - teplý, suchý
- T2 - teplý, mírně suchý
- T3 - teplý, mírně vlhký
- MT1 - mírně teplý, suchý
- MT2 - mírně teplý, mírně vlhký
- MT3 - mírně teplý (až teplý), značně vlhký
- MT4 - mírně teplý, vlhký
- MCH - mírně chladný, vlhký
- CH - chladný, vlhký



Měřítko mapy 1:800 000

Převzato z

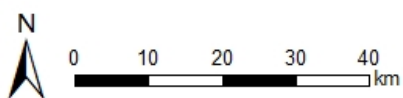
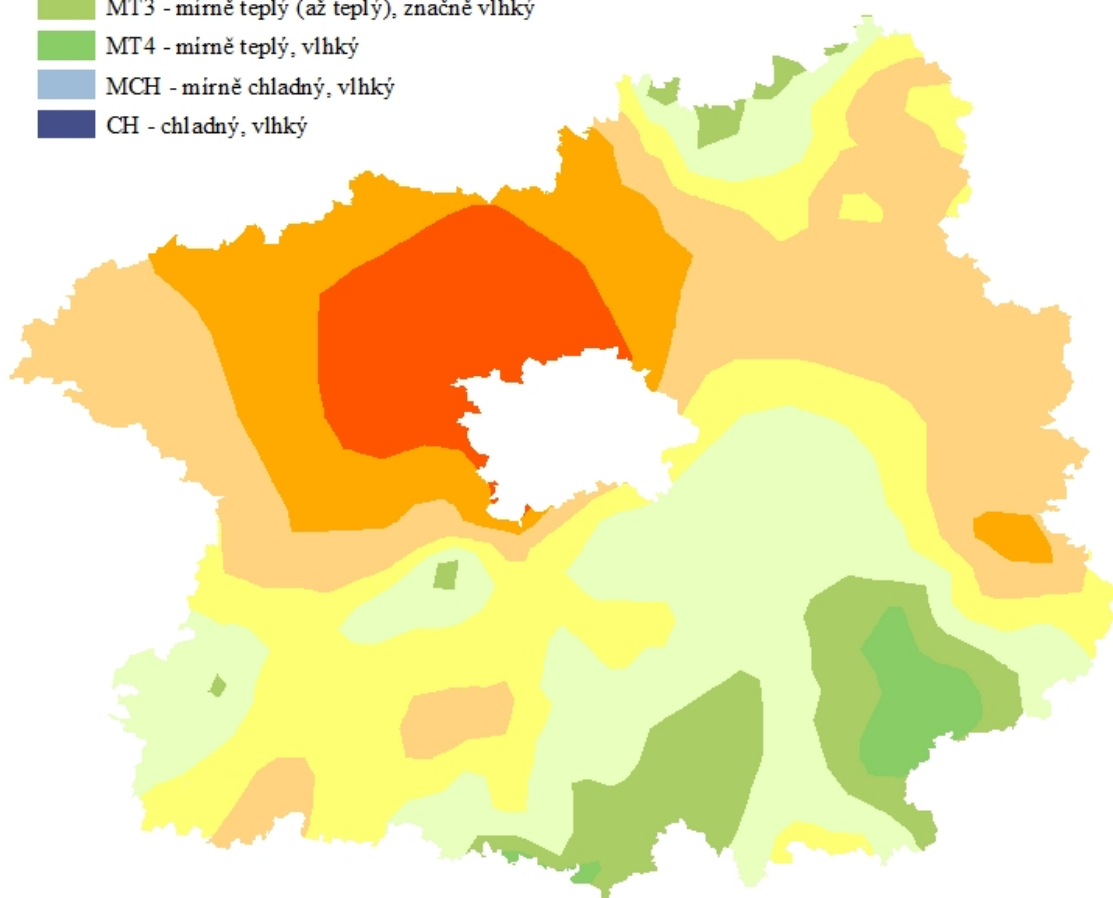
Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek,
Státní pozemkový úřad ČR, 2019.

Obr. 11. Mapa klimatických regionů vyskytujících se ve Středočeském kraji, 1:800 000

Nové klimatické regiony Středočeského kraje

Legenda

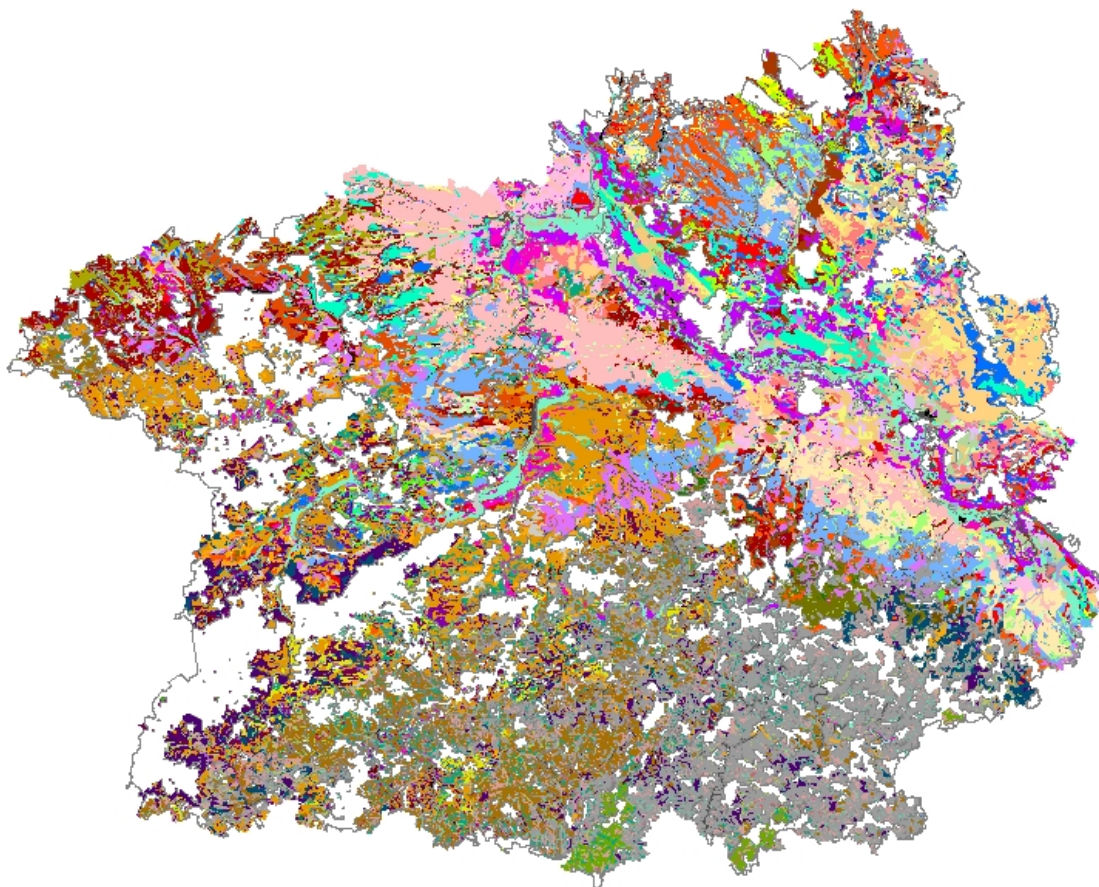
- VT - velmi teplý, suchý
- T1 - teplý, suchý
- T2 - teplý, mírně suchý
- T3 - teplý, mírně vlhký
- MT1 - mírně teplý, suchý
- MT2 - mírně teplý, mírně vlhký
- MT3 - mírně teplý (až teplý), značně vlhký
- MT4 - mírně teplý, vlhký
- MCH - mírně chladný, vlhký
- CH - chladný, vlhký



Měřítko mapy 1:800 000
Převzato od
Českého hydrometeorologického ústavu, 2020.

Obr. 12. Nově vznikající klimatické regiony (pracovní verze), 1:2 500 000

Hlavní půdní jednotky ve Středočeském kraji
















































































Měřítko mapy 1:800 000

Převzato z

Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek,
Státní pozemkový úřad ČR, 2019.

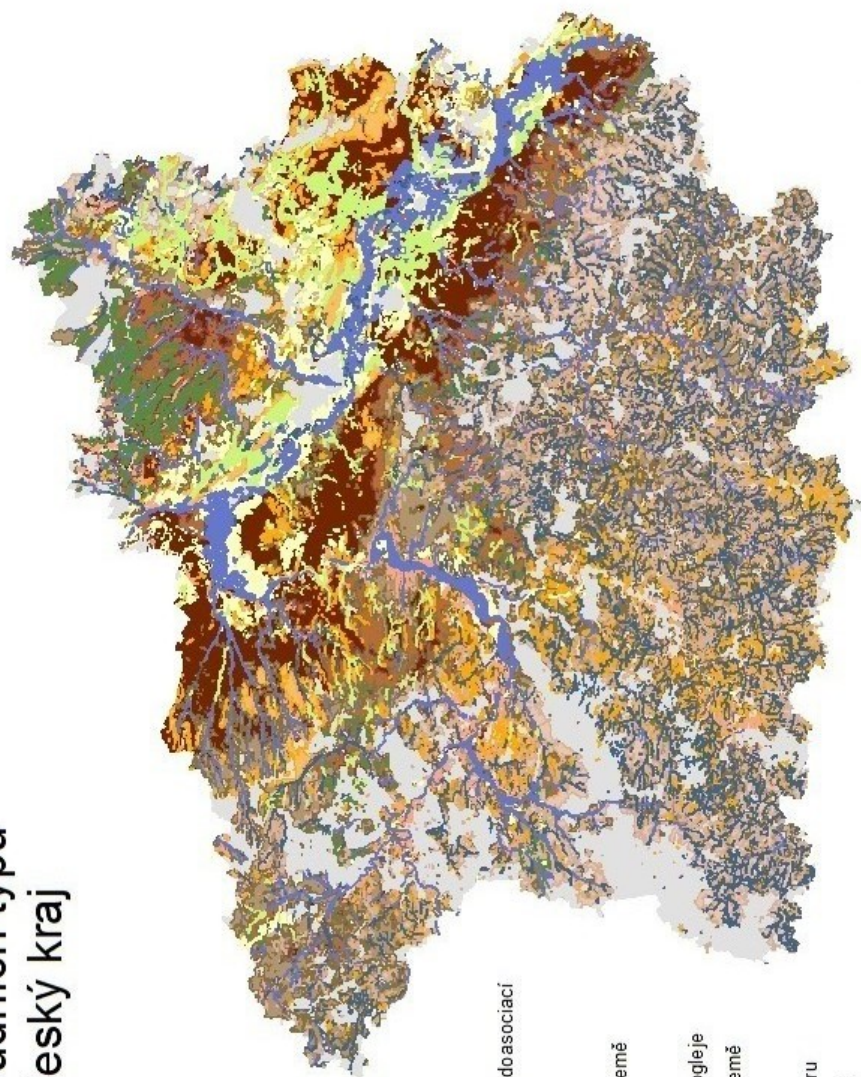
Obr. 13. Hlavní půdní jednotky vyskytující se na území Středočeského kraje, 1:800 000

Legenda

 nehodnoceno	 22	 46	 68
 01	 23	 47	 69
 02	 25	 48	 70
 03	 26	 49	 71
 04	 27	 50	 72
 05	 28	 51	 73
 06	 29	 52	 74
 07	 30	 53	 75
 08	 31	 54	 76
 09	 32	 55	 77
 10	 33	 56	 78
 11	 34	 57	
 12	 35	 58	
 13	 37	 59	
 14	 38	 60	
 15	 39	 61	
 16	 40	 62	
 17	 41	 63	
 18	 42	 64	
 19	 43	 65	
 20	 44	 66	
 21	 45	 67	

Obr. 14. Legenda k mapě hlavních půdních jednotek (k obrázku č. 13)

Mapa skupin půdních typů pro Středočeský kraj



Legenda

- hnědozemě
- hnědé půdy - kambizemě
- hydromorfní půdy - gleje jako složky pedosociací
- ilimerizované půdy - luvizemě
- lužní půdy - černice
- mělké půdy - kambizemě, rankery, litozemě
- neklasifikováno
- oglejené (mramorované) půdy - pseuogleje
- půdy na píscích a štěrkopiscích - regozemě
- půdy nivních poloh - fluvizemě
- půdy převážně černozemního charakteru
- půdy rendzín - rendziny a pararendziny
- půdy v velmi sklonitých poloh
- silně kyselé hnědé a rezivé půdy mírně chladné až chladné oblasti (Kambizemě dystrikové, podzoly, krypto-podzoly)














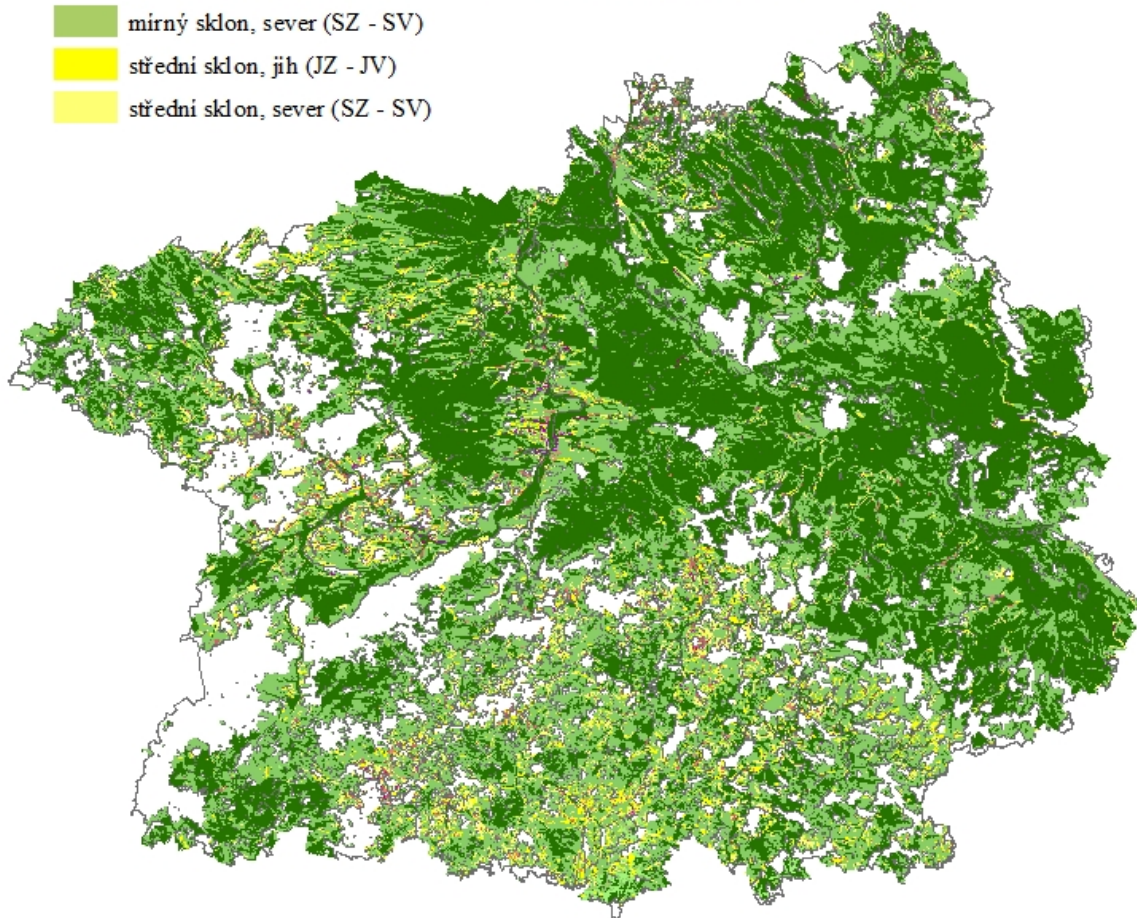
Měřítko mapy 1:800 000
Převzato z
Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek,
Státní pozemkový úřad ČR, 2019.

Obr. 15. Skupiny půdních typů, 1:800 000

Mapa sklonitosti a expozice půd ve Středočeském kraji

Legenda

	nehodnoceno		výrazný sklon, jih (JZ - JV)
	rovina, bez rozlišení		výrazný sklon, sever (SZ - SV)
	mírný sklon, bez rozlišení		příkrý sklon až sráz, jih (JZ - JZ)
	mírný sklon, jih (JZ - JV)		příkrý sklon až sráz, sever (SZ - SV)
	mírný sklon, sever (SZ - SV)		
	střední sklon, jih (JZ - JV)		
	střední sklon, sever (SZ - SV)		



0 10 20 30 40 km

Měřítko mapy 1:800 000












Prevzato z

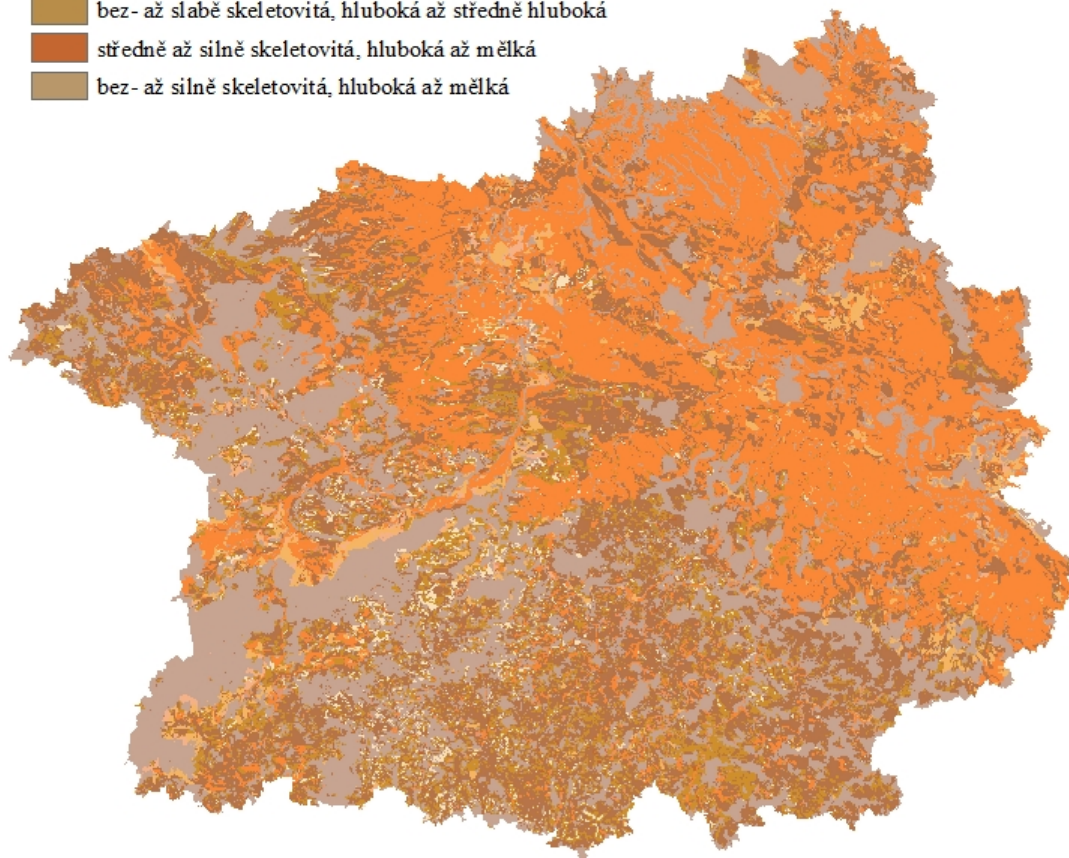
Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek,
Státní pozemkový úřad ČR, 2019.

Obr. 16. Souhrnná mapa sklonitosti půd a jejich expozice ke světovým stranám, 1:800 000

Mapa skeletovitosti a hloubky půd ve Středočeském kraji

Legenda

-  nehodnoceno
-  bezskeletovitá, hluboká
-  bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká až středně hluboká
-  slabě skeletovitá, hluboká
-  středně skeletovitá, hluboká
-  středně skeletovitá, hluboká až středně hluboká
-  slabě skeletovitá, mělká
-  středně skeletovitá, mělká
-  bez- až slabě skeletovitá, hluboká až středně hluboká
-  středně až silně skeletovitá, hluboká až mělká
-  bez- až silně skeletovitá, hluboká až mělká



0 10 20 30 40
km

Měřítko mapy 1:800 000

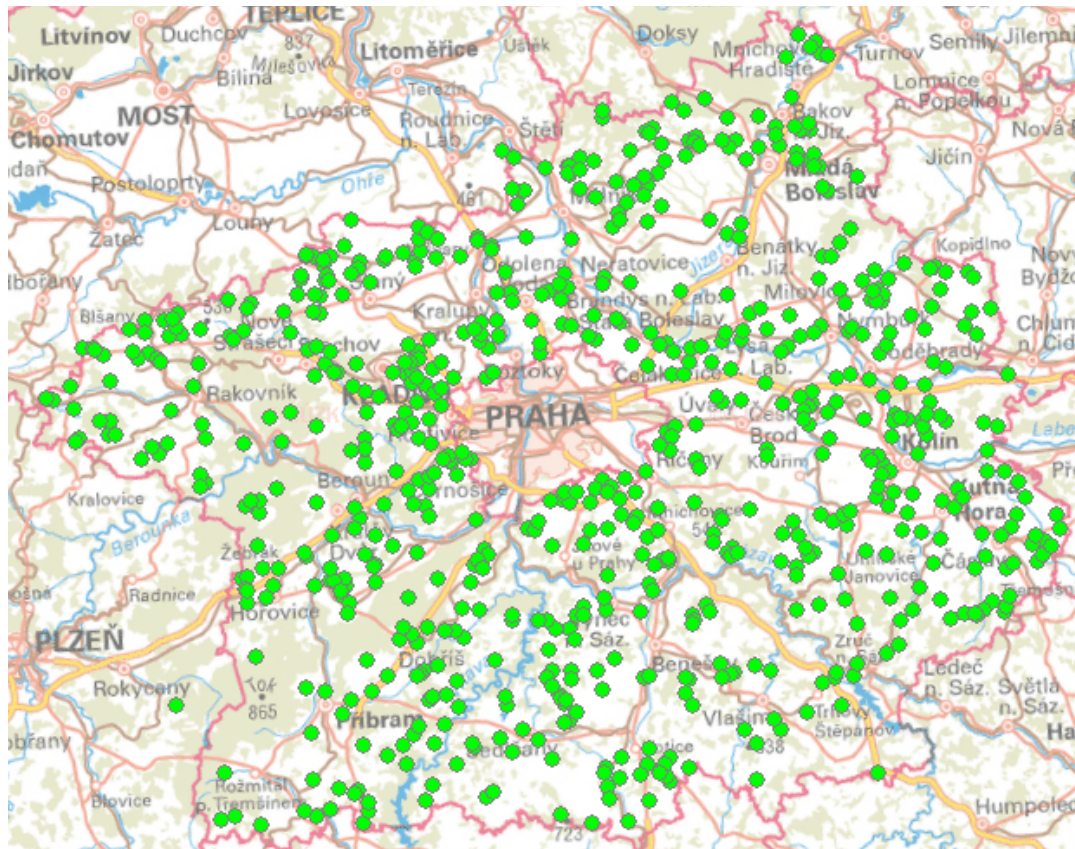
Převzato z

Databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek,
Státní pozemkový úřad ČR, 2019.

Obr. 17. Souhrnná mapa skeletovitosti a hloubky půdy, 1:800 000

5.2. Mapy vybraných půdních charakteristik

Po výběru potřebných charakteristik půd Středočeského kraje, které mají vliv na ekosystémové služby, byly tyto charakteristiky zařazeny do tří skupin značící dobrou, střední a špatnou kvalitu půdy. U všech těchto charakteristik bylo nejprve stanoveno rozmezí hodnot, aby bylo následně možné charakteristiky půd zařadit. Na základě zařazení do kategorií bylo vytvořeno 22 map. Ve Středočeském kraji bylo výzkumu podrobena celkem 702 půdních sond, z čehož 16 sond se týká lesních půd. Půdní sondy jsou znázorněny na následujících obrázcích 18 a 19.



Obr. 18. Mapa půdních sond na území Středočeského kraje

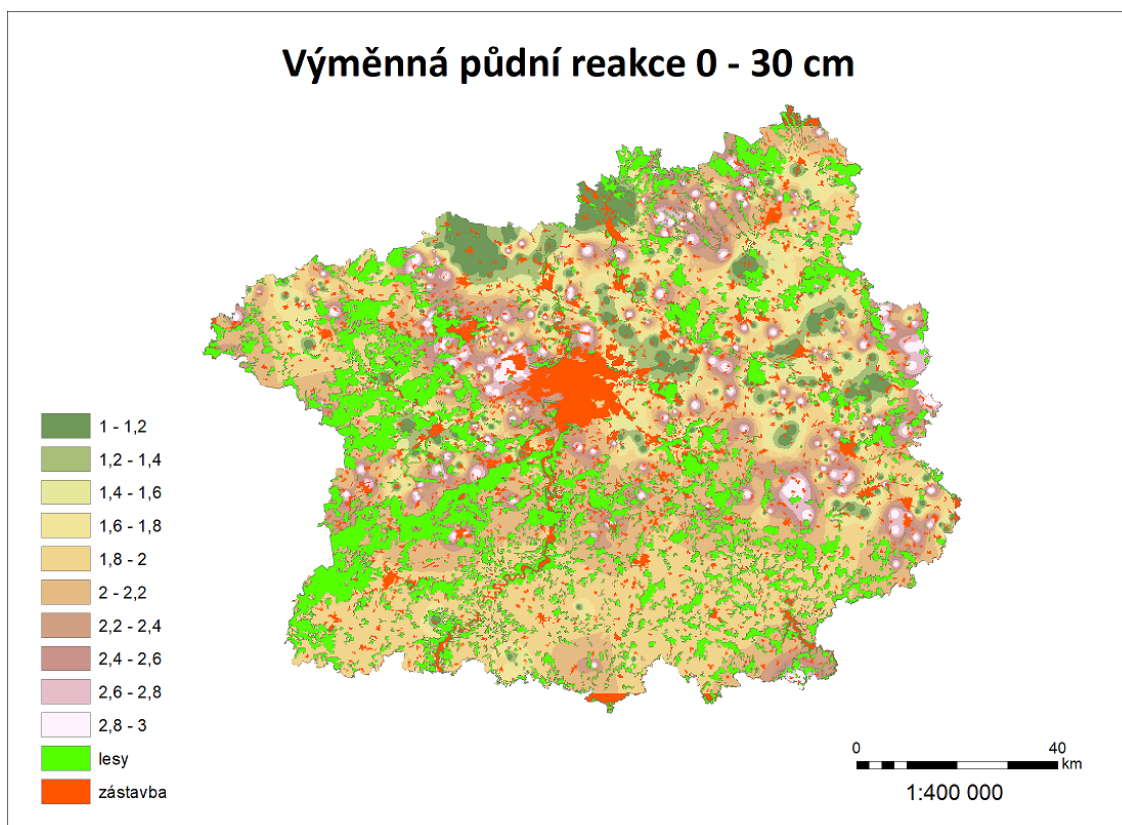


Obr. 19. Mapa sond lesních půd ve Středočeském kraji

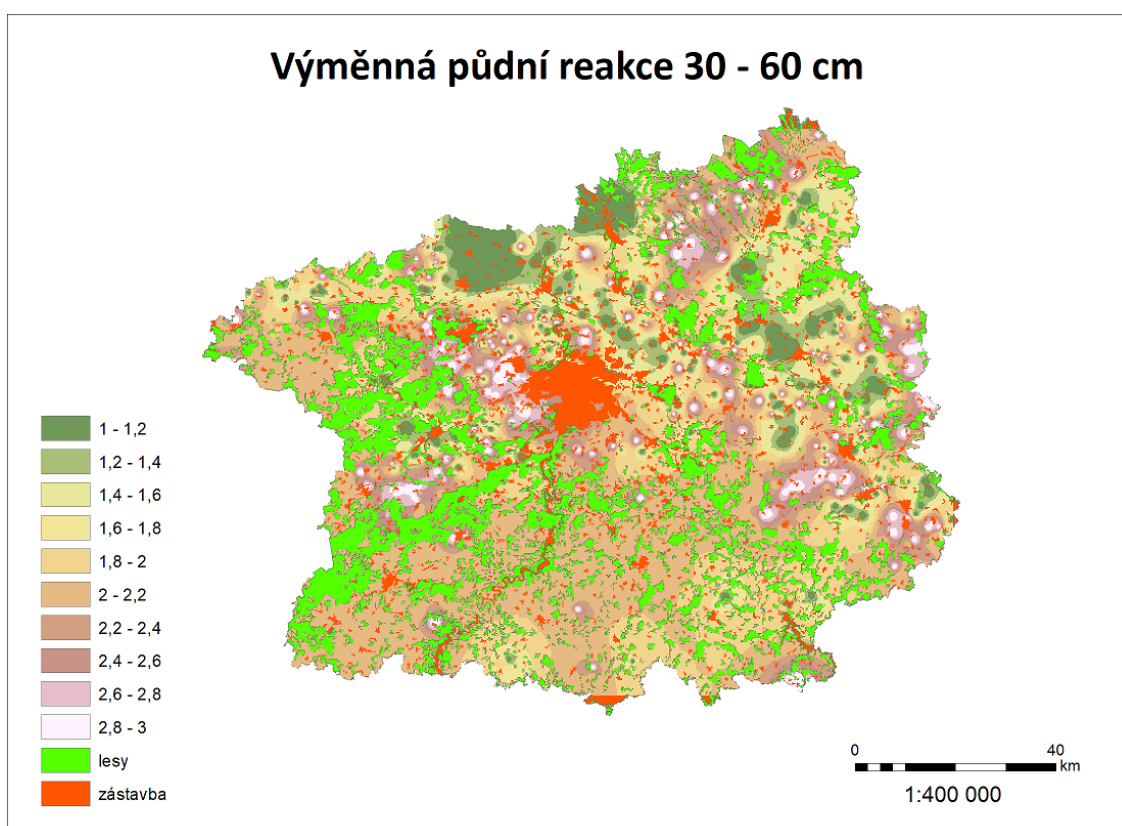
Následující mapy jsou výsledkem zařazení vlastností půd do kategorií. Na všech těchto mapách je městská zástavba zobrazena červenou barvou a lesy sytě zelenou barvou. Nejvyšší hodnoty jsou vyznačeny světle růžovou až bílou barvou. Naopak nejméně kvalitní půdy jsou v mapách zbarveny do tmavě zelená. Ostatní barvy zvýrazňují středně nebo průměrně kvalitní půdy.

Na obrázku 20 byly do kategorií dle kvality zařazené naměřené hodnoty výměnné půdní reakce v prvních 30 cm od povrchu půdy. Za vhodné pH byly označeny hodnoty mezi 6,5 až 7, což odpovídá neutrální půdní reakci. Zjistilo se, že větší počet lokalit s vhodným pH mají půdy nacházející se především v severní polovině Středočeského kraje a dále pak v jeho východní části. Největší lokality s neutrálním pH byly zjištěny na severozápadním okraji města Prahy a mezi Kolínem a Kutnou Horou. Větší množství míst s dobrou kvalitou půdy se dále vyskytuje na severu kraje mezi městy Mladá Boleslav a Mělník a v blízkosti Poděbrad a Čáslavi. Naopak špatné, tzn. velmi kyselé či zásadité půdy, se nachází na severním okraji Středočeského kraje nad městy Mělník a Slaný. Nekvalitní půdy jsou v mapě značeny tmavě zeleně. Další místa s nevhodným pH nacházíme i v okrese Praha - východ a Kolín podél řeky Labe. Jižní polovina kraje je pokryta středně kvalitními půdami.

V hloubce půdy od 30 do 60 cm jsou oblasti s nevhodným pH většího rozsahu. Znázorňuje to obrázek 21. Největší plochy s velmi kyselými či alkalickými půdami opět nad městy Mělník a Mladá Boleslav. S rostoucí hloubkou půdy zde tedy došlo ke zhoršení kvality půdy. Větší výměru mají i nevhodné půdy v Polabské nížině. Lokality s kvalitní půdou, jsou také na podobných místech, jako je znázorněno na obrázku 20. Lepší půdy byly zjištěny zejména v oblasti na severozápadním okraji Prahy a v okrese Beroun. Ke zlepšení půdní reakce došlo také mezi Mělníkem a Mladou Boleslaví.



Obr. 20. Mapa výměnné půdní reakce v hloubce půdy 0-30 cm od povrchu



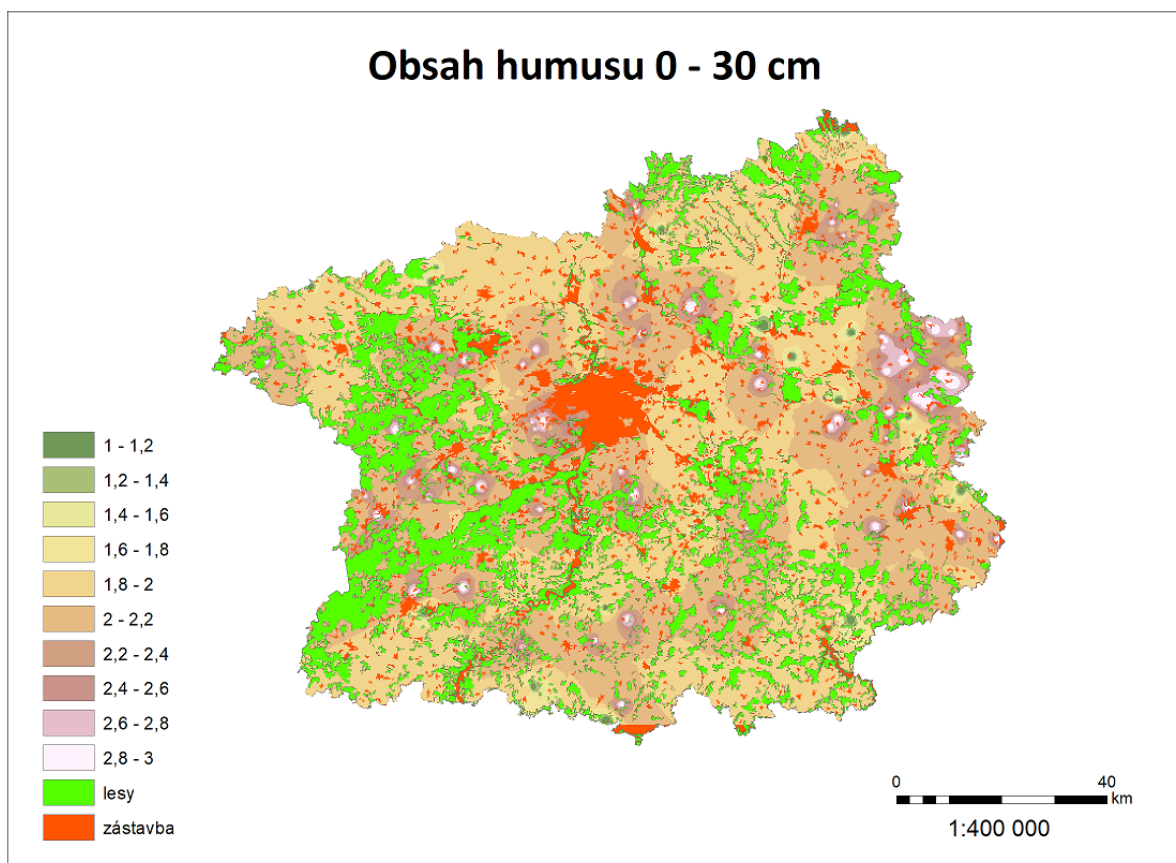
Obr. 21. Mapa výměnné půdní reakce v hloubce půdy 30-60 cm od povrchu

Obrázky 22 a 23 se týkají obsahu humusu v půdách Středočeského kraje. První z nich značí, jaké množství humusu bylo zjištěno v hloubce do 30 cm od povrchu půdy. Nejvíce humusu bylo zjištěno v okrese Nymburk, který spadá do Polabské nížiny. Vyskytují se tu nejrozsáhlejší oblasti, ve kterých se obsah humusu pohybuje v hodnotách nad 3,5 %. Další oblast s kvalitní půdou je například na západním okraji Prahy a v Polabí. Ostatní místa, kde je humus na dobrých hodnotách, jsou malého rozsahu. Celkově je obsah humusu v kraji spíše průměrný, což znamená, že půdy obsahují množství mezi 1 až 3,5 %. Svědčí o tom fakt, že téměř celá mapa je zbarvena do žluta až růžova. Špatné hodnoty humusu byly zjištěny pouze na malých ploškách na rozhraní okresu Mladá Boleslav a Poděbrady. Zvýrazněny jsou tmavě zelenou barvou.

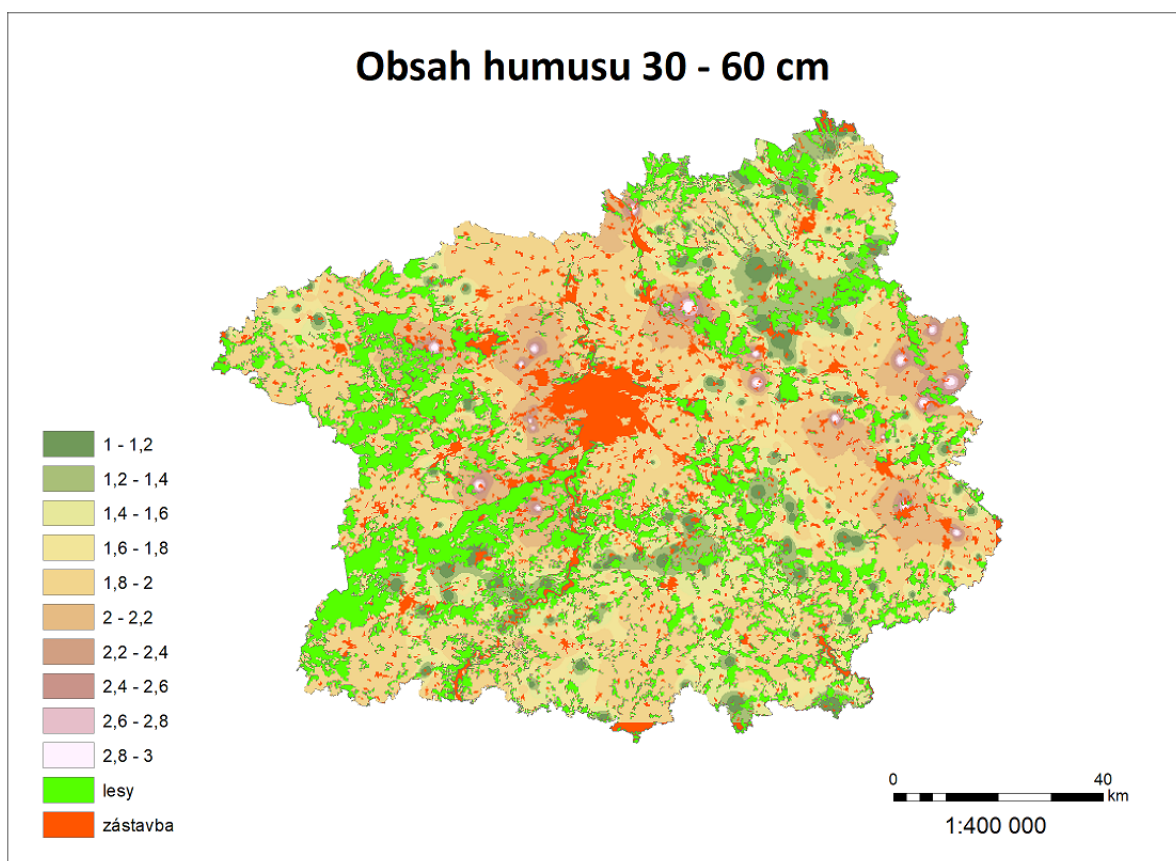
Jak lze vidět na obrázku 23, obsah humusu se s rostoucí hloubkou půdy snižuje. Zjištěno bylo jen malé množství plošek s hodnotami nad 3,5 %, přičemž nejvíce humusu je na Mělnicku a v okolí Poděbrad. Z mapy je patrné, že bylo zaznamenáno více oblastí, kde obsah humusu dosahuje hodnot jen do 1 %, než tomu bylo u mapy XVI. Vůbec nejhorší situace byla zjištěna v oblasti Polabské nížiny, konkrétně v jižní části okresu Mladá Boleslav, a dále pak v pomyslném pásu ve Středočeské pahorkatině, který se táhne od Příbrami přes Benešov až k Sázavě. Málo humusu se vyskytuje také například na jihu Benešovska nebo na severu u Mnichova Hradiště.

Obrázek 24 charakterizuje hloubku humusového horizontu. Nejhlubší půdy se vyskytují v Polabské nížině na severovýchodě a na severu kraje. Tyto oblasti jsou v mapě vyznačeny bíle a jedná se zejména o oblast mezi Mladou Boleslaví a Lysou nad Labem a dále v místě soutoku Vltavy a Labe. V kraji se nachází i množství lokalit menšího rozsahu, které také spadají do kategorie vhodné hloubky prvního půdního horizontu. Jedná se například o oblasti u města Rakovník nebo na severozápadě Prahy v Pražské plošině. Téměř ve všech případech se jedná o lokality v blízkosti řek. Hloubka horizontu s mocností pod 10 cm byla zjištěna pouze na dvou lokalitách, přičemž jedna je na východě kraje u Poděbrad a druhá na jihu u Kamýku nad Vltavou. Většina Středočeského kraje je však pokryta středně hlubokým humusovým horizontem.

Na obrázku 25 jsou značeny třídy ochrany půd, které se ve Středočeském kraji nacházejí. Mezi nejhodnotnější půdy z hlediska tříd ochrany se řadí půdy patřící do I. a II. třídy. Jedná se zejména o roviny, které jsou nadprůměrně produkční. V mapě jsou tyto půdy znázorněny bílou barvou a lze je nalézt kolem Prahy a dále v oblasti Polabské nížiny, především v okresech Kladno, Mladá Boleslav, Nymburk, Kolín a Kutná Hora. Půdy v těchto oblastech by se neměly vyjímat ze zemědělského půdního fondu buď vůbec či jen ve zcela výjimečných případech. Středně hodnotné půdy se vyskytují především na jihu kraje. Naopak nejhorší půdy patřící do V. třídy ochrany jsou malého rozsahu a byly zjištěny například na Příbramsku a Berounsku. Vyznačeny jsou tmavě zelenou barvou.

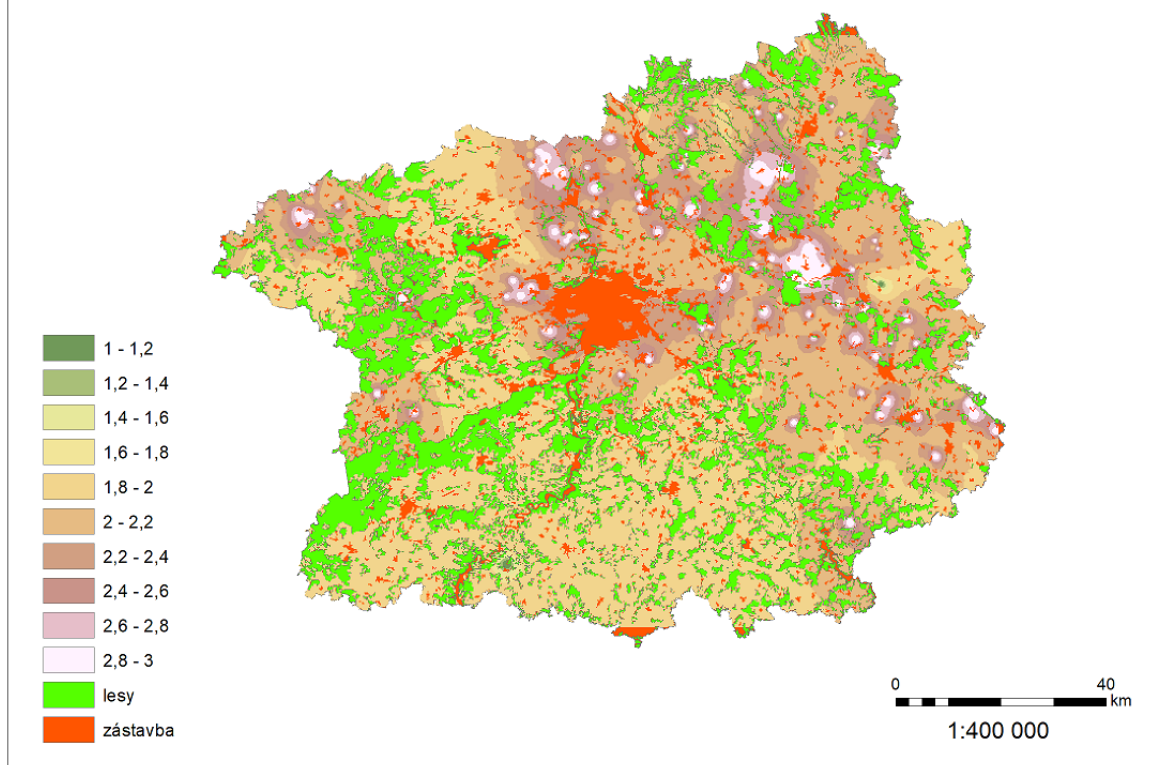


Obr. 22. Mapa obsahu humusu v hloubce půdy 0-30 cm od povrchu



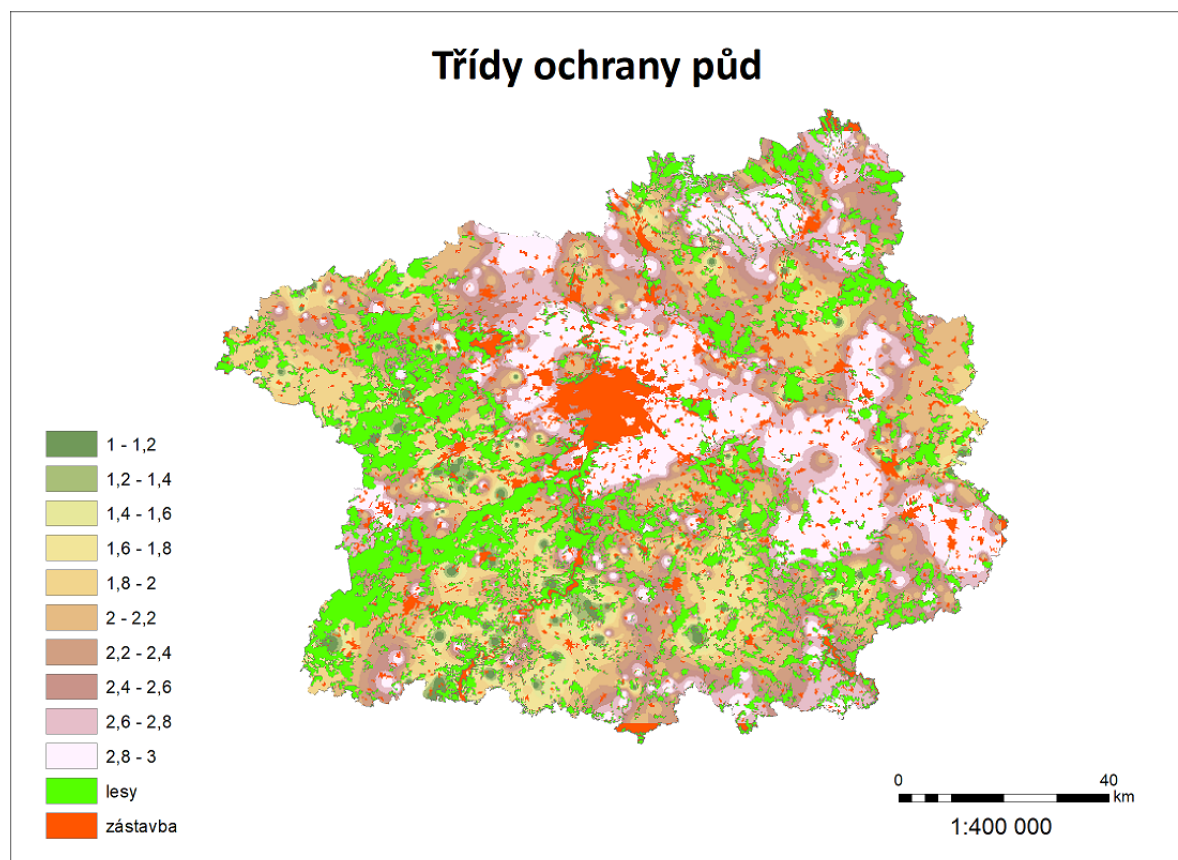
Obr. 23. Mapa obsahu humusu v hloubce půdy 30-60 cm

Hloubka humusového horizontu



Obr. 24. Mapa hloubky humusového (prvního půdního) horizontu

Třídy ochrany půd



Obr. 25. Mapa tříd ochrany půd

Obrázky 26 a 27 vypovídají, jaká je zrnitost půdy ve Středočeském kraji v prvních 30 cm od povrchu půdy a následně v hloubce půdy 30-60 cm. Zrnitost byla klasifikována dle Novákovy stupnice a jako nejlepší byla určena taková půda, která obsahovala méně než 25 % jílu nebo písku. Naopak nejméně kvalitní půda byla označena ta, která odpovídala písčité či jílovité půdě. Zrnitostní složení v hloubce 0-30 cm je znázorněno na obrázku 26. V této vrstvě byla nejhodnotnější půda nalezena zejména na severu a na východě kraje a dále v jeho centrální části. Platí zde, že kvalitní půdy se nachází především v oblasti Polabské nížiny, na severovýchodním okraji Prahy a v menším rozsahu též na Berounsku. Při srovnání severní a jižní poloviny kraje je patrné, že na jihu se kvalitní půdy z hlediska zrnitosti prakticky vůbec nevyskytují. Na jihu bylo také nalezeno nejvíce lokalit s písky a jíly. Tyto oblasti jsou značeny tmavě zelenou barvou a nacházejí se podél řeky Vltavy poblíž vodních nádrží Slapy a Orlík a dále na Benešovsku.

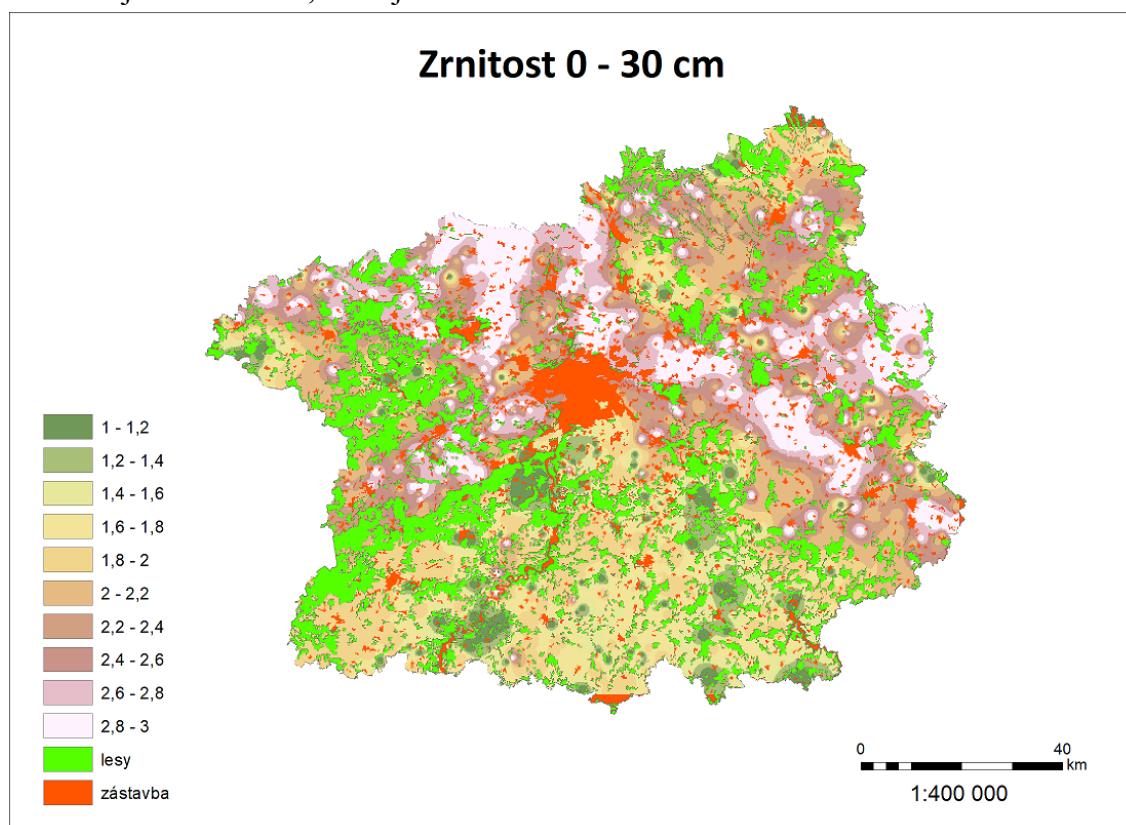
V hloubce půdy od 30 do 60 cm od povrchu je zrnitost ve srovnání s prvními 30 cm půdy vhodnější. Zrnitost v této hloubce půdy je znázorněna na obrázku 27. Oblasti s výskytem dobrých půd jsou v podstatě shodné jako u předchozí mapy, ale jsou rozsáhlejší. Patrné je to zejména na východě kraje, kde se v Polabí vyskytuje více míst s kvalitnější půdou. Změna k lepšímu je zatelná také na v okrese Praha - západ, kde výrazně přibýlo kvalitních půd. Výrazné zlepšení zrnitosti ve větší hloubce půdy je též mezi městy Mělník a Mladá Boleslav. Ke zlepšení došlo i na Berounsku. Na této mapě zároveň částečně ubylo lokalit s výskytem jílu a písku v okolí Vltavy i na Benešovsku, ale objevilo se zde nové místo s nekvalitní půdou na jihu poblíž města Votice. Lokality se zlepšenou kvalitou půdy však výrazně převažují nad těmi se zhoršenou kvalitou, tudíž bylo zjištěno, že s rostoucí hloubkou půdy se zrnitost půdy zlepšuje.

Mapa na obrázku 28 se týká retenční vodní kapacity. Nejlépe dovedou vodu zadržet půdy v oblastech kolem Prahy a v Polabí. Z hlediska vododržnosti jsou dobré také lokality v okresech Mladá Boleslav nebo Nymburk a částečně i Beroun. Další vhodné lokality jsou velice malé rozlohy, a to například na Příbramsku. Jižní polovina kraje je v porovnání se severní polovinou z hlediska retenční vodní kapacity horší, přičemž téměř celé toto území má středně dobrou RVK. Nízkou retenční vodní kapacitu jsme zjistili jen na několika malých lokalitách, zejména v okresech Příbram a Kutná Hora.

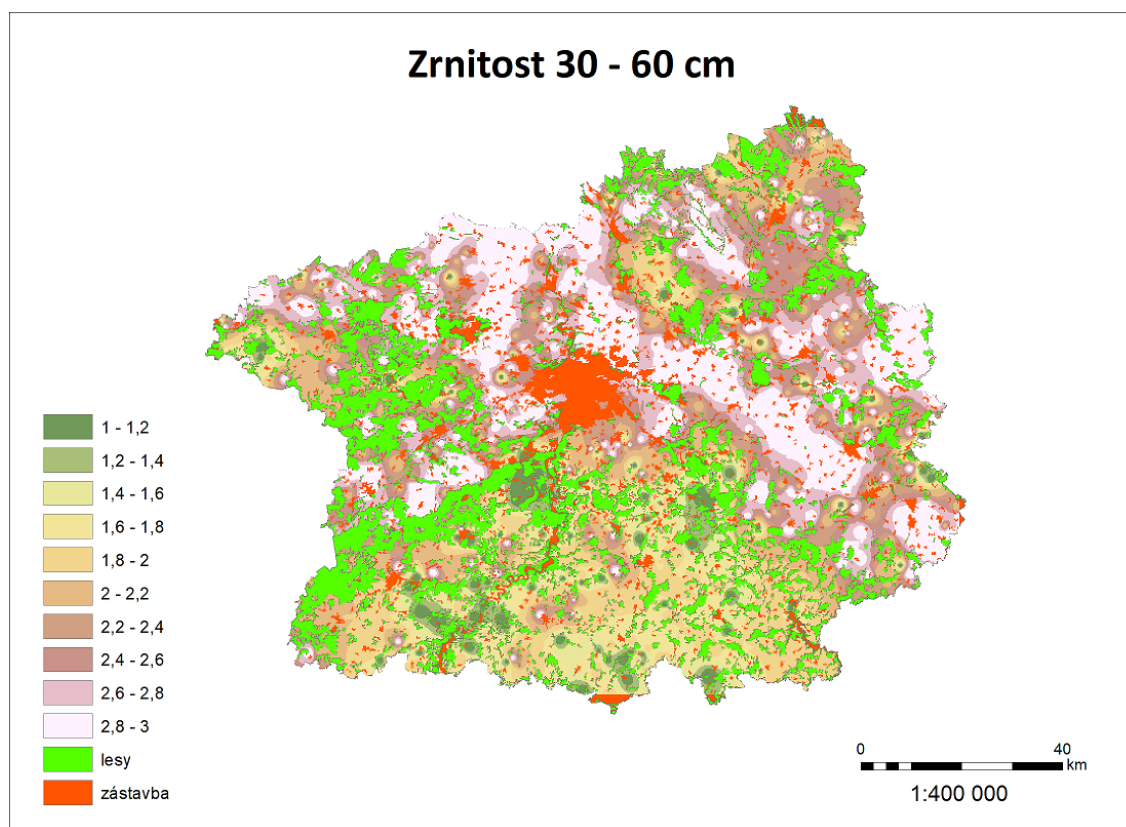
Na obrázku 29 jsou znázorněny hydrologické skupiny půd. Nejlepší HSP, tedy A, se ve Středočeském kraji vyskytuje jen na malém množství lokalit. Nejvíce jich je na Příbramsku, v Polabské nížině a částečně v okrese Rakovník. V kraji se naopak nachází poměrně velké množství skupin C a D, které značí špatnou HSP. Oblasti s těmito HSP jsou v mapě vyznačeny tmavě zelenou barvou a vyskytují se zejména na severním a severovýchodním okraji Prahy, u Mladé Boleslavi, Poděbrad, Kolína, Kutné Hory a Českého Brodu. Větší množství menších lokalit bylo zaznamenáno též na Příbramsku, Berounsku a Kladensku. Středočeský kraj je z hlediska hydrologických skupin půd velmi různorodý.

Obrázek 30 značí, kolik srážek průměrně spadne na území Středočeského kraje. Za dobrý stav je považováno, když průměrně naprší 550-650 mm. Ideální oblastí je téměř celý východ kraje kromě jihovýchodu, kde je srážek méně. Dalšími vhodnými oblastmi je okolí Sázavy a Českého Brodu, částečně okresy Rakovník, Beroun, Příbram a Benešov. Nevhodnou

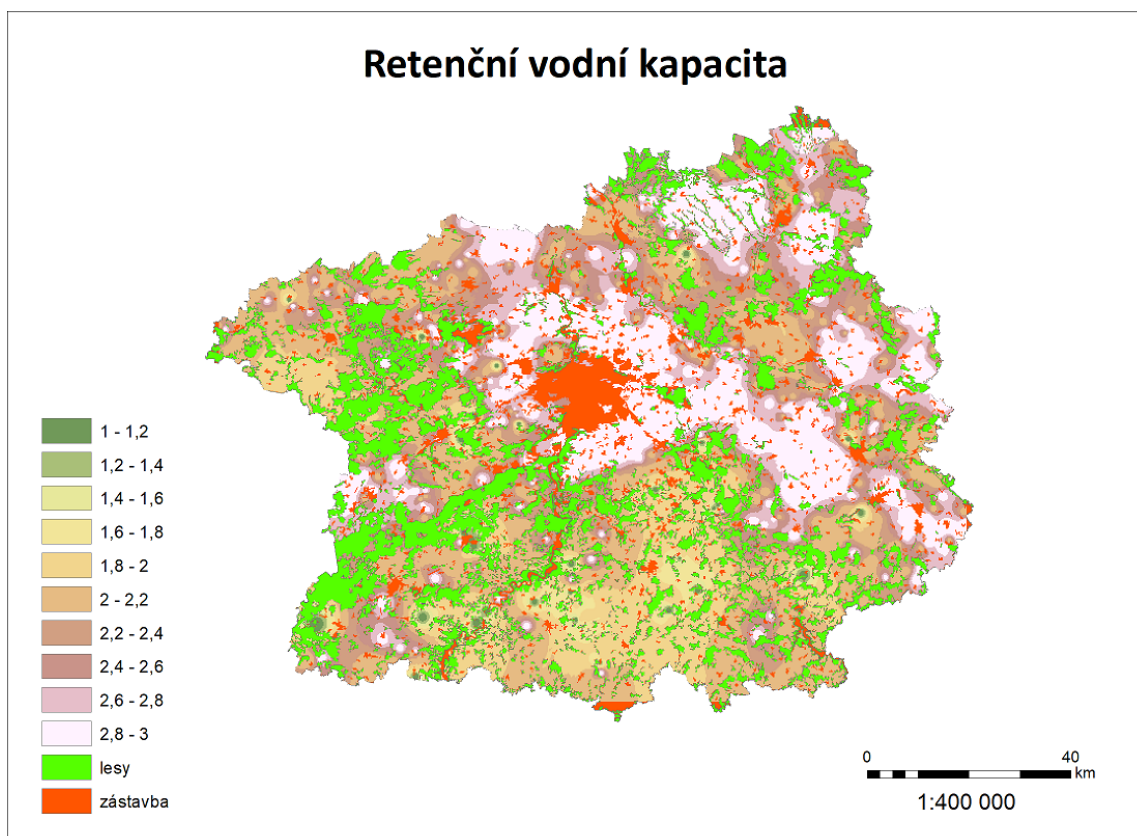
oblastí jsou severní okraj Prahy a téměř celý okres Kladno, kde průměrný úhrn srážek buď nedosahuje ani 500 mm, nebo je větší než 900 mm.



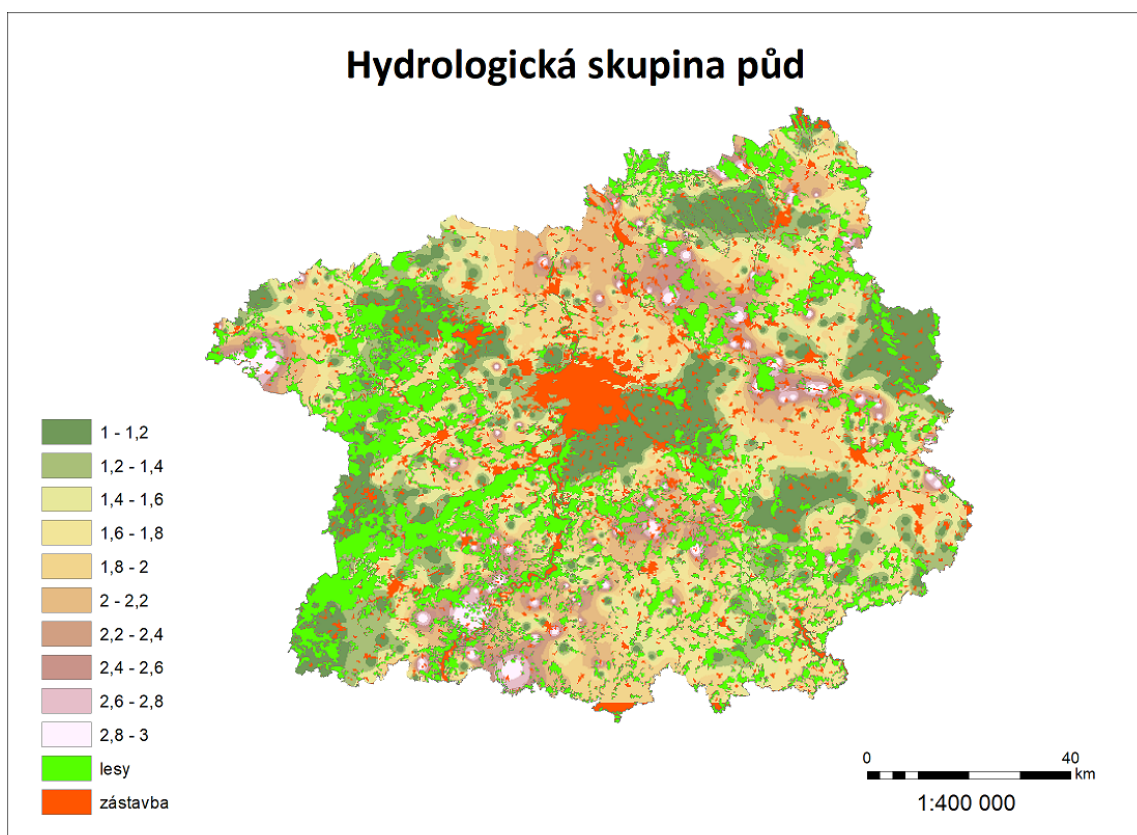
Obr. 26. Mapa zrnitostního složení v hloubce půdy 0-30 cm



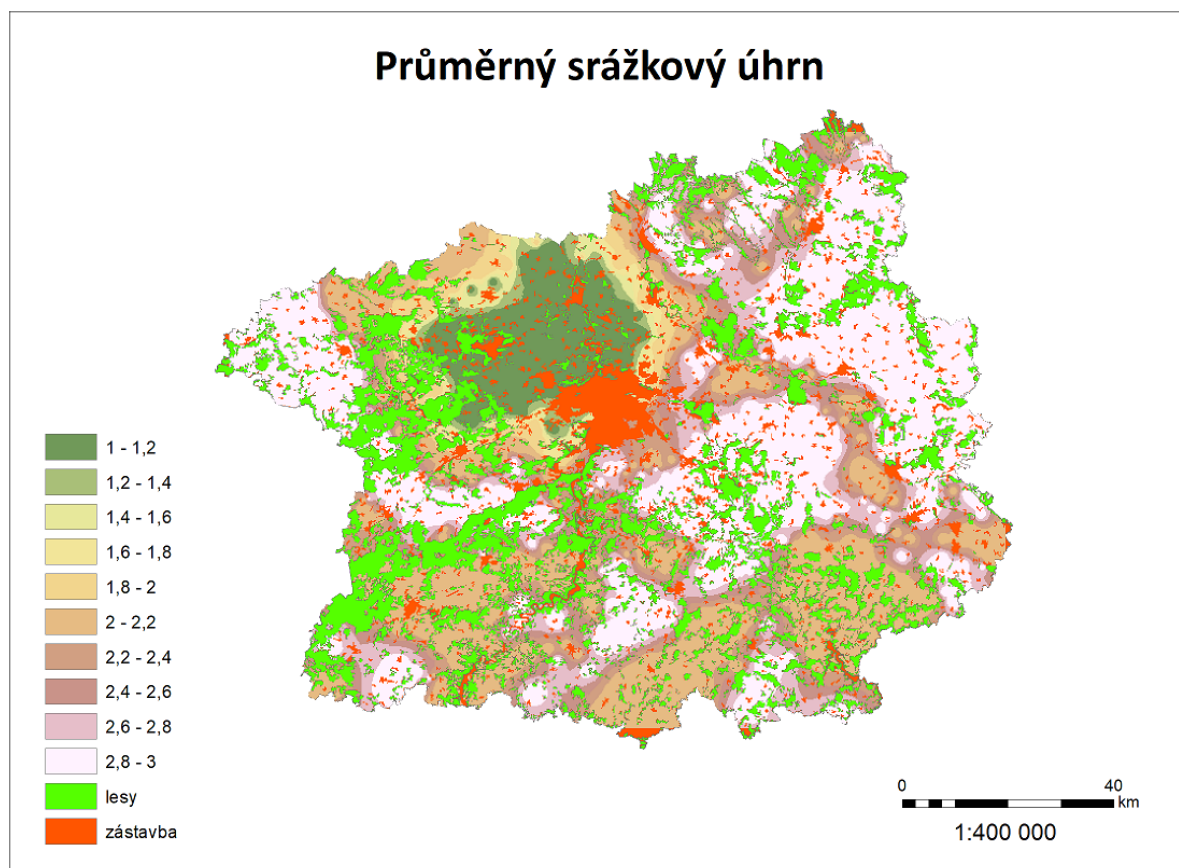
Obr. 27. Mapa zrnitostního složení v hloubce půdy 30-60 cm



Obr. 28. Mapa retenční vodní kapacity



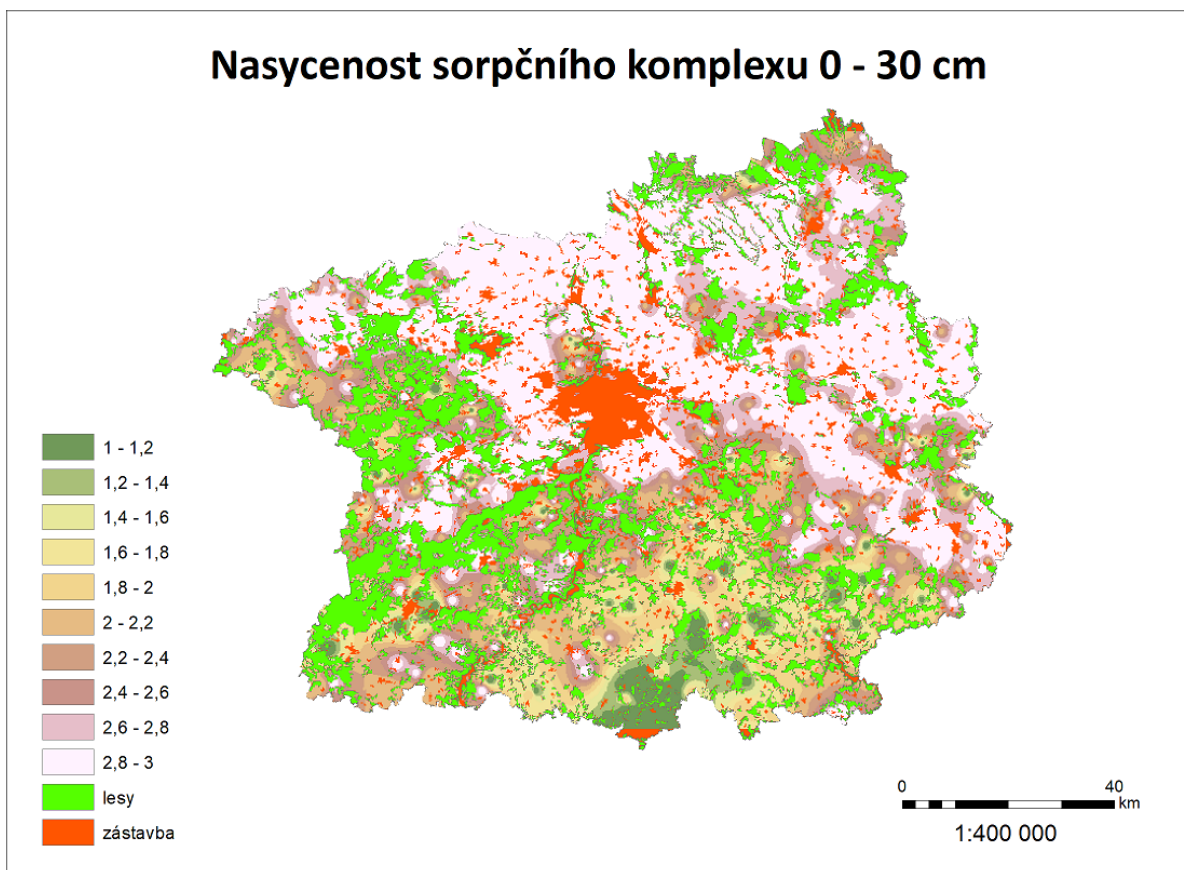
Obr. 29. Mapa hydrologických skupin půd



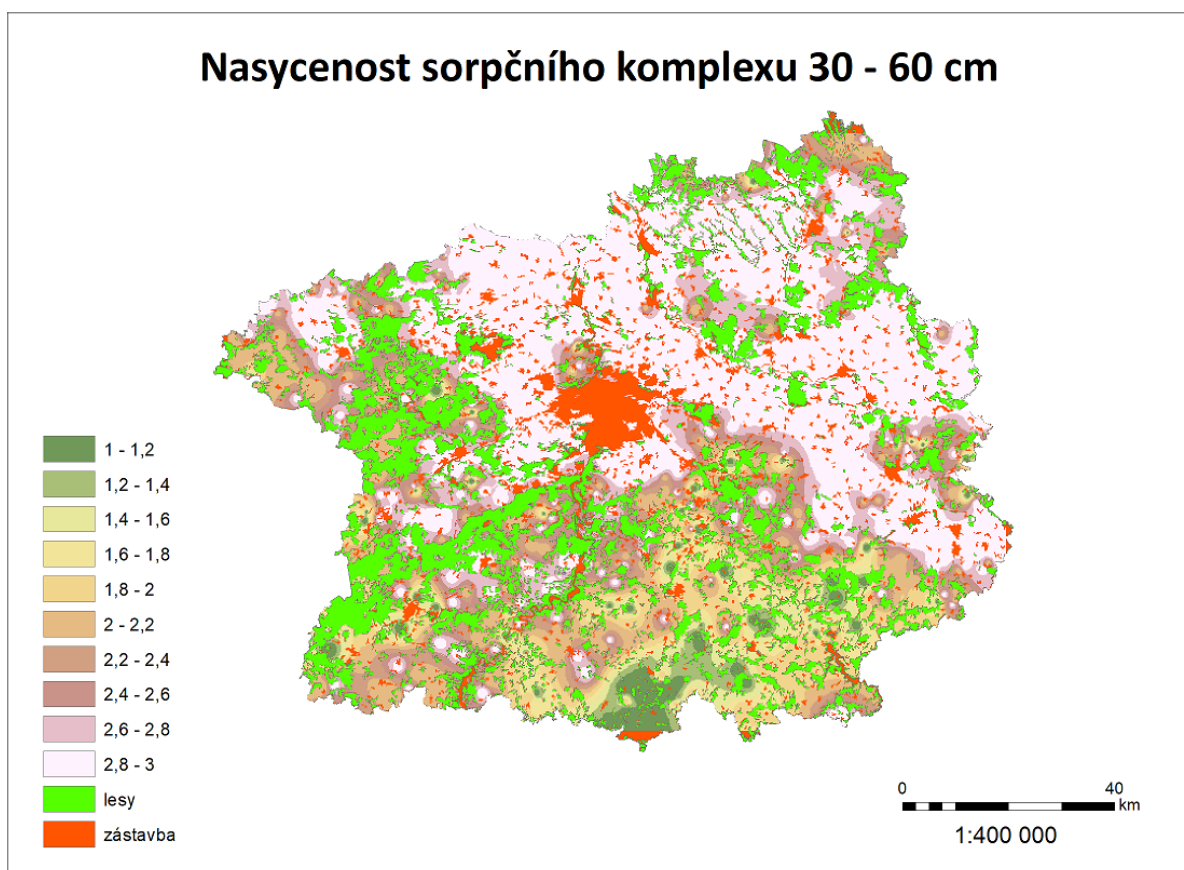
Obr. 30. Mapa průměrného srážkového úhrnu

Mapy na obrázcích 31 a 32 zobrazují nasycenost sorpčního komplexu v hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm. Tato vlastnost udává, jaký je procentický podíl bazických kationtů z celkové sorpční kapacity. Obrázek 31 se týká hloubky půdy prvních 30 cm od povrchu. Do kategorie dobré nasycenosti byly zařazeny půdy, kde nasycenost sorpčního komplexu dosahuje hodnot vyšších než 75 %. Bylo zaznamenáno, že téměř celý sever, východ i střed kraje patří svou nasyceností do této kategorie. Výjimku tvoří jen několik oblastí, kam spadají okraj okresu Mladá Boleslav, západ a jih okresu Rakovník, severní okraj Prahy a část okresu Kolín. Dobrá nasycenost sorpčního komplexu byla zjištěna i v okrese Beroun. Špatná nasycenost, která je v mapě vyznačena tmavě zelenou barvou, se týká hodnot nižších než 50 %. Ve Středočeském kraji se jedná především o sever okresu Benešov. Místa se špatnou nasyceností se vyskytují i na Příbramsku.

Nasycenost sorpčního komplexu v hloubce 30-60 cm je znázorněna na obrázku 32. Lokality patřící do kategorie dobrá jsou téměř shodné s obrázkem 31. Na několika místech bylo s rostoucí hloubkou půdy zaznamenáno zhoršení stavu. Nepatrné změny byly zjištěny například na Berounsku. Co se týká špatné nasycenosti sorpčního komplexu, tak se jedná také o stejné lokality jako na předchozí mapě, ale zde došlo naopak k nepatrnému zlepšení stavu na Benešovsku. Rozdíly mezi těmito mapami jsou ovšem velice malé.



Obr. 31. Mapa nasycenosti sorpčního komplexu v hloubce půdy 0-30 cm



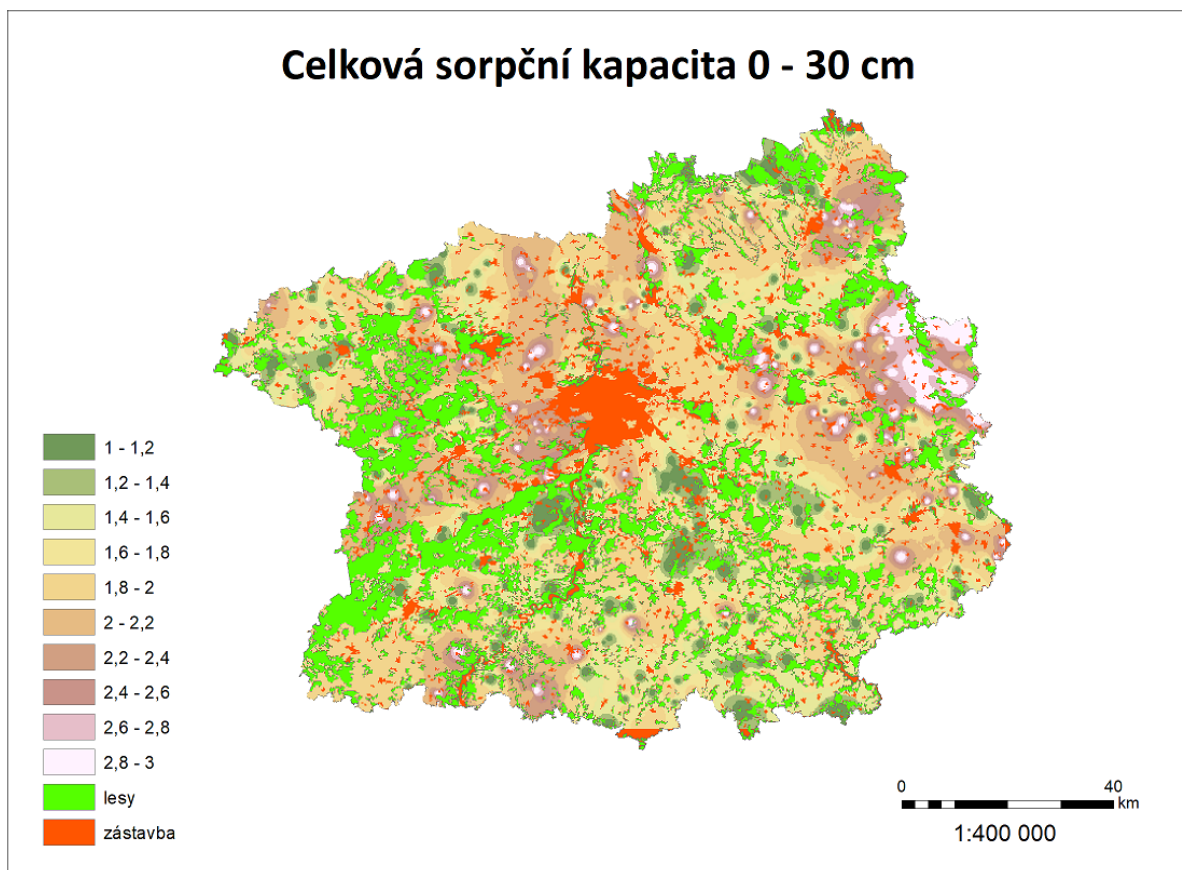
Obr. 32. Mapa nasycenosti sorpčního komplexu v hloubce půdy 30-60 cm

Obrázky 33 a 34 zobrazují celkovou sorpční kapacitu v hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm. Celková sorpční kapacita udává největší množství kationtů, které je schopen poutat 1 kilogram zeminy, jejichž množství je dáno v chemických ekvivalentech. Na obrázku 33 je znázorněno, jaká celková sorpční kapacita byla zjištěna v hloubce půdy 0-30 cm od povrchu. Celková sorpční kapacita dosahuje nejvyšších hodnot na východě kraje, konkrétně v okrese Nymburk. Byla zde nalezena nejrozsáhlejší oblast z celého Středočeského kraje. V ostatních částech kraje jsou místa s dobrou sorpční kapacitou také zastoupena, ale jde o velmi malá území. Větší množství těchto území například na Berounsku, Kladensku a okrese Kolín. Špatná situace byla zaznamenána zejména v Brdech a blízkém okolí a v blízkosti Sázavy. Ve Středočeském kraji je na většině území středně dobrá celková sorpční kapacita.

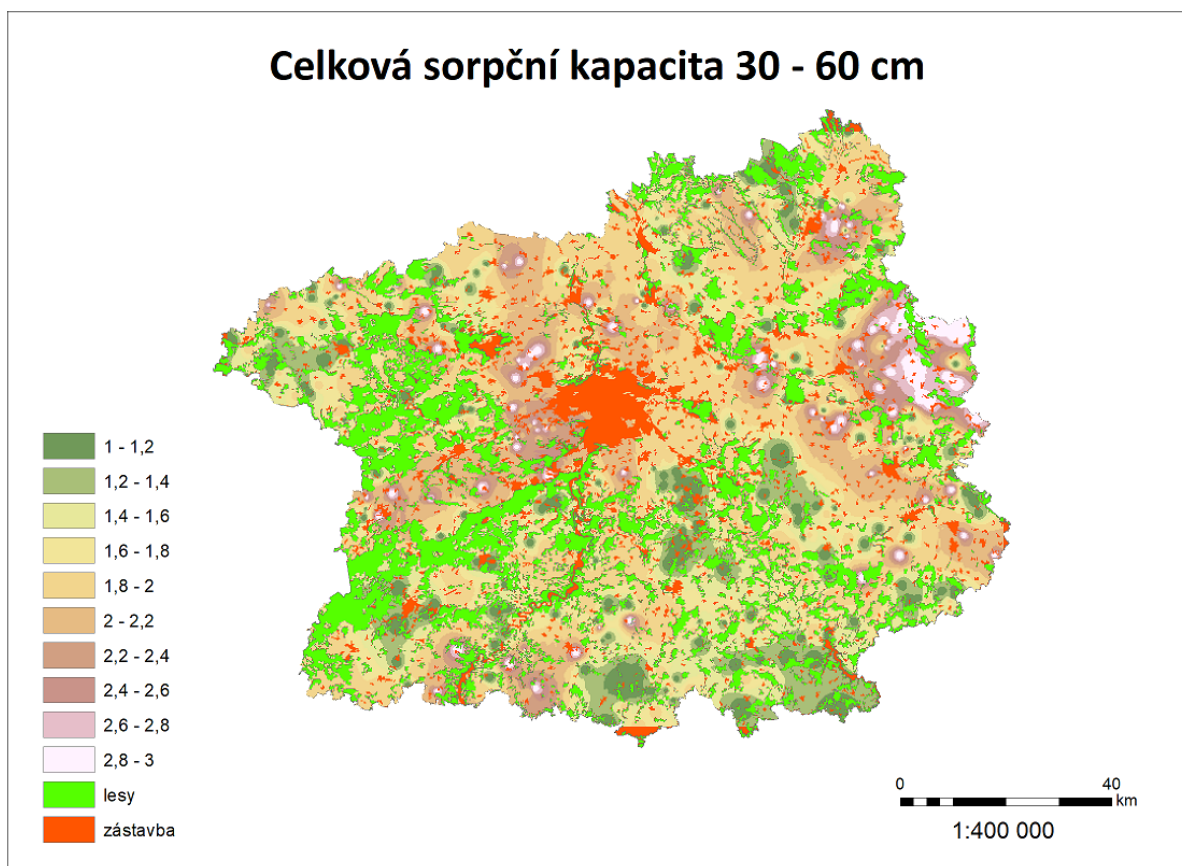
Obrázek 34 znázorňuje stav celkové sorpční kapacity v hloubce půdy od 30 do 60 cm. Místa s dobrou sorpční kapacitou se vyskytují téměř na shodných místech jako v prvních 30 cm, ale ve většině případů bylo zaznamenáno mírné zhoršení s rostoucí hloubkou. Ke zhoršení stavu došlo zejména na severu kraje u města Mladá Boleslav, dále v okolí Sázavy, na jihu a jihozápadě okresu Benešov, nebo v blízkosti města Příbram. Na několika málo místech však došlo i ke zlepšení celkové sorpční kapacity, což bylo zjištěno například na severozápadním okraji Prahy.

Na obrázku 35 je mapa zobrazující kvalitu ekosystému. Pro každou sondu bylo zjišťováno, jestli se nachází v zástavbě, na louce, zemědělské půdě nebo konkrétním druhu lesa. Jako dobrá kategorie byly označeny ty sondy, které se vyskytovaly v lučních porostech nebo v listnatých lesích. Z mapy je patrné, že jih kraje má kvalitnější ekosystémy, než jaké jsme zjistili na severu. Nej kvalitnější ekosystémy byly zjištěny kolem řek Vltava, Jizera a Sázava. Tato místa jsou v mapě označena bíle. Nachází se zde především množství luk a trvalých travních porostů. Špatná kvalita ekosystému je zejména nad severním okrajem Prahy, v menší míře také u měst Poděbrady a Kolín a také na severovýchodě v okrese Mladá Boleslav.

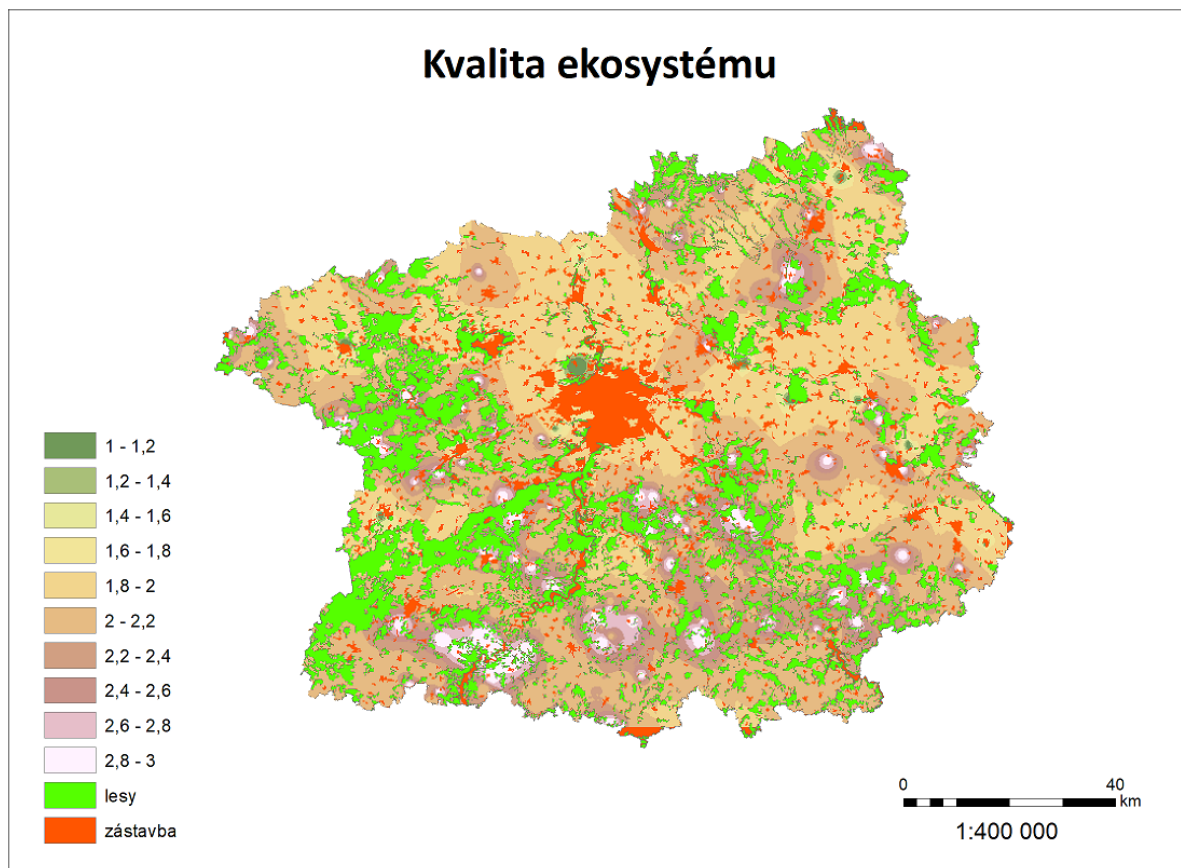
Obrázek 36 znázorňuje situaci ohledně trvalého nepropustného zakrytí půdy, tzv. soil sealingu. Pro každou půdní sondu bylo procento zastavěné plochy zjištěno pomocí oblasti kolem sondy o průměru 100 m. Z mapy je patrné, že se Středočeský kraj na většině území prozatím nepotýká s problémem, kdy by zastavěné lokality přesahovaly 25 %. Horší stav byl zaznamenán především u měst Hořovice na Berounsku, Slaný na Kladensku, Mnichova Hradiště na Mladoboleslavsku, Poděbrad, Čáslavi, Benešova, Týnec nad Sázavou a na severu okresu Praha-východ. Většina kraje je však zbarvena do bíla, což značí, že procento zastavění nebylo vyhodnoceno jako špatné.



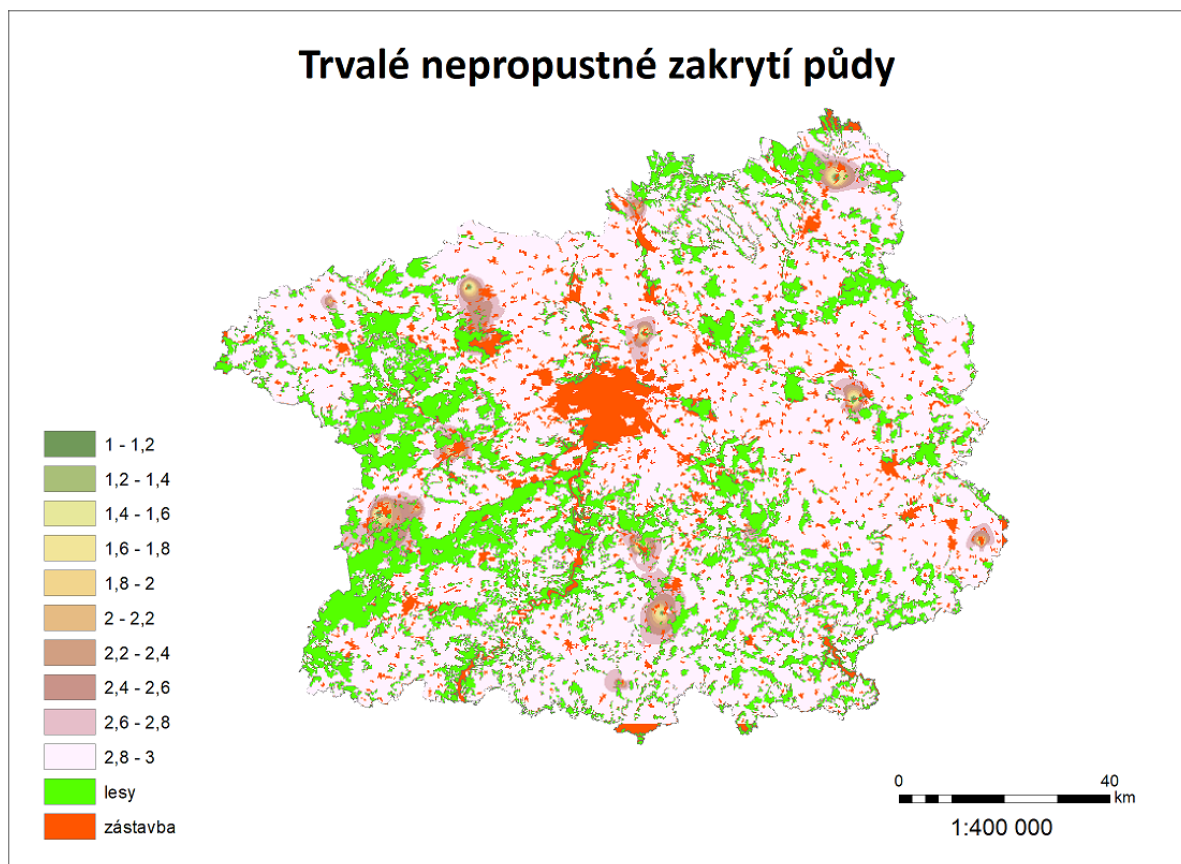
Obr. 33. Mapa celkové sorpční kapacity v hloubce půdy 0-30 cm



Obr. 34. Mapa celkové sorpční kapacity v hloubce půdy 30-60 cm



Obr. 35. Mapa znázorňující kvalitu ekosystému



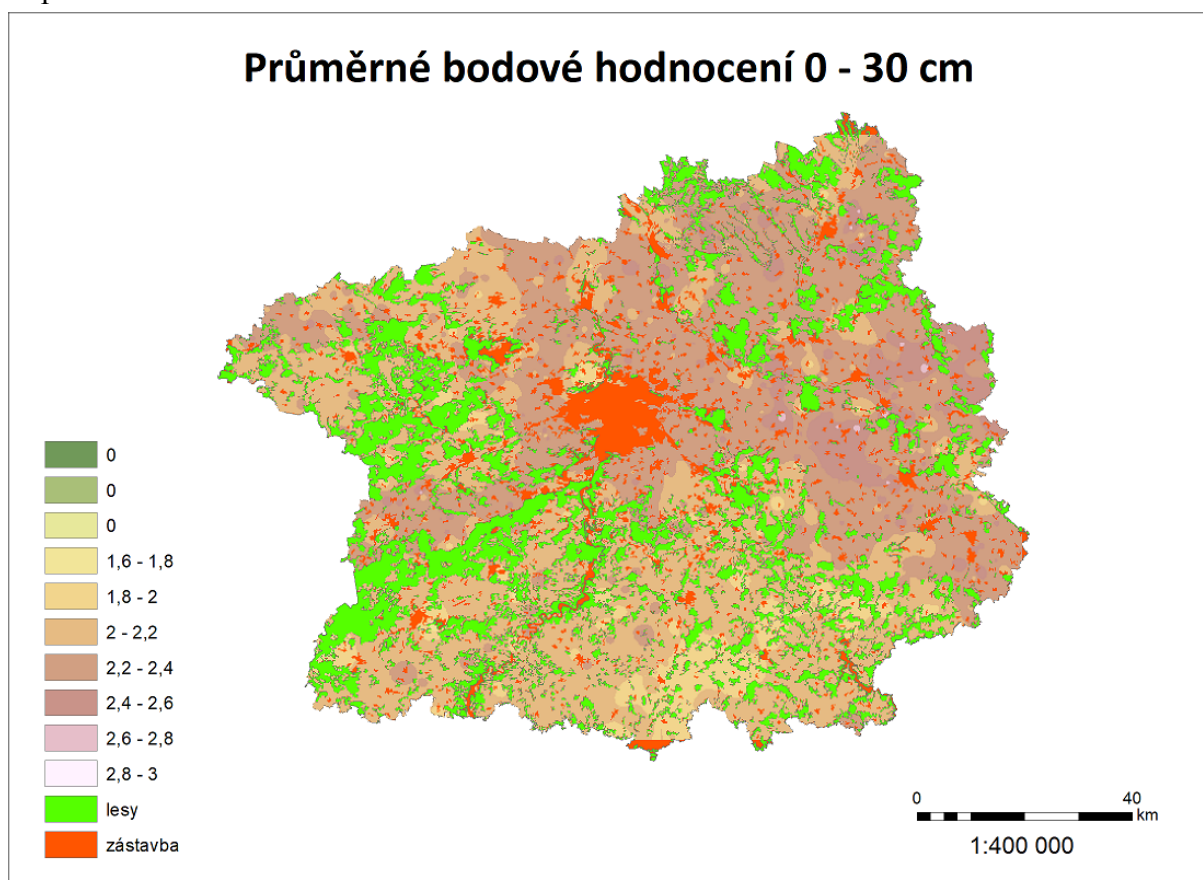
Obr. 36. Mapa trvalého nepropustného zakrytí půdy při průměru 100 metrů kolem sondy

5.3. Závěrečné hodnocení výsledků

Všechny mapové podklady, které byly vytvořeny, slouží k závěrečnému zhodnocení jednotlivých lokalit z hlediska jejich schopnosti poskytovat ekosystémové služby. Za tímto účelem byly zvoleny dva přístupy. První spočívá ve výpočtu průměrného bodového hodnocení jednotlivých lokalit a druhý spočívá ve stanovení celkové sumy bodů, které přísluší k dané lokalitě.

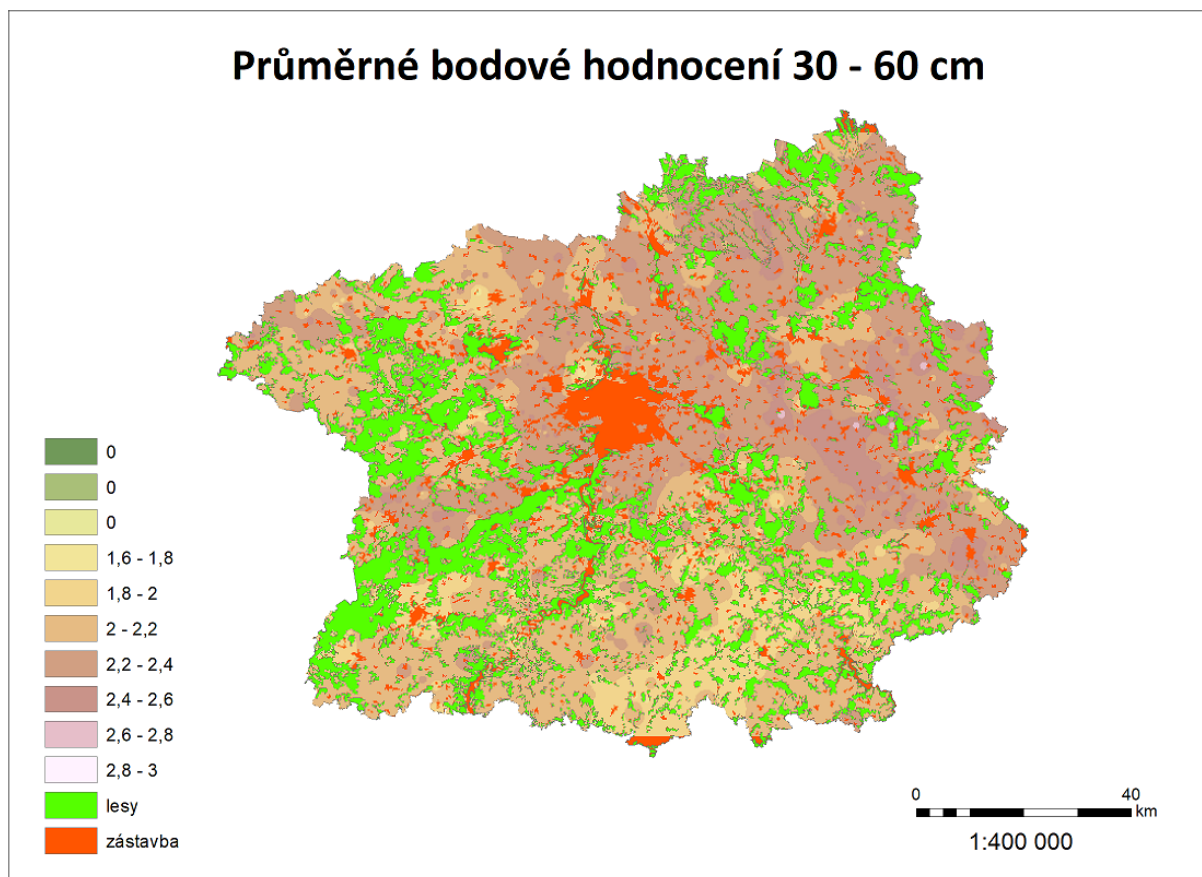
Na následujících obrázcích 37 a č. 38 jsou mapy průměrných hodnot všech zařazených charakteristik půd. Obrázek 37 znázorňuje průměrné hodnoty v hloubce půdy 0-30 cm od povrchu. Je výsledkem procesu, kdy byly sečteny všechny body přiřazené k dané sondě a následně byly zprůměrovány. Nejlepších průměrů dosáhlo několik lokalit na východě kraje v Polabí. Tato místa jsou v mapě vyznačena nejsvětlejší barvou. Dobré výsledky byly zaznamenány zejména v okrese Nymburk, kde se těchto míst vyskytuje největší množství. Mezi další vhodné oblasti se řadí částečně i okresy Mladá Boleslav a Kolín.

Obrázek 38 značí průměrné hodnoty v hloubce půdy mezi 30 a 60 cm. S rostoucí hloubkou půdy vhodných lokalit ubylo. Rozdíly průměrných hodnot v různých hloubkách půdy jsou však velice malé. Opět se jedná o malé plochy zejména v okrese Nymburk. Zejména na Mladoboleslavsku bylo zaznamenáno méně vhodných lokalit. Z původně nalezených 3 lokalit v hloubce 0-30 cm byla ve větší hloubce půdy nalezena jen jediná. Na většině území kraje však byly zjištěny průměry menší, o čem svědčí žluto fialové zbarvení map.



Obr. 37. Mapa průměrného bodového hodnocení v hloubce půdy 0-30 cm

Průměrné bodové hodnocení 30 - 60 cm



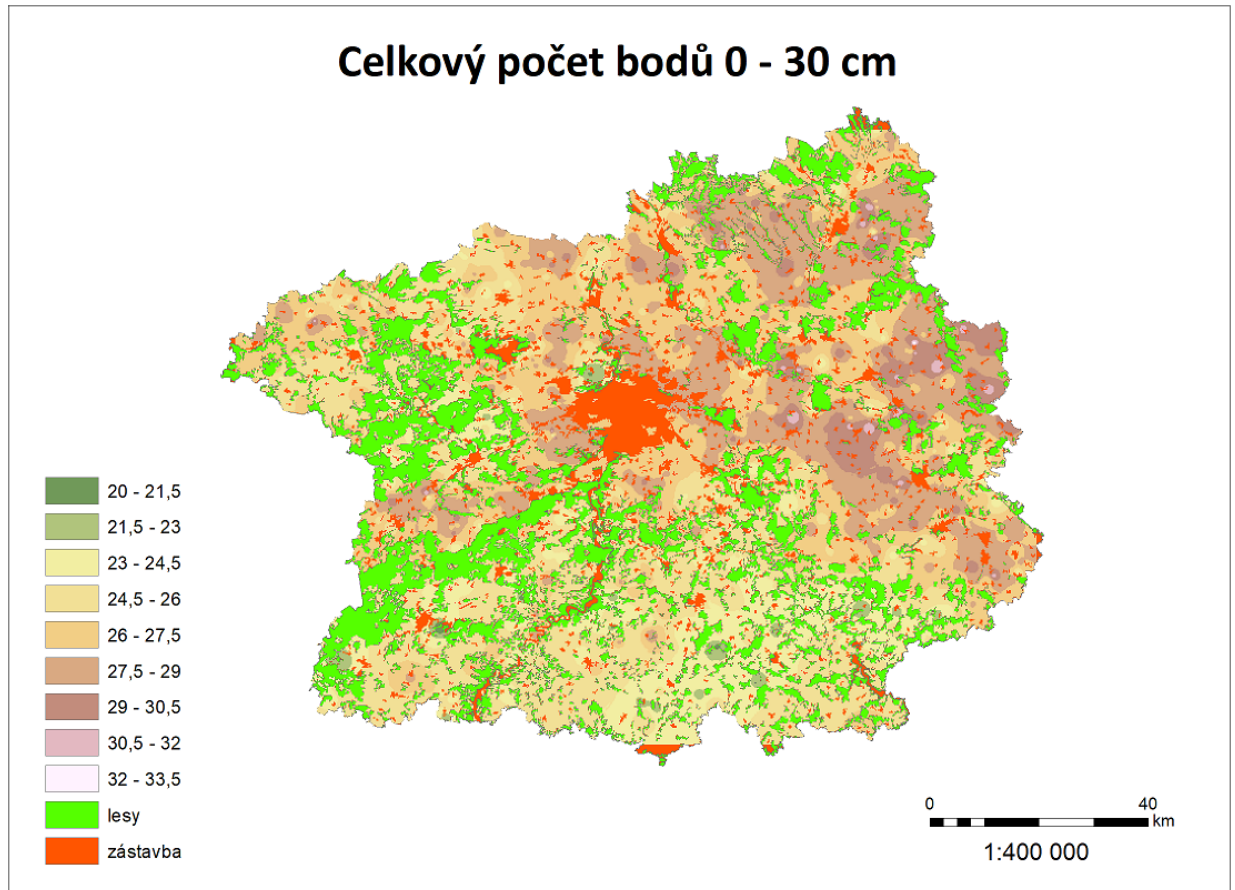
Obr. 38. Mapa průměrného bodového hodnocení v hloubce půdy 30-60 cm

Podle našeho názoru je vhodné použít celkové sumy bodů stanovených na jednotlivých lokalitách s tím, že tento způsob bodování by mohl být teoretickým základem pro hodnocení půdních stanovišť. Jak v případě hloubky půdy 0-30 cm, tak 30-60 cm jsou půdní stanoviště rozříděna do 9 skupin.

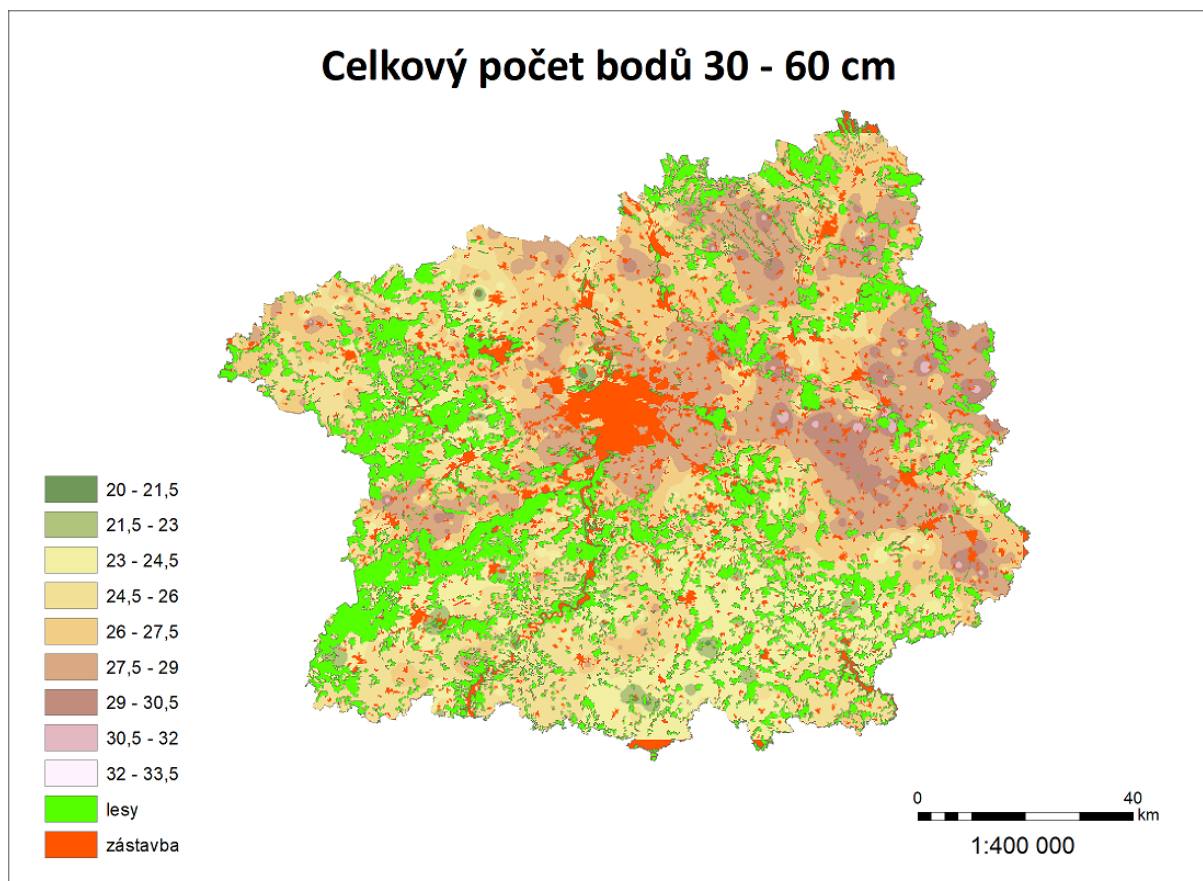
Mapy na obrázcích 39 a 40 jsou výsledkem součtu všech bodů, které byly k charakteristikám půd přiřazeny. Jedná se tedy o souhrnné číslo, které označuje celkovou kvalitu půdy v dané oblasti. Obrázek 39 znázorňuje nejvhodnější půdy v hloubce 0-30 cm od povrchu. Nejvyšší hodnotu mají půdy na východě Středočeského kraje, zejména v okrese Nymburk. Zde byly zjištěny nejkvalitnější půdy z hlediska všech zkoumaných vlastností. V mapě jsou tato místa označena světle růžovou barvou. Většina nejkvalitnějších lokalit se nachází v Polabské nížině. Další oblast s kvalitními půdami byla zaznamenána na východ od města Mladá Boleslav. Naopak nekvalitní půda byla zjištěna na severním okraji Prahy, u města Příbram a v centrální oblasti okresu Benešov.

Obrázek 40 znázorňuje, jaká je celková hodnota půdy v hloubce 30-60 cm. Opět bylo největší množství míst s kvalitní půdou nalezeno v okrese Nymburk. Zatímco na severu tohoto okresu kvalita půdy s hloubkou klesá, na jihu okresu se naopak zlepšuje. Největší množství lokalit s kvalitní půdou se nachází na rozhraní krajů Nymburk a Kolín. Na Mladoboleslavsku vhodných lokalit ubylo, přičemž na východě již nebyly nalezeny vůbec. Jediné místo s nejkvalitnější půdou bylo objeveno na západě. Ve srovnání s mapou na obrázku 39 se také objevily vhodné půdy na Kutnohorsku poblíž města Čáslav. Nevhodné půdy se v této hloubce půdy vyskytují opět na severu od Prahy, kde se oblast s nevhodnou

půdou rozšířila. U města Příbram došlo naopak ke zlepšení stavu půdy, ale přesto se půdy v této oblasti řadí k těm nekvalitním. Na Benešovsku se ve srovnání s mapou na obrázku 39 kvalita půdy téměř nezměnila. Nově byla zaregistrována nekvalitní oblast také u města Slaný na severu kraje. Celkově však lze shrnout, že kolem Prahy a na východě Středočeského kraje jsou půdy kvalitnější. Vypovídá o tom fakt, že zde bylo zaznamenáno nejvíce oblastí označených fialově, což značí půdy blížící se těm nejvyšším.



Obr. 39. Mapa celkového součtu bodů v hloubce půdy 0-30 cm



Obr. 40. Mapa celkového součtu bodů v hloubce půdy 30-60 cm

5.4. Statistické šetření

Následující tabulky zobrazují výsledky základních statistických ukazatelů u třech vybraných charakteristik půd. Bylo využito dat týkajících se aktivního pH, obsahu humusu a obsahu jílu, přičemž bylo zjišťováno, zda jsou rozdíly charakteristik v hloubkách 0 až 30 cm a 30 až 60 cm od povrchu půdy statisticky průkazné.

Směrodatná odchylka udává míru rozptýlení či odchýlení hodnot od jejich průměru. Bylo zjištěno, že nejvíce se odchylují od průměru hodnoty naměřených hodnot obsahu jílu, konkrétně 14,23. Naopak nejmenší odchylky hodnot se vyskytovaly v naměřených hodnotách u aktivního pH, tedy 0,22.

Šikmost značí směr, kterým je histogram proměnné veličiny asymetricky rozložen. V případě sledovaných veličin se jedná o šikmost kladnou, což znamená, že většina naměřených hodnot se pohybuje pod průměrem.

Medián označuje střední hodnotu naměřených veličin. V případě aktivního pH je medián roven 7,9 u prvních 30 cm půdy a 7,10 u hloubky půdy 30-60 cm. Medián u obsahu humusu je v hloubce půdy 0-30 cm roven 1,95 a v hloubce 30-60 cm je roven 1,37. U obsahu jílu je v první sledované vrstvě půdy roven 16,91 a v druhé vrstvě půdy je 18,73.

Průměr ze všech naměřených hodnot u sledovaných veličin je nejodlišnější u obsahu jílu, kde dosáhl hodnoty 7,21.

Tabulka V. Hodnoty základních statistických veličin u aktivního pH (V.a.), obsahu humusu (V.b.) a obsahu jílu (V.c.)

V.a.

	pH H ₂ O 30 cm	pH H ₂ O 60 cm	rozdíl pH H ₂ O 30 cm - 60 cm	absh rozdíl pH H ₂ O 30 cm - 60 cm
Směrodatná odchylka	0,82	0,85	0,22	0,16
Šikmost	-0,59	-0,64	1,17	2,12
Medián	7,09	7,10	0,00	0,10
Průměr	6,95	6,92	0,02	0,15

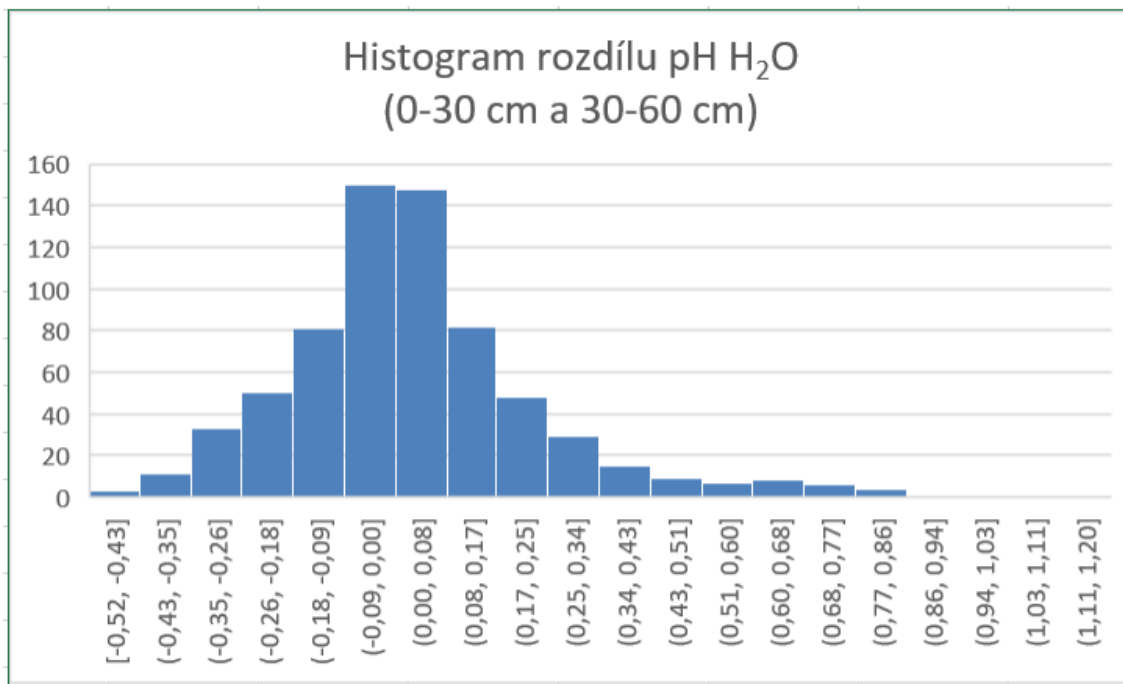
V.b.

	humus 30 cm	humus 60 cm	rozdíl humus 30 cm - 60 cm	absh rozdíl humus 30 cm - 60 cm
Směrodatná odchylka	0,90	0,77	0,32	0,31
Šikmost	1,43	1,43	1,26	1,40
Medián	1,95	1,37	0,55	0,55
Průměr	2,17	1,58	0,59	0,60

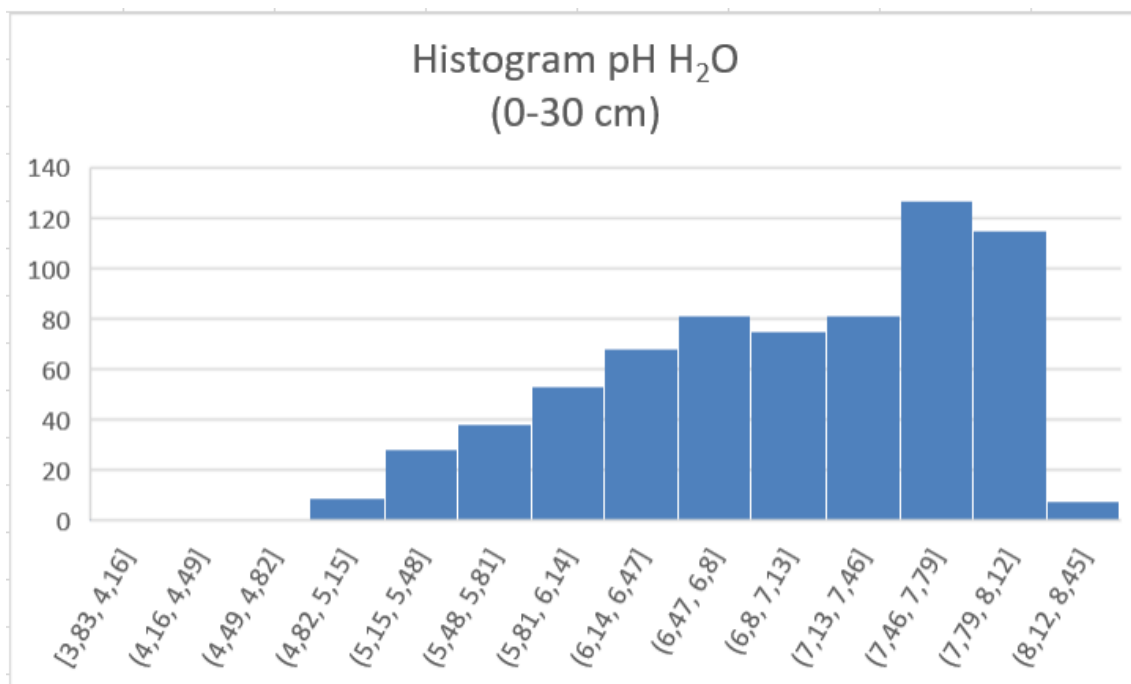
V.c.

	0,002_30 cm	0,002_60 cm	rozdíl jílu 30 cm - 60 cm	absh rozdíl jílu 30 cm - 60 cm
Směrodatná odchylka	10,53	10,32	14,23	11,97
Šikmost	1,35	0,85	1,30	1,74
Medián	16,91	18,73	0,69	5,67
Průměr	19,21	20,36	7,21	10,54

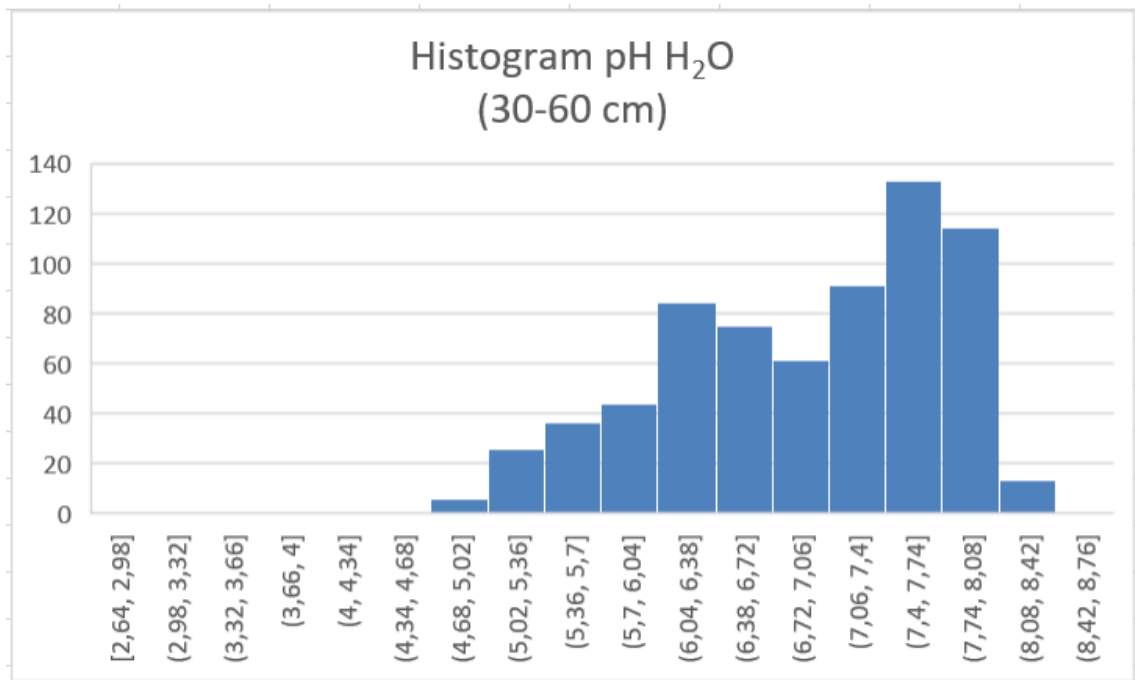
Následující grafy značí, v jakých hladinách se pohybovaly naměřené hodnoty půdních charakteristik. Graf 2 znázorňuje, že největší počet v rozdílnosti naměřených hodnot aktivního pH byl zaznamenán v intervalu 0,18-0,00 a v intervalu 0,00-0,08. Graf 3 vypovídá, že nejvíce hodnot aktivního pH v hloubce půdy 0,30 cm od povrchu se pohybovalo v rozmezí 7,46-7,49. Graf 4 udává četnost hodnot v hloubce půdy 30-60 cm. Největší četnost byla v rozmezí 7,4-7,74.



Graf 2. Histogram rozdílu naměřených hodnot aktivního pH hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm

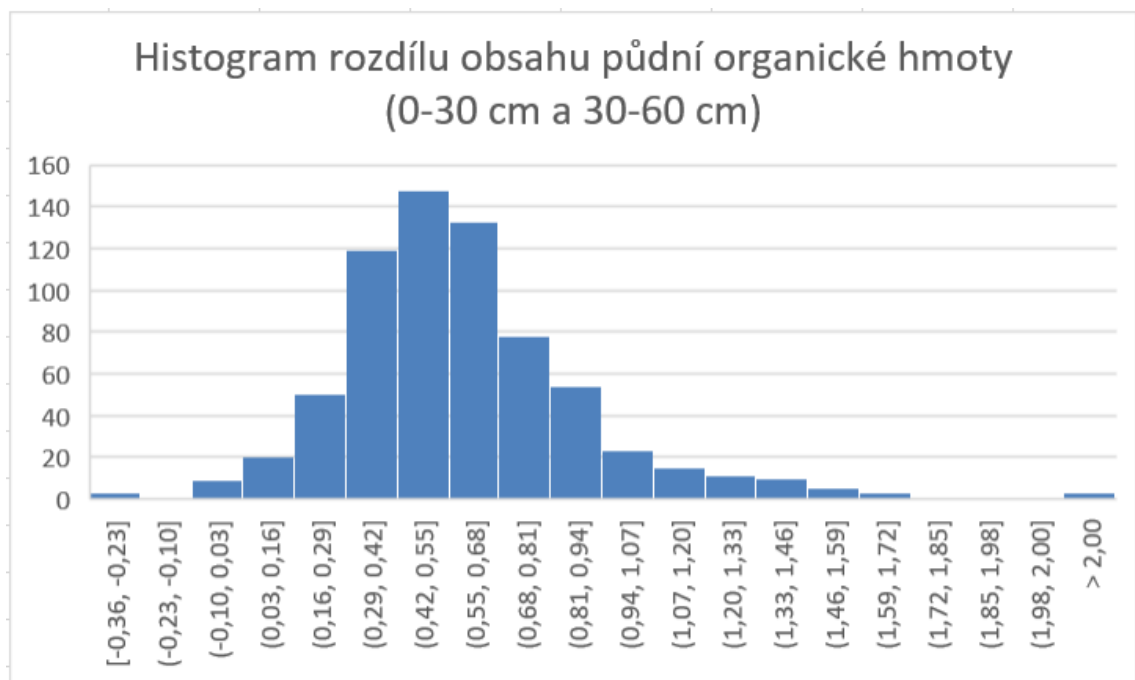


Graf 3. Histogram četnosti výskytu naměřených hodnot aktivního pH v hloubce půdy 0-30 cm

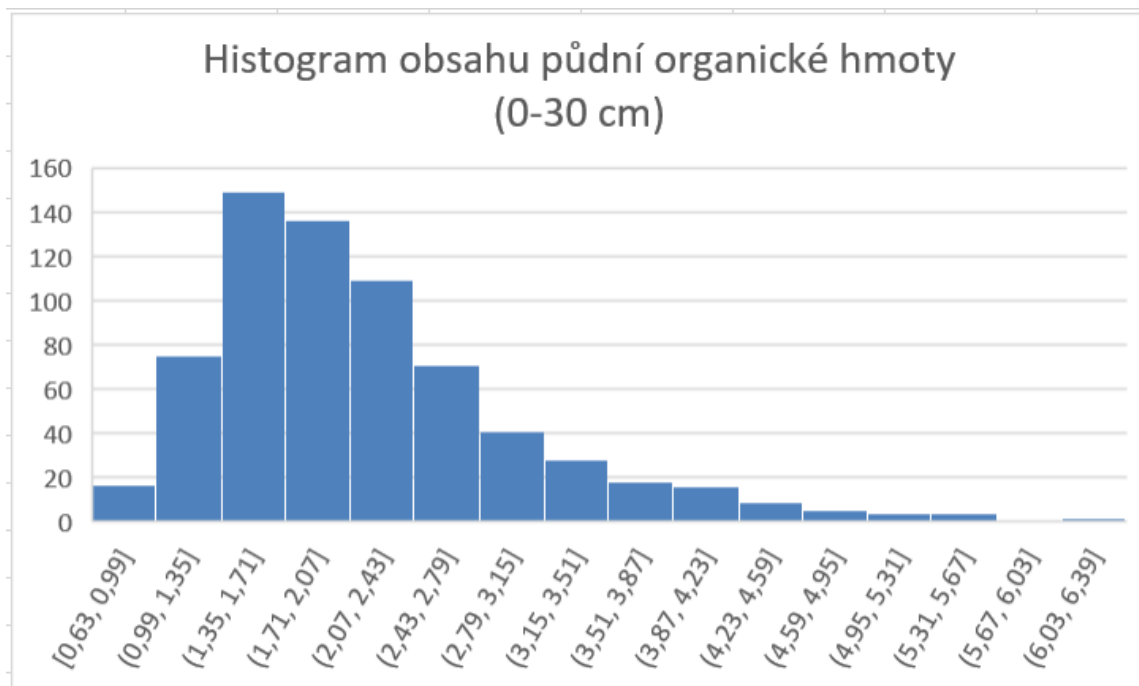


Graf 4. Histogram četnosti výskytu naměřených hodnot aktivního pH v hloubce půdy 30-60 cm

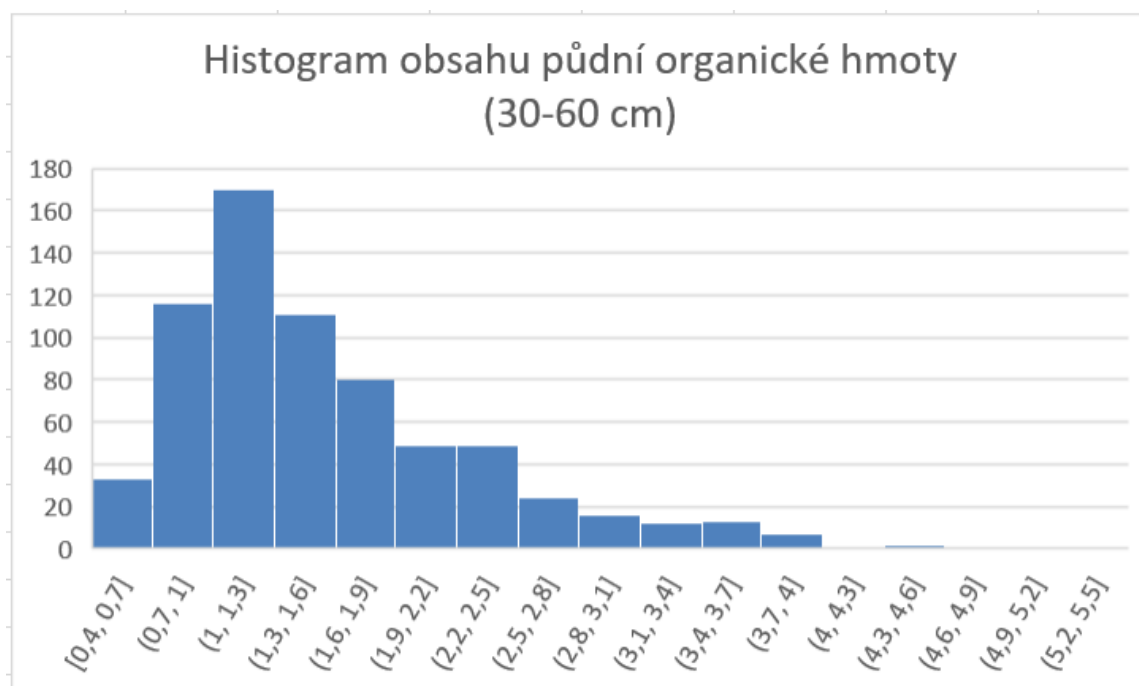
Graf 5 znázorňuje, že největší rozdílnost v hodnotách obsahu organické hmoty se v hloubkách půdy 0-30 a 30-60 cm od povrchu pohybovala v intervalu 0,42-0,55. Graf 6 značí nejvyšší četnost zjištěných hodnot obsahu humusu v hloubce půdy 0-30 cm, která byla zaznamenána v intervalu 1,35-1,71. V grafu 7 je vyznačena nejvyšší četnost hodnot obsahu humusu v hloubce půdy 30-60 cm. Jedná se o interval 1-1,3.



Graf 5. Histogram rozdílu naměřených hodnot obsahu humusu v hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm



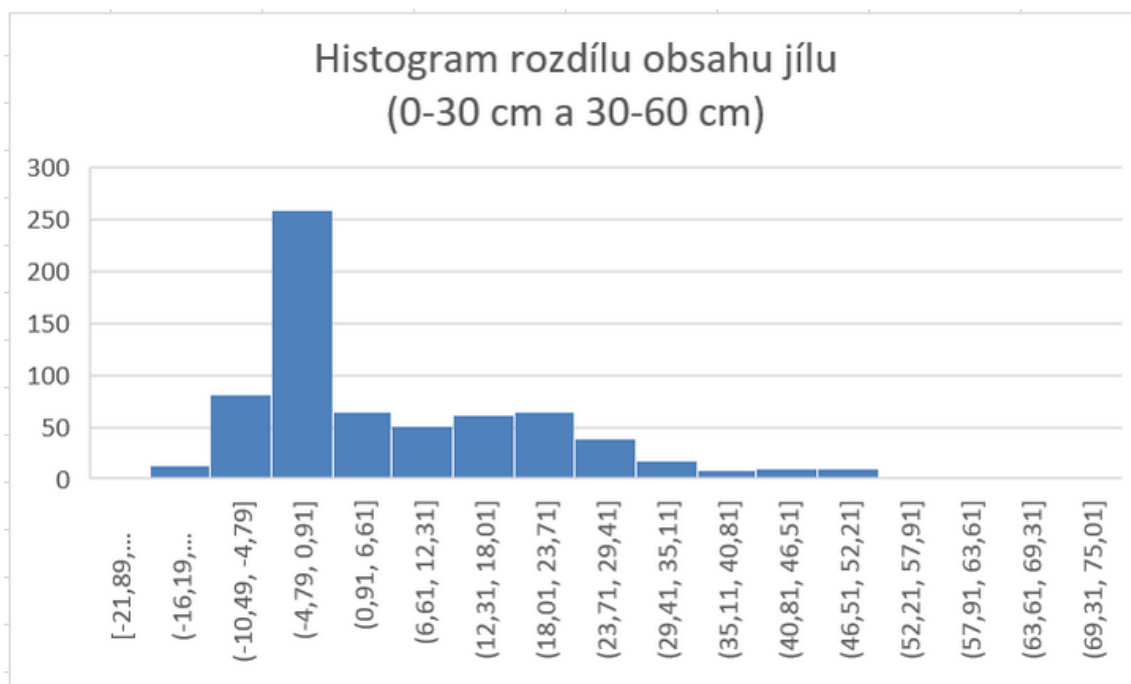
Graf 6. Histogram četnosti výskytu naměřených hodnot půdní organické hmoty v hloubce půdy 0-30 cm



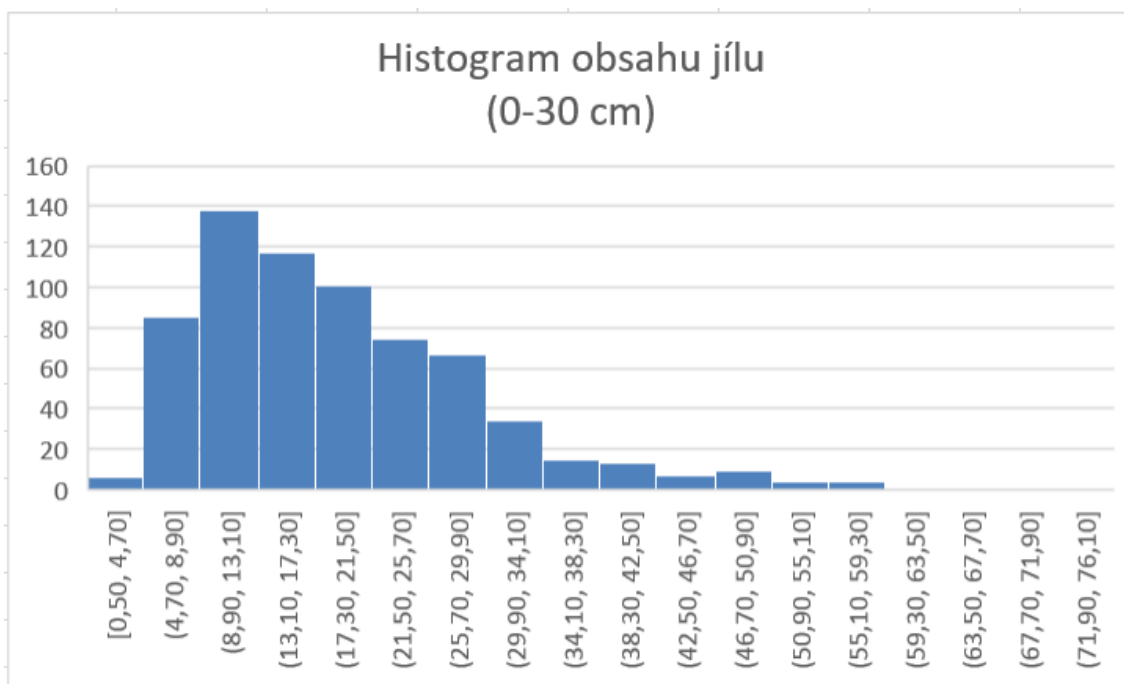
Graf 7. Histogram rozdílů naměřených hodnot obsahu humusu v hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm

Graf 8 znázorňuje, ve kterém intervalu naměřených hodnot obsahu jílu ve sledovaných horizontech půdy byla zjištěna největší rozdílnost. Bylo zjištěno, že nejvíce rozdílů se vyskytovalo v intervalu -4,79-0,91. Graf 9 značí nejvyšší četnost hodnot obsahu jílu v hloubce půdy 0-30 cm od povrchu. Nejvíce se v tomto horizontu vyskytovaly hodnoty mezi 8,90-13,10. Na grafu 10 je zobrazeno, v jakém intervalu naměřených hodnot obsahu jílu

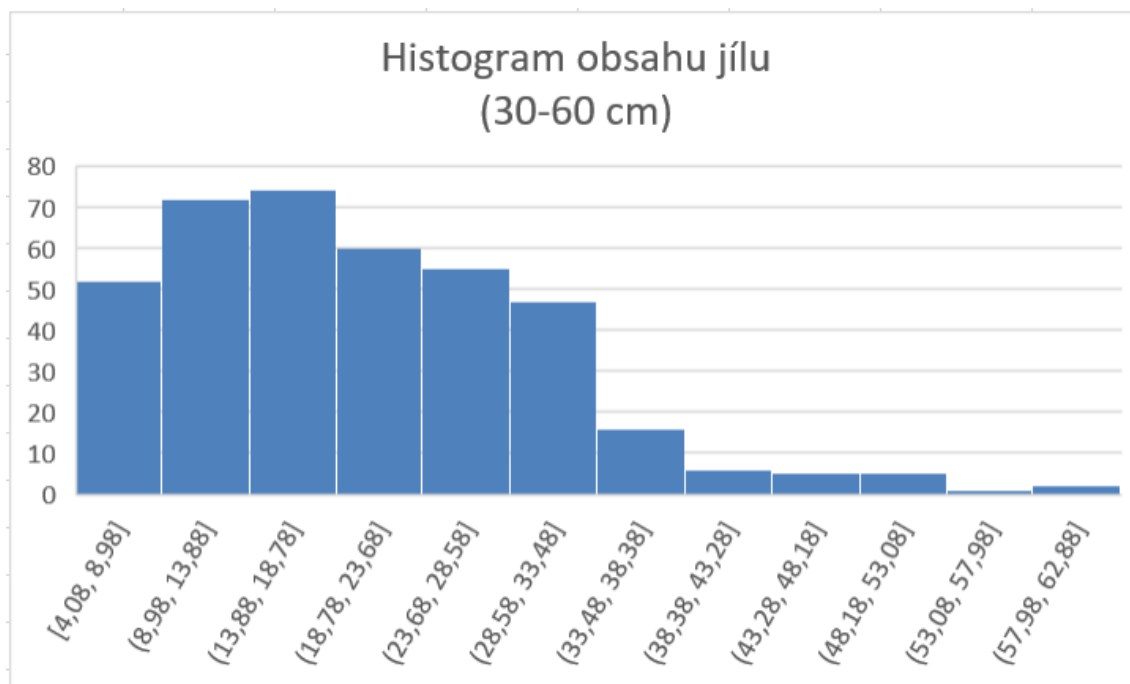
v půdní vrstvě mezi 30-60 cm byla zjištěna nejvyšší četnost. Jednalo se o interval 13,88-18,75.



Graf 8. Histogram rozdílů naměřených hodnot obsahu jílů v hloubkách půdy 0-30 cm a 30-60 cm



Graf 9. Histogram četnosti výskytu naměřených hodnot obsahu jílů v hloubce půdy 0-30 cm



Graf 10. Histogram četnosti výskytu naměřených hodnot obsahu jílu v hloubce půdy 30-60 cm

U vybraných základních charakteristik půd byl také vypočítán dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu, aby se zjistila průkaznost rozdílu mezi hodnotami naměřenými v hloubce 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu půdy. Výsledky testování jsou uvedeny níže.

Výpočet 1. Výsledky dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu u aktivního pH v hloubce 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu půdy

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu

	<i>pH H2O 30 cm</i>	<i>pH H2O 60 cm</i>
Stř. hodnota	6,946	6,923
Rozptyl	0,677	0,717
Pozorování	686	686
Pears. korelace	0,966	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	685	
t Stat	2,868	
P(T<=t) (1)	0,002	
t krit (1)	1,647	
P(T<=t) (2)	0,004	
t krit (2)	1,963	

Výpočet 2. Výsledky dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu u obsahu humusu v hloubce 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu půdy

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu

	<i>humus 30 cm</i>	<i>humus 60 cm</i>
Stř. hodnota	2,173	1,580
Rozptyl	0,809	0,588
Pozorování	685	685
Pears. korelace	0,940	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	684	
t Stat	48,860	
P(T<=t) (1)	1,451*10⁻²²⁵	
t krit (1)	1,647	
P(T<=t) (2)	2,902*10⁻²²⁵	
t krit (2)	1,963	

Výpočet 3. Výsledky dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu u obsahu jílu v hloubce 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu půdy

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu

	<i>0,002_30 cm</i>	<i>0,002_60 cm</i>
Stř. hodnota	17,864	20,356
Rozptyl	80,809	106,781
Pozorování	395	395
Pears. korelace	0,932	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	394	
t Stat	-13,056	
P(T<=t) (1)	6,330*10⁻³³	
t krit (1)	1,649	
P(T<=t) (2)	1,266*10⁻³²	
t krit (2)	1,966	

Výpočtem 1 bylo zjištěno, že rozdíl naměřených hodnot aktivního pH mezi sledovanými horizonty půdy je malý, ale vzhledem k počtu bodů se jedná o rozdíl vysoce průkazný (na hladině významnosti 0,01). Mezi hodnotami ve sledovaných vrstvách půdy je velmi těsný vztah, jelikož Pearsonova korelace je 0,966.

Výpočet 2 značí významnost rozdílu obsahu humusu ve sledovaných horizontech. Bylo zjištěno, že rozdíl mezi nimi je vysoce průkazný (na hladině významnosti 0,001). Opět byl prokázán velmi těsný vztah mezi hodnotami ve sledovaných vrstvách půdy, protože Pearsonova korelace je rovna 0,940.

Výpočtem 3 byl zjišťován rozdíl obsahu jílu ve sledovaných horizontech. Rozdíl mezi sledovanými horizonty je vysoce průkazný (na hladině významnosti 0,001). Mezi hodnotami ve sledovaných horizontech půdy je velmi těsný vztah. Pearsonova korelace je v tomto případě 0,932.

6 Diskuze

Tato diplomová práce vycházela z indexů kvality půdy, které byly využity v práci Drobnička et al. (2019). Při úvahách se odkazovalo na toto hodnocení kvality půdy, ale bylo využito systémů hodnocení, které jsou dostupné a aplikovatelné na půdy v České republice, kam patří URBAN Soil Management Strategy (SMS). Pro účely diplomové práce byl vytvořen systém hodnocení půdy, který funguje na podobném principu, jež byl vytvořen Kozákem a Galuškovou (2010) a využit v projektu URBAN SMS.

Ve švýcarském výzkumu (Drobniček et al. 2019) byla pro určení funkcí půdy, které jsou nejdůležitější pro poskytování ekosystémových služeb, využita průzkumná technika Delphi. Jednalo se o dvoukolový dotazník, který shromažďoval názory odborníků. V naší práci jsme dotazníkové šetření nevyužili, protože výběr těchto funkcí byl získán z projektu URBAN SMS. Na základě workshopu, kterého se v tomto projektu zúčastnilo množství odborníků, byly názory úspěšně prodiskutovány, zohledněny a následně úspěšně použity v projektu Soil in the City.

Hypotéza, která byla definována na začátku práce, byla potvrzena. Jednalo se o tvrzení, že kombinaci dat o půdních charakteristikách, klimatu, využití území a produkčních schopnostech půd lze využít jako indikátory produkčních a ekosystémových služeb půd.

Na rozdíl od jiných proběhlých studií bylo využito databáze. Půdy byly rozčleněny dle hloubky a následně jsme se snažili vysledovat eventuální rozdíly mezi těmito hloubkami. Některé vlastnosti, kam spadá například obsah živin v půdě, lze prokázat jen ve svrchních vrstvách, a proto obsah živin nebyl v práci zahrnut.

V této práci jsme se snažili prokázat statistický rozdíl v nejdůležitějších vlastnostech půd mezi svrchními a hlubšími vrstvami půdy. Za nejdůležitější vlastnosti půdy byla zvolena aktivní půdní reakce, obsah humusu a zrnitost. Bylo zjištěno, že u všech těchto zvolených vlastností, byly rozdíly ve sledovaných vrstvách půdy vysoce průkazné. Podařilo se tedy prokázat statistické rozdíly mezi vrstvami půdy v různých hloubkách. Největší rozdílnost mezi různými hloubkami půdy byla zaznamenána v případě aktivní půdní reakce.

Janků et al. (2016a) definovali zábory půd jako jeden z hlavních důvodů ubývání půdy v České republice. Nejhorší situace byla zaznamenána kolem hlavních a větších měst. V této práci vznikla na základě bodového hodnocení soil sealingu mapa, která značí kvalitu půdy v okolí půdních sond s průměrem 100 metrů. Procento trvalého nepropustného zakrytí půdy bylo zjištěno v CORINE Land Cover 2018. Bylo potvrzeno, že nejvíce zastavěné plochy se vyskytují kolem měst. Zajímavé však je, že kolem Prahy je situace dobrá a soil sealing zde nepřesahuje 25 %. Horší stav byl zjištěn pouze v severní části okresu Praha-východ. Vyšší procento zastavění bylo zaznamenáno především kolem měst Hořovice, Slaný, Mnichovo Hradiště a Benešov. Na území České republiky se ovšem nejedná o největší města, tudíž tvrzení z práce Janků et al. (2016) nebylo prokázáno.

Bylo zjištěno, že Středočeský kraj je v kvalitě půd velmi různorodý. Velká rozdílnost je znatelná při srovnání severní a jižní poloviny kraje. Sever a severovýchod kraje má kvalitnější půdy, přičemž nejlepší kvalita byla zaznamenána zejména v oblasti Polabské nížiny. Naopak jižní polovina kraje má půdy méně kvalitní, což je znatelné téměř ve všech mapách vybraných charakteristik půd. Tento fakt je dán zejména konkrétními půdními typy, které zde jsou nejvíce zastoupeny. Na severu a východě kraje se nachází velký podíl černozemí, které se jinde v kraji nevyskytují. O kvalitě půd vypovídá i výskyt černic a fluvizemí, které zde nacházíme. Jih a západ kraje je naopak pokryt převážně kambizeměmi, přičemž ostatní půdní typy jsou zde zastoupeny v mnohem menším rozsahu. Zároveň jich zde nenalzáme takové množství, jako bylo zjištěno na severu a východě.

Jedním ze způsobů hodnocení půdy je bodové hodnocení půd. Bodové stanovení bonity orných půd v Československu jako první stanovil Josef Kopecký v roce 1931. Do bonitační tabulky zařadil zrnitost, obsah štěrku, obsah humusu, obsah vápníku, železa a sodíku, zamokřenost půdy, svažítost území, expozici pozemku a nadmořskou výšku (Kopecký 1931).

Džatko et al.(1979) navrhli další pokus jednotného hodnocení relativní produkční schopnosti půd na základě vyhodnocení tehdejších poznatků o vlastnostech půd, půdně-ekologických jednotek (PEJ) a vzájemných vztahů mezi vlastnostmi prostředí a intenzitou rostlinné produkce. Skupiny PEJ byly obodovány v rozmezí 0-100 bodů. Do 1. bonitní skupiny PEJ s relativně nejvyšší produkční schopností zařadili autoři černice, jejich přechody k černozemím v nejlepších klimatických regionech. Hodnoceny jsou počtem bodů 100 až 95. Poslední tři bonitní skupiny jsou hodnoceny počtem bodů 20 až 1. Patří sem všechny půdy na svazích nad 12° a hydromorfnní půdy.

V roce 1985 Mašát et al. představuje systém bodového hodnocení produkčního potenciálu BPEJ. Tento systém vychází z vlastností a charakteristik půdy i stanoviště. Výpočet je dán součtem bodů za hlavní půdní jednotku (HPJ), zrnitost, svažítost a expozici pozemku, skeletovitost a hloubku půdního profilu, to vše násobeno koeficientem klimatického regionu v rozsahu 0,6 – 1. Bodové hodnocení hlavních půdních jednotek (HPJ) reprezentuje bodovou hodnotu pro půdu (genetický typ, subtyp, varieta, vodní režim) spolu s půdotvorným substrátem. Hodnoty jsou určeny dle vztahů mezi hektarovými výnosy, doplněnými poznatky o úrodnosti a chování půd. Bodové hodnoty produkčního potenciálu byly seřazeny do deseti tříd, kdy nejvyššího počtu bodů (100–96) dosahují vysoce produkční půdy se stabilizovanými výnosy, naopak nejnižšího počtu bodů (< 10) produkčně nevýznamné půdy v 10. skupině.

Mašát et al., 1986 navrhli kritéria pro výběr konečné varianty výpočtu bodového hodnocení. Cílem bylo vyhodnotit členitostní podmínky (agroekologickou složitost) katastrálního území co nejobjektivněji, tak, aby se vliv každého faktoru projevil v celkovém bodovém hodnocení v té míře, kterou se na členitosti (agroekologické složitosti) území skutečně podílí. Bylo využito celkem 7 kritérií, z nichž základní tvořily sklonitost, vhodnost začlenění lokalit BPEJ do souvislých celků, velikost lokality, další pak trvalé překážky, balvanitost, dostupnost pro obhospodařování, vláhové poměry. Výsledkem bylo 7 kategorií podle nadmořské výšky.

V roce 1995 Novák et al. navrhli upravenou metodiku stanovení bodové hodnoty půdy v systému bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Pro výpočet bodového hodnocení produkčního potenciálu byl použit vzorec již uvedený v práci (Mašát et al. 1985). Metodika navrhuje úpravy základní bodové hodnoty BPEJ pro chráněné oblasti, pro zóny

ochrany hydrosféry, pro půdy erozně ohrožené, kontaminované, zemědělské půdy v oblastech určených pro zástavbu nebo v zastavěných oblastech, pro půdy degradované, ohrožené imisemi a pro půdy poddolované, pro půdy odvodněné, zavlažované, pro půdy terasované, pro antropogenní a rekultivované půdy. Autoři se domnívají, že tento systém může lépe než současné ceny BPEJ v Kč za 1 m² vyjádřit relace i absolutní hodnoty jednotlivých BPEJ. Je také možné vyjádřit cenu 1 bodu, a tak získat cenu BPEJ a je možné zjistit rozdíly mezi „přirozenou“ bodovou hodnotou BPEJ a její bodovou hodnotou ovlivněnou některým z výše uvedených zásahů.

Pro účely této práce byly hodnoceny hlavní fyzikální, chemické a hydropedologické faktory, jakož i environmentální faktory vztahující se ke stanovištím půdních sond.

Nejdůležitějším výsledkem diplomové práce bylo bodové hodnocení jednotlivých lokalit, a to vždy v okolí půdních sond nacházejících se v databázi. Tento způsob hodnocení může být základem pro nový způsob hodnocení půdy jako krajinného prvku. Výsledky této práce mohou v budoucnu posloužit i k upřesnění kritérií, na jejichž základě se půdy dělí do tříd ochrany půd.

7 Závěr

Diplomová práce se zabývala zhodnocením kvality půdy ve Středočeském kraji a schopnosti těchto půd poskytovat ekosystémové služby. Pro zhodnocení kvality v místech půdních sond byla zvolena metoda průměrného bodového hodnocení a celkového součtu bodů. Byly zkoumány vlastnosti půd na jednotlivých stanovištích v hloubkách 0-30 cm a 30-60 cm od povrchu. Nejhodnotnější půdy se nacházely na severovýchodě tohoto kraje, především v okrese Nymburk, a dále v částech okresů Kolín a Mladá Boleslav. Byly prokázány rozdíly mezi dvěma sledovanými vrstvami půdy, ale přesto se nejhodnotnější půdy objevovaly na totožných lokalitách.

Na začátku této práce byla definována hypotéza, která uváděla, že lze využít různorodé informace o půdách a daném území jako indikátory produkčních a ekologických služeb půd. Výsledky práce tuto hypotézu potvrdily. Cílem práce bylo zhodnocení údajů o půdní kvalitě, přičemž tyto údaje se využily pro zhodnocení ekosystémových služeb.

Touto prací byly získány podklady, které mohou v budoucnu sloužit pro upravení kritérií, dle nichž se půdy dělí do tříd ochrany půd. Výsledky práce by mohly pomoci k tvorbě nové bonitace půd, která by respektovala změny klimatu a přírodních poměrů. V současné době Česká republika čelí nedostatku vláhy, což je umocňováno nevhodným hospodařením na půdě. Výsledkem diplomové práce bylo označení lokalit s nejhodnotnějšími půdami, na které by se měla vztahovat nejpřísnější ochrana, a nemělo by tudíž docházet k jejich vyjímání ze zemědělského půdního fondu.

8 Literatura

AMSP ČR (Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR). 2019. Analýza zemědělství. AMSP ČR, Praha. Available from <http://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/08/Anal%C3%BDza-zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-2019.pdf> (accessed January 2020).

Arshad MA, Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **88** (2): 153-160.

Bastida F, Zsolnay A, Hernandez T, García C. 2008. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma* **147** (3-4): 159-171.

Bechler K, Toth O. 2010. Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Bodenschutz. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BadenWürttemberg, Karlsruhe.

Borelli P, Robinson DA, Fleischer LR, Lugato E, Ballabio C, Alewell Ch, Meusburger K, Modugno S, Schütt B, Ferro V, Bagarello V, Van Oost K, Montanarella L, Panagos P. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications* **8** (1): 1-13.

Bouma J. 2010. Implications of the knowledge paradox for soil science. *Advances in Agronomy* **106**: 143-171.

Bouma J. 2014. Soil science contributions towards Sustainable Development Goals and their implementation: linking soil functions with ecosystem services. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **177** (2): 111–120.

Boyd J, Banzhaf S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* **63**: 616–626.

Breuer AM, de Deyn GB, Dominati E, Eglin T, Hedlund K, van Orshoven J, Postuma L. 2012. Ecosystem services: a useful concept for soil policy making! *Current Opinion in Environmental Sustainability* **4** (5): 578-585.

Centrum občasného vzdělávání. 2020. Delphi. Participativní metody, Masarykova univerzita, Brno. Available from <http://www.participativnimetody.cz/delphi.html> (accessed February 2020).

COM 179 final (Commission of the European Communities). 2002. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a thematic strategy for soil protection. COM, Brusel. Available from <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0179:FIN:EN:PDF> (accessed August 2019).

Český úřad zeměměřičský a katastrální. 2019. Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: stav ke dni 31. prosince 2018. Praha.

Desaules A, Ammann S, Schwab P. 2010. Advances in long-term soil-pollution monitoring of Switzerland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **173** (4): 525-535.

Drobnik T, Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A. 2018. Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators* **94**: 151-169.

Džatko M, Hraško J, Linkeš V, Mašát K, Němeček J. 1979. Hodnotenie relatívnej produkčnej schopnosti pod ČSSR. *Rostlinná výroba* **25** (7): 693-699.

eAgri. 2009–2019. Účel bonitace a její využití. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/venkov/archiv/pozemkove-upravy/puda-pudni-sluzba/ucel-bonitace-a-jeji-vyuziti/> (accessed October 2019).

Eghbal N, Nasrabadi T, Karbassi ER, Taghavi L. 2018. Investigating the pattern of soil metallic pollution in urban areas (case study: a district in Tehran city). *International Journal of Environmental Science and Technology* **11**: 6717-6726.

European Commission. 2006. Communication from the Commission of the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Commission of the European Communities, Thematic Strategy for Soil Protection. Brussels.

European Commission. 2012. Commission Staff Working Document: Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing. Brussels. SWD(2012) 101 Final. Available from https://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/soil_sealing_guidelines_en.pdf (accessed January 2020).

EUGRIS. 2009. URBAN SMS Urban Soil Management Strategy. EUGRIS: portal for soil and water management in Europe. Available from <http://www.eugris.info/DisplayProject.asp?ProjectID=4743> (accessed January 2020).

Evropská agentura pro životní prostředí. 2019. Úvodník - krajina a půda: cesta k udržitelnému využívání těchto životně důležitých zdrojů. EEA. Available from <https://www.eea.europa.eu/cs/signaly/signaly-2019/clanky/uvodnik-2013-krajina-a-puda> (accessed January 2020).

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Economic and Social Development Department of the United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Fliessbach A, Oberholzer H-R, Gunst L, Mäder P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **118** (1-4): 273-284.

Forest Europe. 2019. Introduction to Ecosystem Services. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Zvolen, Slovakia. Available from <https://foresteurope.org/ecosystem-services/> (accessed January 2020).

Franková M. 2019. Plní zákon o ochraně zemědělského půdního fondu svůj účel? *AUC IURIDICA* **2019** (3): 35-44.

Galušková I, Borůvka L, Drábek O. 2011. Urban soil contamination by potentially toxic elements. *Soil and Water Research* **6** (2): 55-60.

Gomiero T. 2018. Large-scale biofuels production: A possible threat to soil conservation and environmental services. *Applied Soil Ecology* **123**: 729–736.

Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A. 2017. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy* **69**: 224–237.

Gruzdeva LI, Sushchuk AA. 2010. Trends of nematode community recovery after soil cover degradation. *Biology Bulletin* **37** (6): 647–652.

Gubler A, Schwab P, Wächter D, Meuli R, Keller A. 2015. Results of the National Soil Monitoring Network (NABO) 1985–2009: Condition and Change of Inorganic Contaminants and Soil Parameters. *BAFU Umwelt-Zustand* **1507**: 1–81.

Haines-Young R, Potschin-Young M. 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.

Halsmayr HP, Geitner C, Sutor G, Knoll A, Baumgarten A. 2016. Soil function evaluation in Austria - development, concepts and examples. *Geoderma* **264**: 379–387.

Hasson F, Keeney S, McKenna H. 2000. Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing* **32** (4): 1008-1015.

Hauptman I, Kukul Z, Pošmourný K, Bičík I, Budňáková M, Čermák P, Čtyrská J, Dreslerová D, Fiala P, Janderková J, Jech K, Kender J, Kopp J, Kubík L, Matějů L, Němec J, Němec J, Novák P, Rejšek K, Penížek V, Petruš K, Sánka M, Sedláček J, Šefrna L, Vácha R, Vašků Z, Zimová M. 2009. *Půda v České republice*. Consult. Praha.

Hersperger AM, Ioja C, Steiner F, Tudor CA. 2015. Comprehensive consideration of conflicts in the land-use planning process: a conceptual contribution. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* **10** (4): 5-13.

- Hladík J. 2015. Půda jako dar obživy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha. Available from http://www.konferencevenkov.cz/2015/download/prezentace/uvodni/PUDA_jako_dar_obzivy-Hladik.pdf (accessed September 2019).
- Jäggli F, Peyer K, Pazeller A, Schwab P. 1998. Grundlagenbericht zur Bodenkartierung des Kantons Zürich. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich (VD ZH), Reckenholz-Zürich.
- Janků J, Jakšík O, Kozák J, Marhoul AM. 2016a. Estimation of land loss in the Czech Republic in the near future. *Soil and Water Research* **11** (3): 155–162.
- Janků J, Sekáč P, Baráková J, Kozák J. 2016b. Land use analysis in terms of farmland protection in the Czech Republic. *Soil and Water Research* **11** (1): 20-28.
- Janzen HH, Fixen PE, Franzluebbbers AJ, Hattey J, Izaurralde RC, KetteringsQM, Lobb DA, Schlesinger WH. 2011. Global prospects rooted in soil science. *Soil Science Society of America Journal* **75**: 1–8.
- Jiang R, Wang M, Chen W, Li X, Balseiro-Romero M, BaveyePC. 2019. Ecological risk of combined pollution on soil ecosystem functions: Insight from the functional sensitivity and stability. *Environmental Pollution* **255**.
- Kanton Zürich Z. 2012. Suitability maps for agricultural production.
- Karásek P, Sztruc J, Kučera J, Podhrázská J, Konečná J. 2019. Causes of Water Erosion and Benefits of Antierosion Measures in Model Locality Starovice – Hustopeče (South Moravia Region, Czech Republic). *Journal of Ecological Engineering* **20** (2): 95–105.
- Kopecký J. 1931. Bodové stanovení bonity orných půd v ČSR. Zvláštní otisk ze *Zemědělského Archivu*, ročník XXII, sešit 1-2. Knihotiskárna Politiky, Praha.
- Kozák J, Němeček J, Borůvka L, Lérová Z, Němeček K, Kodešová R, Janků J, Jacko K, Hladík J, Zádorová T. 2009. Atlas půd České republiky. 2. upravené vydání. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Kozák J, Galušková I. 2010. Urban teplate 4 (Prague). Katedra pedologie a ochrany půd, Česká zemědělská univerzita, Praha. Elektronická forma.
- Kożuchowski K, Marciniak K. 1990. Tendencje zmian temperatury i opadów w Europie środkowej w stuleciu 1881-1980. *Acta universitatis Nicolai Copernici. Geografia*, XXII, zes. **73**: 22-43.
- Landmark2020. 2018. Project details. [Landmark2020.eu](http://landmark2020.eu). Available from <http://landmark2020.eu/project-details/> (accessed December 2019).

- Lasanta T, Arnáez J, Nadal-Romero E. 2019. Soil degradation, restoration and management in abandoned and afforested lands. *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection* 4.
- Leblanc MA, Parent É, Parent LE. 2016. Lime Requirement Using Mehlich-III Extraction and Infrared-Inferred Cation Exchange Capacity. *Soil Science Society of America Journal* **80** (2): 490-501.
- Lehmann A, David S, Stahr K. 2013. Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener Böden. *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte* 86, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart, 2.
- Leitschmann T, Rožnovský J, Kohut M. 2018. Teplotní a vlhkostní režim písčitých půd na hodonínsku v období 2009-2014. *AMET, Český hydrometeorologický ústav*.
- Liu YS, Wang JY, Long HL. 2010. Analysis of arable land loss and its impact on rural sustainability in Southern Jiangsu Province of China. *Journal of Environmental Management* **91** (3): 646–653.
- Ložek V, Cílek V, Kubíková J, Buchar J, Čtverák V, Kašpárek L, Obermajer J, Schmelzová R, Vašků Z. 2003. *Střední Čechy: příroda, člověk, krajina*. Dokořán, Praha. Available from <https://priroda.kr-stredocesky.cz/article.asp?id=81> (accessed February 2020).
- Lundie S, Ashbolt N, Livingston D, Lai E, Kärrman E, Blaikie J, Anderson J. 2008. Sustainability framework – Part A: Methodology for Evaluating the Overall Sustainability of Urban Water Systems, WSAA Occasional Paper. Water Services Association of Australia, Melbourne and Sydney.
- Mackey B, Prentice IC, Steffen W, House JI, Lindenmayer D, Keith H, Berry S. 2013. Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy. *Nature Climate Change* **3**: 552–557.
- MAES. 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services – An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Luxembourg: Publications office of the European Union.
- Mašát K, Klečka M, Němeček J. 1973. Metodika praktického provádění bonitace zemědělského půdního fondu ve všech katastrálních územích ČSR v měřítku 1:5.000. E IV - 3/2, 5. Česká akademie zemědělská, Praha.
- Mašát K, Němeček J, Džatko M. 1985. Systém bodového hodnocení produkčního potenciálu BPEJ. Závěrečná zpráva. Praha.

Mašát K, Svobodová D, Kohoutová L. 1986. Kategorizace území podle agroekologické složitosti. Dílčí úkol: Prohlubování a agronomické využívání agroekologického bloku bonitačního informačního systému ČSR. Číslo zprávy: SPEV 901.129.318.04.02. VÚMOP, Praha.

Mašát K, Němeček J, Tomiška Z. 2002. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované a doplněné vydání. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

Menclová K. 2019. Situační a výhledová zpráva Půda 2018. Ministerstvo zemědělství. Available from <http://cmszp.cz/mze/2019/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2018/> (accessed November 2019).

Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Current State and Trends: Findings of the Conditions and Trends Working Group. Pages 2-23 in Hassan R, Scholes R, Ash N, editors. Ecosystems and Human Well-being. Island Press, Washington DC, USA.

Ministerstvo financí. 2013. Vyhláška č. 441 ze dne 17. prosince 2013, k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška). Pages 7422-7611 in Sbírka zákonů České republiky, 2013, částka 173, Česká republika.

Ministerstvo financí. 2019. Vyhláška č. 188 ze dne 24. července 2019, kterou se mění vyhláška č. 441/2013 Sb, k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška), ve znění pozdějších předpisů. Pages 1730-1742 in Sbírka zákonů České republiky, 2019, částka 81, Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2017-2025. Výzkumný projekt Ministerstva zemědělství NAZV QJ1520026. Praha.

Ministerstvo zemědělství. 2018. Vyhláška č. 227 ze dne 4. října 2018, o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci. Pages 4034–4044 in Sbírka zákonů České republiky, 2018, částka 113, Česká republika.

Ministerstvo životního prostředí. 1992. Zákon č. 334 ze dne 12. května 1992, o ochraně zemědělského půdního fondu. Pages 1881-1896 in Sbírka zákonů České a Slovenské federativní republiky, 1992, částka 68, Česká republika.

Ministerstvo životního prostředí. 2011. Vyhláška č. 48 ze dne 22. února 2011, o stanovení tříd ochrany. Pages 442-448 in Sbírka zákonů České republiky, 2011, částka 17, Česká republika.

Molaeinasab A, Bashari H, Tarkesh Esfahani M, Mosaddeghi MR. 2018. Soil surface quality assessment in rangeland ecosystems with different protection levels, central Iran. *Catena* **171**: 72–82.

Nahlik AM, Kentula ME, Fennessy MS, Landers DH. 2012. Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. *Ecological Economics* **77**: 27–35.

Novák P, Kohel J, Tomiška Z, Zlatušková S. 1995. Metodika stanovení bodové hodnoty půdy (návrh). VÚMOP, Praha.

Novák P. 2001. Úroda: Produkční a mimoprodukční funkce půdy a její ochrana. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. Available from <https://www.uroda.cz/produkcni-a-mimoprodukni-funkce-pudy-a-jeji-ochrana/> (accessed August 2019).

Novák P. 2013. Informační listy 38. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. *Ročník* **19**: 1-41.

Novopacký J. 2016. Ochrana půdy v EU a evropské partnerství - ELO. Českomoravský svaz zemědělských podnikatelů, Praha. Available from <http://cmszp.cz/cmszp/2016/ochrana-pudy-v-eu-a-evropske-partnerstvi-elo/> (accessed September 2019).

Nussbaum M, Walthert L, Fraefel M, Greiner L, Papritz A. 2017. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geosadditive models. *Soil Discussions*: 1-32.

Oberholzer H-R, Freiermuth Knuchel R, Weisskopf P, Gaillard G. 2012. A novel method for soil quality in life cycle assessment using several soil indicators. *Agronomy for Sustainable Development* **32** (3): 639-649.

Okoli Ch, Pawlowski SD. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management* **42** (1): 15-29.

O'Neill J, Walsh M. 2000. Landscape conflicts: preferences, identities and rights. *Landscape Ecology* **15** (3): 281-289.

Pančíková J. 2017. Funkce a podpora půdních agregátů. Uroda.cz, Praha. Available from <https://www.uroda.cz/funkce-a-podpora-pudnich-agregatu/> (accessed January 2020).

Pavlu L, Drábek O, Borůvka L, Nikodem A, Němeček K. 2016. Degradation of forest soils in the vicinity of an industrial zone. *Soil and Water Research* **10** (2): 65-73.

Powell C. 2003. The Delphi technique: myths and realities. *Journal of Advanced Nursing* **41** (4): 376-382.

Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falk-enmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley JA. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* **461**: 472–475.

- Ronchi S, Salata S, Arcidiacono A, Pirolì E, Montanarella L. 2019. Policy instruments for soil protection among the EU member states: A comparative analysis. *Land Use Policy* **82**: 763–780.
- Rowley HV, Peters GM, Lundie S, Moore SJ. 2012. Aggregating sustainability indicators: Beyond the weighted sum. *Journal of Environmental Management* **111**: 24-33.
- Shukla MK, Lal R, Ebinger M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research* **87** (2): 194-204.
- Schlöter M, Dilly O, Munch JC. 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **98** (1-3): 255-262.
- Státní pozemkový úřad. 2019. Bonitované půdně-ekologické jednotky. Státní pozemkový úřad, Praha. Available from <https://www.spucr.cz/bpej> (accessed October 2019).
- Státní pozemkový úřad. 2020. Celostátní databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek. Státní pozemkový úřad, Praha. Available from <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-database-bpej> (accessed March 2020).
- Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, de Vries W, de Wit CA, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **347** (6223): 1259855-1259855.
- Štěpánek J, Rožkovský J, Štěpánek P, Zahradníček P. 2014. Změna ročních a sezónních srážkových úhrnů v České republice v letech 1961-2012. Extrémy oběhu vody v krajině, Mikulov. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- Štěpánek J, Rožnovský J, Štěpánek P, Zahradníček P. 2019. Změna meteorologických veličin ve vybraných regionech ČR v období 1961-2017. Stránky nečíslovány in Rožnovský J, Leitchmann T, editors. *Hospodaření s vodou v krajině*, Třeboň. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- Šarapatka B. 2016. Ohrožená půda. *Vesmír* **95** (146).
- Šimek M, Elhottová D, Pižl V. 2014. Živá půda. *Strategie AV21: Rozmanitost života a zdraví ekosystémů*. Academia, Praha.
- TEEB. 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The ecological and economic foundation*. TEEB, Cambridge. Available from <http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/D0-Chapter-5-The-economics-of-valuing-ecosystem-services-and-biodiversity.pdf> (accessed December 2019).
- UN-SDSN. 2013. *An action agenda for sustainable development: Report for the Secretary General of the UN*. Available from <http://unsdsn.org/2013/06/06/action-agenda-sustainable-development-report> (accessed October 2019).

- UPOL (univerzita Palackého v Olomouci). 2019. Pedografie. UPOL, Olomouc. Available from https://geography.upol.cz/soubory/lide/mackovcin/ZF2/ZF2_Pedogeografie.pdf (accessed January 2019).
- Vaidemane K. 2019a. Contribution of ecosystem services to achievement of the sustainable development goals. TERRAENVISION Abstracts. Barcelona.
- Vaidemane K. 2019b. Baltic Environmental Forum, Riga, Latvia. Konference v Barceloně 2019.
- Vávra J, Duží B, Lapka M, Cudlínová E, Rikoon JS. 2019. Socio-economic context of soil erosion: A comparative local stakeholders' case study from traditional agricultural region in the Czech Republic. *Land Use Policy* **84**: 127–137.
- Vejchodská E, Pelucha M. 2019. Environmental charges as drivers of soil sealing? The case of the Czech charge for agricultural land loss. *Land Use Policy* **87**.
- Venclová B. 2019. Hydrologické funkce půd a hospodaření v podmínkách sucha. Uroda.cz, Praha. Available from <https://www.uroda.cz/hydrologicke-funkce-pud-a-hospodareni-v-podminkach-sucha/> (accessed September 2019).
- von der Dunk A, Grêt-Regamey A, Dalang T, Hersperger AM. 2011. Defining a typology of peri-urban land-use conflicts – A case study from Switzerland. *Landscape and Urban Planning* **101** (2): 149-156.
- VÚMOP (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy). 2017. Komplexní průzkum půd. VÚMOP, v.v.i. – Půdní služba, Praha. Available from <https://kpp.vumop.cz/?core=account> (accessed October 2019).
- VÚMOP (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy). 2019. eKatalog BPEJ. VÚMOP, v.v.i. – Půdní služba, Praha. Available from <https://bpej.vumop.cz/> (accessed October 2019).
- Wilson MJ. 2019. The importance of parent material in soil classification: A review in a historical context. *Catena* **182**: 1–7.
- Wolff G. 2006. Das Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS). Stuttgart, Germany.
- Wood SLR, Jones SK, Johnson JA, Brauman KA, Chaplin-Kramer R, Fremier A, Girvetz E, Gordon LJ, Kappel CV, Mandle L, Mulligan M, O'Farrell P, Smith WK, Willemen L, Zhang W, DeVlerck FA. 2018. Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services* **29**: 70-82.
- ZSO, S.O.o.t.C.o.Z. 2016. Municipal portraits of the Canton of Zurich. Statistical Office of the Canton of Zurich.