

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta



Disertační práce

Mimoprodukční funkce půdy a její bonitace

Autor: Ing. Jaroslav Červený

Školitel: doc. Ing. Petr Procházka, MSc, Ph.D.

Abstrakt

Mimoprodukční funkce půdy jsou klíčovým elementem ekosystémů. Tyto funkce mají ekologický, sociální a ekonomický význam v kontextu udržitelného rozvoje. Mezi tyto zkoumané funkce lze zařadit retenci vody, ukládání uhlíku, podporu biodiverzity, kontrolu eroze a zvyšování či udržování kulturní a estetické hodnoty krajiny. Cílem práce bylo navrhnout empirickou strategii pro identifikaci, kvantifikaci a monetizaci mimoprodukčních funkcí půdy. Tato strategie je posléze aplikována na vybranou zájmovou oblast ovlivněnou urbanizovanou aglomerací Prahy a to konkrétně Prahu 14. Výsledky ukazují na nespornou velikost monetárního hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy, kdy největší hodnotu má rekreační funkce a funkce udržení biodiverzity (84 Kč na m²). Funkce sekvestrace uhlíku, retence vody a eroze mají relativně menší hodnotu (0,3-0,5 Kč na m²), byť poskytují životně důležité ekosystémové služby. Analýza stakeholderů ukazuje na zájem a zapojení obyvatel v oblasti mimoprodukčních funkcí půdy, což není překvapivé vzhledem k obecnému nedostatku zeleně v Praze. Výsledky disertační práce potvrzují, že monetární kvantifikace mimoprodukčních funkcí půdy může zásadně přispět ke zlepšení stavu životního prostředí a vývoji politik založených na kvantitativních datech pro cost/benefit analýzu. Provedená analýza změn využití půdy a hodnoty ekosystémových služeb v urbánní krajině poskytuje cenné podklady pro podporu udržitelného hospodaření s půdou a ochranu biodiverzity. Na základě výsledků práce lze doporučit, aby veřejná správa integrovala výzkumná zjištění do svých strategií pro ochranu a podporu ekosystémových služeb, zvláště v kontextu urbanizovaných oblastí, kde je potřeba harmonického propojení přírodních a rekreačních hodnot s potřebami městské populace. Implementace udržitelných zemědělských praktik, ochrana a obnova přírodních ekosystémů, rozvoj udržitelného vodního hospodářství, a v neposlední řadě zapojení veřejnosti a vzdělávání, jsou klíčové pro dosažení tohoto cíle.

Klíčová slova:

Mimoprodukční funkce půdy, bonitace půdy, degradace půdy, udržitelný management půdy, ekologický význam půdy, sociální význam půdy, ekonomický význam půdy, politika ochrany půdy, rekreační funkce, sekvestrace uhlíku, retence vody, erozní potenciál

Abstract

Non-productive soil functions are a key element of ecosystems. These functions have ecological, social and economic importance in the context of sustainable development. These investigated functions include water retention, carbon storage, biodiversity support, erosion control and increasing or maintaining the cultural and aesthetic value of the landscape. The aim of the work was to propose an empirical strategy for the identification, quantification and monetization of non-production land functions. This strategy is then applied to a selected area of interest affected by the urbanized agglomeration of Prague, namely Prague 14. The results show the unequal size of the monetary evaluation of non-production land functions, where the recreational function and the function of maintaining biodiversity have the greatest value (84 CZK per squared meter). The functions of carbon sequestration, water retention and erosion are of relatively lesser value (0.3 to 0.5 CZK per squared meter), although they provide vital ecosystem services. Stakeholder analysis shows the interest and involvement of residents in the area of non-production land functions, which is not surprising given the general lack of greenery in Prague. The results of the dissertation confirm that the monetary quantification of non-production functions of the soil can fundamentally contribute to the improvement of the state of the environment and the development of policies based on quantitative data for cost/benefit analysis. The analysis of changes in land use and the value of ecosystem services in the urban landscape provides valuable information for the support of sustainable land management and the protection of biodiversity. Based on the results of the work, it can be recommended that public administrations integrate research findings into their strategies for the protection and promotion of ecosystem services, especially in the context of urbanized areas, where there is a need for a harmonious connection of natural and recreational values with the needs of the urban population. Implementation of sustainable agricultural practices, protection and restoration of natural ecosystems, development of sustainable water management, and last but not least, public involvement and education are key to achieving this goal.

Keywords:

Non-productive soil functions, soil valuation, soil degradation, sustainable soil management, ecological significance of soil, social significance of soil, economic significance of soil, soil protection policy, recreational function, carbon sequestration, water retention, erosion potential

Obsah

1. Úvod	7
2. Cíle práce	9
2.1. Hlavní cíl práce	9
2.2. Vedlejší cíle práce	10
2.2.1 Vývoj empirické strategie	10
2.2.2. Aplikace teoretického rámce do vybrané lokality ČR	11
3. Metodika	13
3.1. Kvantifikace mimoprodukčních funkcí	13
3.1.1. Sekvestrace uhlíku	13
3.1. ² . Retence vody	15
3.1.3. Úroveň biodiverzity	15
3.1.4. Eroze půdy	17
3.2. Půdní mapování	19
3.3. Ocenění mimoprodukčních funkcí půdy	20
3.3.1. Monetizace mimoprodukčních funkcí půdy – sekvestrace uhlíku.....	20
3.3.2. Metody monetizace zadržené vody	25
3.3.3. Metoda monetizace erodované půdy	26
3.3.4. Monetární hodnocení biodiverzity	26
3.3.5. Kontingentní metoda hodnocení	26
3.4. Data	28
3.4.1. Data pro sekvestraci uhlíku.....	28
3.4.2. Data pro erozi půdy s využitím RUSLE (revised universal soil loss equation).....	29
3.4.3. Data pro model retence vody SWRC (Soil Water Retention Curve).....	30
3.4.4. Data pro model biodiverzity	30
3.5. Další metody výzkumu	30
4. Teoretická východiska a literární řešerše	31
4.1. Půda, půda jako pozemek	31
4.2. Funkce půdy	34
4.3. Mapování půdy	38
4.4. Formování půdy a její zvětrávání, faktory ovlivňující půdu	39
4.5. Využití půdy	44
4.6. Degradace půdy	46
4.7. Regenerace půdy	49
4.8. Úrodnost půdy	51

4.9. Hodnota (oceňování) půdy v prostředí ČR.....	53
4.10. Vybrané mimoprodukční funkce půdy	65
4.11. Současné systémy hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy	69
4.12. Diskontování	73
4.13. Hodnota sekvestrace uhlíku	74
5. Analytická část	78
5.1. Empirická strategie pro výpočet hodnoty pro vybrané mimoprodukční funkce.....	78
5.2. Aplikace empirické strategie	79
5.2.1. Výběr lokality	79
5.2.2. První lokalita - monitoring.....	88
5.2.3. Druhá lokalita - Křížovnický lom	94
5.2.4. Dotazníkové šetření	95
5.2.5. Postoj stakeholderů	102
5.2.6. Hodnota biodiverzity ve vybrané lokalitě.....	107
5.2.7. Retence vody a její hodnota.....	111
5.2.8. Eroze půdy ve vybrané lokalitě.....	114
5.2.9. Sekvestrace uhlíku a její hodnota	116
5.2.10. Porovnání s ostatními cenami půdy	123
6. Diskuse	126
7. Závěry, doporučení, limity a předpoklady výzkumu.....	138
8 . Reference.....	143
PŘÍLOHA	157

Seznam tabulek

Tabulka 1. Metodika práce v ArcGIS	20
Tabulka 2 Data potřebná pro sekvestraci uhlíku	28
Tabulka 3 Zásoba uhlíku.....	29
Tabulka 4 Vstupy pro erozi	29
Tabulka 5 Proměnné a parametry pro model retence vody.....	30
Tabulka 6 BPEJ	56
Tabulka 7 Půdní skupiny zájmového území	83
Tabulka 8 Využití a kryt půdy	90
Tabulka 9 Některé vybrané kategorie struktury obyvatel	95
Tabulka 10 Analýza odpovědí stakeholderů vč. doporučených kroků.....	105
Tabulka 11 Sčítání jedinců vybraných druhů	108
Tabulka 12 Monetární hodnota preferencí respondentů.....	110
Tabulka 13 Normalizované vzácnosti.....	110
Tabulka 14 Úprava monetární hodnoty.....	110
Tabulka 15 Parametry Van Genuchtenovy rovnice	111
Tabulka 16 Náklady na zavlažování.....	113
Tabulka 17 Faktory RUSLE.....	114
Tabulka 18 Výpočet opatření - sázení stromů	115
Tabulka 19 Sekvestrace uhlíku - výpočet hodnot podkladů	116
Tabulka 20 Sekvestrace uhlíku pro zájmovou oblast.....	116
Tabulka 21 Statistika cen emisních povolenek	119
Tabulka 22 Test ADF.....	119
Tabulka 23 Výsledky odhadu	122
Tabulka 24 Porovnání zjištěných cen.....	125

Seznam obrázků

Obrázek 1 Mapa zájmové oblasti.....	81
Obrázek 2 Dlouhodobá průměrná ztráta půdy – ukázka aplikace VÚMOP	82
Obrázek 3 Dlouhodobá průměrná ztráta půdy – přiblížení zájmového území.....	82
Obrázek 4 Skupiny půdních typů na zájmovém území	84
Obrázek 5 Hloubka půdy na zájmovém území.....	84
Obrázek 6 Skeletovitost půdy na zájmovém území	85
Obrázek 7 Sklonitost terénu v zájmovém území	86
Obrázek 8 Expozice pozemků na zájmovém území	86
Obrázek 9 Klimatické regiony	87
Obrázek 10 Potenciální retence při reálném osevním postupu	88
Obrázek 11 Potenciální retence při ideálním/příznivém osevním postupu	89
Obrázek 12 Potenciální retence při nepříznivém osevním postupu.....	89
Obrázek 13- Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2017	90
Obrázek 14 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2018	91
Obrázek 15 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2019	91
Obrázek 16 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2020	91
Obrázek 17 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2021	91
Obrázek 18 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2022	92
Obrázek 19 Lokality NATURA2000 nejbližší zájmovému území.....	92
Obrázek 20 LPIS Zájmová oblast	93
Obrázek 21 Nitrátová směrnice	93
Obrázek 22 Mapa zájmového území – Křížovnický lom.....	94
Obrázek 23 Rozdělení pohlaví.....	96
Obrázek 24 věkové rozdělení respondentů	97
Obrázek 25 Dosažené vzdělání	97
Obrázek 26 Zaměstnání respondentů.....	98
Obrázek 27 průměrná ochota zaplatit za ochranu lokality.....	98
Obrázek 28 Znalost Křížovnického lomu.....	99
Obrázek 29 Zájem o ochranu lomu	99
Obrázek 30 Naučné aktivity na stezce	100
Obrázek 31 Skokan hnědý/zelený, ochota zaplatit (Kč).....	100
Obrázek 32 Myšice křovinná, ochota zaplatit (Kč).....	101
Obrázek 33 Vrabec polní, ochota zaplatit (Kč).....	101

Obrázek 34 Zajíc polní, ochota zaplatit (Kč).....	101
Obrázek 35 Bažant obecný, ochota zaplatit (Kč)	102
Obrázek 36 Vývoj cen emisních povolenek od r. 2018	118
Obrázek 37 ACF a PACF	120
Obrázek 38 Předpověď ARIMA	121
Obrázek 39 BPEJ zájmová oblast.....	123
Obrázek 40 Cena půdy podle katastrálního území zájmové lokality	124
Obrázek 41 Tržní cena zemědělské půdy.....	124
Obrázek 42 Tržní cena půdy.....	125

Seznam použitých zkratk

ArcGIS ... program využití geografických dat (GIS)

ARCH ... Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, ekonometrické modely navržené k modelování volatility finančních časových řad

ARIMA ... AutoRegressive Integrated Moving Average, model používaný pro analýzu a předpovídání časových řad

BPEJ ... bonitovaná půdně ekologická jednotka

CAPM ... Capital Asset Pricing Model, vztah mezi rizikem a výnosem finančních aktiv

CENTURY ... procesně založený model určený k simulaci dynamiky uhlíku (C), dusíku (N), fosforu (P) a síry (S) v přírodních nebo pěstebných systémech

CVM ... Contingent Valuation Method, kontingentní metoda hodnocení

D-F test ... Dickey- Fullerova testovací statistika

EHSV ... Evropský hospodářský a sociální výbor

EIA ... Posuzování vlivů záměrů na životní prostředí

ESRI ... Environmental Systems Research Institute, vývojáři GIS

ETS ... systém obchodování s emisemi

GIS ... Geografický informační systém

HPJ ... hlavní půdní jednotka

HRRE ... ekonomické ocenění hrubého ročního rentního efektu

IAM ... integrované modely hodnocení

KPP ... komplexní průzkum půd

KR ... klimatický region

NPK ... dusíkato-fosforečno-draselné hnojivo

NPV ... metoda hodnocení investičních příležitostí a projektů, vyjadřuje rozdíl mezi současnou hodnotou příjmů a výdajů v průběhu času

OTS ... oceňované typové struktury

RUSLE ... Revised Universal Soil Loss Equation, vzorec používaný k odhadu dlouhodobé průměrné roční míry eroze půdy dešťovými srážkami a s tím spojeným suchozemským prouděním

SCC ... společenské náklady na uhlík

SOC ... půdní organický uhlík

VÚMOP ... Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

WMA ... vážený klouzavý průměr

WTP ... Willingness to pay, ochota platby

ZPF ... zemědělský půdní fond

1. Úvod

Pro hlubší pochopení role půdy v ekosystémech a jejího významu pro udržitelný rozvoj je nezbytné uznat její multifunkční charakter. Půda není pouze základem pro produkci potravin, ale také slouží jako zásadní filtr pro čištění vody, je klíčovým hráčem v cyklu živin a poskytuje habitat pro obrovskou rozmanitost živých organismů. Její schopnost ukládat uhlík má navíc významný dopad na stabilitu klimatu a boj proti změně klimatu. S rostoucím tlakem na půdu způsobeným urbanizací, intenzivním zemědělstvím a průmyslovou aktivitou je nezbytné najít rovnováhu mezi využíváním půdy a její ochranou. V souvislosti se změnami klimatu nabývá zkoumání mimoprodukčních funkcí půdy na významu s ohledem na adaptaci na změnu klimatu. Tyto funkce mohou hrát klíčovou roli v ochraně před extrémními klimatickými jevy, jako jsou povodně či sucha, a přispívat k celkové odolnosti ekosystémů vůči změně klimatu. Biodiverzita je rovněž zásadním faktorem multifunkční role půdy, poskytující ekosystémové služby prospěšné pro člověka i prostředí. Půdní biodiverzita, zahrnující širokou škálu organismů od mikroorganismů po větší organismy v půdě, tvoří základ pro procesy rozkladu, cyklu živin a tvorby půdní struktury, které jsou nezbytné pro růst rostlin a zdraví ekosystémů. Zachování půdní biodiverzity je nezbytné pro zajištění kontinuity těchto ekosystémových služeb, což zdůrazňuje potřebu konzervačních snah a udržitelných praktik hospodaření s půdou, které podporují bohatý a vyvážený půdní ekosystém. Půda myšlena jako pozemky je rovněž spjata s rekreační funkcí půdy resp. pozemků, zejména v městských a předměstských prostředích. Tyto prostory významně zvyšují kvalitu života tím, že nabízí prostory pro volný čas, cvičení a relaxaci. Zelené prostory, parky a zahrady nejenže slouží jako plíce měst, ale také jako místa pro sociální interakci a spojení s přírodou, přispívají k mentálnímu a fyzickému blahu obyvatel těchto oblastí i návštěvníků. Podpora vývoje a údržby těchto rekreačních prostor je klíčová ve strategiích městského plánování a rozvoje, neboť zajišťuje přístup k přírodním oblastem pro všechny obyvatele města a podporuje sociální soudržnost komunity a pocit správné péče o životní prostředí. Jak svět čelí výzvám změny klimatu, stává se role půdy ve strategiích adaptace na klimatické změny stále významnější. Schopnost půdy ukládat vodu a uhlík, regulovat teplotu a podporovat rozmanité ekosystémy ji činí klíčovou složkou při zmírňování dopadů klimatické změny. Zlepšení zdraví půdy prostřednictvím projektů obnovy, udržitelných zemědělských praktik a ochrany přírodních ekosystémů může posílit odolnost krajiny vůči nepříznivým klimatickým efektům, zajistit zdroje potravin a vody a udržet

biodiverzitu pro budoucí generace. Porozumění a ocenění multifunkční role půdy je zásadní pro formulaci politik a praktik směřujících k dosažení udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí, Monetizace těchto funkcí pomáhá přesněji vyjádřit jejich ekonomickou hodnotu, což může vést k lepšímu hospodaření s přírodními zdroji a rozhodování v ekonomických procesech a návrzích příslušných politik. Zohlednění ekonomické hodnoty ekosystémových služeb spojených s půdou může vést k efektivnějšímu využívání zdrojů, snížení environmentálních nákladů a zvýšení ekonomické produkce půdy.

2. Cíle práce

2.1. Hlavní cíl práce

Hlavním cílem disertační práce je komplexně zhodnotit mimoprodukční funkce půdy s důrazem na jejich ekologický, sociální a ekonomický význam v kontextu udržitelného rozvoje a managementu krajiny. Práce se zaměří na detailní analýzu a kvantifikaci vybraných mimoprodukčních funkcí půdy, jako jsou vodní retence, ukládání uhlíku, podpora biodiverzity, kontrola eroze a kulturní a estetické hodnoty v podobě rekreační hodnoty, a to ve vybrané oblasti České republiky, která bude reprezentovat jeden z mnoha typů krajinných struktur a ekosystémů České republiky. Výzkum bude založen na kombinaci analýzy prostorových dat a kvantifikaci ekosystémových funkcí, s cílem poskytnout vědecky podložené doporučení pro politiku a praxi v oblasti udržitelného využívání půdy. Přestože si autor uvědomuje existenci a důležitost ostatních mimoprodukčních funkcí půdy, budou v práci hodnoceny primárně mimoprodukční funkce půdy důležité z ekologického hlediska (sekvestrace uhlíku, podpora biodiverzity, retence vody a zamezení eroze). Další funkcí, která bude detailně hodnocena je rekreační funkce.

Tato práce rovněž zdůrazní význam interdisciplinárního přístupu, který propojuje poznatky z ekologie, sociologie a ekonomie, aby poskytl ucelenější pohled na hodnotu půdy pro lidské společnosti. Budou zkoumány různé metody hodnocení ceny půdy, včetně netržních metod jako je kontingentní ocenění, které umožňuje získat kvantitativní odhad hodnoty ekosystémových služeb půdy, které nejsou běžně oceňovány na trhu.

V rámci práce bude na základě doporučení komise identifikovaná oblast pro kvantitativní vyjádření mimoprodukčních funkcí, na níž bude prakticky provedena jejich analýza. Výsledky této práce budou mít význam pro formulaci politik a strategií v oblasti ochrany půdy a managementu půdních zdrojů nejen na zájmovém území městské části, které bylo vybráno na základě dlouhodobého působení autora práce v oblasti územního rozvoje a ochrany životního prostředí. Toto území reprezentuje největší přírodní zelenou plochu na území Hlavního města Prahy a současně je území charakterizované pestrým využitím území. Toto území je rovněž zajímavé, že je obklopené panelovým sídlištěm a rodinnými domy. Výsledky zkoumání poskytnou důležité informace nejen pro vedení vybrané oblasti ale i pro komunitu a spolky působící v dané oblasti. Výsledky výzkumu budou poskytnuty Institutu plánování a rozvoje a odboru územního rozvoje městské části a zastupitelům. Tímto bude

podpořeno udržitelné hospodaření s půdou a integrace ochrany půdy v širších strategiích udržitelného rozvoje. V rámci práce bude odpovězeno na následující výzkumné otázky. Jaké jsou specifické kvantitativní hodnoty vybraných mimoprodukčních funkcí půdy (vodní retence, ukládání uhlíku, podpora biodiverzity, kontrola eroze a rekreační hodnota) v charakteristické oblasti České republiky a jak tyto funkce přispívají k ekologické stabilitě, sociálnímu blahobytu a ekonomické udržitelnosti regionu? Lze na základě zjištěných kvantitativních hodnot mimoprodukčních funkcí půdy a aplikovaných hodnotících metod vytvořit efektivní doporučení pro politiku a praxi v oblasti ochrany půdy a managementu půdních zdrojů, aby bylo dosaženo udržitelného rozvoje a zachování ekosystémových služeb? Jaké jsou potenciální dopady změn využití půdy na hodnoty a ochranu vybraných mimoprodukčních funkcí půdy v zájmové oblasti a jaké strategie a opatření by měly být zavedeny, aby se minimalizovaly negativní dopady a podpořila udržitelnost a resilience ekosystémů?

2.2. Vedlejší cíle práce

2.2.1 Vývoj empirické strategie

Přehled mimoprodukčních funkcí

Poskytne se ucelený přehled charakteristik, funkcí a systému bonity půdy v prostředí České republiky s ohledem na mimoprodukční funkce. Tento přehled bude zahrnovat detailní popis jednotlivých funkcí a jejich význam pro životní prostředí a společnost.

Vývoj empirické strategie pro výpočet mimoprodukčních funkcí půdy

Vyvine se a validuje se empirická strategie, která umožní integrované hodnocení a monetizaci mimoprodukčních funkcí půdy. Tato strategie bude zahrnovat integraci několika modelů, a to modelů sekvestrace uhlíku, půdní eroze, retence vody, biodiverzity a rekreační funkce, která bude zahrnovat jejich vzájemné interakce a dopady na společnost a životní prostředí. Závěrem se identifikují proměnné, které mohou společně ovlivňovat hodnotu těchto funkcí.

Model sekvestrace uhlíku

Provede se aplikace modelu sekvestrace uhlíku včetně jeho monetizace. Tento model umožní kvantifikaci a vyhodnocení schopnosti půdy zachycovat a ukládat uhlík, což má klíčový význam pro zmírnění klimatických změn.

Model půdní eroze

Provede se aplikace modelu půdní eroze včetně jeho monetizace. Tento model umožní analýzu a kvantifikaci rizik spojených s erozí půdy a stanovení opatření k ochraně půdy před erozními procesy.

Model retence vody

Provede se aplikace modelu retence vody včetně jeho monetizace. Tento model umožní analýzu schopnosti půdy zadržovat vodu s ohledem na hydrologické cykly a charakteristiku půdy.

Model biodiverzity

Provede se aplikace modelu biodiverzity včetně jeho monetizace. Tento model umožní zhodnocení biologické rozmanitosti prostřednictvím stanovení indexu biodiverzity a jeho ekonomického významu.

2.2.2. Aplikace teoretického rámce do vybrané lokality ČR

V rámci této části bude provedena aplikace vyvinutého teoretického rámce na konkrétní lokalitu v České republice. Tato lokalita bude vybrána na základě komplexní analýzy zahrnující mimoprodukční funkce půdy.

Výběr lokality

V rámci tohoto dílčího cíle bude proveden výběr konkrétní lokality, kde bude aplikována vyvinutá empirická strategie. Tento výběr bude založen na komplexní analýze geografických, ekologických a socioekonomických faktorů. Bude zvážena geografická poloha, typy využití půdy, její biodiverzita, existence hrozeb či tlaků na půdu a zároveň i dostupnost relevantních dat.

Výpočet hodnoty mimoprodukčních funkcí

Bude proveden výpočet hodnoty mimoprodukčních funkcí půdy pro konkrétně vybranou lokalitu. To zahrnuje sběr a analýzu dat o ekosystémových službách, uhlíkových zásobách, biodiverzitě a dalších relevantních faktorech. Na základě těchto dat budou provedeny výpočty, které umožní kvantifikovat hodnotu těchto funkcí.

Porovnání s běžně udávanými hodnotami půdy

Budou porovnány zjištěné hodnoty mimoprodukčních funkcí půdy s běžně udávanými hodnotami půdy, jako jsou BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka), tržní ceny nebo úřední ceny půdy ve vybrané lokalitě. Toto porovnání nám umožní posoudit relativní

ekonomickou hodnotu ekosystémových služeb a uhlíkových zásob v porovnání s tradičními ukazateli cen půdy.

Identifikace a zhodnocení role stakeholderů

Bude provedena identifikace hlavních stakeholderů ve vybrané lokalitě a zhodnocení jejich stanovisek pomocí strukturovaných interview. Cílem je porozumět jejich zájmům, postojům a očekáváním vůči zachování a zlepšení mimoprodukčních funkcí půdy. Tato analýza nám umožní lépe porozumět sociálním aspektům problematiky a identifikovat možnosti spolupráce a řešení případných konfliktů mezi stakeholdery.

Navržení opatření pro zachování a zlepšení mimoprodukčních funkcí půdy

Na základě výsledků analýz a zhodnocení budou navržena konkrétní opatření pro zachování a zlepšení mimoprodukčních funkcí půdy ve vybrané lokalitě. Tato opatření budou zahrnovat jak praktické managementové kroky, tak i doporučení pro politiku a řízení, která budou zohledňovat ekologické, ekonomické a sociální faktory.

3. Metodika

3.1. Kvantifikace mimoprodukčních funkcí

Tato fáze vyžaduje využití kvantitativních metod a nástrojů pro měření a hodnocení vybraných aspektů, jako jsou úroveň biodiverzity, množství zachyceného uhlíku, hydrologická bilance či metoda pro výpočet eroze půdy. Rekreační funkci lze hodnotit pomocí metod hodnocení netržních služeb a statků.

3.1.1. Sekvestrace uhlíku

Pro sekvestraci uhlíku budou extrahovány postupy a metody z komplexnějších modelů jako je např. model CENTURY atp. Model CENTURY je klíčovým nástrojem pro studium a modelování dlouhodobé sekvestrace uhlíku v půdních ekosystémech.¹ Model CENTURY rozděluje organický uhlík v půdě do různých skupin s různou rychlostí rozkladu. Toto rozdělení umožňuje simulovat dlouhodobé změny v obsahu uhlíku v půdě. Model bere v úvahu vstupy uhlíku (např. z rostlinných zbytků) a výstupy (např. eroze, sklizeň). Model CENTURY může simulovat dopad různých způsobů obhospodařování půdy a změn využití půdy na sekvestraci uhlíku. Například přechod z konvenčního zemědělství na bezorebné systémy může být modelován a jeho dopad na sekvestraci uhlíku hodnocen. Model CENTURY je založen na sérii diferenciálních a algebraických rovnic, které popisují procesy jako jsou fotosyntéza, respirace, mineralizace a humifikace. Tyto procesy jsou modelovány v závislosti na různých faktorech, včetně klimatu, typu vegetace a půdních vlastností. Model CENTURY a jemu podobné modely využívají rovnice pro rozklad organického materiálu, které zohledňují vliv teploty, vlhkosti a kvality organického materiálu. Například sekvestrace uhlíku může být vyjádřena jako sekvestrace v jednotlivých vrstvách půdy a jejího využití

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_i \cdot C_{ij} \cdot k_0 \cdot f(T) \cdot f(W) \cdot f(B) \quad (1)$$

A_i ... rozloha oblasti i ,

C_{ij} ... hmotnost sekvestrovaného uhlíku pro oblast i a vrstvu j ,

k_0 ... základní rychlost akumulace a rozkladu

$f(T), f(W), f(B)$... funkce ovlivněné teplotou, vlhkostí specifické pro i a j a kvalitou biomasy.

Jedním z klíčových aspektů modelu CENTURY je jeho schopnost odhadnout, jak dlouho uhlík zůstane v půdě v závislosti na různých faktorech, jako je teplota, vlhkost a typ vegetace. Tato schopnost je nezbytná pro vývoj efektivních strategií pro sekvestraci uhlíku, neboť

¹ SMITH, Pete, et al. Modeling Soil Carbon Dynamics with the CENTURY Model. *Environmental Research Letters*, 2020. 15(3), 034012.

umožňuje vědcům a politikům lépe rozumět dynamice uhlíku v půdních systémech.² Model CENTURY rovněž umožňuje simulaci vlivu změn využití půdy a zemědělských technik na půdní uhlík. Tato funkcionalita je kritická pro porozumění tomu, jak různé zemědělské praxe jako je obhospodařování půdy, ovlivňují schopnost půdy sekvestrovat uhlík. Studie ukázaly, že změny v zemědělských technikách mohou mít významný dopad na množství uhlíku uloženého v půdě.³ Model CENTURY poskytuje cenné informace pro rozhodování o lesnických a zemědělských politikách. Umožňuje odhadnout dlouhodobý dopad různých zásahů na sekvestraci uhlíku a pomáhá při vývoji udržitelných zemědělských praxí, které mohou přispět k boji proti klimatickým změnám.⁴ V těchto modelech je sekvestrace uhlíku v krajině ovlivněna čtyřmi hlavními zdroji uhlíku: nadzemní vegetací, podzemní vegetací, organickým materiálem v půdě a mrtvou vegetací. Použitý model integruje data o uhlíku z těchto zdrojů v souladu s uživatelem poskytnutými mapami využití půdy a klasifikacemi. Nadzemní vegetace zahrnuje veškerou živou rostlinnou hmotu nad povrchem země (jako jsou kmeny, větve a listy). Podzemní vegetace zahrnuje živé kořeny nadzemních rostlin. Organická hmota v půdě, která tvoří největší suchozemskou rezervu uhlíku, je reprezentována organickými složkami půdy. Mrtvá vegetace zahrnuje jak hrabanku, tak odumřelé stojící či ležící dřevo. Model využívá mapy využití půdy a údaje o uhlíku v těchto rezervoárech k odhadu celkového množství uhlíku sekvestrovaného v krajině v průběhu času a jeho tržní hodnoty. Mezi jeho omezení patří zjednodušený pohled na uhlíkový cyklus, předpoklad konstantní změny sekvestrace uhlíku a potenciální nepřesnosti ve výpočtu diskontních sazeb. Modely sekvestrace uhlíku přiřazují hustotu ukládání uhlíku do rastrových map využití a krytu půdy⁵, které mohou zahrnovat kategorie jako lesy, pastviny nebo zemědělská půda. Model poté vyprodukuje souhrnné výstupy v podobě rastrových map ukládání uhlíku, sekvestrace a hodnoty, stejně jako agregované celkové hodnoty. Model pro každý typ využití a krytu půdy vyžaduje odhad množství uhlíku v jednom ze čtyř základních rezervoárů, vyjádřený v metrických tunách na hektar (t/ha). Pokud existují data pro více než jeden rezervoár, bude výsledek modelu kompletnější. Model jednoduše aplikuje tyto odhady

² JONES, Roger N. An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Natural hazards*, 2001, 23.2: 197-230.

³ WILLIAMS, J, et al. Impact of Agricultural Practices on Soil Carbon Sequestration: A CENTURY Model Approach. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2022. 77(2), 213-224.

⁴ NGUYEN, T., et al. Sustainable Farming Practices and Their Impact on Carbon Sequestration: Insights from the CENTURY Model. *Sustainable Agriculture Research*, 12(1), 2023.156-168.

⁵ WANG, Yanzhao, et al. A review of regional and Global scale Land Use/Land Cover (LULC) mapping products generated from satellite remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2023, 206: 311-334.

na mapu využití a krytu půdy k vytvoření mapy ukládání uhlíku. Pokud je k dispozici současná i budoucí mapa využití a pokryvu půdy, lze vypočítat čistou změnu ukládání uhlíku v čase (sekvestrace a ztráty). Pro odhad této změny v sekvestraci uhlíku v čase se model jednoduše aplikuje na současnou krajinu a projektovanou budoucí krajinu a rozdíl v ukládání se spočítá pixel po pixelu. Pokud je k dispozici více budoucích scénářů, lze porovnat rozdíly mezi současnou krajinou a každou alternativní budoucí krajinou.

3.1.2. Retence vody

Kapacita zadržování vody je klíčovým parametrem ve fyzice půdy, který ovlivňuje produktivitu zemědělství, udržitelnost životního prostředí a hydrologické modelování. Křivka zadržování vody nebo charakteristická křivka půdní vlhkosti hraje klíčovou roli v pochopení toho, jak je voda zadržována v půdní matici a jaká energie je potřebná k její extrakci. Tato křivka je typicky modelována pomocí van Genuchtenovy rovnice ⁶, robustního matematického vzorce, který popisuje vztah mezi obsahem vody v půdě (θ) a potenciálem vody v půdě (ψ).

Van Genuchtenova rovnice je dána vztahem:

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\psi|)^n]^{1-1/n}} \quad (2)$$

θ_r ... obsah zbytkové vody,

θ_s ... obsah nasycené vody,

α, n ... empirické parametry, které se liší podle typu půdy,

$|\psi|$... absolutní hodnota půdního vodního potenciálu.

Tato rovnice pomáhá předpovídat, kolik vody může půda zadržet při různých úrovních napětí, což je zásadní pro plánování zavlažování a řízení vodních zdrojů.

3.1.3. Úroveň biodiverzity

Indexy biodiverzity poskytují zásadní informace o bohatosti a vyrovnanosti druhů v daném ekosystému. Tyto indexy jsou klíčové pro pochopení zdraví a udržitelnosti ekosystémů. Zde nastíníme metodiky pro výpočet některých nejběžnějších indexů biologické rozmanitosti, včetně jejich příslušných rovnic.

Druhovú bohatost (S)

Druhovú bohatost je nejjednodušším měřítkem biologické rozmanitosti, která představuje celkový počet různých druhů v dané oblasti.

⁶ VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America journal*, 1980, 44.5: 892-898.

$$S=c.A^z \quad (3)$$

počítaná jako $\log S = \log c + z \log A$. Předpokladem je, že zvětšíme-li plochu o dvakrát, počet druhů se zvýší 2^z krát. Parametry odhadujeme regresí, z bývá mezi 0,2 a 0,35 a S značí celkový počet druhů.

Shannon-Weinerův index (H'):

Tento index zohledňuje jak početnost, tak i rovnoměrnost přítomných druhů. Měří nejistotu v predikci druhu náhodně vybraného jedince.

$$(H') = -\sum (P_i \cdot \ln(P_i)) \quad (4)$$

H' ... Shannon-Wienerův index diverzity,

Σ ... součet za všechny druhy,

P_i ... podíl jedinců patřících k i -tému druhu vzhledem k celkovému počtu jedinců ve společenství.

Výsledný Shannon-Wienerův index diverzity (H') poskytuje míru biologické rozmanitosti, která bere v úvahu jak počet druhů, tak jejich rovnoměrnost v rámci komunity. Vyšší hodnota H' znamená vyšší biologickou rozmanitost.

Následně bude vypočítán P_i pro každý druh vydělením počtu jedinců v daném druhu (N_i) celkovým počtem jedinců (N).

$$P_i = N_i / N \quad (5)$$

Simpsonův index diverzity (D)

Tento index měří pravděpodobnost, že dva jedinci náhodně vybraní ze vzorku budou patřit ke stejnému druhu.

$$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (6)$$

S ... počet taxonů,

n_i ... počet jedinců i -tého taxonu

N ... celkový počet jedinců.

Margalefův index diverzity (D_{Mg})

Margalefův index se používá k měření druhové bohatosti, která zohledňuje počet druhů v poměru k počtu jedinců.

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N} \quad (7)$$

S ... počet druhů

N ... celkový počet jedinců.

Pielouův index rovnosti (J')

Tento index měří rovnoměrně, s jakou jsou jedinci rozmístěni mezi přítomnými druhy. Může vyjadřovat poměr aktuální diverzity k největší možné za daného počtu druhů

$$E_p = H'/H'_{max} = H'/\ln S \quad (8)$$

' H' ' ... Shannon-Weinerův index

' H_{max}' ' ... maximální možná hodnota ' H' ', obvykle $\ln(S)$.

Berger-Parkerův index dominance (D_{BP})

Tento index identifikuje míru, do jaké jeden druh dominuje společenstvu.

$$D_{BP} = N_{max}/N \quad (9)$$

N_{max} ... počet jedinců v nejhojnějším druhu

N ... celkový počet jedinců ve vzorku.

Každý z těchto indexů má své aplikace a omezení a výběr indexu často závisí na konkrétních cílech studie biodiverzity. Výpočet indexu biologické rozmanitosti je relativně složitý úkol, který vyžaduje údaje o druhové bohatosti, rovnoměrnosti a přítomnosti či nepřítomnosti různých druhů.

V rámci zvolené lokality bude provedena identifikace a katalogizace fauny a následně kvalitativní hodnocení ekologické role druhů. Nejprve je nutné provést důkladný průzkum pozemku, aby byly identifikovány všechny druhy fauny přítomné na pozemku. To zahrnuje sběr dat o druzích, jejich početnosti, rozmístění a ekologických nárocích. Každý druh přispívá k ekosystémovým službám pozemku různým způsobem. Tyto služby mohou zahrnovat opylování, kontrolu škůdců, rozklad a recyklaci organických materiálů a podporu vodních a půdních systémů.

3.1.4. Eroze půdy

Pro erozi půdy byla vybrána metoda RUSLE, čili Revised Universal Soil Loss Equation. RUSLE je empiricky odvozený vzorec používaný k odhadu dlouhodobé průměrné roční míry eroze půdy dešťovými srážkami a s tím spojeným suchozemským prouděním.

$$A=R.K.L_s.C.P \quad (10)$$

A ... vypočtená prostorová průměrná ztráta půdy a výnos sedimentu na jednotku plochy, obvykle v tunách na hektar za rok.

R ... srážko-odtokový součinitel erozivity, představující účinek dopadu dešťových kapek a množství a rychlost odtoku, který pravděpodobně souvisí s deštěm.

K ... faktor půdny erodovatelnosti, kvantifikující náchylnost půdních částic k odlučování a transportu dešťovými srážkami a odtokem.

L_s ... délka svahu a faktor strmosti, představující vliv topografie na erozi. C je faktor pokryvu, který ukazuje vliv osevních a řídicích postupů na míru eroze půdy. P je faktor podpůrné praxe, který odráží dopad postupů, jako je konturování, ořezávání pásů nebo terasování, aby se snížila rychlost odtoku vody a tím i eroze půdy.

Srážko-odtokový erozivní faktor (R)

Tento faktor je vypočítán na základě intenzity a trvání srážek. Srážky s vyšší intenzitou mají tendenci mít vyšší erozivitu.

$$R = \sum(E \times I_{30}) \quad (11)$$

E ... celková kinetická energie dešťových srážek

$I_{30\{30\}}$... maximální 30minutová intenzita.

Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Je určen na základě vlastností půdy, jako je textura, struktura, propustnost a obsah organické hmoty.

$$K = f(\textit{textura půdy, organická hmota, struktura, propustnost}) \quad (12)$$

Faktor délky a strmosti svahu (L_s)

Tento faktor se vypočítá pomocí délky svahu (L) a strmosti svahu (S).

$$L_s = (L/22,13)^m \cdot (65,41 \cdot \sin^2 \theta + 4,56 \cdot \sin \theta + 0,065) \quad (13)$$

θ ... úhel sklonu

m ... proměnná závislá na délce sklonu.

Faktor řízení pokryvu (C)

Tento faktor je ovlivněn typem krajinného pokryvu a zavedenými postupy hospodaření. Pohybuje se od 0 (žádná eroze) do 1 (holá půda).

$$C = f(\textit{typ plodiny, postupy hospodaření}) \quad (14)$$

Faktor podpůrné praxe (P)

Tento faktor zohledňuje postupy, které snižují potenciál eroze, jako je obrysové zemědělství nebo terasování.

$$P = f(\textit{postupy podpory}) \quad (15)$$

Jako podpůrné prostředky budou použity odborné zdroje a aplikace z VÚMOP (Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy).⁷

⁷ VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11].

3.2. Půdní mapování

Postup pro hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy, resp. jejich ekologického, sociálního a ekonomického významu začne komplexním půdním mapováním, které zahrnuje identifikaci, popis a vytyčení různých typů půd na mapě na základě nepřímých inferencí z dostupných zdrojů, jako jsou letecké snímky. Pro toto mapování jsou použity nástroje GIS. Toto mapování bude zaměřeno na zobrazení klíčových vlastností a funkcí půdy v kontextu vybrané oblasti, což poskytne základní rámec pro další analýzu. Specificky pro potřeby této disertační práce byl zvolen ArcGIS, který je jedním z předních nástrojů v oblasti geografických informačních systémů. ArcGIS je komplexní a výkonný geografický informační systém (GIS), který byl vyvinut společností Esri (Environmental Systems Research Institute) se sídlem v Redlands, Kalifornie. Jeho historie sahá do 80. let 20. století, kdy byla poprvé uvedena jeho předchůdkyně, softwarová aplikace ARC/INFO. Tento průkopnický GIS software byl průlomovým řešením, které poskytovalo uživatelům nástroje pro správu, analýzu a vizualizaci prostorových dat, a rychle se stalo základem pro geoprostorové analýzy v různých oblastech, od urbanismu a plánování po přírodní vědy a ochranu životního prostředí. V průběhu let se ArcGIS vyvíjel a rozšiřoval své funkčnosti, přičemž dnes nabízí širokou škálu aplikací a služeb, které jsou přizpůsobené potřebám různorodé uživatelské základny (od desktopových programů, jako je ArcMap a novější ArcGIS Pro, přes webové až po mobilní aplikace). ArcGIS poskytuje komplexní sadu nástrojů pro sběr, analýzu, správu a vizualizaci prostorových dat. Software nabízí pokročilé možnosti pro vizualizaci dat, včetně tvorby tematických map, 3D modelů a interaktivních webových aplikací. Zároveň ArcGIS poskytuje nástroje pro vytváření geoprostorových modelů, které umožňují analyzovat vztahy mezi různými prostorovými a neprostorovými daty. Data lze i spravovat, jelikož ArcGIS nabízí rozsáhlé možnosti pro správu a údržbu geodat, včetně podpory pro cloudové služby a databázové systémy.

Práci, která bude provedena v rámci ArcGIS lze rozložit do několika etap. Nejdříve je nutné data sesbírat. Data potřebná pro analýzu ceny půdy budou zahrnovat geografická data, demografické informace, údaje o infrastruktuře a další relevantní informace. Následně je nutné data předzpracovat. Data budou v ArcGIS předzpracována, což zahrnuje jejich čištění, integraci a transformaci pro další analýzu. Poté budou data analyzována a to tak, že se využije široké škály analytických nástrojů ArcGIS pro zkoumání vzájemných vztahů mezi daty a pro identifikaci faktorů ovlivňujících a determinujících cenu půdy. V posledním kroku

bude provedena vizualizace a interpretace, přičemž výsledky analýzy budou vizualizovány pomocí map a grafů, které umožní snadnější interpretaci zjištěných informací. Jednotlivé fáze práce v programu ArcGIS jsou shrnuty v tab. č. 1.

Tabulka 1. Metodika práce v ArcGIS

Fáze	Popis činnosti	Výstupy
Sběr dat	Shromažďování geografických dat, demografických informací, údajů o infrastruktuře a dalších relevantních dat.	Databáze shromážděných dat
Preprocessing dat	Čištění, integrace a transformace shromážděných dat pro zajištění jejich kompatibility a připravenosti pro analýzu.	Předzpracovaná data připravená pro analýzu
Analýza dat	Použití analytických nástrojů ArcGIS pro identifikaci vzájemných vztahů mezi daty a faktorů ovlivňujících cenu půdy.	Zjištěné vzory a faktory ovlivňující cenu půdy
Vizualizace a interpretace	Vytváření map, grafů a dalších vizualizačních prvků pro snadnou interpretaci a prezentaci zjištěných informací.	Mapy a grafy pro prezentaci výsledků

Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

3.3. Ocenění mimoprodukčních funkcí půdy

Poté co budou vypočteny, resp. odhadnuty bio-fyzikální hodnoty mimoprodukčních funkcí půdy je nutné stanovit jejich monetární hodnotu.

3.3.1. Monetizace mimoprodukčních funkcí půdy – sekvestrace uhlíku

V rámci analýzy budou použity pro cenu karbonu emisní povolenky. Emisní povolenky jsou klíčové pro stanovení cenových signálů v oblasti emisí uhlíku, což má přímý dopad na ekonomické hodnocení udržitelných zemědělských ale i lesnických praxí, které přispívají k sekvestraci uhlíku. Vyšší ceny povolenek motivují k investicím do technologií a metod, které snižují emise nebo zvyšují sekvestraci uhlíku, což zahrnuje i sekvestraci uhlíku v půdě.

Základní statistika

Základní statistické metody poskytují přehled o distribuci cen emisních povolenek. Pro analýzu budeme využívat následující statistické charakteristiky:

Průměrná cena

$$\text{Průměrná cena} = \frac{\sum \text{ceny}}{\text{počet pozorování}} \quad (16)$$

Souhrn ceny představuje součet všech pozorovaných cen emisních povolenek a počet pozorování je celkový počet cen v datové sadě.

Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}} \quad (17)$$

Tato statistika odhaluje rozptyl cen okolo jejich průměrné hodnoty, což nám umožňuje posoudit volatilitu trhu s emisními povolenkami.

Minimální a maximální cena

Identifikace extrémních hodnot cen pomáhá pochopit rozsah, ve kterém se ceny emisních povolenek mohou pohybovat.

Kvantily (Medián, 25% kvantil, 75% kvantil)

Kvantilová analýza poskytuje další pohled na distribuci cen. Medián (50% kvantil) ukazuje střední hodnotu distribuce, zatímco 25% a 75% kvantily ukazují na nižší a vyšší kvartil cenové distribuce.

Analýza trendu a volatility

Klouzavý průměr či vážený klouzavý průměr (WMA)

Klouzavý průměr či vážený klouzavý průměr je technika používaná k vyhlazení krátkodobých fluktuací a odhalení dlouhodobých trendů v datech, přičemž vážený klouzavý průměr přiřazuje váhy dle časového odstupu od času pozorování s tím, že nedávná pozorování mají větší váhu.

$$WMA = \frac{1}{n} \sum_{T-n}^T x_n \cdot P_n \quad (18)$$

$$x_n = T - (T - n)$$

(19)

P ... cena emisních povolenek v čase n za n předchozích období,

T ... okamžik výpočtu

x_n ... označuje váhu jednotlivých hodnot.

Rovněž lze pro výpočet volatility použít exponenciální vážený klouzavý průměr EWMA.

$$\sigma_t^2 = \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda) P_t^2 \quad (20)$$

σ_t^2 ... odhadovaná volatilita v čase t ,

λ ... vyhlazovací faktor (obvykle se pohybuje mezi 0,94 a 0,97 pro finanční aplikace)

P_t ... denní změny cen v čase t .

Test stacionarity

Aby bylo možné řádně analyzovat časovou řadu emisních povolenek, je nutné verifikovat, zdali je časová řada stacionární.

Dickey-Fullerův test

Dickey-Fullerův test se používá k ověření stacionarity časové řady, což je předpoklad pro mnoho modelů časových řad. Rovnice pro Dickey-Fullerovu (DF) testovací statistiku je definována následovně:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (21)$$

y_t ... hodnota časové řady v čase t ,

Δ ... první diferenci řady,

α ... konstanta,

β ... koeficient trendu,

γ ... koeficient autoregrese prvního řádu,

$\delta_1, \dots, \delta_{p-1}$... koeficienty autoregrese diferencí,

ε_t ... bílý šum.

Interpretace této rovnice je následující. Konstanta α je hodnota, ke které časová řada konverguje, pokud je řada stacionární (tj. hypotéza nulové kořenové jednotky), β je koeficient trendu, který vyjadřuje lineární změnu v čase, γ je koeficient autoregrese, který měří, jakým způsobem předchozí hodnota řady ovlivňuje současnou hodnotu a $\delta_1, \dots, \delta_{p-1}$ jsou koeficienty autoregrese diferencí, které měří, jak současné změny v hodnotě řady jsou ovlivněny minulými změnami.

DF testování se používá k testování hypotézy o přítomnosti jednotkového kořene v časové řadě. Pokud je odhadnutý koeficient γ statisticky významný a jeho hodnota je blízká k jedné, znamená to, že časová řada má jednotkový kořen a je nestacionární. Naopak, pokud je koeficient γ nulový nebo blízký k nule, můžeme hypotézu o stacionaritě řady přijmout.

Regresní analýza se zpožděnými hodnotami

Regresní analýza se zpožděnými hodnotami (lagged regression) zkoumá vztah mezi současnými cenami a cenami v minulosti, což může pomoci předpovídat budoucí ceny na základě historických dat.

Rovnice regrese se zpožděnými hodnotami vypadá následovně:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_k X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (22)$$

Y_t ... pozorovaná proměnná v čase t ,

$X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k}$... opožděné hodnoty předchozích časových období,

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$... koeficienty regrese

ε_t ... náhodná chyba s nulovou střední hodnotou a konstantní variancí.

Metoda ARIMA

Metoda ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) je model používaný pro analýzu a předpovídání časových řad. Model kombinuje tři hlavní aspekty: autoregresi (AR), diferenciaci (I) pro dosažení stacionarity dat a klouzavé průměry (MA). Model je reprezentován rovnicí ARIMA(p, d, q), kde "p" je počet autoregresních termínů, "d" úroveň diferenciaci nutnou pro stacionaritu, a "q" počet termínů klouzavých průměrů. Pro určení parametrů "p", "d" a "q" v modelu ARIMA je nezbytné provést analýzu časové řady. Parametr "p" lze určit pomocí autokorelační funkce (ACF), parameter "d" je stupeň diferenciaci potřebný k dosažení stacionarity, který lze identifikovat vizuálně nebo testem stacionarity, jako je Dickey-Fullerův test a parameter "q" je možné odvodit z částečné autokorelační funkce (PACF). ARIMA model může být definován následovně:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (23)$$

Y_t ... pozorovaná hodnota v čase t ,

c ... konstanta,

ϕ_1, \dots, ϕ_p ... autoregresní koeficienty,

$\theta_1, \dots, \theta_q$... koeficienty pohyblivého průměru

ε_t ... bílý šum s nulovou střední hodnotou a konstantní variancí.

Volatilita

Pro porozumění cen emisních povolenek je nutné rovněž studovat volatilitu časové řady. Volatilita cen emisních povolenek může mít významný vliv nejen na strategie obchodování či řízení portfolio investorů, ale přes cenu sekvestrovaného uhlíku i na hodnotu jedné z mimoprodukčních funkcí půdy. Jedním z přístupů k modelování a předpovídání volatility je využití ARCH modelu.

ARCH model

ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) modely jsou ekonometrické modely navržené k modelování volatility finančních časových řad. Tento model předpokládá, že

volatilita v daném čase je podmíněna minulými událostmi, což je v souladu s empirickými pozorováními finančních trhů, kde volatilita často vykazuje heteroskedasticitu a clustering (seskupení) v čase. Při použití ARCH modelu k analýze volatilita cen emisních povolenek je důležité vhodně vybrat a odhadnout parametry modelu, včetně autoregresního řádu a dalších charakteristik. Výsledný model může být použit k odhadu budoucí volatilita, k identifikaci období zvýšené nebo snížené volatilita, což je užitečné pro analýzu a předpovídání volatilita cen emisních povolenek. Rovnice modelu ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) je definována níže:

$$2\sigma_{t2} = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q} \quad (24)$$

$2\sigma_{t2}$... podmíněná variance (volatilita) v čase t ,

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_q$... parametry modelu,

α_0 ... tzv. konstantní složka,

$\alpha_1, \dots, \alpha_q$... koeficienty autoregresního procesu, které popisují jak minulá kvadrátová chyba ovlivňuje současnou podmíněnou varianci

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$... reziduální chyby v předchozích časech $t-1, t-2, \dots, t-q$.

Z uvedené rovnice vyplývá, že model ARCH předpokládá, že volatilita v čase t je lineárně závislá na kvadrátu předchozích reziduálních chyb.

Diskontování budoucí hodnoty

Diskontování budoucích hodnot je klíčovým konceptem v oblasti financí a investic, který umožňuje porovnat hodnoty peněz v různých obdobích. Tento koncept vychází z předpokladu, že peníze mají v čase rozdílnou hodnotu a že časová hodnota peněz se může měnit v závislosti na různých faktorech (rizicích), jako jsou úrokové sazby, inflace atp. Podstatou diskontování je aplikace diskontní míry na budoucí peněžní toky, aby byly vyjádřeny v jejich ekvivalentní hodnotě v současném case, tj. byla nalezena jejich čistá současná hodnota (ČSH či NPV). NPV je metoda v hodnocení investičních příležitostí a projektů a vyjadřuje rozdíl mezi současnou hodnotou příjmů a výdajů v průběhu času. Vzorec pro NPV je následující:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (25)$$

NPV ... čistá současná hodnota,

CF_t ... hotovostní toky v jednotlivých obdobích t ,

r ... diskontní sazba,

n ... doba trvání projektu.

Klíčovým determinantem současné hodnoty je tzv. diskontní sazba. Tuto sazbu lze určit pomocí různých modelů. Jedním z nich je model CAPM. Model CAPM (Capital Asset

Pricing Model) popisuje vztah mezi rizikem a výnosem finančních aktiv. Tento model lze vyjádřit následovně:

$$r_i = r_f + \beta_i(E(R_m) - r_f) \quad (26)$$

r_i ... požadovaný výnos aktiva i (diskontní sazba),

r_f ... bezriziková míra návratnosti,

$E(R_m)$... očekávaný výnos trhu,

β_i ... systematické riziko aktiva i .

Tímto způsobem modelujeme diskontní sazbu r jako bezrizikovou míru r_f plus prémii za riziko, která je vázána na beta β_i .

3.3.2. Metody monetizace zadržené vody

Pro hodnocení ceny zadržené vody lze použít funkce nákladově-výnosové analýzy, popřípadě metodu náhradních nákladů. Nákladově-výnosová analýza představuje porovnání nákladů na opatření pro zadržení vody v půdě (např. budování teras, zavádění zadržovacích prvků) s výnosy zvýšené produkce nebo snížených nákladů na ochranu před suchem. Pro výpočet celkových nákladů je nutné sečíst přímé náklady jako jsou materiály a vybavení, které lze definovat jako náklady na materiály potřebné pro budování teras a zadržovacích prvků, včetně nákladů na dopravu. Dále sem patří náklady práce, tj. náklady na pracovní sílu potřebnou pro výstavbu a instalaci a náklady spojené s pronájmem nebo použitím těžké techniky pro terénní úpravy. Mezi nepřímé náklady lze zařadit projektování a plánování, což jsou náklady na odborné služby, jako jsou projektování, inženýrské práce a environmentální posouzení (EIA je-li potřeba). Dále sem patří náklady související se správou projektu, tj. administrativní náklady spojené s řízením projektu. Výpočet nákladů na kubický metr se pak provede jako součet přímých a nepřímých nákladů na projekt dělené odhadovaným množstvím zadržené vody v kubických metrech.

Další možností je metoda náhradních nákladů, kdy je odhad hodnoty vody zadržené v půdě proveden na základě nákladů, které by byly potřebné k dosažení stejného efektu alternativními opatřeními, například umělou závlahou. Výpočet celkových nákladů na zavlažování se provede opět součtem nákladů přímých a nepřímých, kdy přímé náklady sestávají z nákupu vody, energie, údržby a amortizace.

Nákup vody je v podstatě cena za kubický metr vody z veřejného zdroje nebo náklady na čerpání z podzemního nebo povrchového zdroje. Energie zahrnuje náklady na energii potřebnou pro čerpání a distribuci vody. Údržba a opravy sestává z pravidelné údržby a oprav zavlažovacího systému a amortizace jsou odpisy pořizovací ceny zavlažovacího zařízení rozdělené do doby fungování závlahy. Mezi nepřímé náklady patří práce a správa, což jsou

náklady na pracovní sílu pro provoz a údržbu zavlažovacího systému a náklady spojené se správou zavlažovacích operací.

3.3.3. Metoda monetizace erodované půdy

Hodnotu eroze půdy lze spočítat pomocí náhradních nákladů, v tomto případě ohodnocení protierozních opatření, které by sestávaly z přímých nákladů jako je materiál a vybavení, což jsou náklady na materiály potřebné pro opatření proti erozi nebo pro zlepšení struktury půdy. Dále je nutné zahrnout náklady práce, tj. náklady na pracovní sílu potřebnou pro realizaci opatření a samozřejmě i náklady spjaté s technikou, což jsou náklady spojené s použitím těžké techniky pro terénní úpravy. Mezi nepřímé náklady lze zařadit náklady na odborné služby, jako jsou projektování, inženýrské práce a environmentální posouzení a administrativní náklady spojené s řízením projektu. Další možnou metodou je odhad přínosů protierozních opatření, což lze provést pomocné zjištění zvýšení produktivity půdy, kde odhadneme, jak snížení eroze zvýší výnosy zemědělských plodin a tím i příjmy. Zároveň lze zjišťovat snížení nákladů, kdy jsou odhadnuty úspory nákladů z dlouhodobého snížení eroze, jako je například méně potřebných vstupů pro obnovu půdy. Výpočet hodnoty na tunu lze provést jako součet celkových ekonomických přínosů dělené celkovým množstvím zadržené půdy (v tunách). Poslední možností je provést tržní analýzu cen ornice pro danou oblast.

3.3.4. Monetární hodnocení biodiverzity

Pro hodnocení (kvantifikaci hodnoty) biodiverzity lze použít například metodu náhradních nákladů, kdy se odhaduje, jaké by byly náklady na umělé nahrazení ekosystémových služeb poskytovaných faunou, například náklady na opylovače nebo na kontrolu škůdců. Další metodou je zjištění ochoty k platby (WTP), kdy průzkumy nebo analýzy trhu mohou odhadnout, kolik jsou lidé ochotni platit za zachování určitého druhu nebo za přístup k ekosystémovým službám, které tento druh poskytuje. Poslední metodou je metoda nákladů na obnovu, kdy se vypočítávají náklady potřebné k obnově ekosystémů a populací druhů ve vybrané lokalitě, pokud by došlo k jejich ztrátě. To zahrnuje rekonstrukci habitatů, reintrodukcii druhů a dlouhodobou ochranu.

3.3.5. Kontingentní metoda hodnocení

Pro ocenění mimoprodukčních funkcí, a to konkrétně rekreační funkce a hodnoty biodiverzity, bude použita jedna z metod netržního ohodnocení přírodních zdrojů a to kontingentní metoda ohodnocení (CVM). Tato metoda stejně jako hédonická metoda, či metoda vyhnutí se nákladům (cost avoidance), popřípadě metoda odvracejících výdajů

(averted expenditures) slouží pro zjištění hodnoty tržně neocenitelných statků či služeb. Contingent Valuation Method (CVM) je široce uznávaná ekonomická metoda pro odhad hodnoty neobchodovatelných statků a služeb, jako jsou environmentální a veřejné statky. Použití CVM k hodnocení hodnoty vybraných environmentálních statků je podmíněnou identifikací a minimalizací biases (zkreslení) a zahrnutí komplexního přístupu k dotazníkovému šetření.⁸ CVM vychází z předpokladu, že hodnotu statku nebo služby lze odvodit z ochoty lidí platit (WTP) za její zlepšení nebo ochoty přijmout kompenzaci (WTA) za její ztrátu. Tato metoda vyžaduje návrh hypotetického trhu, na kterém respondenti vyjadřují svou ochotu platit za určitou environmentální službu nebo statky. Při použití CVM je důležité identifikovat a minimalizovat možná zkreslení (biases), které může ovlivnit validitu výsledků. Mezi hlavní zkreslení patří: 1) hypotetické zkreslení, kde existuje rozdíl mezi vyjádřenou ochotou platit v hypotetické situaci a skutečnou platbou; 2) strategické zkreslení, kdy respondenti mohou své odpovědi upravit s cílem ovlivnit výsledek ve svůj prospěch a 3) informační zkreslení, kdy existuje vliv informací poskytnutých respondentům před odpovědí na jejich ochotu platit.⁹ Dotazník by měl zahrnovat jasné a srozumitelné formulace otázek, definování hypotetického trhu a specifikace statků nebo služeb, jejichž hodnota je zvažována. Dotazník by měl obsahovat otázky na demografické údaje respondentů, otázky na ochotu platit a otázky zaměřené na identifikaci potenciálních biases. Vzorek respondentů by měl být reprezentativní pro populaci, jejíž preference se snažíme zjistit.

Reprezentativnost lze určit pomocí následujícího vzorce pro výpočet velikosti vzorku pro konečnou populaci při známé úrovni spolehlivosti a požadovaném intervalu spolehlivosti je:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{E^2} \cdot \frac{N}{N + Z^2 \cdot p \cdot (1-p) / E^2} \quad (27)$$

Z ... Z-skóre odpovídající úrovni spolehlivosti (1.96 pro 95%),

p ... předpokládaná pravděpodobnost výskytu jevu (0.5),

E ... požadovaný interval spolehlivosti jako desetinné číslo (0.15 pro $\pm 15\%$)

N ... velikost populace.

⁸ HANEMANN, W. Michael. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American journal of agricultural economics*, 1984, 66.3: 332-341.

⁹ CARSON, Richard T.; GROVES, Theodore. Incentive and informational properties of preference questions. *Environmental and resource economics*, 2007, 37: 181-210. DOI: 10.1007/s10640-007-9124-5

Data získaná z dotazníkového šetření se analyzují pomocí statistických metod. Cílem analýzy je odhadnout střední nebo mediánovou ochotu platit za statky nebo služby a identifikovat faktory ovlivňující ochotu platit.¹⁰

3.4. Data

Pro potřeby této disertační práce je nutné nasbírat poměrně širokou datovou základnu, se kterou se bude následně pracovat. Sběr dat je rozdělen dle jednotlivých cílů práce.

3.4.1. Data pro sekvestraci uhlíku

Pro modelování sekvestrace uhlíku je nutné nasbírat následující data pro nástroj použitý pro výpočet sekvestrace uhlíku. Data jsou uvedena v tab. č. 2, kde jsou prezentovány názvy dat, charakter dat a jejich popis.

Tabulka 2 Data potřebná pro sekvestraci uhlíku

Název	Typ dat	Popis
Aktuální využití půdy a půdní kryt	Rastr	GIS využití půdy pro aktuální úroveň, která obsahuje informace o využití a pokrytí půdy. Všechny hodnoty v tomto rastru musí odpovídat položkám v tabulce zásob uhlíku, která mapuje každý kód využití půdy a půdního krytu.
Budoucí využití půdy a půdní kryt	Rastr	Mapa využití půdy a půdního krytu pro budoucí scénář, která poskytuje informace o očekávaném využití a pokrytí půdy v budoucnosti.
Zásoby uhlíku	Tabulka	Tabulka mapující každý kód využití půdy a půdní kryt na data uložení a zásob uhlíku pro daný typ využití půdy a půdního krytu.

Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Tab. č. 2 obsahuje informace o datech potřebných pro analýzu využití půdy a hodnocení zásob uhlíku v rámci různých scénářů. Zahrnuje aktuální a budoucí mapy využití a pokrytí půdy ve formátu rastrů, kalendářní roky pro tyto scénáře. Každý kód v mapách je mapován na odpovídající zásoby uhlíku v tabulce, která obsahuje data o zásobách uhlíku pro jednotlivé typy využití půdy. Tato data jsou důležitá pro posouzení dopadů různých scénářů na uhlíkové zásoby. Zásoby uhlíku (pool uhlíku) je determinován následovně, jak je popsáno v tab. č. 3.

¹⁰ MITCHELL, Robert Cameron; CARSON, Richard T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Rff press, 2013.

Tabulka 3 Zásoba uhlíku

Název	Typ dat	Popis
Nadzemní	Číslo	Uhlík nadzemní biomasy. Jednotky: t/ha.
Podzemní	Číslo	Uhlík podzemní biomasy. Jednotky: t/ha.
Půda	Číslo	Uhlík v půdě. Jednotky: t/ha.
Mrtvá hmota	Číslo	Uhlík mrtvé hmoty. Jednotky: t/ha.

Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Informace z této tab. č. 3 jsou nutné pro výpočet sekvestrace uhlíku společně s daty v tab. č. 2.

3.4.2. Data pro erozi půdy s využitím RUSLE (revised universal soil loss equation)

Pro odhad míry eroze půdy pro zvolenou metodiku výpočtu pomocí RUSLE je nutné získat následující data, která jsou uvedena níže v tab. č. 4.

Tabulka 4 Vstupy pro erozi

Název	Popis
R-faktor	Vyjadřuje účinek deště a odtoku na erozi. Data jsou obvykle získávána z dlouhodobých meteorologických záznamů.
K-faktor	Vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. Závisí na textuře půdy, obsahu organické hmoty, struktuře a permeabilitě.
LS-faktor	Odráží vliv délky a sklonu svahu na erozi. Data jsou získávána z topografických map nebo digitálních modelů terénu.
C-faktor	Vyjadřuje, jak různé typy pokryvu půdy ovlivňují erozi. Tento faktor je odvozen z pozorování nebo experimentů.
P-faktor	Reprezentuje účinek opatření, jako jsou terasování, kontury a pásy s trvalou vegetací, které snižují rychlost odtoku a erozi.

Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Tato tab. č. 4 představuje klíčové faktory ovlivňující erozi půdy a je součástí modelu RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), který se používá k predikci eroze půdy v různých prostředích. Každý faktor - R-faktor, K-faktor, LS-faktor, C-faktor a P-faktor hraje důležitou roli v celkovém procesu eroze.

3.4.3. Data pro model retence vody SWRC (Soil Water Retention Curve)¹¹

Tato data jsou shrnuta v následující tab. č. 5.

Tabulka 5 Proměnné a parametry pro model retence vody

Název proměnné/parametru	Popis
θ_r	Reziduální vlhkost půdy, nejnižší vlhkost, kterou půda může mít při velkém suchu.
θ_s	Nasyčená vlhkost půdy, maximální množství vody, které půda může absorbovat a udržet.
α	Inverzní hodnota napětí, při kterém je pozorováno 50% nasycení
n	Parametr ovlivňující tvar křivky vlhkosti, souvisí s heterogenitou půdní struktury.
m	Parametr odvozený z n , obvykle definován jako $m=1-1/n$, ovlivňuje tvar vlhkostní funkce.
ψ	Matricový potenciál měří energii potřebnou k pohybu vody v půdě.

Zdroj: DOURADO-NETO, Durval, et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia agricola*, 2000, vlastní zpracování

3.4.4. Data pro model biodiverzity

Pro model biodiverzity budou data získána pomocí sběru dat v terénu u vybraných druhů. Tento sběr dat bude zahrnovat identifikaci a sledování vybraných organismů v jejich přirozeném prostředí. Bude se zaměřovat na různé taxonomické skupiny druhů. Výstupem budou data o pozorování vybraných druhů v dané lokalitě.

3.5. Další metody výzkumu

Literární rešerše, interpretace výsledků a diskuse budou provedeny v kontextu cílů práce. Rešerše bude provedena zkoumáním existující literatury a bude následovaná diskusí o významu výsledků, jejich důsledcích a možných aplikacích v praxi a to pomocí metod extrakce, dedukce, syntézy a dalších metod v oblasti multikriteriální analýzy, scénářové a stakeholderové analýzy.

¹¹ DOURADO-NETO, Durval, et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia agricola*, 2000, 57.1: 191-192.

4. Teoretická východiska a literární rešerše

4.1. Půda, půda jako pozemek

Půda, běžně označovaná také jako země, je směsí organické hmoty, minerálů, plynů, kapalin a organismů, které společně podporují život. Některé vědecké definice odlišují zem od půdy tím, že omezují první termín konkrétně na neživou půdu. Půda se skládá z pevné fáze minerálů a organické hmoty a také z porézní fáze, která zadržuje plyny a vodu. V souladu s tím je půda třístavovým systémem pevných látek, kapalin a plynů. Půda je produktem několika faktorů: vlivu klimatu, reliéfu (nadmořská výška, orientace a sklon terénu), organismů a mateřských materiálů půdy (původních minerálů), které se v průběhu času ovlivňují. Neustále prochází vývojem prostřednictvím četných fyzikálních, chemických a biologických procesů, mezi které patří zvětrávání s přidruženou erozí.¹² Vzhledem k její složitosti a silné vnitřní provázanosti považují půdní ekologové půdu za ekosystém.

Půda je hlavní složkou ekosystému Země. Světové ekosystémy jsou významným způsobem ovlivňovány procesy probíhajícími v půdě. S ohledem na koloběh uhlíku Země působí půda jako důležitý zásobník uhlíku a je potenciálně jedním z nejcitlivějších na lidské narušení a změnu klimatu. Jak se planeta otepluje, je pravděpodobné ve shodě s klimatickými modely, že půdy budou uvolňovat oxid uhličitý do atmosféry v důsledku zvýšené biologické aktivity při vyšších teplotách.

Půda funguje jako inženýrské médium, stanoviště pro půdní organismy, systém recyklace živin a organických odpadů, regulátor kvality vody, modifikátor složení atmosféry a médium pro růst rostlin, což z ní činí kriticky důležitého poskytovatele ekosystémových služeb.¹³ Vzhledem k tomu, že půda má velké množství dostupných pórů, tedy potenciálních stanovišť, představuje místo pro významnou část bioty. Gram půdy může obsahovat miliardy organismů, které patří k tisícům druhů, většinou mikrobiálních a z velké části stále neprozkoumaných. Organický uhlík zadržovaný v půdě se vrací do atmosféry prostřednictvím procesu respirace prováděného heterotrofními organismy, ale podstatná část je zadržována v půdě ve formě půdní organické hmoty. Rychlost tohoto procesu obvykle zvyšuje zpracování půdy, například orba, což vede k vyčerpání půdní organické hmoty. Protože kořeny rostlin potřebují kyslík, provzdušňování je důležitou vlastností půdy. Tohoto provzdušňování lze dosáhnout prostřednictvím sítí propojených půdních pórů, které také

¹² VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11].

¹³ TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

absorbují a zadržují dešťovou vodu, takže je snadno dostupná pro příjem rostlinami. Vzhledem k tomu, že rostliny vyžadují téměř nepřetržitý přísun vody, ale ve většině oblastí dochází k sporadickým srážkám, je schopnost půdy zadržovat vodu životně důležitá pro přežití rostlin.¹⁴

Půdy mohou účinně odstraňovat nečistoty, zabíjet původce nemocí a degradovat kontaminanty, přičemž tato druhá vlastnost se nazývá přirozený útlum. Půdy si typicky udržují čistou absorpci kyslíku a metanu a podléhají čistému uvolňování oxidu uhličitého a oxidu dusného. Půda nabízí rostlinám fyzickou podporu, vzduch, vodu, stálost teploty, živiny a ochranu před toxiny. Rostliny a živočichové pak čerpají díky půdě dostupné stavební látky, které vznikly přeměnou mrtvé organické hmoty na různé formy živin.¹⁵

Půdy zásobují rostliny živinami, z nichž většina je koloidně vázána na jílu a organické hmotě. Tyto vázané živiny interagují s půdní vodou, vyrovnávají složení půdního roztoku, když půda přijímá vodu nebo vysychá. Dostupnost živin je ovlivněna pH půdy, které je měřítkem aktivity vodíkových iontů v půdním roztoku. pH půdy je funkcí mnoha půdotvorných faktorů a je obecně nižší (kyselejší), kde je zvětrávání pokročilejší.¹⁶

Většina živin, s výjimkou dusíku, pochází z minerálů, které tvoří základní půdní materiál. Část dusíku pochází z deště jako zředěná kyselina dusičná a čpavek, ale většina dusíku je dostupná v půdách v důsledku fixace dusíku bakteriemi. Jakmile jsou v systému půda-rostlina, většina živin je recyklována prostřednictvím živých organismů, rostlinných a mikrobiálních zbytků (organická hmota v půdě), forem vázaných na minerály a půdního roztoku. Jak živé půdní organismy (mikroby, zvířata a kořeny rostlin), tak půdní organická hmota mají zásadní význam pro tuto recyklaci, a tím pro tvorbu půdy a úrodnost půdy. Mikrobiální půdní enzymy mohou uvolňovat živiny z minerálů nebo organické hmoty pro využití rostlinami a jinými mikroorganismy, sekvestrovat je (začlenit) do živých buněk nebo způsobit jejich ztrátu z půdy těkáním nebo vyluhováním.¹⁷

Fyzikální vlastnosti půd v pořadí klesající důležitosti pro ekosystémové služby jsou: textura, struktura, objemová hmotnost, pórovitost, konzistence, teplota, barva a měrný odpor.

Textura půdy je určena relativním podílem tří druhů půdních minerálních částic, nazývaných půdní separáty: písek, bahno a jíl. V dalším větším měřítku se z půdy oddělují půdní struktury

¹⁴ BUJNOVSKÝ, Radoslav, JURÁNI Bohdan. Kvalita pody – jej vymezdzenie a hodnotenie. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 1999. ISBN 80-85361-49-3..

¹⁵ HREŠKO, Juraj. Princípy hodnotenia pedosféry. Bratislava: VÚPÚ, 1996. 54 s.

¹⁶ BEAULIEU, David. Soil pH: *What Every Gardener Needs to Know About Soil pH* [online]. 2021, 12.9.2021. Dostupné z: <https://www.thespruce.com/what-to-know-about-soil-ph-5204392> [citováno 2022-12-27].

¹⁷ Soil Composition [online]. Dostupné z: <https://education.nationalgeographic.org/resource/soil-composition> [citováno 2022-12-27].

nazývané pedy nebo častěji půdní agregáty, když oxidy železa, uhličitany, jílu, oxid křemičitý a humus obalují částice a způsobují jejich přilnutí do větších, relativně stabilních sekundárních struktur.¹⁸

Objemová hmotnost půdy, je-li stanovena za standardizovaných vlhkostních podmínek, je odhadem zhutnění půdy.

Pórovitost půdy je celkový objem pórů v neporušené půdě. Póry jsou vyplněny vzduchem nebo vodou. Půdní pórovitost je nejvíce ovlivněna texturou a ulehlostí půdy.

Konzistence půdy je schopnost půdních materiálů držet pohromadě.

Teplota a barva půdy jsou fyzikální parametry půdy, které jsou závislé na textuře půdy a organických látkách, obsažených v půdě. Organické látky a přítomnost minerálních látek mohou za různé zbarvení jednotlivých půdních horizontů. Jako příklad může sloužit železo, které způsobuje zbarvení do červena. Teplota půdy je definována příjmem, pohybem a předáváním tepla v půdě. Primárním zdrojem je sluneční záření (50–80% pohlcené tepelné energie). Dalšími zdroji tepla v půdě je atmosféra a interně rozklad organických látek.

Měrný odpor, čili rezistivita půdy vyjadřuje vodivost půdy a ovlivňuje rychlost koroze kovových a betonových konstrukcí, které jsou uloženy v půdě.¹⁹

Většina těchto vlastností určuje provzdušňování půdy a schopnost vody infiltrovat a zadržovat se v půdě. Tento pohyb se liší mezi hloubkou půdního profilu, tedy půdními horizonty.

Změna pohybu materiálů v půdě tedy způsobuje tvorbu charakteristického půdního profilu.

Existují půdy bez jakékoli organické hmoty, jako jsou regolity, které se vytvořily na Marsu či Měsíci a některé půdy na pouštích planety Země.²⁰

Základní rozdělení půdních horizontů

Horizonty souhrnně označované písmenem A jsou horizonty nejbližší povrchu půdy. Jsou nejbohatší na organickou hmotu (organominerální), mají nejtmavší odstín a jsou nejvíce prokořeněné. Dochází zde také k vyluhování a tím k eluviaci. Dalším horizontem je horizont B. V tomto horizontu se zadržují a hromadí vyluhované a proplachované látky z horizontu A. Dochází v něm tedy k iluviaci. V dolní části horizontu B se hromadí některé soli. Horizont C

¹⁸MCCALL, Arthur. *The Physical Properties of Soils: a Laboratory Guide*. Legare Street Press, 2021. ISBN 1015308600.

¹⁹BRADY, Nyle. *Nature and Properties of Soils, The, Global Edition*. PEARSON Education Limited, 2016. ISBN 9781292162232.

²⁰MCCALL, Arthur. *The Physical Properties of Soils: a Laboratory Guide*. Legare Street Press, 2021. ISBN 1015308600.

představuje matečnou horninu neboli výchozí substrát nebo zvětralínu matečné horniny. Jde o nezpevněný materiál, který je základem horizontů A a B. Postupným zvětráváním a erozí se může stát horní vrstva toho horizontu součástí horizontu B. Jako horizont D označujeme horninu, která leží v bezprostředním podloží horizontu C, ze kterého vzniká půda.

Nad horizontem A nalezneme ještě vrstvu označovanou jako O. Jde o organický horizont, který vzniká z uhynulých rostlin a živočichů. Vyskytuje se hlavně v neobdělávaných a zalesněných oblastech. Každý horizont je členěn na několik částí, které se nazývají subhorizonty.²¹

Půda jako pozemek

“Pro pozemek je důležité, že se jedná nejen o část zemského povrchu, ale také že může vzniknout jen za předpokladu, že má i zákonem stanovené hranice. Podle § 2 písm. a) katastrálního zákona se pozemkem rozumí část zemského povrchu oddělená od sousedních částí buď hranicí územní jednotky; hranicí katastrálního území, hranicí vlastnickou, hranicí stanovenou regulačním plánem, územním rozhodnutím, společným povolením, kterým se stavba umísťuje a povoluje, veřejnoprávní smlouvou nahrazující územní rozhodnutí, územním souhlasem nebo hranicí danou schválením navrhovaného záměru stavebním úřadem; hranicí jiného práva odvozeného od vlastnického práva; hranicí rozsahu zástavního práva; hranicí rozsahu práva stavby; hranicí druhů pozemků, popřípadě rozhraním způsobu využití pozemků. Vyjmenovat tyto hranice schopné vytvořit pozemek ve smyslu katastrálního zákona není zrovna jednoduché. To vede proto často k přílišnému zjednodušování daného problému v tom smyslu, že se za pozemek prostě považuje část zemského povrchu oddělená nějakou hranicí“.²²

4.2. Funkce půdy

Půda může plnit mnoho funkcí, mezi něž patří funkce související s přírodními ekosystémy, zemědělskou produktivitou, kvalitou životního prostředí, zdrojem surovin a jako základ pro budovy.²³

²¹ PAVLŮ, Lenka. Základy pedologie a ochrany půdy. Skriptum ČZU Praha, 2018.

²² BAREŠOVÁ Eva *Rozdíl mezi stavebním pozemkem a parcelou*. Co na to územní plán a katastr nemovitostí [online] dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/8775.rozdil-mezi-stavebnim-pozemkem-a-parcelou-co-rika-uzemni-plan-a-co-katastr-nemovitosti> [citováno 2024-01-20]

²³ TOMPKINS, Peter. *Secrets of the Soil*. Rupa & Co, 2004. ISBN 9788129105639.

Potraviny a biomasa

Půda funguje jako médium pro podporu rostlin, které používáme k produkci potravin, vlákniny a bioenergetických materiálů. Slouží jako fyzická podpora a ochranné prostředí pro kořeny rostlin. Poskytuje zásobárnu dostupné vody a živin pro růst rostlin. Růst rostlin je přímým výsledkem fotosyntetické aktivity (absorpce slunečního záření) za účelem produkce rostlinného materiálu a energie. Rostlinný materiál se v půdě rozkládá činností mikroorganismů, které jej využívají pro svou energii a růst.²⁴

Retenční funkce, akumulční

Půda ovlivňuje environmentální interakce, jako je regulace dodávek vody, ztráty vody, ale také kontaminace nebo čištění. Může filtrovat a transformovat materiály mezi atmosférou, rostlinným krytem a hladinou podzemní vody.²⁵ Půda interaguje s prostředím, přeměňuje či rozkládá odpadní materiály na nové složky. Prostřednictvím filtrace půda zachycuje kontaminanty díky jejich interakci s půdními částicemi. Půda také může akumulovat velké množství uhlíku jako půdní organickou hmotu, čímž se sníží celková koncentrace oxidu uhličitého, který může zmírnit globální změnu klimatu.²⁶

Akumulční funkci půdy můžeme chápat jako schopnost půdy shromažďovat různé látky.

Půda má schopnost akumulovat nežádoucí látky a zabraňovat jim v průniku do spodních vod. Akumulční schopnost závisí na fyzikálních parametrech půdy (například struktura půdy, zrnitostní složení, hloubka půdy, uspořádání horizontu, skeletovitost, organická půda v půdě a jiné). Mezi ostatní parametry patří svažitost, expozice, srážky, klima, hladina podzemní vody a mnohé další.²⁷

Půda funguje jako kotva pro kořeny rostlin. Poskytuje rostlinám pohostinné místo pro život a zároveň uchovává a dodává rostlinám živiny. Pórové prostory v půdě mohou absorbovat vodu a zadržet ji, dokud ji kořeny rostlin nepotřebují. Půda také zmírňuje kolísání teplot a poskytuje vhodnou teplotu pro normální fungování kořenů. Úrodná půda také poskytne

²⁴ SILVER, W. L., et al. The role of soil in the contribution of food and feed. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2021, 376.1834: 20200181.1

²⁵ BLUM, Winfried EH. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2005, 4: 75-79.

²⁶ DAY, Monica. *Want clean water? Filter with soil* [online]. 2015, 17.6.2015 Dostupné z: https://www.canr.msu.edu/news/want_clean_water_filter_with_soil [citováno 2022-12-27]

²⁷ BUJNOVSKÝ, Radoslav, JURÁNI Bohdan. *Kvalita pody – jej vymezdzenie a hodnotenie*. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 1999. ISBN 80-85361-49-3.

rozpuštěné minerální živiny pro optimální růst rostlin. Kombinace těchto aktivit podporuje růst rostlin pro zajištění produkce potravin a další biomasy.²⁸

Fyzická a kulturní funkce

Půda má také obecnější rovinu – působí jako součást fyzického světa kolem nás a na naši mysl působí jako součást naší kulturní krajiny. Připoutanost k domácí půdě nebo smysl pro místo je kulturním atributem, který se dědí po staletí. Někteří lidé provázanost s půdou pocítují silněji. Půda také funguje jako zemní kryt, který chrání a uchovává fyzické artefakty minulosti, které nám mohou umožnit lépe porozumět kulturnímu dědictví. Kromě toho je půda důležitým ukazatelem toho, kde se lidé usazují, protože je základním zdrojem lidské produktivity.²⁹

Ukládání oxidu uhličitého

Uhlík je základem veškerého života na Zemi. Existuje v mnoha formách, včetně oxidu uhličitého (CO₂), který tvoří malou část naší atmosféry (~ 0,041 %).

V půdách může být uhlík součástí anorganického minerálního komplexu. Může být také součástí živých organismů nebo rozkládající se organické hmoty. Tato forma uhlíku se nazývá půdní organický uhlík (SOC).³⁰ V zemské půdě a pod ní je více uhlíku, než je obsaženo ve všech rostlinách, které rostou nad jejím povrchem. Přetrvává vysoký potenciál pro zvýšené ukládání uhlíku v půdách, což může mít pozitivní vliv jak na produkci biomasy, tak na regulaci atmosférické bilance CO₂.³¹

Infiltrace

Tato funkce půdy je chápána jako vsakování vody do půdy a jejího dalšího pobytu v půdě. Zde se tak jedná o neustálé proudění ve vodou nasyceném prostředí. V případě, že je půda vodou nasycená, tak je pohyb vody v půdě obvykle v pomalejší tempu, než je tomu v případě nenasyceného prostředí.³² V nasyceném prostředí se parametry pohybu vody stanovují snadnějším způsobem než v případě prostředí nenasyceného, kde je určení problematické a nepřesné. Parametry pohybu vody jsou získávány laboratorním způsobem či v terénním

²⁸ NEEDELMAN, Brian. What Are Soils? [online]. 2013 Dostupné z:

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/what-are-soils-67647639/> [citováno 2023-12-27]

²⁹ LAL, Rattan (ed.). *Soil organic carbon and feeding the future: basic soil processes*. CRC Press, 2021.

³⁰ DATTA, Rahul; MEENA, Ram Swaroop (ed.). *Soil Carbon Stabilization to Mitigate Climate Change*. Springer Singapore, Imprint: Springer, 2021.

³¹ CHO, Renee. Can Soil Help Combat Climate Change? [online]. 2018, 21.2.2018 [citováno 2022-12-27].

Dostupné z: <https://news.climate.columbia.edu/2018/02/21/can-soil-help-combat-climate-change/> [citováno 2022-12-27].

³² NOVÁK, Pavel a kol. Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy: *Výstup V01 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2009. 33 s.

prostředí. Komplikací je infiltrace, která probíhá ve svažitých reliéfech, kde dochází k pohybu vody v půdním prostředí ve směru vertikálním a k podpovrchovému pohybu ve směru paralelním s povrchem půdy. Pro vstup vody do půdy je velmi důležitá počáteční vlhkost půdy a pro následný pohyb vody v půdě zrnitostní složení půdy, výskyt půdních horizontů s odlišným zrnitostním složením či odlišnými fyzikálními vlastnostmi, strukturní stav půdy a hloubka půdního profilu. Hodnoty infiltrace a propustnosti byly modelovány řadou autorů, jejich hodnoty se však velmi zásadním způsobem od sebe liší.³³

Pufrační schopnost půdy

Pufrační schopnost půdy je odolnost pro změny půdní reakce. Půdní reakce je jedna z důležitých vlastností půdy a ovlivňuje chování jednotlivých prvků v půdě. Pufrační schopnost závisí na složení půd, které velice úzce souvisí právě s půdní reakcí.³⁴

Transformační funkce

Transformační funkce půdy uskutečňuje přeměnu organických i anorganických látek fyzikálními, chemickými a biologickými procesy v půdě. Transformační schopnost půdy probíhá dvěma způsoby, a to jak biologickou, tak i abiotickou cestou. Tyto způsoby transformace jsou závislé na charakteristikách půdního prostředí jako jsou teplota a vlhkost, půdní reakce, přítomnost živin, množství organické hmoty a zrnitostní složení půd.³⁵

Rozhodující pro odbourávání cizích látek jsou biotické procesy. Ty se následně vyvíjejí od počtu a druhu půdních mikroorganismů. Jejich množství se odvíjí od zrnitosti půdy. Nejvíce vhodné podmínky poskytují půdy hlinité s dostatkem organického uhlíku v reakčně neutrálním prostředí a v teplých klimatických podmínkách.³⁶ Abiotické procesy jsou méně významnou součástí transformační funkce, nicméně oba způsoby transformační schopnosti půdy na sobě závisí. Biotická schopnost je představována asi dvěma třetinami, abiotická pak třetinou transformační schopnosti půdy. Při vymezení a hodnocení parametrů půdy je důležité uvažovat variabilitu v prostoru a čase.³⁷

³³JANEČEK Miloslav a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. 2. vyd. Praha: IVS nakladatelství, 2005. 190 s. ISBN 80-86642-38-0.

³⁴BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128- 56-3.

³⁵BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128- 56-3.

³⁶NOVÁK, Pavel a kol. Hodnocení transformační funkce půdy a hodnocení narušených modelových území: Výstup V04 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089). Praha: VÚMOP, 2012. 31 s.

³⁷NOVÁK, Pavel a kol. Hodnocení transformační funkce půdy a hodnocení narušených modelových území: Výstup V04 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089). Praha: VÚMOP, 2012. 31 s.

4.3. Mapování půdy

Půdní mapování je identifikace, popis, a vytyčování na mapě různých typů půd na základě přímých pozorování v terénu nebo na základě nepřímých inferencí z takových zdrojů, jako jsou letecké snímky. Půdní mapy mohou zobrazovat vlastnosti a funkce půdy v kontextu specifických funkcí půdy, jako je zemědělská produkce potravin, ochrana životního prostředí a stavební inženýrství. Mapy mohou zobrazovat funkční interpretace specifických vlastností, jako jsou kritické úrovně živin, úrovně těžkých kovů, nebo mohou zobrazovat interpretaci více vlastností, jako je mapa indexu rizika eroze.³⁸

GIS

Geografické informační systémy (GIS) způsobily revoluci ve způsobu hodnocení a vizualizace hodnoty půdy. Díky integraci prostorových dat a pokročilých výpočetních nástrojů umožňuje GIS přesnější a podrobnější analýzu hodnot pozemků. Jedním z hlavních způsobů, jak GIS přispívá k oceňování pozemků, je vytváření podrobných map, které graficky znázorňují rozdíly v hodnotách pozemků v různých regionech. Tato vizualizace pomáhá při identifikaci vzorců a trendů, které nemusí být zřejmé z tradičních metod analýzy dat. GIS například dokáže graficky zobrazit vliv blízkosti občanské vybavenosti nebo infrastruktury na hodnoty pozemků a zvýraznit oblasti vyšší hodnoty díky výhodným atributům polohy.³⁹

Kromě toho může GIS vypočítat hodnotu půdy zvážením mnoha faktorů včetně geografické polohy, využití půdy, dostupnosti a environmentálních charakteristik. Tento mnohostranný přístup zajišťuje komplexnější hodnocení ve srovnání s konvenčními metodami. Integrace různých datových vrstev v GIS umožňuje analýzu toho, jak různé faktory ovlivňují hodnotu půdy.⁴⁰ Například dostupnost veřejné dopravy nebo kvalita blízkých škol může významně ovlivnit hodnotu pozemku a GIS tyto dopady efektivně kvantifikuje.

GIS také usnadňuje výpočet gradientů hodnoty pozemků, které jsou zásadní pro městské plánování a tvorbu politik. Analýzou změn hodnoty půdy v různých oblastech mohou plánovači činit informovaná rozhodnutí týkající se rozvoje a alokace zdrojů.⁴¹

³⁸ BRADY, Nyle. *Nature and Properties of Soils, The, Global Edition*. PEARSON Education Limited, 2016. ISBN 9781292162232.

³⁹ VEJCHODSKÁ, Eliška, et al. Bridging land value capture with land rent narratives. *Land Use Policy*, 2022, 114: 105956.

⁴⁰ HARRIS, Nathaniel. Measuring aggregate land values using individual city land value gradients. *Regional Science and Urban Economics*, 2024, 103995.

⁴¹ SCHWERHOFF, Gregor; EDENHOFER, Ottmar; FLEURBAEY, Marc. *Equity and efficiency effects of land value taxation*. International Monetary Fund, 2022.

Kromě statické analýzy může GIS provádět dynamická hodnocení hodnoty pozemku v průběhu času. Tato časová analýza je zásadní pro pochopení toho, jak se hodnoty půdy vyvíjejí v reakci na změny ekonomických podmínek, environmentálních faktorů nebo politiky rozvoje města.⁴² Sledováním těchto změn pomáhá GIS předpovídat budoucí trendy v hodnotě půdy, a tak pomáhá investorům, zúčastněným stranám a politikům při rozhodování o budoucnosti. Schopnost GIS integrovat a analyzovat velké soubory dat z různých zdrojů z něj dělá nástroj pro hodnocení a plánování hodnoty pozemku. S rostoucí dostupností velkých dat a neustálým pokrokem v technologiích GIS je velký potenciál pro ještě sofistikovanější a přesnější analýzu hodnoty půdy.

4.4. Formování půdy a její zvětrávání, faktory ovlivňující půdu

Tvorba půdy známá také jako pedogeneze, je procesem vzniku půdy, který je regulován účinky místa, prostředí a historie. Biogeochemické procesy vedou k vývoji vrstev, nazývaných půdní horizont, které se vyznačují rozdíly v barvě, struktuře a chemickém složení. Tyto rozdíly utvářejí půdní typy, které se tvoří v reakci na rozdíly v půdotvorných faktorech⁴³. Tvorba půdy je ovlivněna minimálně pěti klasickými faktory, které se ve vývoji půdy prolínají. Jsou to: mateřská hornina, klima, topografie (reliéf), organismy a čas. Zvětrávání mateřské horniny probíhá formou fyzikálního zvětrávání, chemického zvětrávání a chemické přeměny. Zvětrávání je obvykle omezeno na několik horních metrů geologického materiálu, protože fyzikální, chemické a biologické procesy obecně klesají s hloubkou. Fyzický rozpad začíná, když jsou horniny, které ztuhly hluboko v Zemi, vystaveny nižšímu tlaku blízko povrchu a stávají se mechanicky nestabilními. Chemický rozklad je funkcí minerální rozpustnosti, jejíž rychlost se zdvojnásobuje s každým zvýšením teploty o 10 °C, ale je silně závislá na vodě, aby způsobila chemické změny.⁴⁴ Skály, které se v tropickém podnebí za několik let rozloží, zůstanou v pouštích nezměněny po tisíciletí. Strukturální změny jsou výsledkem hydratace, oxidace a redukce. Chemické zvětrávání je způsobeno především vylučováním organických kyselin a chelatačních sloučenin bakteriemi a houbami. Hydrolýza a karbonizace jsou nejučinnější zejména v oblastech s vysokými srážkami,

⁴² SAPUTRA, Erlis, et al. Land Value in a disaster-prone urbanized coastal area: A case study from Semarang City, Indonesia. *Land*, 2021, 10.11: 1187.

⁴³ BRADY, Nyle. Nature and Properties of Soils, The, Global Edition. *PEARSON Education Limited*, 2016. ISBN 9781292162232.

⁴⁴ Geochemie exogenních procesů [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2016/G9811/um/65258501/5_zvetravani.pdf [citováno 2023-01-09].

teplotou a fyzickou erozí.⁴⁵ Chemické zvětrávání se stává účinnějším, když se zvětšuje povrch horniny, a proto je podporováno fyzikálním rozpadem. Toto pramení v šířkových a výškových klimatických gradientech. Saprolit je konkrétním příkladem zbytkové půdy vzniklé přeměnou žuly, metamorfovaných a jiných typů horninového podloží na jílové minerály. Saprolit je výsledkem procesů zvětrávání, které zahrnují: hydrolýzu, chelataci organických sloučenin, hydrataci a fyzikální procesy, které zahrnují zmrazování a rozmrazování. Mineralogické a chemické složení materiálu primárního podloží, jeho fyzikální vlastnosti, včetně zrnitosti a stupně zpevnění, a rychlost a typ zvětrávání přeměňují základní materiál na jiný minerál. Textura, pH a minerální složky saprolitu pocházejí z jeho mateřského materiálu. Tomuto procesu se také říká arenizace, jehož výsledkem je vznik písčitých půd, díky mnohem vyšší odolnosti křemene oproti jiným minerálním složkám žuly.⁴⁶ Hlavními klimatickými proměnnými ovlivňujícími tvorbu půdy jsou efektivní srážky a teplota, které obě ovlivňují rychlost chemických, fyzikálních a biologických procesů. Teplota i vlhkost ovlivňují obsah organické hmoty v půdě prostřednictvím svých účinků na rovnováhu mezi primární produkcí a rozkladem: čím je klima chladnější nebo sušší, tím méně atmosférického uhlíku je fixováno jako organická hmota, zatímco méně organické hmoty se rozkládá.⁴⁷ Klima je dominantním faktorem při tvorbě půdy a půdy vykazují charakteristické vlastnosti klimatických zón, ve kterých se tvoří, se zpětnou vazbou na klima prostřednictvím přenosu uhlíku uloženého v půdních horizontech zpět do atmosféry. Pokud jsou v profilu současně vysoké teploty a dostatek vody, dojde k maximalizaci procesů zvětrávání, vyplavování a růstu rostlin. Podle klimatického určení biomů vlhké klima podporuje růst stromů. Naproti tomu trávy jsou dominantní původní vegetací v subhumidních a semiaridních oblastech, zatímco keře a křoviny různých druhů dominují v suchých oblastech.⁴⁸ Voda je nezbytná pro všechny hlavní chemické reakce zvětrávání. Aby byla účinná při tvorbě půdy, musí do podloží proniknout voda. Rozložení sezónních srážek, ztráty odpařováním, topografie lokality a propustnost půdy se vzájemně ovlivňují a určují, jak účinně mohou srážky ovlivnit tvorbu půdy. Čím větší je hloubka průniku vody, tím větší je hloubka zvětrávání půdy a její vývoj. Přebytečná voda prosakující půdním profilem transportuje

⁴⁵ GRYGAR Jaromír, JELÍNEK Jan: *Dynamická geomorfologie pevnin* [online]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/prednasky/8_kapitola.htm [citováno 2023-01-09].

⁴⁶ ZAUYAH, Siti; SCHAEFER, Carlos EGR; SIMAS, Felipe NB. Saprolites. In: *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, 2010. p. 49-68.

⁴⁷ CERTINI, Giacomo; SCALENGHE, Riccardo. The crucial interactions between climate and soil. *Science of The Total Environment*, 2023, 856: 159169.

⁴⁸ FERGESSEN, Jennifer. *Soil's Power as a Climate Solution Has Often Been Overlooked*. Until Now [online]. 2022, 21.10.2022 Dostupné z: <https://time.com/6213461/soil-climate-solution/> [citováno 2023-01-09].

rozpuštěné a suspendované materiály z horních vrstev (eluvie) do spodních vrstev (iluvie), včetně jílových částic a rozpuštěné organické hmoty. Může také odnášet rozpustné materiály v povrchových drenážních vodách.⁴⁹ Prosakující voda tedy stimuluje zvětrávací reakce a pomáhá rozlišovat půdní horizonty. Stejně tak nedostatek vody je hlavním faktorem při určování charakteristik půd suchých oblastí. Rozpuštěné soli se z těchto půd nevyplavují a v některých případech se hromadí na úroveň, která omezuje růst rostlin a mikrobiální růst. Klima přímo ovlivňuje rychlost zvětrávání a vyplavování. Vítr přemísťuje písek a menší částice (prach) zejména v suchých oblastech, kde je málo rostlinného pokryvu, a ukládá je blízko nebo daleko od zdroje strhávání. Typ a množství srážek ovlivňují tvorbu půdy tím, že ovlivňují pohyb iontů a částic půdou a napomáhají rozvoji různých půdních profilů.⁵⁰ Půdní profily jsou zřetelnější ve vlhkém a chladném podnebí, kde se mohou hromadit organické materiály, než ve vlhkém a teplém podnebí, kde se organické materiály rychle spotřebovávají. Účinnost vody při zvětrávání materiálu matečné horniny závisí na sezónních a denních teplotních výkyvech, které podporují tahová napětí v horninových minerálech, a tím jejich mechanickou deagregaci, proces nazývaný tepelná únava. Stejným procesem jsou cykly zmrazování a rozmrazování účinným mechanismem, který rozbíjí horniny a další zpevněné materiály. Klima také nepřímo ovlivňuje tvorbu půdy prostřednictvím vlivu vegetačního krytu a biologické aktivity, které mění rychlost chemických reakcí v půdě. Topografie neboli reliéf rovněž ovlivňuje půdu a je charakterizován sklonem, nadmořskou výškou a orientací terénu.⁵¹ Topografie určuje rychlost srážek nebo odtoku a rychlost tvorby nebo eroze povrchového půdního profilu. Topografické prostředí může práci klimatických sil buď urychlit nebo zpomalit. Strmé svahy podporují rychlou ztrátu půdy erozí a umožňují, aby do půdy před odtékáním vnikalo méně srážek, a tím i malé ukládání minerálů v nižších profilech (iluvie). V semiaridních oblastech mají nižší efektivní srážky na strmějších svazích také za následek méně kompletní vegetační pokryv, takže rostlina méně přispívá k tvorbě půdy. Ze všech těchto důvodů na strmých svazích převažuje destrukce půdy před její tvorbou.⁵² Proto půdy na strmém terénu mívají spíše mělké, špatně vyvinuté profily ve srovnání s půdami na blízkých, rovnějších místech. Topografie určuje vystavení počasí, ohni

⁴⁹ Soil Water [online]. Dostupné z: https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_comp03.aspx [citováno 2023-01-09].

⁵⁰ VERBERG, K., et al. Soil water-methods to predict plant available water capacity (PAWC) using soil-landscape associations. *Grains Research Update*, 2018, 32.

⁵¹ FRANZ, Trenton E., et al. The role of topography, soil, and remotely sensed vegetation condition towards predicting crop yield. *Field Crops Research*, 2020, 252: 107788.

⁵² PARMAR, Richard. Importance of Topography & Soil Condition in Site Analysis [online]. 2016, 22.4.2016 Dostupné z: <https://gharpedia.com/blog/importance-topography-soil-condition-site-analysis/> [citováno 2023-01-09].

a dalším silám člověka a přírody. Minerální akumulace, živiny pro rostliny, typ vegetace, růst vegetace, eroze a odvod vody jsou závislé na topografickém reliéfu. Půdy na úpatí kopce získají více vody než půdy na svazích, které navíc s ohledem na délku oslunění mají silně kolísající vlhkost. Ve svazích a prohlubních, kde se odtoková voda má tendenci koncentrovat, je regolit obvykle hlouběji zvětralý a vývoj půdního profilu je pokročilejší. V nejnižších krajinných polohách však může voda nasytit regolit do takové míry, že je omezena drenáž a provzdušňování.⁵³ Zde se zpomaluje zvětrávání některých minerálů a rozklad organické hmoty, přičemž se urychluje úbytek železa a manganu. V takové nízko položené topografii se mohou vyvinout speciální profilové rysy charakteristické pro mokřadní půdy. Deprese umožňují akumulaci vody, minerálů a organické hmoty a v krajním případě budou výsledné půdy slané močály nebo rašeliniště. Každá půda má jedinečnou kombinaci mikrobiálních, rostlinných, živočišných a lidských vlivů, které na ni působí.⁵⁴ Mikroorganismy mají zvláštní vliv na minerální přeměny kritické pro proces tvorby půdy. Některé bakterie navíc dokážou vázat atmosférický dusík a některé houby jsou účinné při extrakci fosforu z hluboké půdy a zvyšování hladiny uhlíku v půdě ve formě glomalinu. Rostliny udržují půdu proti erozi a nahromaděný rostlinný materiál vytváří půdní humus. Exsudace kořenů rostlin podporuje mikrobiální aktivitu. Živočichové přispívají k rozkladu rostlinných materiálů a míchání půdy prostřednictvím bioturbace. Rostliny, zvířata, houby, bakterie a člověk ovlivňují tvorbu půdy. Půdní živočichové, včetně půdní makrofauny a půdní mezofauny mísí půdy, když vytvářejí nory a póry, což umožňuje pohyb vlhkosti a plynů, což je proces zvaný bioturbace.⁵⁵ Stejně tak kořeny rostlin pronikají do půdních horizontů a otevírají kanály při rozkladu. Rostliny s hlubokými křovými kořeny mohou proniknout mnoho metrů různými vrstvami půdy, aby přivedly živiny z hlubšího profilu. Mikroorganismy, včetně hub a bakterií, ovlivňují chemické výměny mezi kořeny a půdou a působí jako zásobárna živin v biologickém aktivním bodu půdy zvaném rhizosféra. Růst kořenů v půdě stimuluje mikrobiální populace, a tím stimuluje aktivitu jejich predátorů, čímž zvyšuje rychlost mineralizace a v neposlední řadě růst kořenů, což je pozitivní zpětná vazba nazývaná půdní mikrobiální smyčka. Mimo kořenový vliv je v objemné půdě většina bakterií v klidovém stádiu a tvoří mikroagregáty, tj. slizovité kolonie, na které jsou nalepeny jílové částice, které jim nabízejí ochranu před

⁵³ FLORINSKY, Igor V.; KURYAKOVA, Galina A. Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, 1996, 27.2: 123-141

⁵⁴ BEAUMELLE, Lea. *The Way Soil Organisms Look Can Help Us Understand Their Importance* [online]. [citováno 2023-01-09]. Dostupné z: <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2021.562430>

⁵⁵ BIERE, Arjne, HEINEN, Robin, et al. Effects of soil organisms on aboveground plant-insect interactions in the field: patterns, mechanisms and the role of methodology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2018, 6: 106.

vysycháním a predací půdní mikrofaunou.⁵⁶ Mikroagregáty jsou požívány půdní mezofaunou a makrofaunou a těla bakterií jsou částečně nebo úplně trávena v jejich útrobach. Lidé ovlivňují tvorbu půdy odstraňováním vegetačního krytu pomocí orby, aplikací biocidů, ohněm a ponecháním půdy holé. To může vést k erozi, podmáčení, lateritizaci nebo podzolizaci. Jejich zpracováním se také promísí různé vrstvy půdy, čímž se znovu spustí proces tvorby půdy, protože méně zvětralý materiál se mísí s rozvinutějšími horními vrstvami, což vede k čistému zvýšení rychlosti minerálního zvětrávání.⁵⁷ Dalším faktorem ovlivňujícím půdu je vegetace. Vegetace ovlivňuje půdu mnoha způsoby. Může zabránit erozi způsobené nadměrným deštěm, který by mohl být důsledkem povrchového odtoku. Rostliny stíní půdu, udržují ji chladnější a zpomalují odpařování půdní vlhkosti.⁵⁸ Naopak prostřednictvím transpirace mohou rostliny způsobit ztrátu vlhkosti v půdě, což má za následek složité a vysoce variabilní vztahy mezi indexem listové plochy a ztrátou vlhkosti: obecně rostliny zabraňují vysychání půdy během nejsušších měsíců, čímž působí jako nárazník proti silným změnám vlhkosti. Rostliny mohou vytvářet nové chemikálie, které mohou rozkládat minerály, a to přímo i nepřímo prostřednictvím mykorhizních hub a bakterií rhizosféry a zlepšovat strukturu půdy. Typ a množství vegetace závisí na podnebí, topografii, půdních charakteristikách a biologických faktorech, ať už zprostředkovaných lidskou činností či nikoli. Půdní faktory jako hustota, hloubka, chemismus, pH, teplota a vlhkost výrazně ovlivňují typ rostlin, které mohou na daném místě růst. Odumřelé rostliny a spadané listí a stonky se začnou rozkládat na povrchu. Tam se jimi živí organismy a mísí organický materiál s horními vrstvami půdy. Tyto přidané organické sloučeniny se stávají součástí procesu tvorby půdy.⁵⁹ Posledním faktorem je čas v interakcích všech výše uvedených faktorů. Zatímco směs písku, bahna a jílu tvoří texturu půdy a agregace těchto složek vytváří pedy, vývoj odlišného horizontu B znamená vývoj půdy nebo pedogeneze. Postupem času se v půdě vyvinou vlastnosti, které závisí na souhře výše uvedených půdotvorných faktorů. Trvá desetiletí až několik tisíc let, než se v půdě vytvoří profil, půda je v neustálém stavu změn pod vlivem kolísajících půdotvorných faktorů.⁶⁰ Toto časové období silně závisí na klimatu,

⁵⁶ Understanding Soil Microbes and Nutrient Recycling [online]. Dostupné z: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/SAG-16> [citováno 2023-01-09].

⁵⁷ ERSEK, Kaitlyn. 5 Types of Soil Microbes And What They Do For Plants [online]. 2018, 7.2.2018 Dostupné z: <https://www.holganix.com/blog/5-types-of-soil-microbes-and-what-they-do-for-plants> [citováno 2023-01-09].

⁵⁸ RODRÍGUEZ-LOINAZ, Gloria, et al. Relationship between vegetation diversity and soil functional diversity in native mixed-oak forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40.1: 49-60.

⁵⁹ The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats [online]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jpe/article/11/2/226/2740705?login=false> [citováno 2023-01-09].

⁶⁰ VAN BREEMEN, Nico; BUURMAN, Peter. *Soil formation*. Springer Science & Business Media, 2002.

materšském materiálu, reliéfu a biotické aktivitě. Například nedávno uložený materiál z povodní nevykazuje žádný vývoj půdy, protože nebylo dost času, aby materiál vytvořil strukturu, která dále definuje půdu. Původní povrch půdy je pohřben a proces tvorby tohoto ložiska musí začít znovu. Postupem času si půda vytvoří profil, který závisí na intenzitě bioty a klimatu.⁶¹ Zatímco půda může dosáhnout relativní stability svých vlastností po delší dobu, životní cyklus půdy nakonec končí v půdních podmínkách, které ji zanechávají náchylnou k erozi. Navzdory nevyhnutelnosti retrogrese a degradace půdy je většina půdních cyklů dlouhá. Půdotvorné faktory i nadále ovlivňují půdy během jejich existence, a to i na stabilních krajinách, které jsou dlouhotrvající, některé po miliony let. Materiály jsou nanášeny na povrch nebo jsou z povrchu ofukovány či smyty. Při přidávání, odebrání a přestavbách podléhají půdy stále novým podmínkám. Zda se jedná o pomalé nebo rychlé změny, závisí na klimatu, topografii a biologické aktivitě.⁶² Čas jako půdotvorný faktor lze zkoumat studiem půdních chronosekvencí, ve kterých lze porovnávat půdy různého stáří, ale s menšími rozdíly v ostatních půdotvorných faktorech.

4.5. Využití půdy

Půda se využívá v zemědělství, kde slouží jako kotva a primární živná základna pro rostliny. Typy půdy a dostupná vlhkost určují druhy rostlin, které lze pěstovat. Vědomosti o půdě byly jednou z prvotních nabytých znalostí dlouho před příchodem pedologie v 19. století. Jak však ukázala aeroponie, akvaponie a hydroponie, půdní materiál není pro zemědělství absolutně nezbytný a bezpůdní pěstební systémy možná budou v budoucnu nutné pro rostoucí lidskou populaci.⁶³ Půdní materiál je také důležitou složkou procesů v těžebním průmyslu, stavebnictví a rozvoji krajiny. Zemina slouží jako základ pro většinu stavebních projektů. Pohyb masivních objemů zeminy se může týkat povrchové těžby, stavby silnic a přehrad. Zemní zákryt je architektonická praxe využití půdy pro vnější tepelnou izolaci budov. Mnoho stavebních materiálů je založeno na půdě. Ztráta půdy v důsledku urbanizace roste v mnoha oblastech vysokou rychlostí a může být kritická pro udržení samozásobitelského zemědělství.⁶⁴ Půdní zdroje jsou zásadní pro životní prostředí, stejně jako pro produkci

⁶¹ Soil Formation:- Time [online]. Dostupné z: http://www.nzsoils.org.nz/Topic-Basics_Of_Soils/Time/ [citováno 2023-01-09].

⁶² Soil time. Britannica.com [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/soil/Time>

⁶³ KINSEY, Neal. Agronomie v praxi - Úrodnost půdy a užívání hnojiv. *Naše pole*, s.r.o. (SK), 2021.

⁶⁴ Využívání půdy [online]. 2016, 3.6.2016 Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/themes/landuse/about-land-use> [citováno 2023-12-27].

potravin a vlákniny, protože produkují 98,8 % potravin spotřebovaných lidmi. Půda poskytuje rostlinám minerály a vodu. Půda absorbuje dešťovou vodu a později ji uvolňuje, čímž předchází povodním a suchu, přičemž regulace povodní je jednou z hlavních ekosystémových služeb poskytovaných půdou. Půda čistí vodu, když jí prosakuje. Půda je stanovištěm mnoha organismů: hlavní část známé i neznámé biodiverzity je v půdě ve formě žížal, mnohonožek, stonožek, plžů, slimáků, roztočů, bakterií, hub a řas, a mnoho organismů žijících nad zemí část svého životního cyklu tráví pod zemí. Nadzemní a podzemní biodiverzita jsou úzce propojeny, takže ochrana půdy má prvořadý význam pro jakýkoli plán obnovy nebo ochrany.⁶⁵ Biologická složka půdy je extrémně důležitým zásobníkem uhlíku, protože asi 57 % biotického obsahu je uhlík. I v pouštích tvoří sinice, lišejníky a mechy biologické půdní krusty, které fotosyntézou zachycují a sekvestrují značné množství uhlíku. Špatné způsoby hospodaření a pastvy degradovaly půdy a uvolnily velkou část tohoto sekvestrovaného uhlíku do atmosféry. Obnova světové půdy by mohla vyvážit účinek nárůstu emisí skleníkových plynů a globálního oteplování a zároveň zlepšit výnosy plodin a snížit potřebu vody.

Nakládání s odpady má často půdní složku. Septická drenážní pole čistí odpadní vodu ze septiku pomocí aerobních půdních procesů. Aplikace odpadních vod na půdu závisí na biologii půdy, která aerobně upravuje BSK.⁶⁶ Alternativně skládky využívají půdu pro každodenní zakrytí, izolují usazeniny odpadu od atmosféry a zabraňují nepříjemnému zápachu. Kompostování se nyní široce používá ke zpracování pevného domácího odpadu a vysušených odpadních vod z usazovacích nádrží. Přestože kompost není půda, biologické procesy probíhající při kompostování jsou podobné těm, které probíhají při rozkladu a humifikaci půdní organické hmoty.⁶⁷

Organické půdy, zejména rašelina, slouží jako významný zdroj paliva, v balneologii a v zahradnictví. V severských zemích se rašelinné půdy běžně využívají také pro zemědělství, protože rašelinná místa při odvodnění poskytují úrodné půdy pro produkci potravin. Široké oblasti produkce rašeliny, jako jsou rašeliníky živené deštěm, nazývané také příkrovové bažiny nebo vyvýšené bažiny, jsou však nyní chráněny kvůli svému patrimoniálnímu zájmu. Při současném globálním oteplování se předpokládá, že rašelinné půdy jsou zapojeny

⁶⁵ Využívání půdy [online]. 2016, 3.6.2016 Dostupné z:

<https://www.eea.europa.eu/cs/themes/landuse/about-land-use> [citováno 2023-12-27].

⁶⁶ TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

⁶⁷ NOVÁK, Pavel a kol. Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy: *Výstup V01 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2009. 33 s.

posilujícího procesu zvýšených emisí skleníkových plynů a zvýšené teploty, což je tvrzení, o kterém se stále diskutuje.⁶⁸

Půdy filtrují a čistí vodu a ovlivňují její chemismus. Dešťová voda a nahromaděná voda z rybníků, jezer a řek prosakuje půdními horizonty a horními vrstvami hornin, čímž se stává podzemní vodou. Patogeny (viry) a znečišťující látky, jako jsou perzistentní organické polutanty, oleje (uhlovodíky), těžké kovy (olovo, zinek, kadmium) a přebytečné živiny (dusičnany, sírany, fosforečnany) mohou být půdou dostatečně odfiltrovány. Půdní organismy je metabolizují nebo imobilizují ve své biomase a nekromase, čímž je začleňují do stabilního humusu. Fyzická integrita půdy je také nezbytným předpokladem pro zamezení sesuvům půdy v členité krajině.⁶⁹

4.6. Degradace půdy

Degradace půdy je člověkem vyvolaný nebo přirozený proces, který zhoršuje schopnost půdy fungovat. Degradace půdy zahrnuje acidifikaci, kontaminaci, desertifikaci, erozi nebo zasolování.⁷⁰ Okyselení půdy je prospěšné v případě alkalických půd, ale znehodnocuje půdu, když snižuje produktivitu plodin, biologickou aktivitu půdy a zvyšuje zranitelnost půdy vůči kontaminaci a erozi. Půdy jsou zpočátku kyselé a zůstávají takové, když jejich výchozí materiály mají nízký obsah zásaditých kationtů (vápník, hořčík, draslík a sodík).⁷¹ Na mateřských materiálech bohatších na zvětralé minerály dochází k acidifikaci, když jsou bazické kationty vyplavovány z půdního profilu dešťovými srážkami nebo exportovány sklizní lesních nebo zemědělských plodin. Okyselení půdy se urychluje používáním kyselinotvorných dusíkatých hnojiv a působením kyselých srážek. Kontaminace půdy na nízké úrovni je často v rámci schopnosti půdy zpracovat a asimilovat odpadní materiál. Půdní biota může zpracovávat odpad tak, že jej přeměňuje, především prostřednictvím mikrobiální enzymatické aktivity.⁷²

Půdní organická hmota a půdní minerály mohou adsorbovat odpadní materiál a snižovat jeho toxicitu, i když v koloidní formě mohou transportovat adsorbované kontaminanty do podpovrchového prostředí. Mnoho procesů zpracování odpadu spoléhá na tuto přirozenou

⁶⁸ TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

⁶⁹ Využívání půdy [online]. 2016, 3.6.2016 Dostupné z:

<https://www.eea.europa.eu/cs/themes/landuse/about-land-use> [citováno 2023-12-27].

⁷⁰ CHISHOLM, Anthony. Land Degradation. Cambridge University Press, 2009. ISBN 9780521123235.

⁷¹ DICK, Warren A.; CHENG, L.; WANG, P. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32.13: 1915-1919.

⁷² What is Soil Contamination? [online]. Dostupné z: <https://www.recare-hub.eu/soil-threats/contamination> [citováno 2022-12-27].

bioremediační kapacitu. Překročení kapacity čištění může poškodit půdní biotu a omezit funkci půdy. Opuštěné půdy se vyskytují tam, kde průmyslová kontaminace nebo jiná vývojová činnost poškodí půdu do takové míry, že půdu nelze bezpečně nebo produktivně využívat. Sanace opuštěné půdy využívá principy geologie, fyziky, chemie a biologie k degradaci, zeslabení, izolaci nebo odstranění půdních kontaminantů za účelem obnovení funkcí a hodnot půdy.⁷³ Desertifikace neboli environmentální proces degradace ekosystémů v suchých a polosuchých oblastech, je často způsobena špatně přizpůsobenými lidskými aktivitami, jako je nadměrné spásání nebo nadměrná těžba dřeva. Je běžnou mylnou představou, že sucho způsobuje desertifikaci. Sucha jsou běžná v suchých a semiaridních zemích.⁷⁴ Dobře obhospodařované pozemky se mohou po prvních srážkách ze sucha opět vzpamatovat. Nástroje hospodaření s půdou zahrnují udržování úrovně živin a organických látek v půdě, omezení zpracování půdy a zvýšení pokrývnosti. Tyto postupy pomáhají kontrolovat erozi a udržovat produktivitu během období, kdy je k dispozici vlhkost. Pokračující zneužívání půdy během sucha však zhoršuje degradaci půdy. Zvýšený tlak populace a dobytka na okrajových územích urychluje desertifikaci.⁷⁵ Nyní bývá zpochybňováno, přes rozporuplné zprávy o předpokládaných srážkových trendech spojených se zvýšenou teplotou a silnými rozdíly mezi regiony, zda současné oteplování podnebí posílí nebo potlačí desertifikaci.⁷⁶ Eroze půdy je způsobena vodou, větrem, ledem a pohybem v reakci na gravitaci. Současné může dojít k více než jednomu druhu eroze. Eroze se liší od zvětrávání tím, že eroze také transportuje erodovanou půdu pryč z místa jejího původu (půdu v tranzitu lze popsat jako sediment). Eroze je přirozený přírodní proces, ale na mnoha místech je značně zvýšena lidskou činností, zejména nevhodnými postupy využívání půdy.⁷⁷ Patří sem zemědělské činnosti, které zanechávají půdu holou během silných dešťů nebo silných větrů, nadměrné pastvy, odlesňování a nesprávné stavební činnosti. Erozi může omezit lepší management. Techniky ochrany půdy, které se používají, zahrnují změny ve využívání půdy (jako je nahrazení plodin náchylných k erozi trávou nebo jinými rostlinami

⁷³ What is Soil Contamination? And Why Does It Happen? [online]. 2014, 26.11.2014 Dostupné z: <https://www.envirotech-online.com/news/health-and-safety/10/breaking-news/what-is-soil-contamination-and-why-does-it-happen/32581> [citováno 2022-12-27].

⁷⁴ STŘÍTECKÝ, Josef: Dezertifikace – velký, ale opomíjený problém ochrany klimatu. Ekolist.cz [online]. 2020, 16.1.2020 Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/josefn-stritecky-dezertifikace-velky-ale-opomijeny-problem-ochrany-klimatu> [citováno 2022-12-27].

⁷⁵ BEHNKE, Roy. Desertification: Causes, Impacts and Consequences. Springer Nature, 2011. ISBN 9783642114984.

⁷⁶ What is desertification? Discover its causes and consequences. Iberdrola.com [online]. Dostupné z: <https://www.iberdrola.com/sustainability/desertification> [citováno 2022-12-27].

⁷⁷ ROOSE, Eric. *Soil Erosion and Carbon Dynamics Advances in Soil Science*. CRC Press, 2020. ISBN 9780367577940.

vázajícími půdu), změny načasování nebo typu zemědělských operací, budování teras, použití krycích materiálů potlačujících erozi, omezení narušení během výstavby a vyhýbání se výstavbě v obdobích náchylných k erozi a na místech náchylných k erozi, jako jsou strmé svahy.⁷⁸ Podpovrchová eroze je zvláštní formou půdní eroze, která se vyskytuje pod povrchem půdy. Způsobuje tvorbu propadových děr. Turbulentní proudění odstraňuje půdu počínaje ústím průsakového toku a eroze podloží postupuje směrem nahoru.⁷⁹ Nedávné studie naznačují, že proces podpovrchové eroze se vyskytuje téměř ve všech klimatických zónách a ve většině půdních typů, ovlivňuje vývoj krajiny změnou hydrologie svahů, stability svahu a propojení svahů a podloží, a je řízen různými faktory, včetně klimatu a počasí, vlastností půdy, topografie, využití půdy a hospodaření s půdou.⁸⁰

Dalším problémem je zasolování půdy. Zasolování půdy je akumulace volných solí v takové míře, že vede k degradaci zemědělské hodnoty půd a vegetace. Důsledky zahrnují poškození korozi, snížený růst rostlin, erozi v důsledku ztráty rostlinného pokryvu a struktury půdy a problémy s kvalitou vody v důsledku sedimentace. K zasolování dochází v důsledku kombinace přírodních a člověkem způsobených procesů.⁸¹ Suché podmínky podporují akumulaci soli. To je zvláště patrné, když je základním materiálem půdy fyziologický roztok. Problematické je zejména zavlažování vyprahlých území. Veškerá voda na zavlažování má určitou úroveň slanosti. Zavlažování, zvláště když zahrnuje úniky z kanálů a nadužívání vody na poli, často zvyšuje spodní hladinu podzemní vody. K rychlému zasolování dochází, když je povrch země v kapilárním lemu slané podzemní vody. Regulace salinity půdy zahrnuje regulaci vodní hladiny a proplachování vyššími hladinami aplikované vody v kombinaci s drenáží dlaždicemi nebo jinou formou podpovrchové drenáže.⁸²

Příliš mnoho nebo příliš málo některé ze složek půdy může způsobit degradaci půdy. Například vysoký obsah jílu snižuje provzdušňování a propustnost vody. Dalším příkladem je, že ačkoli jsou fosfor a dusík nezbytné pro růst rostlin, jsou ve velkém množství toxické. Degradace půdy znamená, že kvalita půdy se snížila, což způsobuje pokles funkcí ekosystému. Jedna třetina zeměkoule má degradovanou půdu, a to zejména tropy a subtropy s

⁷⁸ Soil Erosion. Worldwildlife.org [online]. Dostupné z: <https://www.worldwildlife.org/threats/soil-erosion-and-degradation> [citováno 2022-12-27].

⁷⁹ Soil erosion: An agricultural production challenge [online]. Dostupné z: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-agricultural-production-challenge> [citováno 2022-12-27].

⁸⁰ BERNATEK-JAKIEL, Anita; POESEN, Jean. Subsurface erosion by soil piping: significance and research needs. *Earth-Science Reviews*, 2018, 185: 1107-1128.

⁸¹ Soil Salinization Causes & How To Prevent And Manage It [online]. 2021, 21.2.2021 Dostupné z: <https://eos.com/blog/soil-salinization/> [citováno 2023-01-09].

⁸² ZINCK, Alfred. Remote Sensing of Soil Salinization. Taylor & Francis, 2019. ISBN 9780367386221.

přibližně 500 miliony hektarů. K degradaci půdy dochází v důsledku fyzikálních, chemických a biologických sil. Tyto síly mohou být přirozené a antropogenní. Obdělávání je fyzikálním příkladem, který způsobuje erozi, zhutňování a sníženou mikrobiální aktivitu. Eroze je jeden z nejzávažnějších problémů kvality půdy a tento problém ještě zhoršuje nepokrytá půda. Ke zhutnění dochází, když je půda tlačena k sobě a stává se tvrdší, takže schopnost zadržovat vzduch a vodu je snížena. To navyšuje hrozbu eroze a záplav, snižuje možnost rostlin vytvořit dobrý kořenový systém a snižuje obecně biologickou rozmanitost.⁸³

Odlesňování

Odlesňování je další příčinou degradace půdy, zprostředkované zvýšeným vyplavováním půdních živin při absenci stromového patra.⁸⁴ Odlesňování je velmi exponovaným problémem současné doby. Primární příčiny, které způsobují úbytek lesů, jsou expanze zemědělství, rozšiřování měst a intenzivní těžba dřeva, což úzce souvisí s nárůstem populace a jejích nároků. Les je přitom přirozeným pokryvem půdy, chrání ji proti erozi – jak vodní tak větrnou, zajišťuje zadržování vody v půdě a přispívá ke krajinářské hodnotě území. Odlesňování ovlivňují odlišné charakteristiky podnebných pásů, různá úroveň ekonomiky dané oblasti, demografie a další ukazatele. Asi nejvíce diskutovanou oblastí odlesňování je v současnosti přeměna lesů na zemědělskou půdu pro pěstování palmy olejné, sóji a dalších komodit. Nutno poznamenat, že tyto komodity většinou slouží k vývozu a půda, na které se pěstují, leží v rozvojových zemích. Další oblastí odlesňování je rozšiřování měst, dopravních sítí a infrastruktury. V neposlední řadě celosvětově roste spotřeba stavebního dřeva a dalších výrobků ze dřeva, také papíru a dalších товарů.⁸⁵

4.7. Regenerace půdy

Regenerace půdy jako zvláštní forma ekologické regenerace v oblasti ekologie obnovy, vytváří novou půdu a omlazuje zdraví půdy tím, že minimalizuje ztrátu ornice, zadržuje více uhlíku, než je vyčerpáno, zvyšuje biologickou rozmanitost a udržuje správný koloběh vody a

⁸³ LEHMAN, R. Michael, et al. Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. *Sustainability*, 2015, 7.1: 988-1027.

⁸⁴ BEAULIEU, David. Soil pH: *What Every Gardener Needs to Know About Soil pH* [online]. 2021, 12.9.2021 Dostupné z: <https://www.thespruce.com/what-to-know-about-soil-ph-5204392> [citováno 2022-12-27].

⁸⁵ PROCHAZKA, Petr, et al. Understanding the socio-economic causes of deforestation: A global perspective. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2023, 6: 1288365.

živin. To má mnoho výhod, jako je: sekvestrace uhlíku v půdě v reakci na rostoucí hrozbu změny klimatu, snížené riziko eroze půdy a zvýšená celková odolnost půdy.⁸⁶

Kvalita půdy znamená schopnost půdy plnit své funkce. Půda je nedílnou součástí různých ekosystémových služeb. Pro optimální růst rostlin je třeba udržovat správný poměr uhlíku k dusíku 20–30:1.⁸⁷ Klíčem k udržení zdravé půdy je podpora biologické rozmanitosti. Toho lze dosáhnout pěstováním různých rostlin, vždy zakrytím půdy, udržováním živého kořenového systému a minimalizací narušení půdy. Makroorganismy a mikroorganismy pomáhají s procesy, jako je rozklad, koloběh živin, potlačení nemocí a zmírnění CO₂ v atmosféře. Rostliny mají symbiotický vztah s mikroby v rhizosféře půdy. Rhizosféra je oblast koncentrované mikrobiální aktivity v blízkosti kořene, kde jsou voda a živiny snadno dostupné. Rostliny vyměňují sacharidy za živiny vylučované mikroby, různé sacharidy podporují různé mikroby. Mrtvé rostliny a další organická hmota také živí různé organismy v půdě. Dobrou známkou toho, že máme kvalitní půdu, je minimum škůdců a chorob, a naopak optimální množství půdních makroorganismů, jako jsou dešťovky a další. Nízká biodiverzita zvyšuje riziko škůdců a chorob.⁸⁸

Existuje také mnoho druhů úprav půdy, organických i anorganických, které vedou k její regeneraci. Podporují kvalitu půdy různými způsoby jako je například to, že sekvestrují toxiny, vyrovnávají pH půdy, přidávají živiny a podporují aktivitu organismů. Jaký typ úpravy a v jakém množství se použije, určí aktuální podmínky půdy.⁸⁹ Anorganické doplňky se obecně používají pro věci, jako je zlepšení textury a struktury půdy, vyrovnání pH a omezení biologické dostupnosti toxinů těžkých kovů. Existují dva typy anorganických doplňků, alkalické a minerální. Jako příklad anorganických doplňků můžeme uvést dřevěný popel a mletý vápenec. Organické doplňky zlepšují biologickou aktivitu, propustnost vody a strukturu půdy. Mulč například snižuje erozi a pomáhá udržovat teplotu půdy. Kompost je bohatý na organickou hmotu, skládá se z rozložené hmoty, jako jsou odpady rostlinného a

⁸⁶ Zemědělci mají v rukou regeneraci půdy. Sešli se na konferenci o regenerativním zemědělství [online]. 2022, 3.3.2022 Dostupné z: <https://www.asz.cz/clanek/8834/zemedelci-maji-v-rukou-regeneraci-pudy-sesli-se-na-konferenci-o-regenerativnim-zemedelstvi/> [citováno 2023-01-29].

⁸⁷ VOPRAVIL, Jan. Co může zemědělec dělat pro to, aby chránil půdu a zachoval její funkce? [online]. 2015, 17.9.2015 [citováno 2023-01-29]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jan-vopravil-co-muze-zemedelec-delat-pro-to-aby-chranil-pudu-a-zachoval-jeji-funkce> [citováno 2023-01-19].

⁸⁸ROBOTKA, Petr, POLÁKOVÁ Martina: *Biologická aktivita půd*. Zelene-hnojeni.cz [online]. Dostupné z: <https://www.zelene-hnojeni.cz/biologicka-aktivita-pud/> [citováno 2023-01-29].

⁸⁹ BADALÍKOVÁ, Barbora. *Organická hmota pozitivně působí na vláhové podmínky v půdě* [online]. 2020, 27.11.2020 Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-pozitivne-pusobi-na-vlahove-podminky-v-pude> [citováno 2023-01-29].

živočišného původu.⁹⁰ Přidání kompostu zvyšuje vlhkost a obsah živin v půdě a podporuje biologickou aktivitu. Vytváření kompostu vyžaduje pečlivé řízení teploty, poměru uhlíku k dusíku, vody a vzduchu.

4.8. Úrodnost půdy

Úrodnost půdy se týká schopnosti půdy udržovat růst zemědělských rostlin, tj. poskytovat rostlinám stanoviště a vést k trvalým a konzistentním výnosům vysoké kvality. Vztahuje se také na schopnost půdy dodávat živiny plodině ve správném množství a kvalitě po dlouhou dobu.⁹¹

Úrodná půda má schopnost dodávat rostlinám živiny a vodu, neobsahuje toxické látky, má dostatečnou hloubku pro růst kořenů a zadržení vody. Dokáže se díky příznivým vlastnostem provzdušňovat a díky dobré vnitřní drenáži být odolná proti přemokření⁹². pH půdy vhodné pro většinu rostlin pak je 5,5 až 7,0. Dále je ve zdravé půdě přítomnost mikroorganismů, které podporují růst rostlin.

V půdě využívané pro zemědělství a jiné lidské činnosti vyžaduje udržování úrodnosti půdy obvykle používání postupů ochrany půdy. Je tomu tak proto, že eroze půdy a další formy degradace půdy obecně vedou ke snížení kvality s ohledem na jeden nebo více aspektů uvedených výše. Biologicky dostupný fosfor je prvek v půdě, který nejčastěji chybí. Dusík a draslík jsou také potřebné ve značném množství. Z tohoto důvodu jsou tyto tři prvky vždy identifikovány při komerční analýze hnojiv. Například hnojivo NPK 10-10-15 má 10 procent dusíku, 10 procent dostupného fosforu a 15 procent ve vodě rozpustného draslíku.⁹³ Anorganická hnojiva jsou obecně levnější a mají vyšší koncentraci živin než organická hnojiva. Protože dusík, fosfor a draslík obecně musí být v anorganických formách, aby je mohly rostliny přijmout, jsou anorganická hnojiva obecně okamžitě biologicky dostupná rostlinám bez modifikace. V současné době je kritizováno používání anorganických hnojiv díky tvrzení, že ve vodě rozpustný dusík nezajišťuje dlouhodobé potřeby rostliny a způsobuje znečištění vody. Hnojiva s pomalým uvolňováním mohou snížit ztrátu živin vyluhováním a

⁹⁰ Zpracování půdy - část první [online]. 2017, 15.3.2017 Dostupné z: <https://www.vari.cz/rady-a-navody/rady-do-zahrady/zpracovani-pudy-cast-prvni/art:41214/> [citováno 2023-01-29].

⁹¹ Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3977&typ=html [citováno 2023-01-29]

⁹² VÁCLAVÍK, František. Udržíme kvalitu půdy a její úrodnost? [online]. Dostupné z: https://www.osevauni.cz/mineralni-hnojiva/pdf/Udrzime_kvalitu_pudy_Vaclavik.pdf [citováno 2023-01-29].

⁹³ CARPENTER, Stephen R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105.32: 11039-11040.

mohou zpřístupnit živiny, které poskytují, po delší dobu.⁹⁴ Úrodnost půdy je složitý proces, který zahrnuje neustálý koloběh živin mezi organickými a anorganickými formami. Když jsou rostlinné a živočišné odpady rozkládány mikroorganismy, uvolňují anorganické živiny do půdního roztoku, což je proces označovaný jako mineralizace. Tyto živiny pak mohou projít dalšími přeměnami, které mohou být podporovány půdními mikroorganismy. Stejně jako rostliny, mnoho mikroorganismů vyžaduje nebo přednostně používá anorganické formy dusíku, fosforu nebo draslíku a budou soutěžit s rostlinami o tyto živiny, vázat živiny v mikrobiální biomase, což je proces často nazývaný imobilizace. Rovnováha mezi imobilizačními a mineralizačními procesy závisí na rovnováze a dostupnosti hlavních živin a organického uhlíku pro půdní mikroorganismy.⁹⁵ Fotosyntéza je proces, při kterém rostliny využívají světelnou energii k řízení chemických reakcí, které přeměňují CO₂ na cukry. Všechny rostliny jako takové potřebují přístup ke světlu i oxidu uhličitému, aby mohly vyrábět energii, růst a rozmnožovat se. Nízká hladina oxidu uhličitého může být omezujícím faktorem růstu rostlin, i když je obvykle omezena dusíkem, fosforem a draslíkem. Vzájemně zhodnocené a publikované vědecké studie ukázaly, že zvýšení CO₂ je vysoce účinné při podpoře růstu rostlin až na úroveň přes 300 ppm. Další zvýšení CO₂ může ve velmi malé míře nadále zvyšovat čistý fotosyntetický výstup.⁹⁶

K vyčerpání půdy dochází, když jsou složky, které přispívají k úrodnosti, odstraněny a nejsou nahrazeny, a podmínky, které podporují úrodnost půdy, nejsou zachovány. To vede ke špatným výnosům plodin. V zemědělství může být vyčerpání způsobeno příliš intenzivní kultivací a nedostatečným hospodařením s půdou. K vyčerpání může dojít prostřednictvím řady dalších vlivů, včetně nadměrné orby, nedostatečného využívání vstupů živin, které vede k těžbě půdní zásoby živin a zasolování půdy. Kvalita závlahové vody je velmi důležitá pro udržení úrodnosti a sklonu půdy a pro využití větší hloubky půdy rostlinami. Když je půda zavlažována vysoce alkalickou vodou, hromadí se v půdě nežádoucí sodné soli, což by velmi zhoršilo odvodňovací kapacitu půdy. Kořeny rostlin tak nemohou proniknout hluboko do půdy pro optimální růst jako v alkalických půdách. Když je půda zavlažována vodou s nízkým pH tj. kyselou vodou, užitečné soli (Ca, Mg, K, P, S atd.) jsou odstraněny odvodněním vody z kyselé půdy, a navíc jsou rozpuštěny nežádoucí hlinité a manganové

⁹⁴ RICHTER, Rostislav; HLUŠEK, Jaroslav. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1996.

⁹⁵ VÁCLAVÍK, František. Udržíme kvalitu půdy a její úrodnost? [online]. Dostupné z: https://www.osevauni.cz/mineralni-hnojiva/pdf/Udrzime_kvalitu_pudy_Vaclavik.pdf [citováno 2023-01-29].

⁹⁶ SEDLÁČEK, Štěpán. *Využití procesu zvětrávání*. Irozhlas.cz [online]. 2020, 14.7.2020 Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/veda/zemedelstvi-vyzkum-oxid-uhlicity-posyp-pole_2007141807_aur [citováno 2023-01-29].

soli.⁹⁷ Když je půda zavlažována vysoce slanou vodou nebo ze zavlažované půdy neodtéká dostatečné množství vody, půda by se přeměňuje na slanou půdu a ztrácí svou úrodnost. Slaná voda zvyšuje požadavek turgoru nebo osmotického tlaku, který brání odběru vody a živin kořeny rostlin. Ke ztrátě ornice dochází v alkalických půdách v důsledku eroze povrchovými toky dešťové vody nebo drenáží, protože při kontaktu s vodou tvoří koloidy neboli jemné bahno. Rostliny pro svůj růst přijímají ve vodě rozpustné anorganické soli pouze z půdy. Půda jako taková neztrácí úrodnost jen pěstováním plodin, ale svou úrodnost ztrácí hromaděním nežádoucích a ochuzováním chtěných anorganických solí z půdy nevhodným zavlažováním a kyselou dešťovou vodou (množství a kvalita vody). Úrodnost mnoha půd, které nejsou vhodné pro růst rostlin, lze mnohonásobně postupně zvýšit poskytováním dostatečné závlahové vody vhodné kvality a dobrým odvodněním z půdy.⁹⁸

4.9. Hodnota (oceňování) půdy v prostředí ČR

Bonitovaná půdně ekologická jednotka

Dne 11. května 1971 vydala vláda ČSR usnesení č. 101, kterým započala bonitace zemědělského půdního fondu (ZPF) na celém území ČSSR. Základem bonitace ZPF byl podrobný Komplexní průzkum zemědělských půd. Jedná se o klasifikaci a oceňování půd pro daňové a cenotvorné účely a pro účely směny pozemků. Základní oceňovací jednotkou je bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ). Bonitace ZPF byla prováděna spoluprací Výzkumného ústavu ekonomiky zemědělství a výživy (v současnosti Ústav zemědělské ekonomiky a informací), Výzkumným ústavem pro zúrodnění zemědělské půdy (v současnosti Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy) a Výzkumným ústavem rostlinné výroby. Bonitace ZPF musela respektovat rozdílnost produkčních a ekonomických podmínek zemědělské půdy. Tato rozdílnost je způsobena různorodostí agroekologických a ekonomických faktorů, které jsou navíc proměnné v čase a prostoru. Proto byla vytvořena taková klasifikační soustava půd, která byla metodicky jednotná a rozlišuje jednotlivé faktory úrodnosti se zřetelem na ekonomickou významnost působení přírodních a intenzifikačních činitelů. Bonitační průzkum a hodnocení bylo zpracováno pro zemědělskou půdu jako celek, bez rozlišení kultur. Práce na bonitaci proběhly souběžně ve dvou liniích. V první linii to byl

⁹⁷ Kvalita závlahové vody–zasolení a stabilita půdní struktury [online]. Dostupné z: <https://uapmv.af.mendelu.cz/wcd/w-af-uapmv/doc/kzp/kval.zavl.vody.pdf> [citováno 2023-01-29].

⁹⁸ VÁCLAVÍK, František. Udržíme kvalitu půdy a její úrodnost? [online]. Dostupné z: https://www.osevauni.cz/mineralni-hnojiva/pdf/Udrzime_kvalitu_pudy_Vaclavik.pdf [citováno 2023-01-29].

terénní bonitační průzkum, kde došlo k upřesnění a transformování informací z Komplexního průzkumu půd (KPP) do databáze BPEJ, byla zmapována veškerá zemědělská půda a výsledky byly zpracovány do map BPEJ a do databáze BPEJ. V druhé linii byl proveden průzkum ekonomický. Pro ekonomickou charakteristiku byly vytipovány nejdůležitější BPEJ, a pro tyto BPEJ vybrány reprezentativní pozemky jako základna bonitačního výzkumu. Bylo sledováno cca 7 000 vzorových pozemků, na kterých byly získávány dlouhodobé časové řady o naturálních výnosech a přímých nákladech pro deset vybraných tzv. oceňovacích zemědělských plodin. Prostřednictvím těchto oceňovacích zemědělských plodin byly za účelem ocenění produkční schopnosti půd zkonstruovány tzv. oceňovací typové struktury. V současné době je 38 OTS. Celkově bylo shromážděno přibližně 45 000 údajů o naturálních výnosech oceňovacích zemědělských plodin a přibližně 25 000 údajů o přímých nákladech. Podklady byly analyzovány a využity tak, aby ke každé hlavní půdní jednotce bonitace (HPJ) byly známy naturální výnosy a k nim příslušející náklady na výrobu. Produkční schopnost půd byla kvantifikována prostřednictvím naturálních výnosů plodin v tunách na hektar podle hlavních půdních jednotek a klimatických regionů – HPKJ. Oceňování produkce vycházelo z ceníku průměrných nákupních cen zemědělských výrobků za tříleté období. Nákladové parametry kvantifikovaly ekonomicky odůvodněnou úroveň vlastních nákladů jednotlivých oceňovacích zemědělských plodin. Byly propočteny nákladové funkce jednotlivých výrobků oceňovacích typových struktur, kde byly vyloučeny náhodné vlivy nákladovosti. Vliv objektivně rozdílných úrovní hektarových výnosů jednotlivých plodin a vliv rozdílných přírodních podmínek na úroveň nákladů se korigoval pomocí koeficientů. Parametrizovaný náklad na daný výrobek pro daný podnik se vypočetl jako bazický náklad na výrobek krát již zmiňované koeficienty. Základní částí bonitace je bonitační klasifikační soustava a ekonomická charakteristika všech jejích jednotek, kterými se staly jednotky vyšší (hlavní půdní jednotky – HPJ), střední (hlavní půdně klimatické jednotky – HPKJ) a bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ). Bonitační informační systém se skládá ze dvou propojených částí, půdně kartografického informačního systému a numerické datové báze. Půdně kartografický informační systém tvoří mapy 1: 5 000 (případně 1 : 10 000) celého území ČR, v nichž jsou vymezeny BPEJ a uvedeny údaje o jejich výměře a počtu lokalit pro každé katastrální území. V systému je přibližně 27 200 mapových listů. Numerická bonitační datová báze je zpracována jako jednotná flexibilní soustava informací, kterou je možno průběžně doplňovat a aktualizovat. Při použití třídícího znaku je možno vytvářet různé účelové a aplikační kombinace. Numerická datová báze je členěna do agroekologického a ekonomického bloku. Agroekologický blok zahrnuje

agroekologickou charakteristiku ZPF, registruje klimatický region (KR), hlavní půdní jednotku, svažítost, expozice ke světovým stranám, skeletovitost, hloubku půdního profilu, nadmořskou výšku, reliéf a trvalé překážky ztěžující obdělávatelnost půdy. Ekonomický blok datové báze zahrnuje údaje vyjadřující ekonomickou charakteristiku BPEJ, odvozenou od vztahu ceny parametrizované produkce k parametrizovaným nákladům. Při mapování BPEJ byla a je dodržována zásada, že všechny složky dané lokality jsou rovnocenné a že při určování dané BPEJ půdy byly stejně významné jak půdní charakteristiky, tak i klima, údaje o terénu, hloubka půdy i skeletovitost.^{99,100,101} Jak již bylo řečeno, pod pojmem BPEJ si lze představit základní mapovací a oceňovací jednotku bonitační soustavy. Je charakterizováno jako územní celek při bonitaci českého zemědělského půdního fondu. BPEJ je dána agroekologickou a ekonomickou charakteristikou, jež je tvořena podkladem pro zákonná opatření, vyhlášky a opatření resortních i mimoresortních orgánů. Má své vyčlenění a v kódu BPEJ se definuje na základě vyhodnocení klimatu, genetických vlastností půd, půdotvorných substrátů, zrnitosti, skeletovitosti, hloubky půdy, sklonitosti a expozice. V původním návrhu bylo po dokončení první fáze bonitačního mapování 1818 BPEJ, v současné době po aktualizacím a rebonitačním mapování v posledních desetiletích je pro území České republiky provedeno vymezení 2199 BPEJ.¹⁰²

První číslice v daném schématu kódu BPEJ je značena příslušnost ke klimatickému regionu. Tyto klimatické regiony jsou vyznačeny na základě podkladů ČHMÚ, a to hlavně pro účely bonitace zemědělského půdního fondu a uskutečňují souhrn území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. Jak již bude představeno níže, tak v České republice se provedlo vymezení 10 klimatických regionů.¹⁰³

Druhá a třetí číslice provádí vymezení příslušnosti k hlavní půdní jednotce. V tomto ohledu je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka, jež má charakter účelového seskupení genetických půdních typů, subtypů, zrnitosti, půdního typu či reliéfu území.

⁹⁹NĚMEC, Jiří Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: *Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky*. 2001. ISBN 80-85898-90-X.

¹⁰⁰VOPRAVIL, Jan. Co může zemědělec dělat pro to, aby chránil půdu a zachoval její funkce? [online]. 2015, 17.9.2015 [citováno 2023-01-29]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jan-vopravil-co-muze-zemedelec-delat-pro-to-aby-chranil-pudu-a-zachoval-jeji-funkce> [citováno 2023-01-19].

¹⁰¹BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128-56-3.

¹⁰²NOVÁK, Pavel a kol. Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy: *Výstup V01 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2009. 33 s.

¹⁰³MAŠÁT, Karel a kol. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované a doplněné vyd. Praha: VÚMOP, 2002. 113 s. ISBN 80-238-9095-6.

Čtvrtá číslice je prováděna stanovením kombinací sklonitosti a expozice pozemku ke světovým stranám. Je to zapříčiněno tím, že oba faktory spolu vzájemným způsobem mají souvislosti a společným způsobem mají podíl na kvalitě dané výsledné BPEJ. Zde tak na sklonitost území má vliv obhospodaření pozemku. U expozice pozemku je to dáno tak, že je zde vliv i vegetačních podmínek vzhledem k rozdílným teplotám.

Pátá číslice je určována kombinací hloubky půdního profilu a jeho skeletovosti. Jsou to dvě obdobné charakteristiky, které výrazným způsobem mají vliv na hospodaření na půdě a její funkce.

Tabulka 6 BPEJ

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ	Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu 0-9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky 01-78
x.xx.Xx	4.	sdužený kód sklonitosti a expozice 0-9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy 0-9

Zdroj: VÚMOP, dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11]

Kód BPEJ má možnost odvození z potenciální retenční schopnosti půdy, míry schopnosti půdy poutat kontaminanty aj. BPEJ je užívána pro samotné hodnocení záborů a vyčíslení výše poplatku za odnětí zemědělské půdy, územně plánovací proces a mnohé další procesy.

104

Půdně ekologická jednotka je charakterizována jako specifický územní celek, který má v důsledku působení složek prostředí jako je půda, klima a reliéf konkrétní vlastnosti, které jsou vyjádřené určitou hodnotou produkčního materiálu

Hlavní půdní jednotka je vyjádřena jako syntetická agronomizovaná jednotka, jenž má charakter účelového seskupení genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitostním složením, hloubkou půdního profilu, skeletovostí, typem a stupněm hydromorfismu či výraznou sklonitostí. Celkový počet hlavních půdních jednotek v bonitačním pásmu je stanoveno na hodnotu 78. Z geneticko-agronomického hlediska jsou tvořeny třinácti základními skupinami půd.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Základní charakteristiky BPEJ [online]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis> [citováno 2023-01-09].

¹⁰⁵ Klíč k použití Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) [online]. 2017 Dostupné z: https://uapmv.af.mendelu.cz/wcd/w-af-uapmv/doc/bpej_publikace.pdf [citováno 2023-01-09].

Hlavní půdně klimatická jednotka bere v potaz hlavní půdní jednotku a současně klimatický region. V České republice je užíváno skoro 300 hlavních půdně klimatických jednotek.¹⁰⁶

Skeletovitost půdy vyjadřuje množství půdních částic neboli obsah skeletu v ornici a v podorniční vrstvě. Dle obsahu skeletu je skeletovitost půdy označována jako : 5-10 % s příměsí skeletu (kód 0), 10-25 % slabě skeletovitá (kód 1), 25-50 % středně skeletovitá (kód 2), více než 50 % silně skeletovitá (kód 3) a nad 80 % skeletovitá. Velikost půdních částic je dána rozlišením na hrubý písek 2-4 mm, štěrk 4-30 mm, kamení více než 30 mm a balvany více než 300 mm.¹⁰⁷

Hloubka půdy je definována jako hloubka půdního profilu, která je omezená pevnou horninou nebo silnou skeletovostí, kdy má více než 50 % skeletu.¹⁰⁸ Je kategorizována na půdu hlubokou, tedy více jak 60 cm neboli kód 0, půda středně hluboká s 30-60 cm a jako kód 1 a půda mělká, která má mocnost méně než 30 cm neboli kód 2.

Bodové hodnocení produkční funkce-produkční materiál

Produkční potenciál vyjadřuje výnosové relace hlavních plodin (pšenice, kukuřice na siláž, ječmen, víceleté píce) nebo celkové produkce rostlinné výroby mezi různými půdně-klimatickými a reliéfovými podmínkami. V současné době používaná bodová metoda ocenění byla zpracována Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy počátkem 80. let analýzou vztahů mezi hektarovými výnosy na přesně definovaných 7 000 stanovištích.¹⁰⁹ Bodové ocenění jednotlivých BPEJ vychází z relativního ocenění hlavních půdních jednotek, zrnitostního složení půdy, svažitosti a expozice, skeletovitosti a hloubky půdy a koeficientu klimatického regionu. K hodnocení produkčního potenciálu je použita synteticko-parametrická metoda jednotného bodového hodnocení BPEJ v ČR podle vzorce:¹¹⁰

$$PPBPEJ = (BHPJ + BZ + BSE + BSH) \cdot KKR \quad (28)$$

PPBPEJ ...produkční potenciál BPEJ

¹⁰⁶ Základní charakteristiky BPEJ [online]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis> [citováno 2023-01-09].

¹⁰⁷ Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Skeletovitost [online]. Dostupné z: https://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showKategorie&id_categoryNode=539 [citováno 2023-01-09].

¹⁰⁸ Základní charakteristiky BPEJ [online]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis> [citováno 2023-01-09].

¹⁰⁹ BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128- 56-3.

¹¹⁰ NĚMEC, Jiří Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky. 2001. ISBN 80-85898-90-X.

BHPJ ... body za hlavní půdní jednotku v rozsahu 1–50 bodů
BZ ... body za zrnitost v rozsahu 5–25 bodů
BSE ... body za svažitost (S) a expozici (E) v rozsahu 0–10 bodů
BSH ... body za skeletovitost (S) a hloubku půdního profilu (H) v rozsahu 0–15 bodů KKR koeficient za klimatický region v rozsahu 0,60 – 1,00

Bodová hodnota je součtem bodových hodnot pro ocenění jednotlivých půdních složek a vlastností. Postup bodového hodnocení potenciálu produkční funkce se stal podkladem a návodem metodického postupu při bodovém hodnocení potenciálu všech environmentálních funkcí půd. Potenciály některých mimoprodukčních funkcí mohou a jsou sice vyjádřeny v měřitelných jednotkách (infiltrace a retence vody), potenciály dalších environmentálních funkcí (pufrace a transformace) však vyjádřit v měřitelných jednotkách nelze. Proto i při hodnocení těchto funkcí byly měřitelné jednotky vyjádřeny zároveň i bodově, čímž se dosáhlo jednotného zpracování všech potenciálů funkcí půdy, produkční funkce i funkcí mimoprodukčních.¹¹¹

Úřední a tržní ceny zemědělské půdy v České republice

Hodnota půdy závisí na tom, jakým způsobem by půda měla být člověkem využívána, jaká funkce půd je v daném okamžiku prioritní. Hodnota půdy je odlišná pro zemědělství, lesnictví, zástavbu či z environmentálního hlediska. Hodnota půdy není totožná s cenou půdy. Cena půdy je naproti tomu kapitálová cena výrobního prostředku v zemědělství, stavebního místa a podobně na trhu s půdou. Vztahuje se vždy k určitému pozemku. Oceňování pozemku zohledňuje hospodářskou hodnotu půdy podle účelu, ke kterému je využita. Ocenění zemědělské půdy nezávisí pouze na produkční schopnosti půdy, ale i na čistém zisku (rentním efektu).¹¹² Cena zemědělské půdy může být velmi odlišná dle potřeb, pro které je kalkulována. Jsou rozlišovány dvě základní ceny zemědělské půdy. Je to cena úřední, která je stanovena výnosovou metodou na základě bonitace zemědělského půdního fondu a je určena a využívána především pro fiskální potřeby státu. Druhou rozlišovanou cenou zemědělské půdy je cena tržní, která vyplývá z nabídky prodávajících a poptávky kupujících po půdě a je využívána na trhu s půdou.¹¹³ S příchodem tržní ekonomiky byl Výzkumný ústav ekonomiky zemědělství a výživy Praha pověřen zpracováním úřední ceny zemědělské půdy s využitím

¹¹¹ NOVÁK, Pavel a kol. Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy: *Výstup V01 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2009. 33 s.

¹¹² MAŠÁT, Karel a kol. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované a doplněné vyd. Praha: VÚMOP, 2002. 113 s. ISBN 80-238- 9095-6.

¹¹³ MAŠÁT, Karel a kol. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované a doplněné vyd. Praha: VÚMOP, 2002. 113 s. ISBN 80-238- 9095-6.

výsledků bonitace českého zemědělského půdního fondu. Úřední cena je vytvořena k jednotlivým BPEJ, kde je brán v úvahu klimatický region, hlavní půdní jednotka (HPJ), skeletovitost a hloubka půdy, svažitost a expozice půdy. Pro každou BPEJ byly stanoveny úřední ceny zemědělské půdy, a to na základě ekonomického ocenění hrubého ročního rentního efektu (HRRE) rostlinné výroby v daných půdně-klimatických podmínkách při normativně stanovené efektivnosti hospodaření. Úřední cena půdy je tedy stanovena výnosovou metodou, to znamená, že odpovídá výnosu, který je skutečně dosahován či je obvyklý.¹¹⁴

Postup stanovení současné úřední ceny zemědělské půdy:

- 1) Určení BPEJ zemědělské půdy
- 2) Zařazení BPEJ do oceňovací typové struktury – každá BPEJ je zařazena do některé OTS (celkem 38 struktur), OTS reprezentují pro jednotlivé skupiny půd (skupiny BPEJ) agronomicky zdůvodněné proporce zastoupení oceňovacích plodin.

- 3) Stanovení normativní parametrizované produkce:

$$\text{Cena parametrizované produkce (CPP)} = V_p \cdot k_c \cdot k_s \cdot kk_s \cdot CKR \quad (30)$$

V_p ... parametrizovaný naturální výnos oceňovacích plodin byl stanoven pro každou hlavní ... půdně-klimatickou jednotku (HPKJ) v t/ha

k_c ... korekční koeficient pro expozici – byl stanoven pro každou BPEJ

k_s ... korekční koeficient pro svažitost – byl stanoven pro každou BPEJ

kk_s ... korekční koeficient pro hloubku a skeletovitost zemědělské půdy – byl stanoven pro každou BPEJ

CKR normativní tržní ceny jednotlivých oceňovacích plodin v Kč/t – byly stanoveny ceníky dle ČSU a definované pro každý KR, byly zastoupeny v OTS.

- 4) Ekonomické ocenění:

$$\text{Hrubý roční rentní efekt HRRE} = \sum Re_i \quad (31)$$

HRRE ... je dán součtem rentních efektů jednotlivých plodin v dané typové struktuře

RE ... rentní efekt jednotlivých zemědělských plodin oceňovacích typových strukturách rostlinné výroby.

Pro každou zastoupenou oceňovací plodinu byl vypočten RE:

$$RE_i = \{CPP_i - (nNPP_i + Z_n)\} \cdot KOTS \quad (32)$$

Z_n ... normativní zisk ve vztahu k normativním nákladům,

$Z_n = 10\% NPP \cdot KOTS$... koeficient (podíl) zastoupení dané plodiny v dané oceňovací struktuře

¹¹⁴NĚMEC, Jiří Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky. 2001. ISBN 80-85898-90-X..

NPP normativní náklad na parametrizovanou produkci v Kč/ha, stanoví se ze vztahu:

$$NPP = N_e \cdot k_p \cdot k_i \quad (33)$$

N_e ... normativní bazické nákladové parametry jednotlivých oceňovacích plodin v Kč/ha,

k_p ... korekční koeficient vyjadřující nákladové vlivy rozdílných přírodních podmínek

k_i ... korekční koeficient vyjadřující nákladové vlivy rozdílné úrovně parametrizovaných výnosů.

Úřední cena zemědělské půdy se stanoví následovně.

$$\dot{U}CZPBPEJ = BCZP + (HRRE \cdot D)/U \quad (34)$$

$\dot{U}CZPBPEJ$... úřední cena zemědělské půdy jednotlivých bonitovaných půdně-ekologických jednotek v Kč/ha,

$BCZP$... bazická cena zemědělské půdy v Kč/ha,

D ... celkový podíl nezdaněné rostlinné produkce = $(100 - DP)/100$,

kde DP ... daň z příjmu,

U ... míra kapitalizace (úroková míra).

Úřední ceny půdy slouží především k výpočtu daně z pozemku (nemovitosti), ke stanovení náhrad při vyvlastnění, ke stanovení odměn notářů, ke stanovení prodejní ceny zemědělských pozemků ve vlastnictví státu, při směně pozemků v případě provádění pozemkových úprav atd. Výchozím předpisem pro oceňování půdy je ovelizovaný zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a nová oceňovací vyhláška č. 441/2013 Sb.¹¹⁵ Slouží například k oceňování pozemků pro účely daně z nabytí nemovitých věcí. Zjednodušeně lze říci, že čím vyšší BPEJ, tím kvalitnější půda a tím vyšší státem stanovená cena. Ceny dle BPEJ byly od r. 2014 zvýšeny o 15 %. Upravuje je příloha č. 4 k vyhlášce č. 441/2013 Sb. (*Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku*).¹¹⁶

Průměrné ceny zemědělských pozemků v katastrálním území slouží jako základ daně zemědělských pozemků. Cena půdy se zjišťuje vynásobením skutečné výměry pozemku průměrnou cenou zemědělské půdy v daném katastrálním území, stanovenou v Kč/m². Průměrná úřední cena půdy se určí jako vážený průměr z BPEJ, a to v každém katastrálním území. Průměrná cena zemědělské půdy byla zavedena pro fiskální potřeby z důvodu neúplnosti převodu jednotlivých BPEJ na pozemky v katastru nemovitostí.

Tržní cena zemědělské půdy je závislá na mnoha faktorech. Především se odvíjí od poptávky a nabídky po půdě jako takové, ale v konečném výsledku je dána konkrétní dohodou mezi kupujícím a prodávajícím. Půda je jedním ze základních výrobních faktorů, její celková

¹¹⁵BRADÁČ, Albert; Změny předpisů pro oceňování věcí nemovitých od 1. ledna 2023. [online] Dostupné z: <https://portaro.mfcr.cz/records/> [citováno 2023-08-04]

¹¹⁶BRADÁČ, Albert; Změny předpisů pro oceňování věcí nemovitých od 1. ledna 2023. [online] Dostupné z: <https://portaro.mfcr.cz/records/> [citováno 2023-08-04]

nabídka je omezená. Na tržní cenu půdy má největší vliv poloha pozemku a možný způsob jeho užití. Poptávka po půdě je ovlivňována současnými podmínkami a všemi okolnostmi českého a zároveň i evropského zemědělství a jeho předpokládaným vývojem. Jedním z nejdůležitějších činitelů ovlivňujících poptávku po půdě je dotační zemědělská politika České republiky a EU.¹¹⁷

Vliv finančních podpor, poskytovaných subjektům, hospodařícím na půdě, na ceny půdy

Státní podpory do zemědělství mají vliv na tržní cenu půdy. V závislosti na výši dotace se odvíjí i tržní cena zemědělské půdy (pro zemědělské využití). Většinou působí nepřímo úměrně vzhledem k tomu, že na méně kvalitnější půdy bývá větší dotace. Právo na dotaci má vlastník nebo nájemce, který na půdě hospodaří. Ceny pozemků v České republice budou i v budoucnu závislé na dotační politice státu či Evropské unie. V současné době je půda spíše odkupována prosperujícími zemědělci. Jelikož je půda v České republice levnější než v jiných státech, kupuje půdu také plno zahraničních subjektů. Trh pro zahraničí byl uvolněn v roce 2011.

Třídy ochrany zemědělského půdního fondu a navazující legislativa

Třídy ochrany zemědělského půdního fondu je účelové seskupení všech platných BPEJ do pěti tříd ochrany proti odnímání ze ZPF na územním principu a na principu jejich produkčního potenciálu. Nejvyšší ochranu mají celostátně nejlepší půdy s nejvyšším produkčním potenciálem i ve všech klimatických regionech bonitační soustavy. Návrh vymezení tříd ochrany zemědělského půdního fondu a metodický postup k jejich vymezení zpracovali.¹¹⁸ Vypracování vzešlo z podnětu, že se dřívější opatření k ochraně půdního fondu ukázalo jako komplikované a naprosto nedostatečné, což bylo dokumentováno velkým úbytkem zemědělské půdy, především té vysoce kvalitní od roku 1945 až do přijetí nového zákona. Předložený, a nakonec přijatý návrh byl založen na předpokladech, že je nutné trvale zabezpečit potravinovou bezpečnost státu, dále že je nezbytné chránit nejlepší půdy proporcčně ve všech klimatických a půdně-ekonomických regionech, a že je nutné zároveň chránit vodohospodářsky, rekreačně a ekologicky cenné území. Zdrojem poznatků a informací se stal rozbor účinnosti, dosud uplatňovaný systém odvodů za odnímání zemědělské půdy, studium teoretických problémů pozemkové renty a zásad ochrany půdy v

¹¹⁷NĚMEC, Jiří Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky. 2001.ISBN 80-85898-90-X.

¹¹⁸REJFEK, František a kol. Bonitace čs. zemědělských půd a směry jejich využití. V díl. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky,1990 238 s.

zahraničí, aktualizace numerických informací ekonomického bloku bonitační datové báze o prognóze možnosti využití některých zemědělských půd pro produkci včetně vymezení zemědělských půd, potenciálně využitelných pro extenzivní zemědělskou výrobu. Při postupu vymezení tříd ochrany ZPF se vyšlo ze tří zásad. Jsou to:

- 1) rozbor kapitalizovaných hrubých ročních rentních efektů jednotlivých BPEJ vypočítaných pro bodové hodnocení produkčního potenciálu a pro soustavu úředních cen zemědělských pozemků,
- 2) rozdělení jednotlivých tehdejších BPEJ (1818) do navržené stupnice tříd ochrany s průběžnou korekcí jejich zařazení podle klesajících hodnot produkce, vybraných agronomických charakteristik a podílu jejich výměry na rozloze zemědělského půdního fondu ČR
- 3) kvantifikace počtu a podílu BPEJ v jednotlivých třídách ochrany podle klimatických regionů bonitační soustavy.

Diferenciace BPEJ do navržených pěti tříd ochrany zemědělské půdy byla orientována a stanovena tak, aby v přiměřeném rozsahu byly proporčně chráněny nejlepší půdy ve všech klimatických regionech bonitační soustavy. Do I. třídy ochrany ZPF byly zařazeny bonitně (produkčně) nejvzácnější půdy v jednotlivých klimatických regionech, převážně v rovinných nebo mírně sklonitých polohách, které by byly obtížně, jen se souhlasem vyšších správních jednotek, odnímatelné ze ZPF a které by byly zatíženy vysokými poplatky za vynětí a to podle násobku platných úředních cen. Tyto půdy mívají na vysoké úrovni i ekologické funkce – retenci a infiltraci vody, dobré pufrční a transportní schopnosti. Do II. třídy ochrany byly zařazeny zemědělské půdy, které mají v rámci jednotlivých klimatických regionů nadprůměrnou produkční schopnost. Tyto půdy jsou také obtížně odnímatelné, jen se souhlasem správních orgánů při nezbytných případech. I tato třída ochrany zemědělských půd je charakteristická vysokými potenciály mimoprodukčních funkcí. Do III. třídy ochrany jsou řazeny zemědělské půdy v jednotlivých klimatických regionech s průměrným produkčním potenciálem. Jedná se o střední stupeň ochrany. O odnímání ze ZPF rozhodují střední nebo výjimečně i nižší správní orgány ochrany. Stejně jako u produkční funkce vykazují půdy ve III. třídě ochrany průměrné mimoprodukční funkce. Do IV. třídy ochrany jsou zařazeny půdy převážně s podprůměrnou produkční schopností v rámci příslušných klimatických regionů jen s omezenou ochranou. Půdy v této a následující třídě je možné využít k zástavbě či převodu do lesních ploch. O jejich odnětí rozhodují nižší orgány státní správy. Do V. třídy ochrany jsou zařazeny půdy, které mají velmi nízký produkční potenciál. Většinou jsou mělké, skeletovité, hydromorfní, velmi svažitě a erozně ohrožené. O odnětí rozhodují nižší orgány

státní správy. Dle zvláštních předpisů je půda dále chráněna ve zvláštních oblastech např. v národních parcích, chráněných územích atd.

Bonita půd

Pod slovem bonita půdy si představujeme vyjádření stupně úrodnosti půdy v produkčním smyslu. Z daného hlediska je takto určována řadou přírodních činitelů, a to hlavně obsahem minerálních živin. Zde tak významným způsobem mají na ni vliv i hospodářské zásahy a různé vlivy člověka. Zdraví půdy je základem produktivních zemědělských postupů. Úrodná půda poskytuje rostlinám základní živiny. Důležité fyzikální charakteristiky půdní struktury a agregace umožňují infiltraci vody a vzduchu a prozkoumávání kořenů. Kvalita půdy je to, jak dobře půda dělá to, co chceme, aby dělala. Kvalita půdy je schopnost specifického druhu půdy fungovat tak, aby udržela produktivitu rostlin a zvířat, udržela nebo zlepšila kvalitu vody a vzduchu a podpořila lidské zdraví a bydlení.¹¹⁹ Kyselost - pH půdy je dalším důležitým aspektem úrodnosti půdy. pH není rostlinná živina, ale spíše měřítko kyselosti půdy. Většina plodin roste nejlépe, když pH půdy klesne mezi 6,2 a 6,8. To je rozsah, ve kterém kořeny rostlin mohou nejlépe absorbovat většinu živin z půdy.¹²⁰ Organická hmota se skládá z rostlinných a živočišných zbytků, živých a mrtvých půdních mikroorganismů a látek produkovaných rozkladem. Většina zemědělských půd obsahuje pouze malý podíl organické hmoty (obvykle méně než 5 %), ale toto malé množství hraje velmi velkou roli v kvalitě půdy. Organická hmota půdy má tendenci zlepšovat úrodnost půdy, strukturu půdy a biologickou aktivitu půdy. Organická hmota se do půdy přidává prostřednictvím krycích plodin, hnoje, kompostu a střídání plodin.

Textura půdy je důležitou charakteristikou půdy, která ovlivňuje mnoho aspektů kvality půdy. Texturní třída půdy je určena procentem písku, bahna a jílu. Půdy jsou obvykle tvořeny směsí tří velikostí částic. Částice písku jsou relativně velké, částice jílu jsou ve srovnání s pískem velmi malé a částice bahna jsou středně velké. Částice hlíny a bahna zadržují na svém povrchu více vody a živin pro rostliny než částice písku. Textura půdy je přirozenou vlastností půdy a nemění se při různých způsobech hospodaření.¹²¹

¹¹⁹ HOUBEN, Saskia. Praktické informace pro zdraví půdy [online]. Dostupné z: https://orprints.org/id/eprint/43505/3/43505_Best4Soil_Soil-health-practical-information_CZ.pdf [citováno 2023-01-24].

¹²⁰ STHANSTROM, Nathalie. What is Soil Structure and Why is it Important? [online]. 2021, 23.6.2021 Dostupné z: <https://www.deeproot.com/blog/blog-entries/what-is-soil-structure-and-why-is-it-important-2/> [citováno 2022-12-27].

¹²¹ PALMER, Robert. Introductory Soil Science Laboratory Manual. Oxford University Press, 1995. ISBN 9780195094367.

Znalost struktury půdy poskytuje poměrně dost informací o tom, jak dobře půda zadržuje vodu, zadržuje a uvolňuje živiny a jak reaguje na různé postupy zpracování půdy. Například jílovitá půda pojme více živin a více vody ve srovnání s písčitou půdou, ale bude náchylnější ke zhutnění při orbě a kultivaci.¹²² Zatímco textura půdy je podílem tří typů půdních částic (písek, bahno a jíl), struktura půdy se týká toho, jak jsou tyto částice uspořádány v prostoru. Nemůžeme změnit texturu půdy, ale můžeme spravovat půdy, abychom zlepšili strukturu půdy. Půda s dobrou strukturou má přibližně 40-60 % svého objemu v prostoru pórů neboli prázdném prostoru mezi částicemi půdy. Voda a vzduch se mohou dostat do těchto prostorů pórů a do těchto prostorů mohou prorůst kořeny.¹²³ Ve zdravé půdě částice písku, bahna a jílu neplavou samy od sebe. Jsou spojeny s dalšími částicemi, kousky organické hmoty a malými póry do půdních agregátů. Pevnější a stabilnější agregáty drží pohromadě, i když zasáhne dešťová kapka nebo rozdrťí krok. Hrstka zdravé půdy se zdá drobná a lehká, hlavně díky těmto stabilním agregátům. Ke zhutnění půdy dochází, když jsou agregáty půdy přitlačeny blíže k sobě a póry se zmenšují. K tomu obvykle dochází, když těžké traktory, nákladní automobily a další stroje jezdí po půdě, zejména pokud je půda mokrá. Půdy se mohou zhutňovat na povrchu, ale i na vrstvě zeminy těsně pod hloubkou zpracování půdy (zhutnění podloží). Rostliny mají potíže s růstem v utužené půdě, protože půdní agregáty jsou stlačeny k sobě a ponechávají malý prostor v pórech pro vzduch a vodu, které jsou nezbytné pro růst kořenů. Kapacita zadržování vody v půdě je množství vody, které je daná půda schopna zadržet a poté dát k dispozici plodinám. Kapacita zadržování vody je do značné míry určena texturou půdy a množstvím pórů v půdě, kde se nachází voda a vzduch.¹²⁴ Písčité půdy mají nižší schopnost zadržovat vodu, zatímco bahnité a jílovité půdy mívají vyšší schopnost zadržovat vodu. Plodina pěstovaná v písčité půdě bude muset být zavlažována častěji, ale s menším množstvím vody, než plodina pěstovaná v jílovité nebo bahnité půdě. Jílovitá nebo bahnitá půda pojme více vody, kterou plodina využije, takže ji lze zavlažovat méně často. Zhutněné půdy mají menší pórový prostor pro vodu, a proto mají nižší kapacitu zadržování vody. Zdravá půda se hemží živými organismy: bakteriemi, houbami, hmyzem, žížalami atd. Jak tyto živé bytosti procházejí svými životními cykly, plní mnoho funkcí, které

¹²² STHANSTROM, Nathalie. What is Soil Structure and Why is it Important? [online]. 2021, 23.6.2021
Dostupné z: <https://www.deepproot.com/blog/blog-entries/what-is-soil-structure-and-why-is-it-important-2/>
[citováno 2022-12-27].

¹²³ NOVÁK, Pavel a kol. Hodnocení transformační funkce půdy a hodnocení narušených modelových území: Výstup V04 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089). Praha: VÚMOP, 2012. 31 s.

¹²⁴ Jak zadržet vodu v půdě a co ovlivňuje její (ne)dostatek [online]. 2017, 18.9.2017 [cit. 2023-01-24].
Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/jak-zadrzet-vodu-v-pude-a-co-ovlivnuje-jeji-ne-dostatek-296>

pomáhají zlepšovat kvalitu půdy. Půdní organismy rozkládají čerstvou organickou hmotu, jako jsou zbytky plodin a zvířecí hnůj.¹²⁵

Střídání plodin, osevní postupy

Střídání plodin je mimořádně důležité pro kvalitu půdy. Rozumíme jí rotaci plodin na určitém zemědělském pozemku. Je to jedna z nejstarších agronomických praktik, využívaná po staletí. Už naši předci měli povědomí o tom, které plodiny jsou schopny zlepšovat půdní prostředí, ačkoli si to nedokázali zdůvodnit. Například schopnost luštěnin vázat dusík je využita ve většině osevních postupů napříč různými typy zemědělské výroby. S dostupností dusíku z průmyslových zdrojů se ale osevní postupy zkrátily a přednost dostávaly striktně tržní plodiny. Zvýšila se produkce a výnosy, zlepšil se marketing, ale vedlo to k degradaci půdy. V polovině 20. století panoval názor, že syntetická hnojiva a pesticidy mohou navždy nahradit přirozenější způsob získávání živin pro rostliny, a to střídání plodin (a přidání plodin fixujících dusík do osevního postupu) a dále využití organických hnojiv. Tato cesta vedla k ničení půd, ztrátám půdního humusu, půdních organismů, struktury a vody. Zkušenosti současné doby ukazují, že vhodné osevní postupy umožňují trvalou a udržitelnou produkci, protože podporují zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy.¹²⁶

4.10. Vybrané mimoprodukční funkce půdy

Předmětem analýzy této práce jsou mimoprodukční funkce půdy. Tyto funkce představují základy pro udržitelné zemědělství, ekologickou stabilitu a správný environmentální management. Jako klíčové funkce, které jsou předmětem analýzy v této práci, byly identifikovány zadržování vody v půdě, protierozní funkce půdy, sekvestrace uhlíku a zachování biodiverzity. Tyto funkce patří spolu s např. rekreační a krajinnotvornou funkcí mezi nejdůležitější mimoprodukční funkce půdy.

Zadržování vody

Retence vody v půdě je základním předpokladem pro zemědělskou produktivitu a odolnost ekosystémů proti změnám klimatu. Půda s vysokou schopností zadržet vodu podporuje růst rostlin, zvyšuje účinnost využití vody a snižuje potřebu zavlažování.¹²⁷ V kontextu stále častějších suchých období je tato schopnost půdy zásadní pro zachování vodní rovnováhy a

¹²⁵ ELDOR, Paul. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. Elsevier Science Publishing Co, 2014. ISBN 9780124159556.

¹²⁶ CERVENY Jaroslav, PROCHAZKA, Petr; SOUKUPOVA, Jana. Rooted in Richness: Unearthing the Economic and Ecological Synergy of Crop Rotation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1298897.

¹²⁷ KANDRA, Branislav, et al. Quantification of evapotranspiration by calculations and measurements using a Lysimeter. *Water*, 2023, 15.2: 373.

minimalizaci dopadů sucha. Eroze půdy je závažným problémem, který vede ke ztrátě úrodné vrstvy půdy a má negativní dopad na produkční schopnost půdy. Obecně, voda je jednou z nejdůležitějších součástí půdy. Půda, která má mít pozitivní environmentální využití potřebuje dostatek vody ať už díky srážkám, nebo uměle – zavlažováním. Společenské náklady na vodu v Evropě zahrnují různé dimenze, které odrážejí nejen peněžní cenu za spotřebu, ale také širší ekonomické, environmentální a sociální důsledky využívání vody a hospodaření s ní. Evropský hospodářský a sociální výbor (EHSV) je aktivní při řešení otázek souvisejících s vodou, přičemž zdůrazňuje potřebu zmírnit dopady nedostatku vody a zajistit, aby voda byla klíčovým hlediskem v politikách zemí EU¹²⁸. Zpráva WWF zdůrazňuje nesmírnou ekonomickou hodnotu vodních a sladkovodních ekosystémů v Evropě, která se odhaduje na více než 11 bilionů EUR ročně. Tato hodnota podtrhuje zásadní roli, kterou sladkovodní ekosystémy hrají při podpoře lidského a planetárního zdraví a také jejich přínosu pro ekonomiku. Zpráva poukazuje na naléhavou potřebu politik, které podporují obnovu a ochranu těchto ekosystémů s cílem zajistit udržitelné využívání a dostupnost vody.¹²⁹

Ceny vody jsou složité a výrazně se liší v závislosti na spotřebě, dostupnosti a úrovni příjmu spotřebitelů. Obecně může být poptávka po vodě buď cenově elastická, nebo neelastická, v závislosti na jejím použití a konkrétním kontextu. Pro základní použití, jako je pití a vaření, bývá poptávka vysoce neelastická, což znamená, že spotřebitelská spotřeba neklesá úměrně s růstem cen. Naopak nepodstatná použití jsou citlivější na změny cen. Výzva spočívá ve stanovení ceny vody, která pokryje mezní náklady na dodávky při zohlednění environmentálních a sociálních nákladů, včetně ztrát ekosystémových služeb a alternativního využití vody. Dosažení efektivní ceny vody, která vyrovná potřeby spotřebitelů s náklady na dodávky a udržitelností životního prostředí, je zásadní.¹³⁰

Stanovení přesné ceny za metr krychlový (m³) vody speciálně pro zavlažování v České republice je náročné kvůli rozdílům v cenových strukturách, které mohou záviset na faktorech, jako je region, typ využití a konkrétní vodárenská společnost poskytující službu. Ceny za vodohospodářské služby, včetně zavlažování, jsou regulované a mohou zahrnovat

¹²⁸ European Economic and Social Committee: *Civil society demands an EU Blue Deal to alleviate the social costs of water scarcity in Europe*. [online] Dostupné z : <https://www.eesc.europa.eu/en/news-media/news/civil-society-demands-eu-blue-deal-alleviate-social-costs-water-scarcity-europe#downloads> [citováno 2023-4-12]

¹²⁹ WWF Report: Water crisis threatens €11+ trillion in economic value, food security & sustainability in Europe. Dostupné z : <https://www.wwf.eu/?11990891/WWF-Report-Water-crisis-threatens-over-11-trillion-in-economic-value-food-security-and-sustainability-in-Europe> [citováno 2023-12-27].

¹³⁰ GRAFTON, Rupert Quentin, et al. The price and value of water: An economic review. *Cambridge Prisms: Water*, 2023, 1: e3.

variabilní i fixní náklady, přičemž první jsou založeny na skutečné spotřebě a druhé na faktorech, jako je velikost vodoměru. To má za následek, že konečná cena se u jednotlivých klientů liší, takže průměrná cena je spíše orientační.¹³¹ I když konkrétní informace o cenách závlahové vody nebyly přímo k dispozici, obecný kontext pro tvorbu cen vody v České republice naznačuje strukturu, která zohledňuje jak poplatky založené na spotřebě, tak pevné platby. Tato struktura bude pravděpodobně platit také pro zemědělské nebo závlahové využití vody, i když s možnými úpravami nebo dotacemi vzhledem k hospodářskému a sociálnímu významu zemědělství.

Pro přesné a aktuální ceny vody na zavlažování je vhodné konzultovat přímo s místními poskytovateli vodohospodářských služeb nebo s Ministerstvem zemědělství ČR, protože sazby se mohou lišit podle lokality a konkrétních požadavků na spotřebu vody. Vzhledem k regulované povaze cen vody by navíc mohl konkrétnější pohled poskytnout nahlédnutí do cenového věstníku vydávaného Ministerstvem financí ČR nebo do rozhodnutí valné hromady Asociace vodárenských společností v ČR.¹³²

Protierozní funkce půdy

Protierozní funkce půdy je nezbytná pro prevenci půdní degradace a udržení úrodnosti půdy. Různé druhy porostů, jako jsou lesy nebo travnatá vegetace, zvyšují odolnost půdy proti erozi, a tím přispívají k zachování krajinné stability.¹³³

Sekvestrace uhlíku

Další významný aspekt oceňování půdy pochází z její role při sekvestraci uhlíku. Půda má vysoký potenciál pro zmírňování změny klimatu prostřednictvím ukládání uhlíku.¹³⁴

Zachování biodiverzity

Zachování biodiverzity, včetně bohatství druhů, je rovněž klíčovou funkcí půdy. Biodiverzita půdy hraje rozhodující roli v ekosystémových službách, jako je rozklad organické hmoty, cyklování živin a potlačení chorob. Zdravá půda s vysokou biodiverzitou podporuje udržitelné zemědělské systémy a přispívá k celkové odolnosti ekosystémů.¹³⁵ Biologická rozmanitost, která je vlastní zemědělské a lesní půdě, hraje zásadní roli při udržování rovnováhy ekosystémů a poskytování řady služeb nezbytných pro zdravé životního prostředí i

¹³¹ VODAQUA :Ceny vody. [online]. Dostupné z: <https://www.vodakva.cz/en/about-water/water-price.html> [citováno 2024-01-30]

¹³² Vodárenství. [online] Dostupné z: <https://www.czwa.cz/vodarenstvi-CZ254> [citováno 2023-01-29].

¹³³ Li, Qiang, et al. Progress of research on soil erosion resistance of plant roots and future prospects. *Journal of Agriculture Resources and Environment*, 2020, 37.1: 17.

¹³⁴ LAL, Rattan. Soil management for carbon sequestration. *South African Journal of Plant and Soil*, 2021, 38.3

¹³⁵ BACH, Elizabeth M., et al. Soil biodiversity integrates solutions for a sustainable future. *Sustainability*, 2020, 12.7: 2662.

pro blaho lidí. V zemědělské krajině biologická rozmanitost podporuje funkce ekosystému, jako je opylování, úrodnost půdy a kontrola škůdců, čímž přímo ovlivňuje produktivitu a udržitelnost plodin. Tato biologická rozmanitost zajišťuje odolnost životně důležitých ekosystémových služeb, které jsou klíčové pro dlouhodobou potravinovou bezpečnost a zemědělskou produktivitu.^{136,137}

Lesní půda bohatá na biologickou rozmanitost je zásadní pro sekvestraci uhlíku, regulaci klimatu a poskytuje suroviny, podporuje různá průmyslová odvětví a udržuje životy. Rozmanité lesní ekosystémy vykazují větší odolnost vůči škůdcům a chorobám, což přispívá k udržitelnosti dřeva i nedřevěných lesních produktů. Navíc jsou tyto ekosystémy kritické v globálním boji proti změně klimatu kvůli jejich významné roli při ukládání uhlíku.^{138,139}

Současné trendy ve využívání půdy a hospodaření však pro tuto biologickou rozmanitost představují významné hrozby. Výzva spočívá ve vyvažování ekonomických cílů s ekologickými a sociálními imperativy. Koncept ekosystémových služeb poskytuje rámec pro pochopení mnohostranných výhod, které biologická rozmanitost nabízí. Například biodiverzita zemědělské půdy nejen podporuje růst plodin, ale také přispívá k regulaci vody a koloběhu živin, což zdůrazňuje její ekonomický a environmentální význam.^{140,141}

Rekreační a krajnotvorná funkce

Rekreační hodnota půdy představuje důležitou součást hodnocení ekosystémových služeb, které půda poskytuje. Půda může být využívána k rekreačním účelům různými způsoby, včetně turistiky, sportovních aktivit, pikniků, nebo jako prostor pro relaxaci a spojení s přírodou. Zjišťování této hodnoty umožňuje lepší pochopení a ocenění přínosů půdy pro lidskou společnost a podporuje udržitelné plánování a management přírodních zdrojů. K určení rekreační hodnoty půdy se často využívají metody netržního hodnocení, jelikož tradiční tržní mechanismy mohou selhávat v adekvátním ocenění ekosystémových a rekreačních služeb.^{142,143}

¹³⁶ FURDYCHKO, Orest, et al. Forestry of Ukraine: problems and way of solutions. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 2022, 12.3.

¹³⁷ WHITE, Dominic; WINCHESTER, Niven. Logs or permits? Forestry land use decisions in an emissions trading scheme. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2023, 67.4: 558-575.

¹³⁸ NAGY, Adrienn; LAURIK, László. Sale of Agricultural and Forestry Land in Enforcement Proceedings in Hungary. *J. Agric. Env't L.*, 2022, 17: 93.

¹³⁹ DUAN, Jiakun, et al. Consolidation of agricultural land can contribute to agricultural sustainability in China. *Nature Food*, 2021, 2.12: 1014-1022.

¹⁴⁰ BEILLOUIN, Damien, et al. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global change biology*, 2021, 27.19: 4697-4710.

¹⁴¹ CARDINALE, Bradley J., et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 2012, 486.7401: 59-67.

¹⁴² PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press, 1989

4.11. Současné systémy hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy

Hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy je velmi složité a komplikované vzhledem k možnostem přístupů hodnocení, a hlavně také množství charakteristik jednotlivých funkcí půdy. Problémovost tohoto tématu je také důvodem, proč nebyl doposud zpracován plně fungující a používaný systém hodnocení mimoprodukčních (ekologických, environmentálních, estetických, kulturních) funkcí zemědělské půdy v České republice, pokud není bráno v úvahu vymezení „Tříd ochrany ZPF“. Autoři jako např. Vilček a Bujnovský a další se zabývají možnými způsoby oceňování funkcí zemědělské půdy.¹⁴⁴ Velmi důležité je také hodnocení ekologických funkcí lesa, jako významného pokryvu půdy. Základy ekonomického hodnocení lesa mohou být obdobné při hodnocení ekologických funkcí půdy.¹⁴⁵ Dle těchto autorů, krátkodobé zisky z využívání krajiny nevyvažují náklady na obnovu jednotlivých složek životního prostředí. Mimoprodukční funkce půdy nejsou zahrnuty do výrobních nákladů. Podle neoklasické environmentální ekonomie by se měla určovat celková hodnota těchto funkcí jako hodnota určité zásoby přírodního kapitálu nebo ekonomická hodnota změny této zásoby (změny kvality životního prostředí), která se projevuje jako změna služeb poskytovaných environmentálními zdroji, či snížení schopnosti půdy zabezpečovat určitou funkci.¹⁴⁶ Jiní výzkumníci uvádí, že cena environmentální služby plně neodráží její společenský význam.¹⁴⁷ Obecně lze identifikovat několik přístupů k hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy.

Expertní metody

Expertní metody se snaží o objektivní, na tržních preferencích nezávislé (v bodech), zhodnocení kvality ekosystémů. Porovnávají významnost různých netržních funkcí v nepeněžní formě a následně se oceňují. Hodnotový význam se vyjadřuje na bázi důchodu,

¹⁴³ BATEMAN, Ian; WILLIS, Kenneth George (ed.). *Valuing environmental preferences: theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries*. Oxford University Press, USA, 2001.

¹⁴⁴ VILČEK, Jozef, BUJNOVSKÝ R.; KOCO, Š. Index environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd. *VÚPOP: Bratislava, Slovakia*, 2010, 44.

¹⁴⁵ ŠIŠÁK, Luděk, PULKRAB, Karel et al. : Valuation of recreational forest functions socio-economic importance in selected areas of the Forests of Czech Republic, state enterprise. 2008 [*Research Report*.] Prague, Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences: 118.

¹⁴⁶ BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128- 56-3.

¹⁴⁷ CHICHILNISKY, Graciela; HEAL, Geoffrey (ed.). *Environmental markets: Equity and efficiency*. Columbia University Press, 2000.

renty, tržeb či nákladů. Velice často je uvažováno o zjišťování nákladů a rizik.¹⁴⁸ Většina již v současné době navržených systémů hodnotí nepřímé tržní náklady.¹⁴⁹

Avoided cost (náklady vyhnutí)

Náklady vyhnutí jsou náklady, které se ušetřily díky správnému plnění mimoprodukčních funkcí půdy, například při zamezení záplav, sesuvů půdy, degradované půdy atd. Vyčíslení těchto nákladů je velmi složité a do jisté míry může být velmi subjektivní, jelikož rozsah dopadů je různorodý a těžko předvídatelný. Tuto metodu v oblasti půdy zmiňují autoři pro Indii.¹⁵⁰

Replacement cost (kompenzační náklady, náklady náhrady)

Kompenzační náklady jsou náklady na výstavbu systémů (vytvořených člověkem), které uměle nahradí mimoprodukční funkce půdy. Jako příklad lze použít náklady na výstavbu akumulací nádrže. Pro zjištění kompenzačních nákladů jsou zapotřebí rozsáhlé finanční analýzy. Tuto metodu ocenění mimoprodukčních funkcí užívají někteří autoři^{151,152}. Autory byly nejprve jednotlivé schopnosti půdy (akumulace, imobilizace rizikových prvků, imobilizace organických polutantů a transformace organických polutantů) obodovány a vyjádřeny v kódech, indexech. Celkem 493 indexů obodovaných na stobodové stupnici bylo následně pomocí metody kompenzačních nákladů oceněno. Funkce půdy akumulovat vodu vychází z finančních nákladů na realizaci akumulací nádrže pro zadržení vody. Funkce imobilizace organických i anorganických kontaminantů je vyjádřena náklady potřebnými na očištění vody v čističkách odpadních vod. Transformační funkce je oceněna náklady potřebnými na očištění kontaminované půdy. Je uvažováno, že se tyto náklady rovnají schopnosti půdy transformovat organické polutanty. V mezinárodním kontextu je tato metoda použita autory pro problém eroze půdy.¹⁵³

¹⁴⁸ SEJÁK, Josef Principles and Methods of the Environmental Evaluation. 2002. Život.Prostr. Vol. 36, No. 1 10 - 13

¹⁴⁹ŠIŠÁK, Luděk, PULKRAB, Karel et al. : Valuation of recreational forest functions socio-economic importance in selected areas of the Forests of Czech Republic, state enterprise. 2008 [Research Report.] Prague, Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences: 118.

¹⁵⁰ GUPTA, Priti. Soil and its economic implications in India. *International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences*, 2013, 2.6: 650-666.

¹⁵¹ŠIŠÁK, Luděk, PULKRAB, Karel et al. : Valuation of recreational forest functions socio-economic importance in selected areas of the Forests of Czech Republic, state enterprise. 2008 [Research Report.] Prague, Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences: 118.

¹⁵² VILČEK, Jozef, BUJNOVSKÝ R.; KOCO, Š. Index environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd. *VÚPOP: Bratislava, Slovakia*, 2010, 44.

¹⁵³GUNATILAKE, H. M.; VIETH, G. R. Estimation of on-site cost of soil erosion: a comparison of replacement and productivity change methods. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 55.2: 197-204.

Tyto náklady neboli prostředky na obnovu jednotlivých složek přírodního prostředí mohou rovněž být použity pro účely hodnocení mimoprodukčních funkcí půdy. Pro výpočet nákladů na revitalizaci (rekultivaci) jsou zapotřebí rozsáhlé finanční analýzy. Příkladem je Hesenská metoda. Tato metoda vyjadřuje hodnotu životního prostředí, váže ekonomické hodnocení ekologických funkcí území na biotopy, ale může být použita i při hodnocení funkcí půdy. Biotop je místní prostředí, které splňuje nároky a požadavky pro existenci určitých rostlinných a živočišných druhů. Ekonomické hodnocení se odvíjí z bodového hodnocení vybraných charakteristik (osmi ekologických a ekonomických faktorů) a jejich převod do peněžní hodnoty na základě nákladů na revitalizaci (rekultivaci). Ocenění aktuálního stavu je prováděno týmem odborníků. Nevýhodou je, že toto subjektivní hodnocení může být nejednoznačné a rozdílné při posuzování ekologického stavu a může narušit vypovídací schopnosti ekologické funkce biotopu.¹⁵⁴ Peněžní hodnota jednoho bodu byla odvozena z průměrných nákladů v ČR na přírůstek bodové hodnoty skutečných revitalizačních akcí. Byla provedena ekonomická analýza 136 revitalizačních projektů, na jejímž základě se dospělo k hodnotě jednoho bodu 12,36 Kč. Peněžní hodnoty ekologických funkcí biotopu se pohybují v rozmezí od nuly do přibližně tisíce Kč/m².¹⁵⁵ V rámci tohoto postupu lze jako další metodu ocenění mimoprodukčních funkcí uvažovat metodu nákladů na prevenci před poškozením těchto funkcí. Náklady rekultivace jsou rovněž použity pro oblast Ruska.¹⁵⁶ Poslední metodou je metoda odstraňujících nákladů.

Metoda odstraňujících nákladů

Tato metoda sleduje, jaké náklady musí být vynaloženy, aby byl odstraněn pokles v environmentální kvalitě jednotlivce či skupiny obyvatel. Tato metoda je použita např. pro oblast vody, resp. vodní eroze.¹⁵⁷

¹⁵⁴MEZŘICKÝ Václav. Environmentální politika a udržitelný rozvoj. Praha: Portál, 2005. 208 s. ISBN 80-7367-003-8.

¹⁵⁵VRÁBLÍKOVÁ, Jiřina a kol.: Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří. II. část. Teoretická východiska pro možnost revitalizace území v modelové oblasti. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2008, 153 s. ISBN 978-80-7414-085-3.

¹⁵⁶TSVETNOV, Evgenij V., et al. Approaches to the accounting of ecosystem services in the economic assessment of land degradation. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2017, 210: 195-205.

¹⁵⁷KATUWAL, Hari B. Demand for water quality: Empirical evidence from a knowledge, attitude, behavior, and choice experiment survey about the Bagmati River in Kathmandu, Nepal. 2012. PhD Thesis. The University of New Mexico.

Preferenční metody

Preferenční metody jsou založené na lidských preferencích, především na ochotě lidí platit za udržení či zlepšení kvality životního prostředí, resp. jednotlivých funkcí půdy. Tento přístup vychází pouze z poptávkové stránky. Důležitou roli sehraává uspokojení potřeb člověka, zabezpečení pocitu zdraví a duševní pohody. Existují dva přístupy hodnocení preferencí. Prvním z nich je metoda odhalených preferencí. Jedná se o nepřímé oceňování kvality složek životního prostředí odvozením z cen na souvisejících trzích, tedy na takových, které jsou s oceňovaným statkem nějak spojené. Obecně z tohoto přístupu také vychází metoda „hedonického oceňování“.¹⁵⁸ Metoda hedonického ocenění je ekonomická technika, která se používá k hodnocení hodnoty statků na základě vlastností, které tyto statky obsahují. Často se aplikuje v kontextu nemovitostí, kde cena nemovitosti je odhadována nebo vysvětlována na základě různých charakteristik, jako jsou velikost, počet ložnic, vzdálenost od centra města, a také na základě environmentálních faktorů, jako je blízkost k parkům nebo úrovně hluku a znečištění. V oblasti environmentální ekonomie se metoda hedonického ocenění často využívá k odhadu ekonomických hodnot nezbožových statků, jako jsou čistý vzduch a voda, tím, že se zkoumá, jak tyto faktory ovlivňují ceny nemovitostí. Tato metoda předpokládá, že lidé jsou ochotni platit více za statky s preferovanými vlastnostmi a že tyto preference jsou odraženy v cenách trhu.¹⁵⁹ Aplikací hedonické metody oceňování pro oblast mimoprodukčních funkcí není mnoho. Například, je tato metoda použita pro erozi půdy v oblasti Nigérie.¹⁶⁰

Druhý přístup je nazýván „odhalování preferencí“ a spočívá v přímém dotazování lidí. Jedná se o metody přímého oceňování služeb environmentálních statků. Jsou také nazývány jako metody „stanovených preferencí“ či „contingent valuation methods“ (CVM). Používá se při nich dotazníková metoda kontingentního hodnocení – hypotetická ochota platit za zlepšení kvality životního prostředí.¹⁶¹ Přesněji se dotazuje respondentů, kolik by byli ochotni zaplatit za konkrétní výhodu, nebo jakou kompenzaci by požadovali za určitou ztrátu. Tato metoda vytváří hypotetické scénáře, ve kterých je respondentům předložena série otázek týkajících se jejich finanční ochoty přispět na zlepšení nebo uchování určitého statku či služby, jako je

¹⁵⁸SEJÁK, Josef Principles and Methods of the Environmental Evaluation. 2002. Život.Prostr. Vol. 36, No. 1 10 - 13

¹⁵⁹ DVOŘÁK, Antonín, et al. Kapitoly z ekonomie přírodních zdrojů a oceňování životního prostředí. 1. vyd. Vysoká škola ekonomická v Praze. Nakladatelství Oeconomica, 2007. s. 196. ISBN 978-80-245-1253-2.

¹⁶⁰ CHAKRABORTY, Kritika Sen; CHAKRABORTY, Avinandan; BERRENS, Robert P. Valuing soil erosion control investments in Nigerian agricultural lands: A hedonic pricing model. *World Development*, 2023, 170: 106313

¹⁶¹ SEJÁK, Josef Principles and Methods of the Environmental Evaluation. 2002. Život.Prostr. Vol. 36, No. 1 10 - 13

například kvalita vody nebo přístup k přírodním rezervacím. Přestože CVM nabízí jedinečnou možnost hodnotit statky bez tržní ceny a je široce využívána v oblasti environmentální ekonomie pro hodnocení ekosystémových služeb, ochrany biodiverzity a škod způsobených znečištěním, čelí také kritice kvůli potenciálním zkreslením a otázkám spolehlivosti a platnosti, jelikož respondentům může být obtížné kvantifikovat hodnotu statků, které nikdy předtím nekupovali, v hypotetických situacích. Pro účely hodnocení půdy ji použili výzkumníci pro oblast Etiopie.¹⁶²

Dalším možným způsobem ocenění v rámci preferenčních metod je oceňování na základě experimentu. Při oceňování je dále možné využít metody komparativního odvození od ceny jiného podobného statku. Někteří autoři, kteří se zabývají hodnocením funkcí lesa, uvádějí metodu komparativního přístupu porovnání významu výstupů.¹⁶³ Jednotlivé funkce jsou rozděleny a ohodnoceny dle významnosti. Ocenění následně probíhá k funkci produkční, která je oceněná výnosy z produkce.

4.12. Diskontování

Diskontování environmentálních služeb zahrnuje hodnocení současné hodnoty ekosystémových služeb, které budou poskytovány v budoucnu. To je v environmentální ekonomice zásadní, protože to ovlivňuje, jak současná rozhodnutí ovlivňují dlouhodobou udržitelnost. Tradiční metody diskontování však často podceňují budoucí environmentální přínosy, což vede k rozhodnutím, která mohou upřednostňovat krátkodobé ekonomické zisky na úkor dlouhodobého environmentálního zdraví.^{164,165}

Model oceňování kapitálových aktiv (CAPM) je základním nástrojem používaným k hodnocení rizika a očekávané návratnosti investic. „Climatic beta“, rozšíření tradičního CAPM, integruje rizika spojená se změnou klimatu do investiční analýzy. Tento model je stále aktuálnější, protože dopady změny klimatu jsou stále výraznější.^{166,167}

¹⁶² KANITO, Dawit; BEDADI, Bobe; FEYISSA, Samuel. Sediment yield estimation in GIS environment using RUSLE and SDR model in Southern Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2023, 14.1: 216761

¹⁶³ ŠIŠÁK, Luděk, PULKRAB, Karel et al. : Valuation of recreational forest functions socio-economic importance in selected areas of the Forests of Czech Republic, state enterprise. 2008 [*Research Report.*] Prague, Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences: 118.

¹⁶⁴ DRUPP, Moritz A. Limits to substitution between ecosystem services and manufactured goods and implications for social discounting. *Environmental and Resource Economics*, 2018, 69: 135-158.

¹⁶⁵ BAUMGÄRTNER, Stefan, et al. Ramsey discounting of ecosystem services. *Environmental and Resource Economics*, 2015, 61: 273-296.

¹⁶⁶ ZERBIB, Olivier David A Sustainable Capital Asset Pricing Model (S-CAPM): Evidence from Green Investing and Sin Stock Exclusion. *Capital Markets - Asset Pricing eJournal*. 2020

Integrace klimatické beta do CAPM představuje významný pokrok ve finančním modelování. Umožňuje investorům zohlednit rizika a příležitosti, které představuje změna klimatu, a sladit investiční strategie s udržitelností životního prostředí. Tento přístup je nezbytný nejen pro snížení rizik souvisejících s klimatem, ale také pro podporu odpovědného investování, které podporuje ekologickou ochranu.¹⁶⁸

Závěrem lze říci, že diskontování environmentálních služeb a zahrnutí klimatické beta do CAPM jsou kritickými faktory jak v environmentální ekonomii, tak ve finanční analýze. Tyto přístupy poskytují rámce pro vyvážení hospodářského rozvoje a ochrany životního prostředí, což je klíčové pro dosažení udržitelného růstu tváří v tvář globálním výzvám v oblasti životního prostředí.¹⁶⁹

4.13. Hodnota sekvestrace uhlíku

Systém obchodování s emisemi

Systém obchodování s emisemi (ETS) představuje klíčový přístup v politice životního prostředí zaměřený na snižování emisí skleníkových plynů prostřednictvím ekonomických pobídek.

Jádrem systému ETS je princip stropu a obchodu.¹⁷⁰ Tato zásada zahrnuje stanovení stropu celkových emisí a umožnění obchodování s emisními povolenkami, čímž se podpoří nákladově efektivní snižování emisí. Cena povolenek je ovlivněna několika faktory.¹⁷¹ Patří mezi ně přísnost emisního stropu, trendy ekonomického růstu, kolísání cen paliv a technologický pokrok. Každý z těchto prvků hraje zásadní roli při určování nákladů na emisní povolenku, a tím ovlivňuje chování účastníků trhu.

Chování a efektivita trhu ETS jsou předmětem značného zájmu. Funguje zde vliv vnějších faktorů, jako jsou ceny energií nebo povětrnostní podmínky.¹⁷² Tato volatilita je zásadní pro

¹⁶⁷ZERBIB, Olivier David. A sustainable capital asset pricing model (S-CAPM): Evidence from environmental integration and sin stock exclusion. *Review of Finance*, 2022, 26.6: 1345-1388.

¹⁶⁸ AGRAWAL, Pankaj; GILBERT, Faye W.; HARKINS, Jason. Time dependence of CAPM betas on the choice of interval frequency and return timeframes: Is there an optimum?. *Journal of Risk and Financial Management*, 2022, 15.11: 520.

¹⁶⁹ PRAMONO, Erry Sigit, et al. Analysis investor index Indonesia with capital asset pricing model (CAPM). *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 2022, 4.1: 35-46.

¹⁷⁰ STAVINS, Robert N. The future of US carbon-pricing policy. *Environmental and energy policy and the economy*, 2020, 1.1: 8-64.

¹⁷¹ ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K.; CARRARO, Carlo (ed.). *Allocation in the European emissions trading scheme: rights, rents and fairness*. Cambridge University Press, 2007

¹⁷² MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Enric. CO2 prices, energy and weather. *The Energy Journal*, 2007, 28.3: 73-92.

pochopení dynamiky trhu v rámci ETS a toho, jak účastníci reagují na měnící se ekonomické a environmentální podmínky.

Návrh a regulace trhu ETS jsou navíc klíčové z hlediska jeho funkčnosti.¹⁷³ Stručně řečeno, oceňování emisních povolenek v ETS je komplexní souhra ekonomických, environmentálních a regulačních faktorů. Princip „cap-and-trade“ vytváří půdu pro tento tržní přístup ke snižování emisí, přičemž ceny povolenek jsou ovlivňovány řadou faktorů, včetně struktury trhu, regulačního prostředí a vnějších ekonomických podmínek. Pochopení této dynamiky je zásadní pro tvůrce politik a zúčastněné strany, aby zajistili, že ETS bude efektivně fungovat při snižování emisí při zachování ekonomické životaschopnosti.

Spekulanti ETS

Role spekulantů v systému obchodování s emisemi (ETS) je předmětem značné diskuse, přičemž někteří výzkumníci a analytici poukazují na možné negativní dopady. Spekulanti, kteří obchodují s emisními povolenkami nikoli za účelem souladu, ale za účelem finančního zisku, mohou na trh ETS zavést prvky volatility a nepředvídatelnosti.

Jedním z klíčových problémů je volatilita trhu. Tato volatilita může podkopat stabilitu a předvídatelnost ETS, které jsou klíčové pro jeho dlouhodobé fungování.¹⁷⁴

Dalším aspektem je možnost manipulace s trhem. Velcí obchodníci by mohli potenciálně ovlivnit trh ve svůj vlastní prospěch, což by mohlo vést k neefektivitě a mohlo by narušit primární environmentální cíle ETS.¹⁷⁵

Role spekulantů v ETS navíc souvisí s obavami o skutečné snížení emisí. Spekulativní obchodování nemusí přispět ke skutečnému snížení emisí. Činnost spekulantů se nemusí nutně promítnout do hmatatelných přínosů pro životní prostředí, jako je snížení emisí nebo technologické inovace.¹⁷⁶

Společenské náklady uhlíku (SCC) a emisní povolenky

Ceny emisních povolenek jsou v ekonomice klimatu klíčové, přesto plní odlišné funkce a jsou odvozeny pomocí různých metodologií. SCC, komplexní odhad ekonomických škod na

¹⁷³HINTERMANN, Beat. Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2010, 59.1: 43-56.

¹⁷⁴DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Raphael N. Modeling CO2 emission allowance prices and derivatives: Evidence from the European trading scheme. *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33.7: 1230-1241.

¹⁷⁵CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme. 2007. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 88-111.

¹⁷⁶CHRISTIANSEN, Atle C., et al. Price determinants in the EU emissions trading scheme. *Climate Policy*, 2005, 5.1: 15-30.

tunu emitovaného CO₂, integruje globální dopady změny klimatu napříč různými sektory s cílem informovat politiku kvantifikací externích nákladů na emise.¹⁷⁷ Naproti tomu ceny emisních povolenek vycházejí z tržních systémů stanovování stropů a obchodování, které odrážejí náklady na splnění předem stanovených cílů snížení emisí v rámci konkrétních jurisdikcí.¹⁷⁸

V ideálním případě by se ceny emisních povolenek měly shodovat s SCC, aby bylo zajištěno, že tržní náklady na emise odrážejí jejich širší sociální a environmentální dopady.

Dosažení ekvivalence mezi těmito metrikami by mohlo vést k nákladově efektivnějším a ekologicky prospěšnějším výsledkům, přičemž by se stanovování cen uhlíku řídilo způsobem, který odráží jeho skutečné společenské náklady. Toto srovnání podtrhuje důležitost integrace vědeckého a ekonomického výzkumu s cílem zlepšit návrh a implementaci klimatické politiky a zajistit, aby tržní mechanismy, jako jsou emisní povolenky, účinně přispívaly ke globálním cílům snižování emisí.^{179,180}

Modely společenských nákladů na uhlík (SCC)

Jedním z nejvýznamnějších přístupů ke kvantifikaci externích nákladů na uhlík jsou společenské náklady na uhlík (SCC). SCC, jak je definováno Meziagenturní pracovní skupinou pro společenské náklady na uhlík představuje v peněžním vyjádření odhad dlouhodobých škod způsobených tunou emisí oxidu uhličitého v daném roce. Tento model zahrnuje různé faktory, včetně vědy o klimatu, ekonomie a demografických dat, k odhadu nákladů na emise uhlíku na zdraví, degradaci životního prostředí a ekonomickou produktivitu.

IAM se používají k hodnocení environmentálních, ekonomických a sociálních dopadů změny klimatu a k hodnocení strategií zmírňování. Mezi pozoruhodné příklady patří model DICE¹⁸¹ a model PAGE.¹⁸² Tyto modely integrují data z různých oborů pro simulaci interakcí mezi

¹⁷⁷ Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, (2016) [online] dostupné z: https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/02/TechnicalSupportDocument_SocialCostofCarbonMethaneNitrousOxide.pdf [citováno 2022-12-27].

¹⁷⁸ CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme. 2007. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 88-111..

¹⁷⁹ TOL, Richard SJ. The economic impacts of climate change. *Review of environmental economics and policy*, 2018.

¹⁸⁰ STAVINS, Robert N. The future of US carbon-pricing policy. *Environmental and energy policy and the economy*, 2020, 1.1: 8-64.

¹⁸¹ NORDHAUS, William D. Optimal greenhouse-gas reductions and tax policy in the "DICE" model. *The American Economic Review*, 1993, 83.2: 313-317.

¹⁸² HOPE, Chris; ANDERSON, John; WENMAN, Paul. Policy analysis of the greenhouse effect: an application of the PAGE model. *Energy Policy*, 1993, 21.3: 327-338.

ekonomikou a klimatickým systémem, poskytují rámec pro odhad SCC a hodnocení účinnosti mechanismů cen uhlíku, jako je ETS.¹⁸³

Ekonometrické analýzy

Ekonometrické modely se používají k analýze historických dat z trhů ETS, přičemž zkoumají vztah mezi cenami povolenek, regulačními změnami a dynamikou trhu.¹⁸⁴

Tyto modely a studie společně přispívají k pochopení toho, jak může cena emisních povolenek odrážet externí náklady na uhlík. Zdůrazňují složitost související s přesným stanovením cen uhlíkových emisí a zdůrazňují problémy při zajištění toho, aby trhy ETS účinně internalizovaly společenské náklady na změnu klimatu.¹⁸⁴

¹⁸³ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K.; CARRARO, Carlo (ed.). *Allocation in the European emissions trading scheme: rights, rents and fairness*. Cambridge University Press, 2007

¹⁸⁴MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Enric. CO2 prices, energy and weather. *The Energy Journal*, 2007, 28.3: 73-92.

5. Analytická část

5.1. Empirická strategie pro výpočet hodnoty pro vybrané mimoprodukční funkce

Celková hodnota hodnocených mimoprodukčních funkcí půdy může být znázorněna pomocí následující rovnice, jež je výsledkem:

$$Vm_f = V_c + V_v + V_b - V_e + V_r \quad (35)$$

Vm_f ... celková hodnota mimoprodukčních funkcí půdy,

V_c ... hodnota sekvestrace uhlíku,

V_v ... hodnota retence vody,

V_b ... hodnota biodiverzity,

V_e ... hodnota erozního potenciálu

V_r ... hodnota rekreačních funkcí.

Tato rovnice jednoduše sčítá hodnoty všech mimoprodukčních funkcí, aby získala celkovou hodnotu, protože lze předpokládat, že všechny funkce jsou stejně důležité a přispívají k celkové hodnotě rovnoměrně. Tato rovnice se může eventuelně rozšířit, a to pomocí buď logaritmických nebo exponenciálních transformací či s použitím vah.

Celkově Vm_f reprezentuje integraci různých ekosystémových služeb a jejich hodnot, s komplexními modely pro každou složku. Pro praktickou aplikaci do zájmové oblasti bude každý z těchto výpočtů vyžadovat shromáždění veškerých dat a aplikaci specifických koeficientů, které budou platné pro tuto oblast a rovněž definici ekonomických proměnných závislých na aktuálních cenách pro uhlík, vodu, či ornici. Rovněž bude nutné brát v potaz, jaké časové období bude použito vzhledem k tomu, že přínosy jsou rozloženy v čase a je nutné je diskontovat do současné hodnoty. Jednotlivé části Vm_f jsou pak definovány následovně.

Sekvestrace uhlíku

Pro sekvestrace uhlíku lze použít model „půdní pokryv a jeho využití“ pro jednotlivé typy vegetace a zároveň určit koeficienty pro tyto druhy vegetace pro sekvestraci uhlíku. Teto model zahrnuje faktory jako je množství sekvestrovaného CO_2 či jeho cenu. Model určí současnou hodnotu sekvestrovaného uhlíku, ale může určit i budoucí hodnotu na základě odhadu změny modelu půdního pokryvu a jeho využití. Odhad hodnoty sekvestrace uhlíku je vypočítán pomocí hodnoty sekvestrace v tunách viz. rovnice (1) krát cena uhlíku.

Retence vody

Pro retenci vody (V_v) lze použít po úpravách Soil Water Retention Capacity (SWRC) resp. Van Genuchtenův vztah. Nejdříve je nutné spočítat z těchto vztahů objem zadržené vody a následně vynásobit kubíky vody určenou cenou vody.

Erozní potenciál půdy

Pro erozi (V_e) resp. erozní potenciál lze použít Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) pro výpočet ztrát půdy erozí, která je následně vynásobena cenou za tunu ornice. Tato hodnota bude negativní, protože eroze představuje ztrátu hodnoty. Parametry rovnice RUSLE lze spočítat/odhadnout s pomocí odborníka na půdu.

Biodiverzita

Hodnota biodiverzity (V_b) bude vypočítána jako hodnota druhů krát jejich četnost na pozemku a následně vynásobena zjištěnou ochotou zaplatit. Biodiverzita odráží jak bohatost druhů, tak jejich hojnost.

Rekreace

Hodnota rekreační funkce (V_r) bude určena jako průměrná Willingness to Pay (WTP) za rekreační využití krát počet obyvatel, kteří tuto oblast využívají.

Společné parametry modelů

Všechny čtyři mimoprodukční funkce zohledňují typ povrchu, ať už jde o vegetaci, zastavěné plochy nebo vodní plochy, což má vliv na erozi, sekvestraci uhlíku, retenci vody a biodiverzitu. Typy použití půdy jsou důležité pro všech pět funkcí, protože ovlivňují erozi, sekvestraci uhlíku, retenci vody a biodiverzitu a tím i rekreační funkci. Klimatické podmínky jako jsou teplota, srážky a další klimatické faktory jsou relevantní pro první čtyři, jelikož mají vliv na růst rostlin, erozi půdy, vodní cyklus a rozmanitost ekosystémů, ale vzhledem k malému rozsahu území jsou stejné pro celou oblast. Samozřejmě v důsledku ovlivňují i rekreační funkci půdy. V neposlední řadě je hodnota těchto funkcí určena cenami mnoha statků i služeb, které jsou zase ovlivněny ekonomickými podmínkami a faktory jako jsou HDP, nezaměstnanost, inflace a to na všech úrovních ekonomiky.

5.2. Aplikace empirické strategie

5.2.1. Výběr lokality

Zájmová oblast v Praze 14, ohraničená ze západu rozhlednou Doubravka, z východu objekty u ulice Madarova, ze severu naučnou stezkou „Zastavení s malou vilou“ a z jihu lipovou alejí Vidlák, je charakteristická svou rozmanitostí a zelení. Tato oblast nabízí kombinaci

přírodních krás, kulturního dědictví a rekreačních možností. Rozhledna Doubravka představuje populární vyhlídkové místo, zatímco lipová alej Vidlák a naučná stezka přispívají k ochraně místní biodiverzity a poskytují jedinečné příležitosti pro vzdělávání a volnočasové aktivity.

Zajímavá místa zájmové oblasti

Suchý poldr Čihadla

Suchý poldr Čihadla byl postaven v 80. letech 20. století a slouží k zachycování přívalových srážek z povodí Rokytky. Suchý poldr se nachází v místech, kde ještě v 18. století stával velký rybník, který byl ale časem vypuštěn a změněn v pole. V rámci výstavby suchého poldru bylo koryto Hostavického potoka, Svěpravického potoka a Rokytky od soutoku s Hostavickým potokem napříměno a opevněno betonovými tvárnicemi.¹⁸⁵

Myší pramínek

V malé otevřené roklině je voda přiváděna potrubím z cca 30 m vzdálené mokřiny. Pramen není příliš vydatný, ale teče stále.¹⁸⁶

Rozhledna Doubravka

Rozhledna Doubravka v přírodním parku Čihadla v Praze 14 byla zpřístupněna v půlce června 2018. Autorem rozhledny je Prof. Ing. arch. Martin Rajniš a jeho tým z Huti architektury. Nejen že vyhlídkovou věž pojmenovali, vtiskli jí také podobu výrazné originální konstrukce, které dominují tři masivní nohy. Rozhledna vznikla z iniciativy radnice Prahy 14, která je jejím vlastníkem.¹⁸⁷

Přírodní park V pískovně

Rezervace zahrnuje vodní plochu zatopené pískovny a její blízké okolí. Kromě snahy o zachování mokřadních společenstev na loukách je lokalita významným hnízdištěm a letovou zastávkou řady druhů ptáků. Součástí rezervace jsou rybníky Pískovna a na něj navazující rybník Martiňák a další rybníky na Svěpravickém potoce. V přírodní rezervaci se vyskytují skokani zelení a hnědí a ropucha obecná. Dále hmyzožravci bělozubka šedá či rejsek obecný,

¹⁸⁵ Suchý poldr Čihadla. [online]Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/rokytka/revitalizace-a-opravy-na-rokytce/revitalizace-suceho-poldru-čihadla/> [citováno 2023-11-27].

¹⁸⁶ Myší pramínek. [online]Dostupné z: <https://www.estudanky.eu/13871-pramen-mysi-praminek> [citováno 2023-12-27].

¹⁸⁷ Rozhledna Doubravka. [online]Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/rozhledna-doubravka-xiv-na-cernem-moste> [citováno 2023-01-09].

ale i ondatra pižmová nebo lasice hranostaj. Běžně zde hnízdí kachna divoká a lyska černá. Savci jsou zde zastoupeni ondatrou pižmovou a myškou drobnou.¹⁸⁸

Obrázek 1 Mapa zájmové oblasti



Zdroj: Mapy.cz, [citováno 17.11 2023]

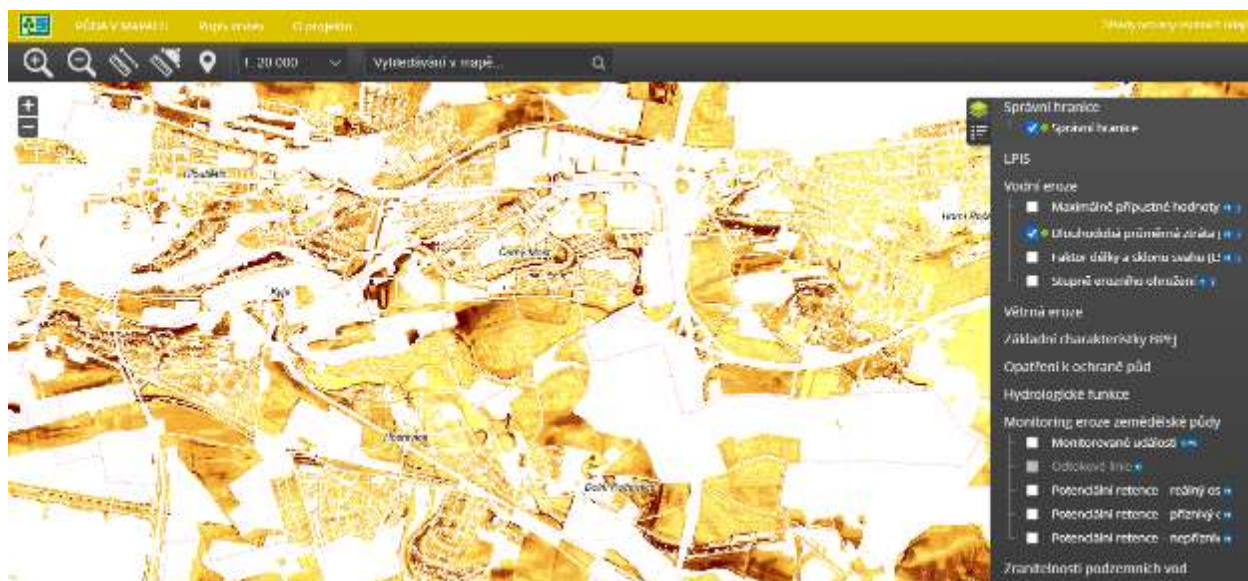
Vodní eroze na zájmovém území

Pro účely této práce byla využita i webová aplikace VÚMOP Praha. Webová aplikace Půda v mapách zpřístupňuje mapové výstupy vzniklé odbornou činností VÚMOP, v.v.i. Obsahuje aktuální mapy ohroženosti vodní a větrnou erozí, mapy ohroženosti dalšími typy degradace půdy, mapy interpretující vlastnosti půdy na základě BPEJ, třídy ochrany ZPF nebo také mapy zranitelnosti podzemních vod.

Z mapy na obr. č. 2 a 3 lze odečíst dlouhodobou průměrnou ztrátu vody v zájmovém území. Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí – vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (G), vychází z rovnice s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace C podle klimatických regionů. Vyjadřuje hodnoty dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G) v rozlišení 10 m pro jednotlivé produkční bloky LPIS. Dlouhodobá průměrná ztráta půdy se počítá pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE).

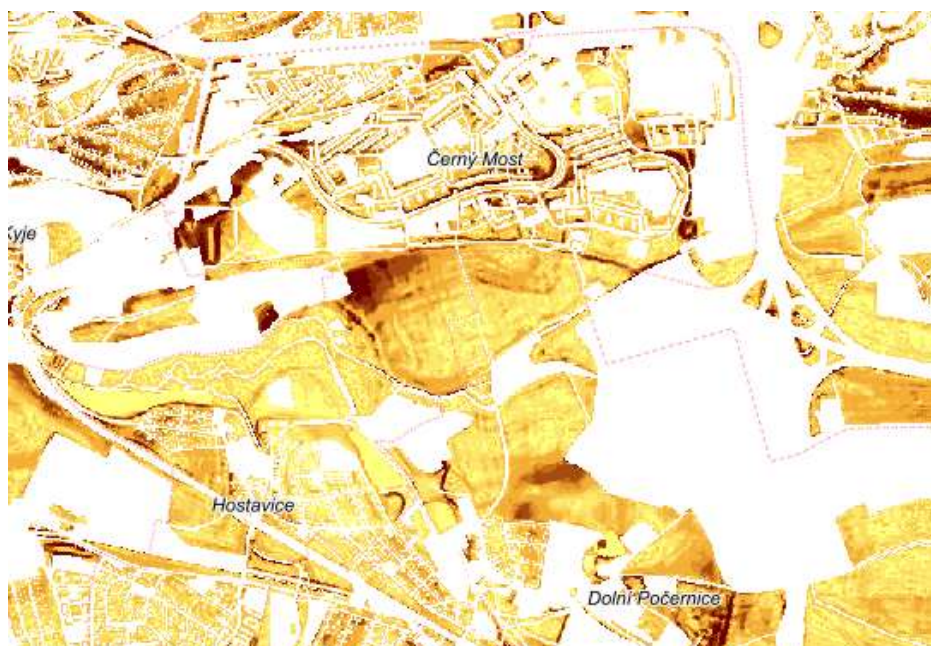
¹⁸⁸ Přírodní park V pískovně. [online] Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/prirodni-rezervace-v-piskovne-v-dolnich-pocernicich> [citováno 2023-01-20].

Obrázek 2 Dlouhodobá průměrná ztráta půdy – ukázka aplikace VÚMOP



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, [citováno 15. 1. 2024]

Obrázek 3 Dlouhodobá průměrná ztráta půdy – přiblížení zájmového území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

Půdní typy na zájmovém území

Právním předpisem, kterým se stanovuje charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci je Vyhláška Ministerstva zemědělství č.

327/1998 Sb. v platném znění (vyhláška 546/2002 Sb.). Následující půdní skupiny jsou zaznamenány na zájmovém území, tab. č. 7, obr. č. 4.¹⁸⁹

Tabulka 7 Půdní skupiny zájmového území

<p>Kambizemě (PT 6) – tato skupina zahrnuje převážně půdy na pevných horninách. Z této skupiny byly vyčleněny půdy silně skeletovité – mělké, silně sklonité a některé lehké i těžké půdy jako samostatné skupiny. Kambizemě jsou typické půdy pahorkatin a nižších a středních poloh vrchovin.</p>
<p>Kambizemě, rankery, litozemě (PT 8) – tato skupina zahrnuje půdy vyznačující se malou mocností půdního profilu a převážně výraznou skeletovostí.</p>
<p>Silně svažitě půdy (PT 9) – tato skupina zahrnuje půdy o sklonitosti větší než 12°. Tuto skupinu rozlišujeme do dvou kategorií: kód sklonitosti 4 (nad 12°) a 5–6 (nad 17°).</p>
<p>Fluvizemě (PT 11) – půdy v rovinatém území na nevápnitých i vápnitých usazeninách podél vodních toků, včetně glejových a oglejených subtypů a variet. Vnitřní třídění je založeno na zrnitostním složení, na hloubce hladiny vody spojené s tokem a na výskytu v klimatických regionech. Jsou to většinou půdy bezskeletovité.</p>
<p>Černice (PT 12) – skupina je charakteristická hlubokými mocnými humusovými horizonty, vždy přesahující hloubku 30 cm, s vyšším až vysokým obsahem humusu. Hladina podzemní vody zpravidla v hloubce 1-2 m. Černice se vyskytují v rovinatých částech niv, v depresních polohách plošin v klimatickém regionu velmi teplém a teplém.</p>
<p>Gleje (PT 13) – výskyt těchto půd je ve značně složitém reliéfu, proto bylo při vymezení HPJ použito kromě genetického třídění i třídění podle charakteru reliéfu. Vedle reliéfu je druhým nejdůležitějším znakem stupeň hydromorfismu.</p>

Zdroj: VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11], vlastní zpracování

¹⁸⁹ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Obrázek 4 Skupiny půdních typů na zájmovém území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

Hloubka půdy na zájmovém území

Hloubka půdy je důležitým půdním limitem. Je definována jako mocnost půdního profilu, kterou omezuje v určité hloubce podloží, silná skeletovitost (>50 %), nebo ustálená hladina podzemní vody. Zjednodušeně lze za hloubku půdy považovat prostor pro zdárný růst rostlin. Hloubku půdy lze zjistit nejlépe na profilu kopané, ale i vpichované půdní sondy (větší počet vpichů). Hloubka půdy je posuzovaná ve 4 kategoriích, kdy čtvrtá kategorie je převážně určena pro BPEJ se sklonitostí > 12° a pro BPEJ nevyvinutých půd.¹⁹⁰ Převažující hloubkou půd na zájmovém území je středně hluboká půda viz obr. č. 5.

Obrázek 5 Hloubka půdy na zájmovém území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

Skeletovitost na zájmovém území

¹⁹⁰ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Vyjadřuje komplexní hodnocení šterkovitosti a kamenitosti podle obsahu v ornici a podorničí.¹⁹¹ Obsah skeletu se uvádí v procentech formou zlomku, kde skeletovitost v ornici se značí v čitateli a v podorničí ve jmenovateli. Šterkem se rozumí pevné částice hornin velikosti 4-30 mm, kámen jsou pevné částice velikosti 30-300 mm. Nad 300 mm se jedná o balvany. Skeletovitost dělíme do 6 skupin. Na zájmovém území definujeme spíše bezskeletovitou nebo středně skeletovitou půdu viz obr. č. 6.

Obrázek 6 Skeletovitost půdy na zájmovém území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

Sklonitost terénu v zájmovém území

Sklonitost se v terénu stanovuje sklonoměrem a označuje se ve stupních kvadrantu. Pokud se některými přístroji udává sklonitost v procentech, je 100 % sklonu rovno úhlu 45°, tj. poměr vzdálenosti: převýšení 1:1. Sklonitost v zájmovém území je nízká, většina zájmové plochy je rovina, viz obr. č. 7.¹⁹²

¹⁹¹ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

¹⁹² VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Obrázek 7 Sklonitost terénu v zájmovém území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

Expozice na zájmovém území

Expozice vyjadřuje polohu lokality BPEJ vůči světovým stranám. Převažuje expozice „bez rozlišení“ z důvodu nízké sklonitosti území viz obr. č. 8.¹⁹³

Obrázek 8 Expozice pozemků na zájmovém území



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

¹⁹³ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Klimatické regiony zájmového území

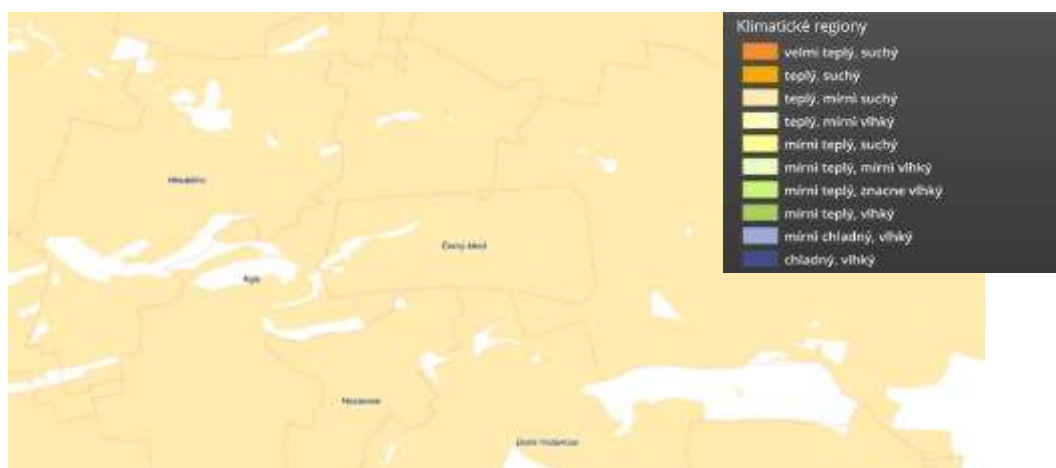
Klimatický region (KR) zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. Rozhodující kritéria pro vyčlenění regionů:

- suma průměrných denních teplot rovných nebo vyšších než 10 °C,
- průměrné roční teploty a průměrné teploty ve vegetačním období (IV.- IX.),
- průměrný úhrn ročních srážek a srážek ve vegetačním období (IV.- IX.),
- pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období v % (IV.- IX.),
- výpočet vláhové jistoty,
- výpočet hranice sucha ve vegetačním období a další faktory jako nadmořská výška, údaje o známých klimatických singularitách a faktor mezoreliéfu.

Tyto údaje byly vypracovány Českým hydrometeorologickým ústavem z údajů let 1901–1950. Na základě zevšeobecnění uvedených podkladů je určeno deset klimatických regionů (číselný kód 0–9) se základním členěním na oblast velmi teplou, teplou, mírně teplou, mírně chladnou a chladnou s podtříděním subregionů na suchý, mírně suchý, mírně vlhký a vlhký. Zájmová oblast, stejně jako oblast celé Prahy patří k teplému a mírně suchému regionu.¹⁹⁴

Toto je znázorněno na obr. č. 9.

Obrázek 9 Klimatické regiony



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 15. 1. 2024

¹⁹⁴ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

5.2.2. První lokalita - monitoring

Potenciální retence v zájmovém území

Retence půdy obecně vyjadřuje množství vody, které je půda schopna zadržet v systému kapilárních pórů. Je tak jedním z nejdůležitějších parametrů kontrolujících hydrologický režim půdy. V metodice výpočtu výšky povrchového odtoku dle CN křivek vyjadřuje parametr potenciální retence maximální možný objem deště, který je půda schopna zadržet, respektive který se neúčastní povrchového odtoku. Mapa potenciální retence půdy tak nepřímou vyjadřuje potenciál lokality ke vzniku povrchového odtoku a následné tvorbě povodňových či erozních událostí.¹⁹⁵

V zájmovém území jsou použity tři alternativy a to potenciální retence při reálném osevním postupu (obr.č. 10), při ideálním osevním postupu (obr. č. 11) a nepříznivém osevním postupu (obr. č.12).

Obrázek 10 Potenciální retence při reálném osevním postupu



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, [citováno 15. 1. 2024]

¹⁹⁵ VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Obrázek 11 Potenciální retence při ideálním/příznivém osevním postupu



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, [citováno 15. 1. 2024]

Obrázek 12 Potenciální retence při nepříznivém osevním postupu



Zdroj: www.mapy.vumop.cz, [citováno 15. 1. 2024]

Byla provedena rovněž analýza „půdní pokryv a jeho využití“ v čase, v prostředí ArcGIS od roku 2017 do roku 2022 s následujícími výsledky¹⁹⁶, který je definován níže v tab. č. 8.

¹⁹⁶ ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21]

Tabulka 8 Využití a kryt půdy

Hodnota	Název	Popis
1	Voda	Oblasti s celoročně převládající vodou; řeky, rybníky, jezera, oceány, zatopené slané pláně.
2	Stromy	Významné shluky vysoké husté vegetace, např. lesní vegetace, plantáže, bažiny nebo mangrovy.
4	Zaplavená vegetace	Oblasti s vegetací a vodou po většinu roku; např. zaplavené mangrovy, rýžové polí.
5	Plodiny	Lidsky vysazené plodiny a obiloviny, které nedosahují výšky stromů; např. kukuřice, pšenice, sója.
7	Zastavěná plocha	Lidmi vytvořené struktury; např. domy, města, asfaltové cesty.
8	Holá půda	Oblasti s kamením nebo půdou s málo nebo žádnou vegetací; např. pouště, písečné duny.
9	Sníh/Led	Oblasti s trvalým sněhem nebo ledem; např. ledovce, trvalé sněhové pole.
10	Oblaka	Žádné informace o pokryvu země kvůli trvalému zakrytí oblaky.
11	Trvalé travní porosty	Otevřené plochy s homogenními trávami; např. přírodní louky a polí s malým nebo žádným stromovím, parky, golfové hřiště.

Zdroj: VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11], vlastní zpracování

Obrázek 13- Analýza „půdní pokryv a jeho využití“ v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2017



Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázek 14 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2018



Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázek 15 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2019



Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázek 16 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2020



Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázek 17 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2021



Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázek 18 Analýza „půdní pokryv a jeho využití“ v čase, v prostředí ArcGIS - rok 2022

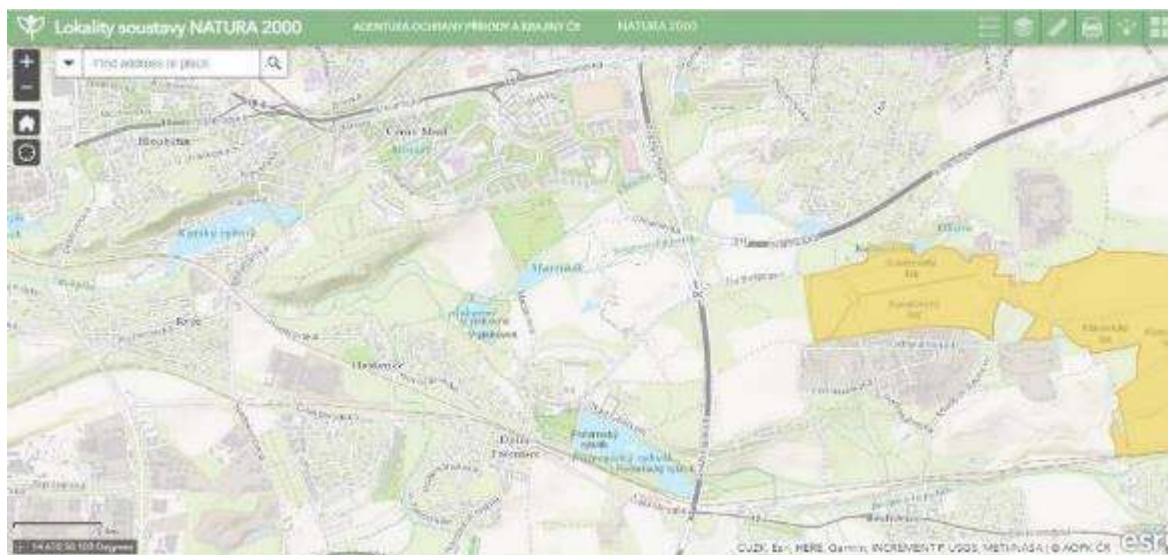


Zdroj: Zdroj: ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21], vlastní zpracování

Obrázky 13-18 ukazují změny půdního pokryvu v čase a to primárně lesů, trvalých travních porostů a orné půdy. Vidíme kolísání stavu zeleně, nejvíce asi v r. 2018. S přibývajícimi léty se plocha zeleně zmenšuje.

Lokality soustavy NATURA2000 v zájmovém území nebyly nalezeny. Zkoumaná oblast nepatří mezi evropsky významné lokality, nicméně na východ se ve vzdálenosti cca 2 km nachází oblast Blatov a Xaverovský háj.¹⁹⁷

Obrázek 19 Lokality NATURA2000 nejbližší zájmovému území



Zdroj: dostupné z: <https://www.arcgis.com/>, [citováno 2004-01-17]

¹⁹⁷ NATURA2000 lokality. [online] Dostupné z: https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a2d3d7ec182c4dd6b463a1805b850247&query=NaturaMan_6237 [citováno 2023-12-27].

Ve zvolené lokalitě se nachází celkem 6 zemědělských pozemků a to s výměrou 0,54; 4,3; 2,48; 9,06; 13,11 a 2,33 hektarů s využitím úhor, trvalý travní porost, travní porost na orné půdě.

Obrázek 20 LPIS Zájmová oblast



Zdroj: <https://eagri.cz/>, citováno 17. 1. 2024

Obrázek č. 20 ukazuje díly půdních bloků z databáze LPIS v zájmové oblasti.

Obrázek 21 Nitrátová směrnice



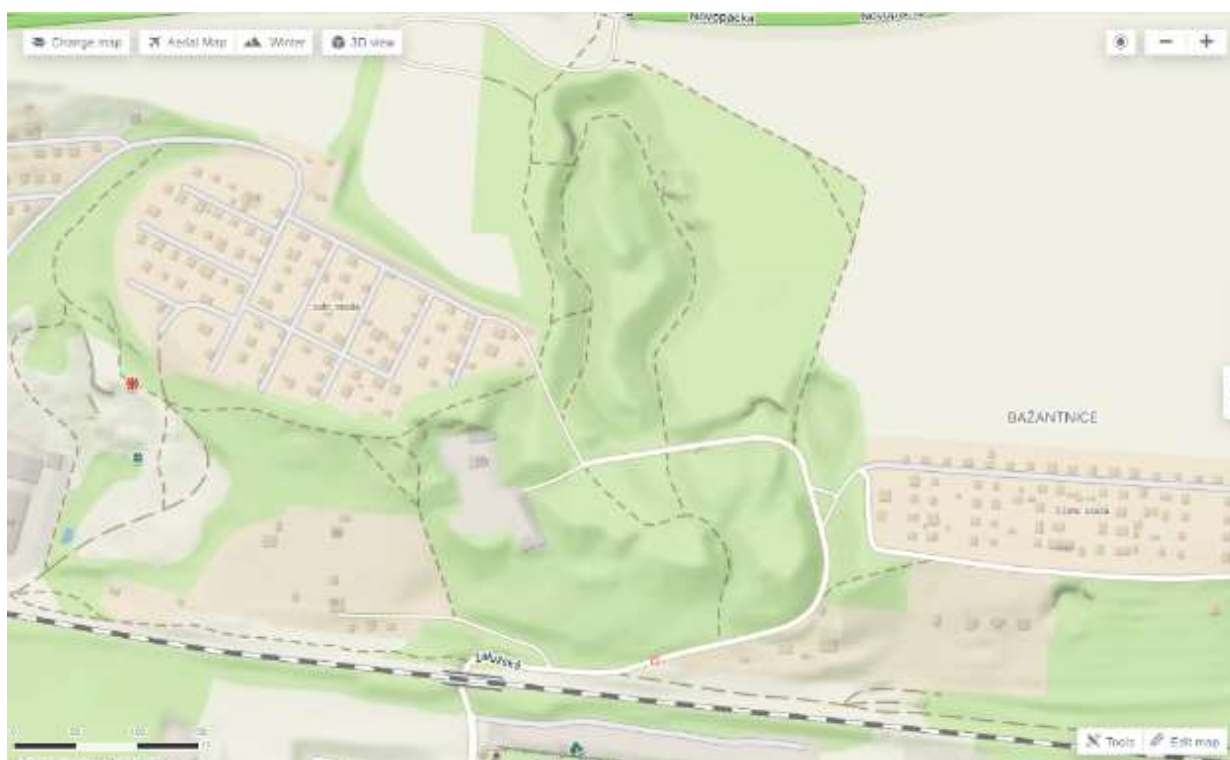
Zdroj: <https://eagri.cz/>, citováno 17. 1. 2024

Obrázek č. 21 ukazuje místa v zájmové oblasti ovlivněné nitrátovou směrnicí, která definuje oblasti, kde je upravena aplikace dusíkových hnojiv.

5.2.3. Druhá lokalita - Křížovnický lom

Křížovnický lom v Hloubětíně je zajímavé místo z hlediska nejen rekreace ale i historie, neboť zdejší lomy poskytovaly kámen na významné pražské stavby, jako je Karlův most a katedrála svatého Víta. Lokalita Křížovnického lomu je znázorněna na obrázku č. 22.

Obrázek 22 Mapa zájmového území – Křížovnický lom



Zdroj: mapy.cz, citováno 14. 12. 2023

Historie činí toto místo v Hloubětíně unikátem nejen v rámci MČ Praha 14. Krása této oblasti je zjevná i z fotodokumentace, jež byla provedena v zimě 2023 a která je předvedena v příloze. Fotografie pořídil pan Rudolf Zemek a autor disertační práce.

5.2.4. Dotazníkové šetření

Výzkumným úkolem bylo zjistit hodnotu lokality Křížovnický lom pomocí dotazníkového šetření občanů Prahy 14 a takto zmapovat rekreační funkci půdy a zároveň zjistit ochotu zaplatit za ochranu biodiverzity. Odpovědi na dotazník byly sesbírány před Úřadem MČ Prahy 14 osobně během jednoho dne a následně zpracovány elektronicky a vyhodnoceny. Náhled dotazníku je v příloze disertační práce.

Populace Prahy 14 a reprezentativnost vzorku

Dotazník byl rozdán 60 lidem, přičemž bylo nutné zjistit reprezentativnost vzorku a to pomocí struktury obyvatel Prahy 14.

Struktura obyvatel Prahy 14 v roce 2021 je znázorněna v následující tab. č. 9:

Tabulka 9 Některé vybrané kategorie struktury obyvatel

kategorie	počet
Muži	23 436
Ženy	23 578
Děti a mladiství (0-14 let)	7 347
Věková skupina 15 – 64 let	33 111
Senioři (65+ let)	5 556
Čeští občané	38 915
Cizinci	8 457
Národnost česká	28 176

Zdroj: ČSÚ – Údaje o obyvatelstvu [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/> [citováno 2023-04-05]

Průměrný věk občana v MČ Praha 14 je 40 let.¹⁹⁸ Situace se liší také dle jednotlivých lokalit. Relativně nejstarší obyvatelstvo žije v Hloubětíně. Naopak velmi mladé obyvatelstvo mají Hutě, kde na 100 dětí do 15 let připadá pouze 64 seniorů starších 65 let (rok 2018). Muži tvoří 49 % z celkového počtu obyvatel MČ Praha 14 (ženy v populaci obvykle tvoří většinu, především kvůli vyšší naději dožití).¹⁹⁹

Reprezentativnost vzorku byla vypočítaná na základě rovnice č. (27), přičemž pro interval spolehlivosti ± 15 % a pro dosažení 95% úrovně spolehlivosti s intervalem spolehlivosti ± 15 % a při známé populaci 47,014 obyvatel je potřeba vzorku o velikosti přibližně 43 respondentů, což je dotazníkem splněno.

¹⁹⁸ ČSÚ – Údaje o obyvatelstvu [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/> [citováno 2023-04-05]

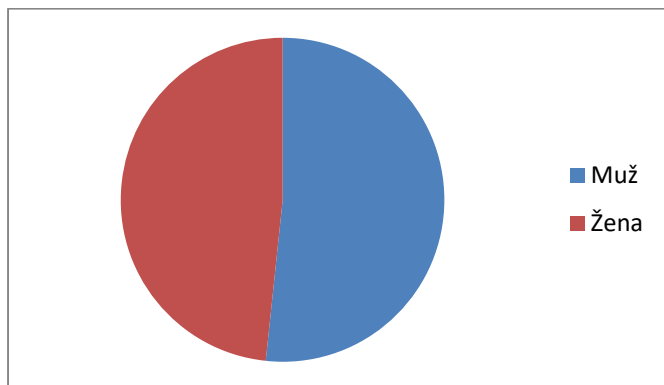
¹⁹⁹ PRAHA 14. [online] Dostupné z:

https://www.praha14.cz/app/uploads/sites/3/2022/07/Komunikacni_strategie_MC_Praha_14_2021202.pdf [citováno 2023-01-24]

Vyhodnocení odpovědí

Analýza odpovědí na dotazy na základě 60 respondentů je uvedena níže, začínaje s demografií. Z 60 respondentů je 31 žen (52%) a 29 mužů (48%) viz. obrázek č. 23.

Obrázek 23 Rozdělení pohlaví



Zdroj: vlastní zpracování

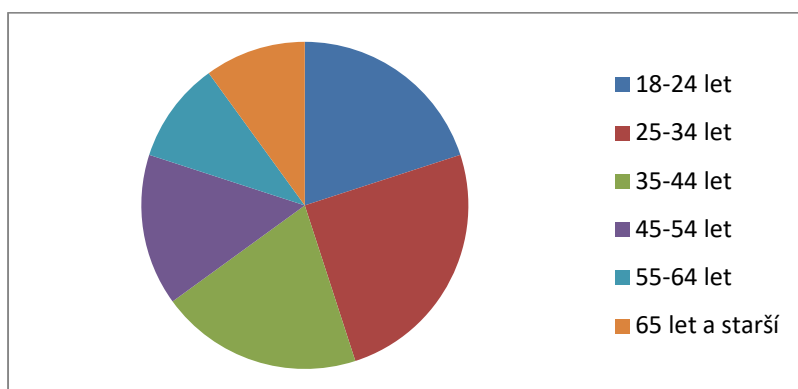
Věkové rozdělení: 20% (12) respondentů je ve věku 18-24 let, 25% (15) ve věku 25-34 let, 20% (12) ve věku 35-44 let, 15% (9) ve věku 45-54 let, 10% (6) ve věku 55-64 let, a 10% (6) je 65 let a starší viz. obrázek č. 24.

Podle výzkumů na vnímání přírody a utváření vztahu k ní nemá vliv pohlaví dotazovaného jedince. Pouze ochota platit za zachování určitého statku je rozdílná u žen a mužů. Ochota žen

platit za zachování přírody bývá jednoznačně vyšší. Věk je faktorem, který je nutno vzít v potaz (čím vyšší věk, tím více „zážitků“ a zkušeností), ale především u dětí, nikoli u vzorku dospělé populace.²⁰⁰

²⁰⁰ Zelený kruh 2009: Texty o proměně vztahů lidí k přírodě, environmentální výchově a udržitelnosti Online: https://www.zelenykruh.cz/wp-content/uploads/2015/01/300409_clovek-priroda_fin.pdf [citováno 2024-03-20].

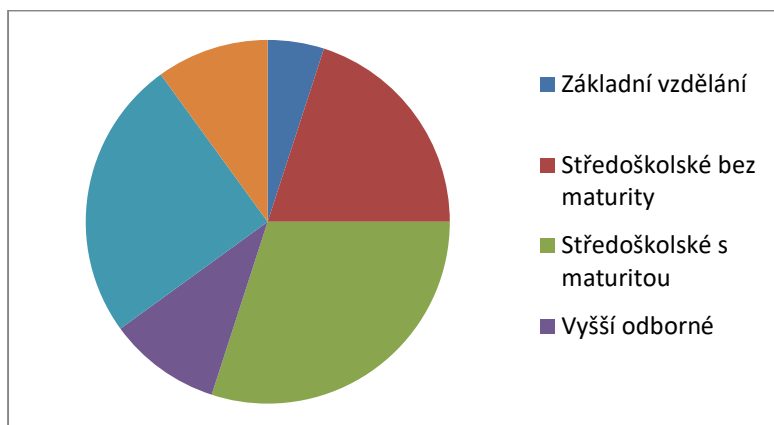
Obrázek 24 Věkové rozdělení respondentů



Zdroj: vlastní zpracování

Vzdělání je následující. Z respondentů 5% (3) má základní vzdělání, 20% (12) středoškolské vzdělání bez maturity, 30% (18) středoškolské s maturitou, 10% (6) vyšší odborné, 25% (15) vysokoškolské bakalářské a 10% (6) magisterské nebo vyšší. Toto je vyobrazeno i na obrázku č. 25. Environmentální znalosti a ekologické citění je vyšší u osob s vyšším vzděláním. Vztah k přírodě a jejímu bohatství ale vzděláním ovlivněný není, stejně jako není ovlivněný profesí dotazovaných.²⁰¹

Obrázek 25 Dosažené vzdělání

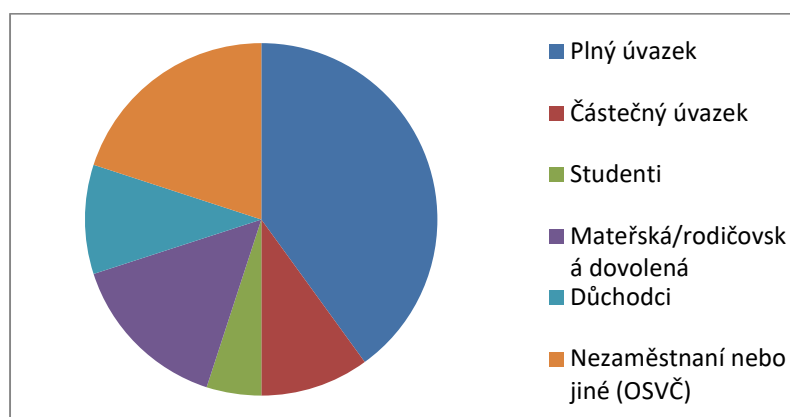


Zdroj: vlastní zpracování

²⁰¹ Zelený kruh 2009: Texty o proměně vztahů lidí k přírodě, environmentální výchově a udržitelnosti Online: https://www.zelenykruh.cz/wp-content/uploads/2015/01/300409_clovek-priroda_fin.pdf [citováno 2024-03-20].

Zaměstnání respondentů je charakterizováno takto. Ze všech 40% (24) pracuje na plný úvazek, 10% (6) na částečný úvazek, 5% (3) jsou studenti, 15% (9) na mateřské/rodičovské dovolené, 10% (6) jsou důchodci a 20% (12) jsou nezaměstnaní nebo jiné. Toto je patrné i z obrázku č. 26

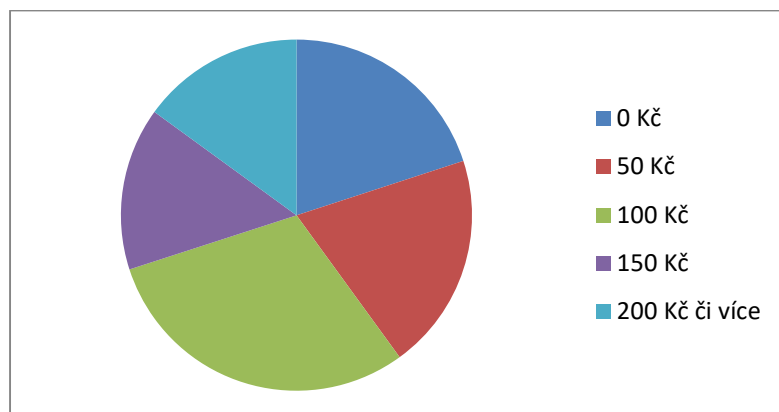
Obrázek 26 Zaměstnání respondentů



Zdroj: vlastní zpracování

Průměrná ochota zaplatit (WTP) za ochranu Křížovnického lomu a zřízení naučné stezky je 80 Kč, rozdělení odpovědí WTP je následovné. Ze všech respondentů, 20% (12) respondentů je ochotno zaplatit 0 Kč, 20% (12) respondentů 50 Kč, 30% (18) respondentů 100 Kč, 15% (9) respondentů 150 Kč a 15% (9) respondentů 200 Kč či více. Ochota zaplatit je zobrazena na obrázku č. 27.

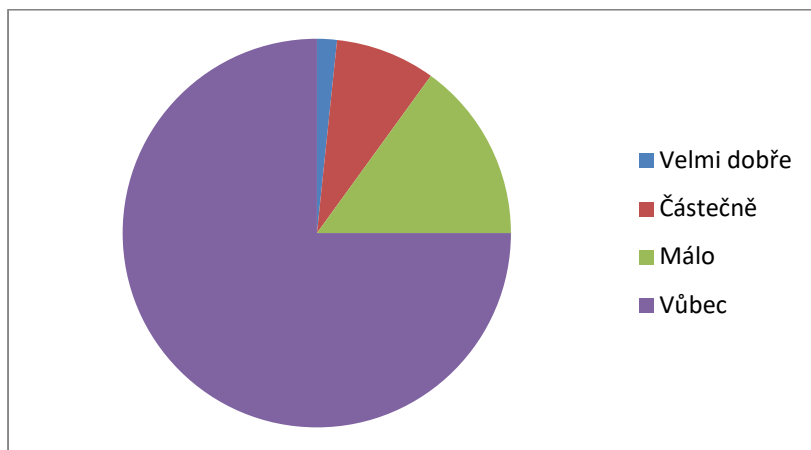
Obrázek 27 Průměrná ochota zaplatit za ochranu lokality



Zdroj: vlastní zpracování

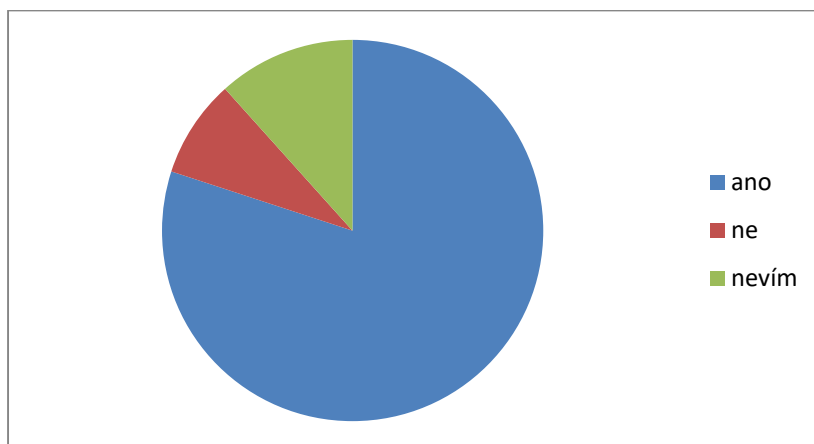
Menšina respondentů 25% (15) byla obeznána s Křížovnickým lomem, přesto 80% (48) vyjádřilo zájem o jeho ochranu. Toto je rovněž evidentní z obr. č. 28 a 29.

Obrázek 28 Znalost Křížovnického lomu



Zdroj: vlastní zpracování

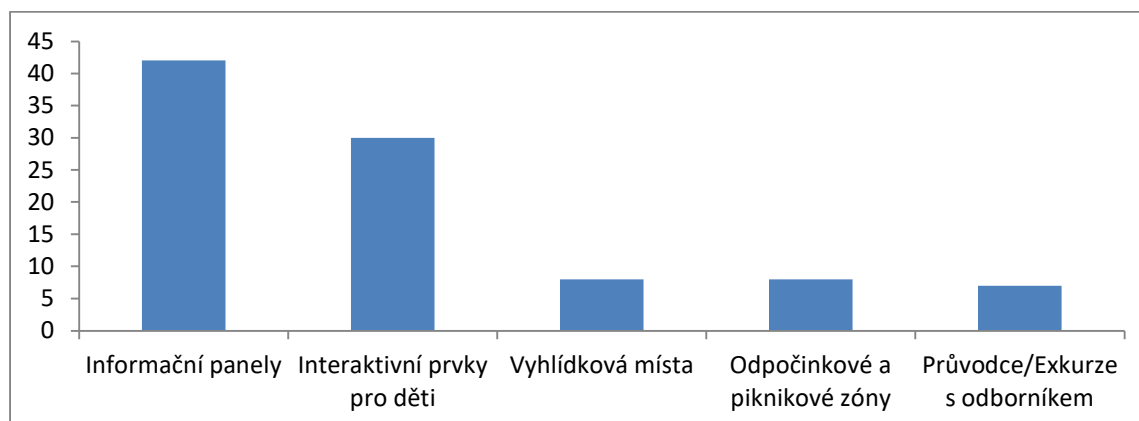
Obrázek 29 Zájem o ochranu lomu



Zdroj: vlastní zpracování

Preferované aktivity/prvky na naučné stezce distribuovány následovně. Informační panely by chtělo 42 respondentů (70%). Interaktivní prvky pro děti požaduje 30 respondentů (50%). Vyhlídkové místa by uvítalo 8 respondentů (13%). Odpočinkové a piknikové zóny by zajímalo 8 respondentů (13%). Průvodce/Exkurze s odborníkem by přivítalo 7 respondentů (12%) Tyto preference jsou rovněž vidět na obrázku č. 30.

Obrázek 30 Naučné aktivity na stezce



Zdroj: vlastní zpracování

Ochota zaplatit biodiverzitu u vybraných živočichů

Podíváme-li se na ochotu „zaplatit“ za vytrvání druhu na určité lokalitě, čili za biodiverzitu, respondenti se orientují podle vlastních preferencí (některé zvíře je jim sympatičtější). Obecně ale ochota lidí věnovat vlastní finanční prostředky na záchranu živočichů je velmi vysoká. Společnost si začíná uvědomovat nebezpečí ztráty druhů a tudíž biodiverzity v krajinném prostředí. Na následujících obrázcích č. 31-35 jsou uvedené částky v Kč, které jsou „ochotni zaplatit“ jednotliví respondenti za přežití jednotlivých živočichů.

Obrázek 31 Skokan hnědý/zelený, ochota zaplatit (Kč)



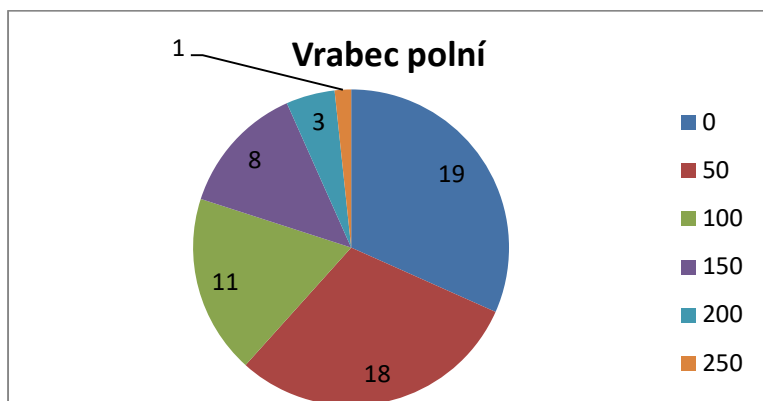
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 32 Myšice křovinná, ochota zaplatit (Kč)



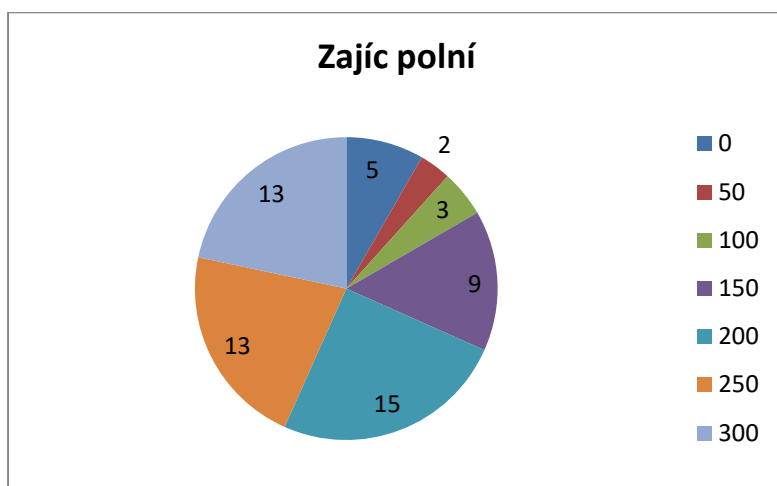
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 33 Vrabec polní, ochota zaplatit (Kč)



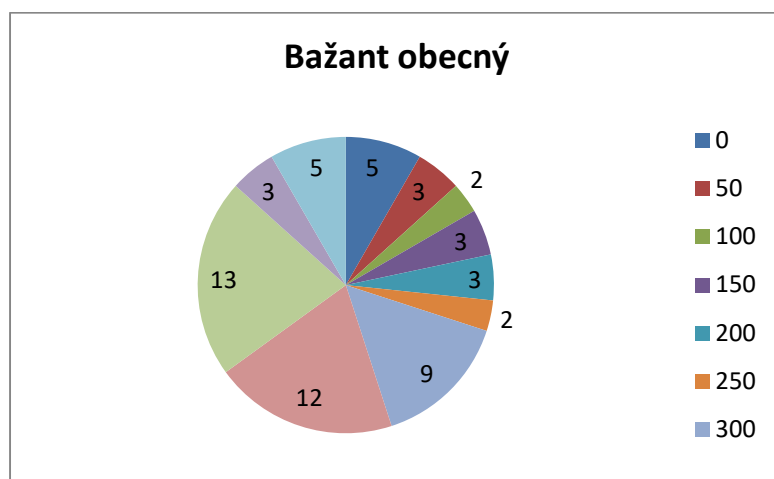
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 34 Zajíc polní, ochota zaplatit (Kč)



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 35 Bažant obecný, ochota zaplatit (Kč)



Zdroj: vlastní zpracování

Výpočet ochoty zaplatit (WTP)

Celková hodnota Křížovnického lomu se počítala následovně. Upravená celková ochota zaplatit (WTP) je produktem průměrné ochoty zaplatit a celkové populace. Při průměrné ochotě zaplatit (WTP) 92,5 Kč měsíčně na osobu a počtu obyvatel Prahy 14 starších 18 let ve výši 3 3049 je hodnota Křížovnického lomu přibližně **36.684.390,- Kč**.

Vyhodnocení ochoty zaplatit (WTP) živočišné druhy

Vyhodnocení ochoty zaplatit za živočišné druhy je provedena níže.

5.2.5. Postoj stakeholderů

Dalším z cílů práce bylo zjištění postojů stakeholderů k mimoprodukčním funkcím půdy na zájmovém území Praha 14. Byli vybráni následující stakeholdeři: starosta, zástupce ekologů, majitelé pozemků a zahrádkáři. Tito vybraní zástupci byli navrženi jako důležití pro zjištění názorů na mimoprodukční funkce půdy na Praze 14, protože každý z nich reprezentuje jinou perspektivu a má odlišné zájmy a odborné znalosti, které jsou klíčové pro ucelené pochopení významu a potenciálu daného území. Starosta přináší administrativní a plánovací pohled, zástupce ekologů se zaměřuje na ochranu a udržitelnost prostředí, majitel pozemku má osobní a ekonomický zájem na využití půdy a zahrádkáři představují komunitní a rekreační aspekt využití území. Tato kombinace představitelů pomáhá zajistit, že názory na mimoprodukční funkce půdy na daném území budou vyvážené a budou reflektovat širokou škálu zájmů a potřeb. Bohužel se nepodařilo spojit s pachtýřem pozemků, kterého nebylo možné zastihnout.

Řízené interview

Jako klíčoví stakeholdeři pro oblast č.1 byli vybráni starosta MČ Prahy 14, dále zástupce místního spolku zabývajícího se ekologií v Praze 14, vlastníci vybraných pozemků a nájemci vybraných pozemků v zájmové oblasti.

Úvod

Děkujeme, že jste si vyhradili čas pro rozhovor na téma udržitelného hospodaření s půdou v Praze 14, se zvláštním zaměřením na sekvestraci uhlíku, retenci vody, erozi půdy a biodiverzitu. Vaše zkušenosti a názory jsou klíčové pro pochopení výzev a příležitostí spojených s těmito důležitými mimoprodukčními funkcemi půdy.

Otázky pro starostu Prahy 14

1. *Jakým konkrétním výzvám čelí Praha 14 v oblasti zachování mimoprodukčních funkcí půdy vzhledem k jejímu urbanizovanému charakteru?*
2. *Jaké strategie byly v Praze 14 implementovány pro zlepšení sekvestrace uhlíku a jak jsou tyto aktivity koordinovány s ostatními částmi Prahy?*
3. *Jaké inovativní přístupy k retenci vody byly v oblasti úspěšně aplikovány a jak ovlivnily lokální biodiverzitu?*
4. *Jak Praha 14 spolupracuje s vědeckou komunitou a ekology při tvorbě politik pro ochranu půdy a vody?*

Otázky pro vlastníka pozemku

5. *Jaké udržitelné praktiky jste zavedli na svém pozemku v Praze 14 pro podporu biodiverzity a jaké výsledky jste zaznamenali?*
6. *Jaká opatření jste přijali pro boj proti erozi půdy a jaké metody se ukázaly být nejúčinnější?*
7. *Můžete popsat, jak na vašem pozemku probíhá správa vodních zdrojů a jaké techniky využíváte pro zvýšení jejich retence?*

Otázky pro ekology

8. *Jaká specifická opatření byste doporučili pro Prahu 14 k zvýšení sekvestrace (zachycování a ukládání) uhlíku v zemědělských a nezastavěných plochách?*
9. *Jaké jsou podle vašeho názoru klíčové druhy pro udržení biodiverzity v urbanizovaném prostředí Prahy 14 a proč?*
10. *Jaké jsou největší hrozby pro vodní ekosystémy v Praze 14 a jakým způsobem lze tyto hrozby minimalizovat?*

Otázky pro zahrádkáře

11. *Jaké praktiky v zahrádkářství považujete za nejefektivnější pro podporu biodiverzity a retence vody v půdě na Praze 14?*
12. *Jak zahrádkáři v Praze 14 přispívají k ochraně a regeneraci půdy? Máte příklady konkrétních projektů nebo iniciativ?*
13. *Jak se zahrádkáři v Praze 14 zapojují do ochrany přírodních vodních zdrojů a jaké metody používají pro jejich ochranu a udržitelné využívání?*

Závěr

14. *Jaké jsou podle vás největší překážky pro integraci mimoprodukčních funkcí půdy do každodenního života a hospodaření na Praze 14?*
15. *Jaké konkrétní kroky by měly být podniknuty na úrovni městské části, aby se podpořilo širší uznání a ocenění mimoprodukčních funkcí půdy?*

Odpovědi stakeholderů a jejich analýza

Odpovědi od Starosty Prahy 14

1. Urbanizace vs. zelené plochy: "Čelíme výzvě najít rovnováhu mezi potřebou urbanizace a zachováním zelených ploch. Proti erozi půdy a pro podporu biodiverzity jsme zavedli výsadbu stromů a vytvořili nové parky."
2. Sekvestrace uhlíku: "Spolupracujeme s místními univerzitami na projektech zalesňování, které zvyšují sekvestraci uhlíku a zároveň poskytují rekreační prostory pro obyvatele."
3. Retence vody: "Implementovali jsme systémy zelených střech a záhonů s odolnými rostlinami, které pomáhají zadržovat vodu, snižují riziko povodní a zlepšují mikroklíma."
4. MČ navázala spolupráci s univerzitou v oblasti analýzy veřejných politik životního prostředí.

Odpovědi od vlastníka pozemku

5. Udržitelné praktiky: "Na svém pozemku aplikujeme střídání plodin a ponecháváme meze neobdělávané pro podporu divoké fauny. To pomáhá udržovat zdravou půdu a podporuje biodiverzitu."
6. Boj proti erozi: "Využíváme terasovitě uspořádané záhony a vysazujeme rostliny s hlubokým kořenovým systémem, což efektivně brání erozi půdy."
7. Správa vodních zdrojů: "Na svém pozemku máme malý rybník, který slouží jako biotop pro vodní organismy a zároveň zadržuje vodu v krajině."

Odpovědi od ekologů

8. Sekvestrace uhlíku: "Je důležité kombinovat různé typy vegetace, včetně stromů a křovin, které efektivně sekvestrují uhlík a zároveň poskytují habitat pro mnoho druhů."
9. Klíčové druhy pro biodiverzitu: "V urbanizovaném prostředí jsou klíčové druhy jako jsou včely a městské ptactvo, které pomáhají udržovat ekologické procesy a opylování."
10. Hrozby pro vodní ekosystémy: "Přeměna přírodních břehů na betonové zdi a znečištění vodních toků jsou hlavní hrozby. Je třeba podporovat regeneraci břehů a čištění vod."

Odpovědi od zahrádkářů

11. Podpora biodiverzity: "Ve svých zahradách vytváříme pestrou mozaiku prostředí s domácimi rostlinami, které jsou odolné vůči místním podmínkám a podporují místní faunu."
12. Praktiky proti erozi: "Používáme mulčování a zatravnění svahů, což pomáhá zadržet půdu a vodu, zabraňuje erozi a současně zlepšuje strukturu půdy."
13. Ochrana vodních zdrojů: "Snažíme se minimalizovat používání pesticidů a hnojiv, které by mohly znečistit naše vodní zdroje. K zavlažování využíváme dešťovou vodu zachycenou v nádržích."

Závěrečné otázky

14. Překážky pro integraci: "Největší překážkou je často nedostatek informací a povědomí o významu mimoprodukčních funkcí půdy a jejich přínosu pro společnost."
15. Kroky pro podporu: "Je klíčové zvýšit osvětu mezi obyvateli, podporovat školské a vzdělávací programy zaměřené na ekologii a udržitelný rozvoj, a zároveň poskytovat finanční a technickou podporu pro projekty, které tyto funkce půdy podporují."

Souhrn a částečná analýza odpovědí všech stakeholderů je proveden v tab. č. 10 níže, přičemž jednotlivé okruhy zájmu jsou kategorizovány, jsou uvedeny příklady a strategie, překážky a výzvy. Zároveň jsou doporučeny určité kroky.

Tabulka 10 Analýza odpovědí stakeholderů vč. doporučených kroků.

Kategorie	Hlavní zjištění	Příklady a strategie	Výzvy a překážky	Doporučené kroky
Urbanizace	Rovnováha mezi potřebou urbanizace a zachováním zelených ploch.	Výsadba stromů, tvorba nových parků.	Nedostatek zelených ploch v důsledku urbanizace.	Podpora zelené infrastruktury, zvyšování povědomí o významu zelených ploch.
Sekvestrace uhlíku	Spolupráce s univerzitami na projektech zalesňování.	Projekty zalesňování, které zvyšují sekvestraci uhlíku a poskytují rekreační prostory.	Potřeba koordinace s ostatními částmi prahy a integrace různých typů vegetace.	Rozvoj a podpora zalesňovacích a rekultivačních projektů, vědecká spolupráce.
Retence vody	Implementace systémů zelených střech a záhonů s odolnými rostlinami.	Zelené střechy, odolné záhony, malé rybníky pro zadržování vody.	Riziko povodní, potřeba efektivního hospodaření s vodou.	Využívání inovativních technik pro zadržování vody, osvěta o významu retence vody.
Eroze Půdy	Boj proti erozi pomocí terasovitě uspořádaných záhonů a rostlin s hlubokým kořenovým systémem.	Terasovité záhony, vysazování rostlin proti erozi.	Degradace půdy v důsledku eroze.	Podpora udržitelných zemědělských praktik, terénní úpravy proti erozi.

Biodiverzita	Urbanizace představuje významnou výzvu pro zachování biodiverzity. Klíčové druhy, jako jsou včely a městské ptactvo, jsou nezbytné pro udržení ekologických procesů a opylování.	Výsadba stromů a tvorba parků pro podporu biodiverzity. Uplatňování střídání plodin a ponechávání mezi neobdělávané pro podporu divoké fauny. Vytváření pestrou mozaiku prostředí s domácími rostlinami v zahradách.	Nedostatek informací a povědomí o významu biodiverzity. Přeměna přírodních habitatů na urbanizované plochy.	Zvýšení osvěty a podpora vzdělávacích programů zaměřených na biodiverzitu. Poskytování finanční a technické podpory pro projekty podporující biodiverzitu. Spolupráce s vědeckou komunitou pro identifikaci a ochranu klíčových druhů.
--------------	--	--	---	--

Zdroj: vlastní zpracování

Doporučení vycházející z tabulky, která se zabývá urbanizací, sekvestrací uhlíku, retencí vody, erozí půdy a biodiverzitou, lze účinně porovnat s principy GAEC - DZES (Dobré zemědělské a environmentální podmínky DZES) definovanými Evropskou unií.²⁰² Principy GAEC jsou základem pro udržitelné zemědělství a ochranu životního prostředí, což se odráží v navrhovaných strategiích a krocích pro každou kategorii. V kontextu urbanizace se doporučuje podpora zelené infrastruktury a zvyšování povědomí o významu zelených ploch. Tyto kroky jsou v souladu s GAEC principy, které zdůrazňují ochranu půdy a minimalizaci eroze, což je klíčové pro zachování trvalých travních porostů a zelených ploch v urbanizovaných oblastech. Rozvoj zalesňovacích a rekultivačních projektů jsou v souladu s GAEC, které podporují udržitelné zemědělské praxe a ochranu přírodních zdrojů. Tyto kroky nejenže zlepšují sekvestraci uhlíku, ale také posilují ekologickou stabilitu a podporují biodiverzitu. Retence vody je další klíčovou oblastí, kde inovativní techniky pro zadržování vody a využívání zelených střech mohou výrazně přispět k efektivnímu hospodaření s vodními zdroji. Tato opatření jsou v souladu s GAEC zásadami zaměřenými na ochranu vodních zdrojů a prevenci znečištění, což je zásadní pro udržení kvality vodních toků a podzemních vod. Ochrana před erozí půdy pomocí terasovitých záhonů a rostlin s hlubokým kořenovým systémem reflektuje GAEC požadavky na udržení struktury půdy a prevenci degradace půdních zdrojů. Tyto metody nejenže zabraňují ztrátě půdy, ale také podporují její úrodnost a zdraví. Biodiverzita je rovněž neoddelitelně spojena s udržitelným zemědělstvím a ochranou přírody, což GAEC principy plně podporují. Strategie zaměřené na výsadbu stromů a tvorbu parků pro podporu biodiverzity, stejně jako ochranu klíčových druhů, jsou v souladu s cíli GAEC pro udržení a zlepšení přírodního prostředí.

²⁰² ANGILERI, Vincenzo; LOUDJANI, Philippe; SERAFINI, Francesco. GAEC implementation in the EU: situation and perspectives. *Italian Journal of Agronomy*, 2011, 6.s1: e2-e2.

5.2.6. Hodnota biodiverzity ve vybrané lokalitě

Diverzita druhů závisí na různých faktorech, včetně typu habitatů na daném území, přítomnosti vodních zdrojů, vegetace, přírodních úkrytů, a také způsobu hospodaření na zemědělském pozemku. Zemědělská krajina v kombinaci s městskou krajinou může obsahovat různé mikrohabitaty, jako jsou živé ploty, remízky, mezí, polní cesty, malé vodní toky nebo rybníčky, které mohou podporovat vysokou biodiverzitu. Například živé ploty a remízky mohou sloužit jako koridory pro migraci drobných savců a jako útočiště pro ptáky. Vodní prvky na pozemku zase poskytují niky pro obojživelníky a různé vodní organismy. Přítomnost různorodé vegetace, jako jsou travní porosty, keře a stromy, může rovněž zvýšit druhovou diverzitu tím, že poskytuje potravu a úkryt pro různé druhy živočichů. Zemědělské postupy, jako je ekologické zemědělství, které minimalizuje používání pesticidů a hnojiv, mohou také pozitivně přispět k zachování nebo dokonce zvýšení biodiverzity.

Pro výpočet indexů biodiverzity a posléze hodnoty biodiverzity na vybraných pozemcích v zájmovém území je třeba nejprve určit druhy, které se vyskytují na daném pozemku a poté přiřadit četnost (neboli frekvenci) každého druhu. Pozorování probíhalo v nepravidelných intervalech v měsících září až prosinec. Pozorování probíhalo pomocí přímého pozorování a použitím fotopasti u krmítka s pomocí místních aktivistů v oblasti životního prostředí, rovněž byla použita aplikace birdscanner pro identifikaci zvuků ptáků. Následně byly vybráno 5 druhů, které reprezentují dva savce, dva ptáky a jednoho obojživelníka, které jsou typické pro zemědělskou krajinu v okolí Prahy. Jedná se o následujících pět druhů, které jsou uvedeny v tab.č. 11. V modelovém příkladu na zemědělském pozemku v Praze 14 se autor rozhodl zaměřit na pět druhů v rámci terénního výzkumu s pomocí místních aktivistů v oblasti ochrany životního prostředí: myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), vrabec polní (*Passer montanus*), zajíc polní (*Lepus europaeus*), a bažant obecný (*Phasianus colchicus*). Výběr těchto druhů reflektuje jejich rozmanitost a rozličné role v ekosystému, což umožňuje komplexněji pochopit ekologickou hodnotu a funkčnost zemědělské krajiny. Myšice křovinná je běžný drobný savec, který hraje klíčovou roli v potravním řetězci jako zdroj potravy pro širokou škálu predátorů, včetně ptáků, hadů a šelem. Tento druh také přispívá k rozptylu semen některých rostlin, což podporuje regeneraci a diverzitu vegetace. Skokan hnědý je indikátorový druh, jehož přítomnost signalizuje zdravé vodní prostředí a vysokou kvalitu okolního habitatu. Obojživelníci jako skokan pomáhají kontrolovat populaci hmyzu a jsou důležití pro udržení rovnováhy v ekosystému.

Vrabec polní má významnou roli v kontrole hmyzích škůdců, což je zvláště důležité v zemědělských a zahradních ekosystémech. Vrabec také přispívá k opylování některých rostlin při konzumaci nektaru. Zajíc polní je důležitý pro biologickou diverzitu jako velký býložravec, který ovlivňuje strukturu vegetace a podporuje biodiverzitu rostlin tím, že selektivním spásáním umožňuje růst méně dominantních druhů. Je také významným zvířetem v potravním řetězci, sloužícím jako kořist pro predátory. Bažant obecný je často chován pro lov a sport. Bažant má rovněž přínos pro ekosystém, například při likvidaci hmyzu a jako zdroj potravy pro dravce. Jeho přítomnost může obohacovat biodiverzitu a přinášet estetickou hodnotu krajině. Každý z těchto druhů je unikátní, přičemž jejich vzájemné interakce a vztahy s okolním prostředím přispívají k udržení ekologické rovnováhy a zdraví ekosystému. Je zřejmé, že v oblasti žije mnohem více živočišných ale i rostlinných druhů, nicméně bylo autorem rozhodnuto limitovat výzkum i s ohledem na následné dotazníkové šetření pouze na těchto pět druhů, veřejnosti známých.

Tabulka 11 Sčítání jedinců vybraných druhů

Český název	Latinský název	Počet jedinců
Myšice křovinná	<i>Apodemus agrarius</i>	30
Skokan hnědý/zelený	<i>Rana temporaria</i>	20
Vrabec polní	<i>Passer montanus</i>	50
Zajíc polní	<i>Lepus europaeus</i>	10
Bažant obecný	<i>Phasianus colchicus</i>	5

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě počtu jedinců byly vypočítány indexy biodiverzity a to všechny představené v metodologii práce. Shannon-Wienerův index je 1,37. Shannon-Wienerův index je míra biodiverzity, která kombinuje informace o druhové bohatosti a rovnoměrnosti distribuce jedinců mezi druhy. Hodnota 1,37 naznačuje střední úroveň biodiverzity. Vysoké hodnoty tohoto indexu ukazují na vysokou druhovou bohatost a rovnoměrnou distribuci jedinců, zatímco nízké hodnoty naznačují opak. Simpsonův index má hodnotu 0,70. Simpsonův index měří pravděpodobnost, že dva náhodně vybraní jedinci budou stejného druhu. Hodnota 0,70 značí mírnou tendenci k diverzitě, ale stále existuje poměrně vysoká pravděpodobnost, že dva náhodně vybraní jedinci budou patřit ke stejnému druhu. Čím blíže je hodnota k 1, tím menší je biodiverzita (větší dominance několika druhů), a naopak, čím blíže je hodnota k 0, tím větší je biodiverzita. Shannon-Wienerův index 1,37 a Simpsonův index 0,70 společně naznačují, že i když komunita obsahuje rozmanité druhy, existuje stále poměrně vysoká pravděpodobnost výskytu stejných druhů mezi náhodně vybranými jedinci. To může značit,

že ačkoliv je komunita rozmanitá, některé druhy jsou zastoupeny větším počtem jedinců než ostatní.

Margalefův index je 0,84. Margalefův index naznačuje, kolik druhů je v komunitě ve vztahu k celkovému počtu jedinců. Hodnota 0,84 ukazuje na poměrně vysokou druhovou bohatost vzhledem k velikosti vzorku. Vyšší hodnoty tohoto indexu signalizují větší druhovou bohatost.

Předposlední počítaná index - Pielouův index rovnoměrnosti má hodnotu 0,85. Pielouův index rovnoměrnosti hodnotí, jak rovnoměrně jsou jedinci rozděleni mezi různé druhy. Hodnota 0,85 značí poměrně vysokou rovnoměrnost rozdělení jedinců mezi druhy. Hodnota blíží se 1 značí dokonalou rovnoměrnost, kde každý druh má stejný počet jedinců, zatímco hodnoty blíží se k 0 naznačují nerovnoměrnou distribuci s dominancí jednoho nebo několika málo druhů. Margalefův index bohatosti 0,84 a Pielouův index rovnoměrnosti 0,85 společně ukazují, že i přes střední úroveň biodiverzity je druhová bohatost poměrně vysoká vzhledem k celkovému počtu jedinců a jedinci jsou mezi druhy rozděleni relativně rovnoměrně. Tyto indexy poukazují na zdravou ekologickou strukturu komunity, kde žádný druh není extrémně dominantní, což podporuje ekologickou stabilitu a odolnost ekosystému. Poslední spočítaný index je Berger-Parkerův index, který ukazuje podíl nejhojnějšího druhu na celkovém počtu jedinců v komunitě. Hodnota 0,43 značí, že nejhojnější druh tvoří 43 % celkového počtu jedinců. Nižší hodnoty tohoto indexu ukazují na menší dominanci jednoho druhu a tedy na vyšší biodiverzitu. Hodnota blíží se 1 by indikovala extrémní dominanci jednoho druhu. Z uvedených indexů vyplynulo, že zkoumaná komunita vykazuje střední úroveň biodiverzity s určitou mírou druhové bohatosti a rozdělení jedinců mezi druhy. Přes určitý optimismus lze říci, že úsilí pro ochranu a zachování biodiverzity v této zájmové oblasti Prahy 14 by mělo být zaměřeno na opatření zaměřená na podporu druhové bohatosti a ještě rovnoměrnější rozdělení jedinců. To může zahrnovat ochranu habitatů, obnovu poškozených ekosystémů a management půdy a krajiny, který zohledňuje potřeby různých druhů a zároveň podporuje jejich koexistenci.

Monetární hodnota biodiverzity

Monetární hodnotu biodiverzity lze přiřadit například na základě ekosystémových služeb, ale i na základě vyjádřených preferencí respondentů, které jsou uvedeny v tab. č. 12.

Tabulka 12 Monetární hodnota preferencí respondentů

Český název	Cena za jedince (WTP) (Kč)
Myšice křovinná	53,33 (50)
Skokan hnědý	97,5 (100)
Vrabeč polní	67,5 (70)
Zajíc polní	198,33 (200)
Bažant obecný	297,5 (300)

Zdroj: vlastní zpracování

Tato hodnota vzešla z dotazníkového šetření a byla zaokrouhlena na celé desítky v závorce.

Výpočet hodnoty biodiverzity na vybraném pozemku

Pro výpočet celkové hodnoty biodiverzity se započítáním vzácnosti byl nejdříve vypočítána inverzní hodnota četnosti každého druhu, což představuje jejich vzácnost. Následně byla normalizována vzácnost tak, aby součet všech normalizovaných vzácností byl 1. Tímto bylo zajištěno správné rozdělení hodnot mezi druhy na základě jejich vzácnosti. Normalizované vzácnosti pro jednotlivé druhy jsou následující v tab. č. 13.

Tabulka 13 Normalizované vzácnosti

Český název	Hodnota
Myšice křovinná	0,083
Skokan hnědý/zelený	0,124
Vrabeč polní	0,050
Zajíc polní	0,248
Bažant obecný	0,496

Zdroj: vlastní zpracování

Poté byla upravena monetární hodnoty druhů násobením normalizovanou vzácností, což vede k následující upravené monetární hodnotě pro jednotlivé druhy viz tab. č. 14.

Tabulka 14 Úprava monetární hodnoty

Český název	Cena za jedince (Kč)
Myšice křovinná	4,13
Skokan hnědý	12,40
Vrabeč polní	3,47
Zajíc polní	74,38
Bažant obecný	247,93

Zdroj: vlastní zpracování

Celková hodnota biodiverzity na vybraném území Prahy 14, když se započítá vzácnost (inverzní hodnota četnosti) a upraví monetární hodnoty podle této vzácnosti je 2529,- Kč .

Tento výpočet ukazuje, jak upravení hodnot na základě vzácnosti může výrazně změnit celkovou ekonomickou hodnotu biodiverzity, přičemž vzácnějším druhům je přiřazena vyšší hodnota, což odráží jejich potenciálně větší význam pro ekosystém a jeho služby.

V tomto modelovém příkladu jsme se snažili ilustrovat, jak rozmanitost živočišných druhů a jejich ekologické role mohou být oceněny nejen z ekologického, ale i ekonomického hlediska. Vzácnější druhy, které mají specifické funkce v ekosystému nebo jsou významné pro jeho stabilitu a zdraví, mohou být považovány za cennější, což zdůrazňuje význam ochrany a zachování biodiverzity.

Celková hodnota biodiverzity

Celková cena biodiversity byla poté spočítána jako součet modifikované ochoty zaplatit vynásobeno počtem obyvatel Prahy 14 a je rovno 83.580.921,- Kč, což odpovídá zhruba 84,- Kč na metr.

5.2.7. Retence vody a její hodnota

Pro výpočet objemu zadržené vody v půdě pomocí Van Genuchtenova modelu byly vybrány ve spolupráci s hydrogeologem²⁰³ typické parametry pro půdu, která se nachází v zájmové oblasti Prahy 14 a to i dle analýzy modelu půdního pokryvu a jeho využití.

Předpokládané parametry pro Van Genuchtenův vztah byly zvoleny následovně, jak je uvedeno v tab. č. 15.

Tabulka 15 Parametry Van Genuchtenovy rovnice

Parametr	Hodnota s jednotkami	Popis
θ_s	0,45 (bezrozměrný)	45% nasycená vlhkost půdy
θ_r	0,05 (bezrozměrný)	5% reziduální vlhkost půdy
α	0,01 m ⁻¹	Empirický parametr, ovlivněný strukturou půdy
n	1,5 (bezrozměrný)	Empirický parametr, ovlivněný texturou půdy
ψ	-15 kPa	Matricový potenciál, zvolen pro modelování

Zdroj: VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America journal*, 1980, Bílý Pavel, [ústní sdělení]. Praha 14 [2023-12-30], vlastní zpracování

²⁰³ Bílý Pavel, [ústní sdělení]. Praha 14 [2023-12-30]

Hodnota nasycené vlhkosti 45% je realistický odhad pro půdy s dobrou porozitou, které jsou schopné zadržet značné množství vody. V analyzované oblasti, kde se kombinují trvalé travní porosty, lesní plochy a zemědělská půda lze očekávat, že půda bude mít schopnost zadržet dostatečné množství vody díky přítomnosti organické hmoty z vegetace a lepší struktury půdy způsobené kořenovými systémy rostlin. Reziduální vlhkost 5% odráží minimální množství vody, které půda může zadržet proti gravitační síle. Tato hodnota je typická pro širokou škálu půdních typů a ukazuje na půdu, která není extrémně suchá a má schopnost zadržet základní vlhkost pro mikrobiální aktivitu a dostupnost vody pro rostliny v období sucha. Hodnota α $0,01 \text{ m}^{-1}$ je charakteristická pro půdy s mírnou až střední pórovitostí. Tento parametr Van Genuchtenovy rovnice ovlivňuje, jak rychle se mění vlhkost půdy s matricovým potenciálem. Nízká hodnota α naznačuje, že půda má poměrně plynulý přechod od nasycené k reziduální vlhkosti, což je typické pro půdy, kde kombinace textury a struktury podporuje postupné uvolňování vody. Hodnota n 1,5 je v souladu s půdami, které mají středně rychlou až pomalou reakci na změny vlhkosti, což znamená, že voda je v půdě uvolňována poměrně rovnoměrně, aniž by docházelo k prudkým změnám v dostupnosti vody pro rostliny. V kontextu oblasti s různorodým využitím, jako je kombinace pastvin, stromů a polí, může tato hodnota odrážet směs půdních charakteristik, které jsou vhodné pro udržení stabilního prostředí pro různé typy vegetace. Poslední proměnná známá jako matricový potenciál, je klíčovou proměnnou ve Van Genuchtenově rovnici pro modelování vodní retence v půdě. Hodnota -15 kPa reprezentuje míru, jak silně půda zadržuje vodu proti gravitační síle, což je indikátor dostupnosti vody pro rostliny. V praxi tento matricový potenciál ukazuje na středně vlhkou půdu, která není ani příliš suchá, ani nasycená vodou, což je typický stav, kdy je voda dostupná pro většinu rostlin bez potřeby dodatečného zavlažování. Hodnota -15 kPa může být charakteristická pro půdy po mírném dešti nebo v obdobích, kdy půda postupně vysychá po větší srážce. V kontextu Prahy 14 v zadané oblasti, která je kombinací lesa, pastvin a polí tato hodnota naznačuje, že půda v této oblasti je schopna efektivně zadržovat vodu, což podporuje různorodé využití půdy a přispívá k udržení biodiverzity a produktivity v regionu. Tato schopnost půdy zadržovat vodu je zásadní pro zemědělství, lesnictví a ochranu přírody, protože přímo ovlivňuje dostupnost vody pro rostliny a celkovou zdravotní kondici ekosystému. Pomocí Van Genuchtenovy rovnice je spočítána efektivní vlhkost vody v půdě, které je dostupné pro rostliny nebo které může být zadrženo půdou nad reziduální úrovní vlhkosti, která je následně převedena přes plochu a hloubku půdního profilu, který je stanoven na hodnotu 0,5m, což je střední hodnota daná

modelem půdního pokryvu a jeho využití v analyzované oblasti. Po dosazení byla získána hodnota 1965 m³ na hektar.

Monetizace zadržené vody na zájmovém území

V souladu s metodologií bude použita cena za zavlažování celé plochy jako hodnota zadržené vody. Uvažované náklady na zavlažování jsou uvedeny v tab. č. 16.

Tabulka 16 Náklady na zavlažování

Kategorie	Hodnota (Kč)	Poznámka
Energetické náklady na m ³	2,5	Předpokládá se spotřeba 0,5 kWh na čerpání 1 m ³ vody a cena 5 Kč/kWh.
Celkové energetické náklady	1 250 000	Výpočet: 500 000 m ³ . 2,5 Kč/m ³
Roční operativní náklady	100 000	Odhadované roční operativní náklady (práce, management).
Roční údržba	15 000	5% z počáteční investice 300 000 Kč.
Roční odpisy kapitálu	30 000	Odpisy zařízení pro čerpání vody rozložené do 10 let.
Celkové roční náklady	1 395 000	Součet všech nákladů.
Náklady na 1 m ³	2,79 Kč	Celkové roční náklady / 500 000 m ³ .

Zdroj: Odbor majetku Praha 14 [online] dostupné z: <https://www.praha14.cz/urad-mestske-casti/odbory> [citováno 2023-01-24], vlastní zpracování

V tab. č. 16 nákladů na zavlažování 1 km² (100 hektarů) půdy v zájmové oblasti Prahy 14 byly zohledněny všechny relevantní faktory, včetně energetických nákladů, operativních a údržbových výdajů a odpisů kapitálu spojených s technologií čerpání. Celkové energetické náklady na čerpání 500 000 m³ vody byly odhadnuty na 1 250 000 Kč, přičemž se předpokládá, že pro čerpání 1 m³ vody je potřeba 0,5 kWh elektrické energie za cenu 5 Kč/kWh. K těmto nákladům jsou připočteny odhadované roční operativní náklady ve výši 100 000 Kč, které pokrývají práci a správu systému, a roční náklady na údržbu ve výši 15 000 Kč, což představuje 5 % z počáteční investice 300 000 Kč do čerpacího zařízení a související infrastruktury. Navíc byly do výpočtu zahrnuty roční odpisy kapitálu ve výši 30 000 Kč, které odrážejí amortizaci investice do technologie čerpání (čerpadla, potrubí, filtry, atd.) rozloženou na desetiletou životnost. Tyto aktualizované celkové roční náklady ve výši 1 395 000 Kč vedly k tomu, že náklady na zavlažování na 1 m³ vody činí přibližně 2,79 Kč. Celková hodnota zadržené vody je pak rovna 548.235,- Kč nebo též 0,5 Kč na metr, což reprezentuje hodnotu vody zadržené v půdě v daném okamžiku. Tento výpočet není přímo vázán na žádnou jednotku času, jako je den, měsíc nebo rok. Místo toho poskytuje

momentální snímek množství vody zadržené v půdě nad reziduální úroveň vlhkosti. Pokud by bylo cílem zjistit, kolik vody může být zadrženo v půdě během určitého časového období, je nutné integrovat data o srážkách, evapotranspiraci, odtok vody, infiltraci a změny v půdní vlhkosti v průběhu daného období, společně s kapacitou půdy zadržet vodu.

5.2.8. Eroze půdy ve vybrané lokalitě

Okamžitou vodní erozi půdy lze spočítat na základě několika faktorů: (R) erozní potenciál srážek, (erodibilita půdy (K), topografický faktor (LS), faktor pokryvu a managementu (C) a faktor preventivních praxí (P). Pro Prahu 14, oblast s rozmanitým využitím půdy na základě analýzy GIS (8 % vodní plochy, 38 % lesy, 32 % trvalé travní porosty, 22 % zemědělská pole), lze odhadnout parametry RUSLE následovně. Pro R erozivitu srážek se hodnota pro Prahu 14 může lišit v závislosti na konkrétních klimatických podmínkách v daném roce, ale obecně se pražské hodnoty R pohybují od 500 do 700 MJ mm/ha/h/rok. Je tedy zvolena hodnota 600 MJ mm/ha/h/rok. Hodnota K závisí na typu půdy. Pro zájmovou oblast Prahy 14, kde se vyskytují smíšené typy půdy je použita hodnota 0,03 t ha h/ha MJ mm Vzhledem k tomu, že analyzovaná oblast Prahy 14 není kopcovitá, je topografický faktor (LS) nastaven jako relativně nízký, v tomto případě 1,2. Hodnota C odráží vliv vegetace a managementu půdy na erozi. Lesní plochy mají nízký C faktor, například 0,001, zatímco pole mají vyšší C faktor, například 0,3. Pro smíšené využití půdy v Praze 14 byla průměrná hodnota C stanovena 0,2. Faktor (P) zahrnuje účinky terasování a dalších opatření proti erozi. V oblasti s kombinovaným využitím půdy, kde jsou pravděpodobně implementovány nějaké preventivní praxe, byl odhadnot P faktor na 0,9.

Přehled těchto faktorů je uveden v tab. č. 17.

Tabulka 17 Faktory RUSLE

Faktor	Hodnota a jednotky	Popis
R	600 MJ mm/ha/h/rok	Erozivita srážek, odhaduje sílu a množství srážek schopných způsobit erozi.
K	0,03 t ha h/MJ mm	Erodibilita půdy, měřítko náchylnosti půdy k erozi v závislosti na jejích fyzikálních vlastnostech.
LS	1,2 bezrozměrný	Topografický faktor, zohledňuje sklon a délku svahu, což ovlivňuje potenciál eroze.
C	0,2 bezrozměrný	Faktor pokryvu a managementu, vyjadřuje vliv vegetačního pokryvu a způsobu obhospodařování půdy na erozi.
P	0,9 bezrozměrný	Faktor zemědělských (krajinařských) opatření, který hodnotí efektivitu opatření proti erozi, jako jsou terasy nebo pruhy vegetace.

Zdroj: VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11].

Produktem dosažených hodnot získáváme erozivní potenciál půdy ve výši 4,536 t/ha/rok, tedy na celém zájmovém území 453,6 tuny materiálu.

Monetizace

Prvním způsobem monetizace mohou být dodávky splavené ornice pomocí nákupu a dovozu na místo. Při předpokládané vzdálenosti 10 km je odhadnuta cena na 500,- Kč za tunu. Při splavu 453,6 t vychází hodnota splavené půdy za rok 226800,- Kč.

Druhým přístupem je volba protierozního opatření. Zvoleným opatřením je výsadba podél celého pozemku o celkové délce 4240 m. Toto opatření nebere v potaz existující rostliny, keře a stromy a zároveň předpokládá, že bude zachyceno 100% možné eroze.

Lze uvažovat následující náklady viz tab.č.18. Nákup sazenic a materiál je cca 150,- Kč za sazenici při třech sazenicích na metr. Přípravné práce a sázení je cca. 200,- Kč na sazenici pro 4240 metrů obvodu pozemku. Odpisy lze stanovit následovně. Předpokládaná životnost opatření je 20 let. Celkové počáteční kapitálové investice budou rozděleny na 20 let pro výpočet ročních odpisů.

Tabulka 18 Výpočet opatření - sázení stromů

Položka	Náklady (Kč)	Poznámka
Nákup sazenic a materiálu	1 908 000	Pro 4240 metrů
Pracovní síla (výsadba a instalace)	2 544 000	Pro 4240 metrů
Roční odpisy	137 800 ročně	Předpokládaná životnost opatření 20 let
Celkové počáteční kapitálové investice	4 452 000	Součet nákladů na sazenice, práci a přípravu
Předpokládané roční náklady na údržbu	100 000	Odhad pro údržbu a obnovu vegetace
Celkové roční náklady	237 800	Součet ročních odpisů a nákladů na údržbu

Zdroj: Odbor majetku Praha 14 [online] dostupné z: <https://www.praha14.cz/urad-mestske-casti/odbory> [citováno 2023-01-24], vlastní zpracování

Celková počáteční investice na realizaci protierozních opatření podél potoka o délce 4240 metrů činí 4 452 000,- Kč. Roční odpisy rozložené přes očekávanou životnost 20 let, jsou 137 800,- Kč. Předpokládané náklady na údržbu mohou být 100000,- Kč na rok, což dává celkové náklady ve výši 237 800,- Kč, To je velmi podobná hodnota jako za nákup a dovoz ornice.

5.2.9. Sekvestrace uhlíku a její hodnota

Pro výpočet sekvestrace uhlíku v oblasti 1 km², kde je cca 38 % lesu s průměrným stářím 40 let, 32 % ttp a 22 % zemědělských polí a 8 % vody, lze použít velmi zjednodušený přístup podobný modelu CENTURY, který umožňuje hodnotit ekosystémové služby, včetně sekvestrace uhlíku na základě různých typů využití půdy a vegetace.

Pro tento výpočet jsou definovány průměrné roční hodnoty sekvestrace uhlíku pro jednotlivé typy využití půdy s tím, že tyto hodnoty byly posléze dosazeny do matice, jež byla provázána s „půdní pokrýv a jeho využití“ analyzovaným pro danou oblast. Hodnoty vycházely z následujících předpokladů, které jsou shrnuty v tab. č. 19 a rovněž byly ovlivněny funkcí teploty, vlhkosti a typem biomasy.

Tabulka 19 Sekvestrace uhlíku - výpočet hodnot podkladů

Typ využití půdy	Biomasa nad zemí	Biomasa pod zemí	Mrtvá organická hmota	Půdní organický uhlík
Les	Vysoká	Vysoká	Střední	Vysoká
Pastvina	Nízká	Střední	Nízká	Střední
Zemědělské pole	Nízká	Nízká	Nízká	Střední
Vodní plocha	Střední	Střední	Střední	Žádný

Zdroj: vlastní zpracování

Mladé a středně staré lesy mohou sekvestrovat uhlík v průměru 2,5 až 12,5 t/ha/rok. Odhad smíšeného lesa v dané oblasti o průměrném stáří 40 let má průměrnou hodnotu 7,5 t/ha/rok. Pro trvalé travní porosty je sekvestrace uhlíku nižší, průměrně 0,3 až 1,5 t/ha/rok. Pro model v této práci je uvažováno s průměrem 0,9 t/ha/rok. Pro zemědělské pozemky platí, že mají obecně nižší sekvestrační potenciál, odhadem 0,1 až 0,5 t/ha/rok, průměrně cca 0,3 t/ha/rok. Pro vodní plochy, primárně plochy na JV území je uvažováno o průměrné sekvestraci 1 t/ha/rok. Vše je shrnuto v tab. č. 20.

Tabulka 20 Sekvestrace uhlíku pro zájmovou oblast

Typ využití půdy	Sekvestrace uhlíku (tuny C/ha/rok)	Poznámka
Smíšený les	7,5	Průměrné stáří 40 let
Trvalé travní porosty	0,9	Průměr mezi 0,3 a 1,5 t/ha/rok
Zemědělské pozemky	0,3	Průměr mezi 0,1 a 0,5 t/ha/rok, nižší sekvestrační potenciál
Vodní plochy	1,0	Primárně rybníky, průměrná sekvestrace

Zdroj: CENTURY, [online] dostupné z: <https://www.nrel.colostate.edu/projects/century>, [staženo 23-12-12], vlastní zpracování

S využitím dat z GIS a vypočítané sekvestrace byla odhadnuta sekvestrace uhlíku v zájmové oblasti. Celková sekvestrace uhlíku na 1 km² při daném rozložení využití půdy a vodních ploch (8 % voda, 38 % lesy, 32 % trvalé travní porosty, 22 % zemědělské pole) činí přibližně 328,4 tuny uhlíku za rok.

Monetizace sekvestrace uhlíku v zájmovém území

V souladu s metodologií a literární rešerší byla pro sekvestraci uhlíku použita cena emisních povolenek, která je znázorněna na obrázku č. 36.

Analýza ETS

Na začátku roku roku 2010 zaznamenal EU ETS výrazný pokles cen povolenek. To bylo z velké části přisuzováno nadměrné nabídce povolenek a dopadu celosvětové finanční krize. Podle Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) ceny klesly z přibližně 30 EUR za tunu CO₂ v roce 2008 na méně než 10 EUR do roku 2012. Toto období je dobře zdokumentováno ve výročních zprávách EEA a v prohlížeči dat EU ETS. V polovině roku 2010 pokračovala volatilita cen povolenek. Trh ovlivnily faktory jako je ekonomické oživení, ceny energií a vývoj politiky.²⁰⁴ Ceny během tohoto období kolísaly, ale obecně zůstaly pod 10 EUR za tunu.

Významným politickým vývojem bylo zavedení tržní stabilizační rezervy (MSR) v roce 2019, zaměřené na řešení přebytku povolenek. Nejdramatičtější změny nastaly na začátku roku 2020. Jak uvádí International Carbon Action Partnership (ICAP), ceny se do roku 2021 vyšplhaly na více než 50 EUR za tunu. Toto zvýšení bylo způsobeno několika faktory, včetně přísnějších cílů snižování emisí v rámci Evropské zelené dohody, hospodářského oživení po COVID-19. a zvyšující se ceny energií.

²⁰⁴ELLERMAN, A. Denny., et al. The European Union emissions trading system: ten years and counting. *Review of Environmental Economics and Policy* 2016.

Obrázek 36 Vývoj cen emisních povolenek od r. 2018



Zdroj: www.investing.com, vlastní zpracování

Při sekvestraci 328,4 tunu uhlíku za rok a průměrné ceně 47,62 EUR za tunu při přepočtu na Kč vychází celková hodnota sekvestrace cca 391 tisíc Kč tj. přibližně 0,4 Kč na metr čtverečný.

Pro případnou budoucí změnu byla modelována změna využití plochy na 42% lesy, 30 % trvalé travní porosty, 20 % pole a 8 % voda, která vede k sekvestraci ve výši 356 tunu uhlíku za rok, což při diskontní sazbě 5 % a odhadované délce trvání změny 10 let vede k monetárnímu výsledku sekvestrace ve výši cca 20171,- Kč. Tento výsledek nebere v potaz, že k sekvestraci uhlíku bude docházet kumulativně i v mezidobí. Zároveň předpokládáme *ceteris paribus* stejnou hodnotu tuny uhlíku za 10 let jako je nyní a stejný směnný kurz EUR/Kč. Tyto podmínky lze změnit a to s ohledem na předpokládaný nárůst cen emisních povolenek.

Základní statistika

Základní statistika dat cen emisních povolenek za posledních 5 let ukazuje tyto hodnoty viz tab. č. 21.

Tabulka 21 Statistika cen emisních povolenek

Statistický ukazatel	Hodnota
Průměr	47,62
Medián	39,58
Minimum	7,58
Maximum	97,42
Směrodatná odchylka	27,863
Variační koeficient	0,58512

Zdroj: TRADING ECONOMICS [online] dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> [citováno 2024-02-13], vlastní zpracování

Tab.č. 21 ukazuje rozložení cen emisních povolenek v rámci systému EU ETS. Střední hodnota 47,62 EUR naznačuje průměrnou cenu povolenky, zatímco medián 39,58 EUR ukazuje střední hodnotu sady dat, což napovídá, že rozdělení cen není úplně symetrické. Minimum a maximum, 7,58 EUR a 97,42 EUR ukazují rozsah cen povolenek v datovém souboru. Směrodatná odchylka 27,863 EUR poukazuje na rozptyl cen povolenek od jejich střední hodnoty. Variační koeficient 0,58512 ukazuje relativní variabilitu cen povolenek vzhledem k jejich střední hodnotě, což naznačuje poměrně vysokou variabilitu cen.

Analýza časové řady

Nyní je zřeba prozkoumat stacionaritu časové řady a to pomocí funkce Augmented Dickey Fuller. Augmented Dickey-Fuller (ADF) test na stacionárnost dává následující výsledky.²⁰⁵

Tabulka 22 Test ADF

Testovací statistika: -1.2286
p-hodnota: 0.6612

zdroj: vlastní zpracování

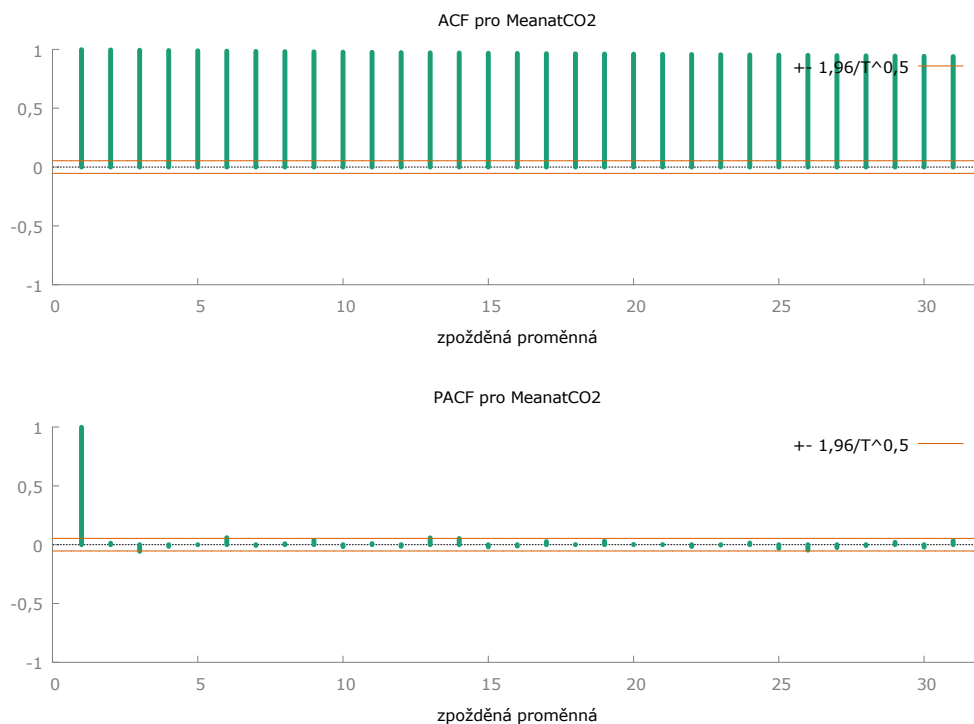
Vzhledem k tomu, že p-hodnota je větší než 0.05 a testovací statistika je vyšší než kritické hodnoty, nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu o nestacionárnosti časové řady. To

²⁰⁵MUSHTAQ, Rizwan. *Augmented Dickey Fuller Test* (August 17, 2011). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1911068> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1911068> [citováno 2023-12-20].

znamená, že časová řada není stacionární. Pro ověření byla časová řada diferencována, přičemž výsledky testu ukazují, že diferencovaná řada je stacionární, což potvrzuje, že původní řada je nestacionární a stává se stacionární až po prvním diferencování.

Pro modelování ARIMA byl zvolen tvar ARIMA(1,1,1) a to po examinaci autokorelační (ACF) a parciální autokorelační funkce (PACF), které jsou vyobrazeny na obrázku níže.

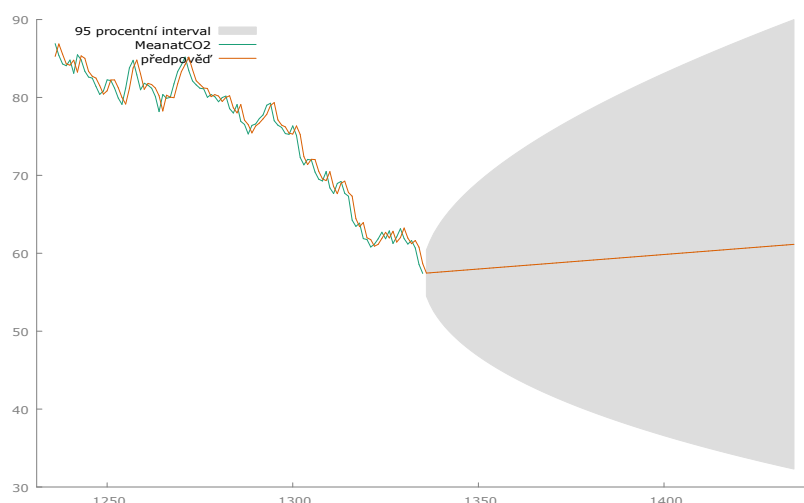
Obrázek 37 ACF a PACF



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě modelu ARIMA (1,1,1) byla provedena predikce cen pro následujících 100 období (denní data), která je znázorněna na následujícím obrázku.

Obrázek 38 Předpověď ARIMA



Zdroj: vlastní zpracování

Tato analýza poukazuje na to, že lze do budoucna očekávat nárůst cen povolenek, což je v souladu i s fundamenty. Toto vede k závěru, že lze očekávat zvyšování hodnoty sekvestrační funkce

Polynomiální regrese

V dalším kroku byl zkoumán vliv zpožděných proměnných na cenu emisních povolenek. Skutečná budoucí cena se může lišit v závislosti na mnoha faktorech, které model nemusí plně zohledňovat včetně tržních, politických a environmentálních událostí, nicméně může tento model ukázat určité vzorce v datech.

Celá rovnice polynomiální regresního modelu pro predikci cen emisních povolenek P_c byla odhadnuta takto

$$P_{c_t} = -0.427 + 0.837P_{c_{t-1}} + 0.235P_{c_{t-2}} - 0.042P_{c_{t-3}} + 0.017P_{c_{t-1}}^2 - 0.025P_{c_{t-1}}P_{c_{t-2}} - 0.006P_{c_{t-1}}P_{c_{t-3}} + 0.004P_{c_{t-2}}^2 + 0.014P_{c_{t-2}}P_{c_{t-3}} - 0.004P_{c_{t-3}}^2 \quad (37)$$

$P_{c_{t-1}}$, $P_{c_{t-2}}$, $P_{c_{t-3}}$... ceny emisních povolenek v předchozích třech obdobích a koeficienty představují vliv jednotlivých polynomiálních termínů (včetně kvadratických a smíšených termínů) na predikovanou cenu. Polynomiální regresní model předpovídá, že cena emisních povolenek pro následující období bude přibližně 67,88 euro za tunu CO₂. Tato cena je vyšší než cena použitá v modelu a tudíž lze říci, že hodnota sekvestrace může být v budoucnu vyšší.

Volatilita

Volatilita dat byla zkoumána pomocí metody ARCH konkrétně s parametry (1,1) s výsledky prezentovanými v tab. č. 23.

Tabulka 23 Výsledky odhadu

koeficient	směr. chyba	z	p-hodnota	
const	25,0260	0,0886578	282,3	0,0000 ***
alpha(0)	0,245894	0,0647264	3,799	0,0001 ***
alpha(1)	0,923769	0,0893301	10,34	4,59e-025 ***
beta(1)	0,0762309	0,0805758	0,9461	0,3441

Zdroj: vlastní zpracování

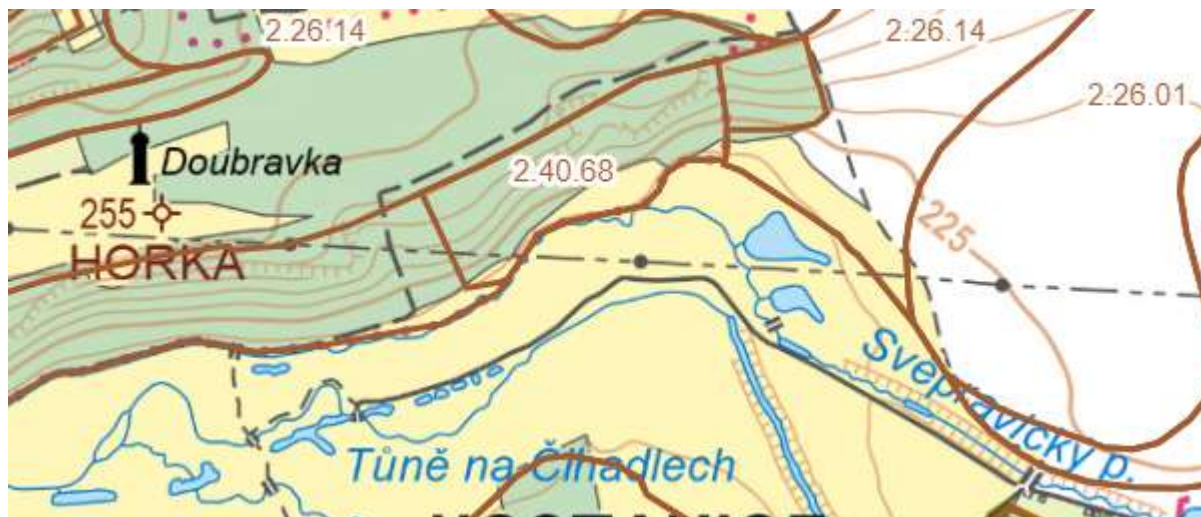
Výsledky odhadu modelu ukazují, že krátkodobá volatilita (jak nezávislá, tak ovlivněná minulými hodnotami) hraje v modelu významnou roli, zatímco dlouhodobé efekty nebyly statisticky prokázány jako významné. V praxi to znamená, že při použití tohoto modelu pro předpověď budou předpovědi založeny převážně na nedávných změnách volatility, což umožňuje rychle reagovat na tržní šoky nebo změny, ale méně spolehlivě predikovat dlouhodobější volatilní trendy. Vzhledem k použití tohoto modelu (dlouhodobá sekvestrace uhlíku) nelze dělat závěry o budoucím vývoji.

Poslední technikou pro zkoumání volatility je exponenciálně vážený pohyblivý průměr (EWMA). Jedná se o techniku, která přiřazuje větší váhu nejnovějším datům, kde nejnovější pozorování jsou často relevantnější pro předpověď budoucí volatility. EWMA může být použita pro odhad volatility, kdy je odhadnuta jako exponenciálně vážený průměr cenových změn, kde váhy exponenciálně klesají v čase. Aplikací λ rovno 0,94 je výsledkem volatilita ve výši 0,00025, což je relativně malá volatilita, která je dána především nízkou volatilitou posledních dat.

5.2.10. Porovnání s ostatními cenami půdy

Zájmové území je zachyceno z hlediska BPEJ na obrázku č. 39.

Obrázek 39 BPEJ zájmová oblast

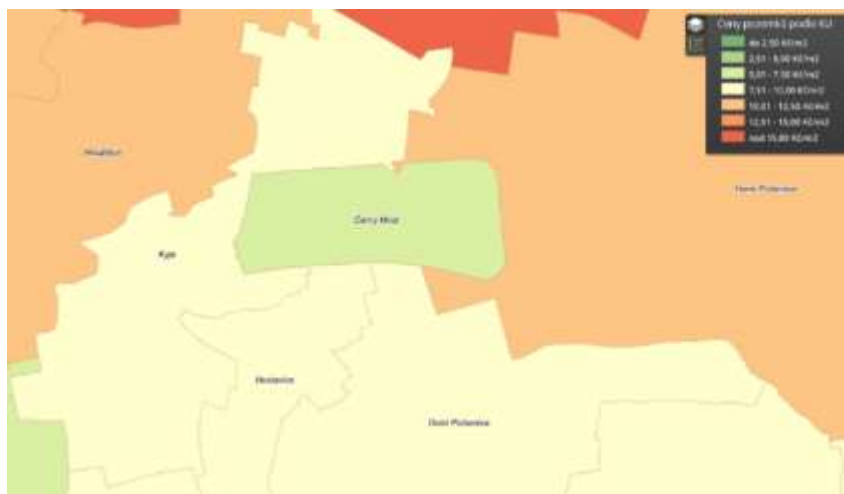


Zdroj: VÚMOP, citováno 15. 12. 2023

Z analýzy vybraného území je zřejmé, že se zde nachází následující BPEJ: 2.26.14, 2.40.68, 2.26.01, část 2.26.54 a část 2.59.00. BPEJ 2.26.14 je kambizemě převážně na mírných svazích se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 25 - 50 %. Půdy jsou to hluboké až středně hluboké v teplém, mírně suchém klimatickém regionu a velmi málo produkční. Základní cena je 4,90 Kč/m². BPEJ 2.40.68 jsou silné svažitě půdy převážně na výrazných svazích s jižní expozicí (jihozápadní až jihovýchodní) a celkovým obsahem skeletu od 25 %. Půdy hluboké, středně hluboké až mělké v teplém, mírně suchém klimatickém regionu a produkčně málo významné se základní cenou 1,25 Kč. BPEJ 2.26.01 jsou kambizemě převážně na rovině nebo úplné rovině se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 25 %. Půdy hluboké až středně hluboké v teplém, mírně suchém klimatickém regionu a málo produkční. Jejich cena je 9,07 Kč. BPEJ 2.26.54 jsou kambizemě převážně na středních svazích se západní či východní expozicí (jihozápadní až severozápadní či jihovýchodní až severovýchodní) nebo se severní expozicí (severozápadní až severovýchodní) a celkovým obsahem skeletu 25 - 50 %. Půdy hluboké až středně hluboké v teplém, mírně suchém klimatickém regionu a produkčně málo významné. Jejich cena je 3,51 Kč. BPEJ 2.59.00 jsou fluvizemě převážně na rovině nebo úplné rovině se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně suchém klimatickém regionu a málo produkční s cenou 8,51 Kč za m².

Podle katastrálního území je zájmové území oceněno viz. níže na obr. č. 40

Obrázek 40 Cena půdy podle katastrálního území zájmové lokality

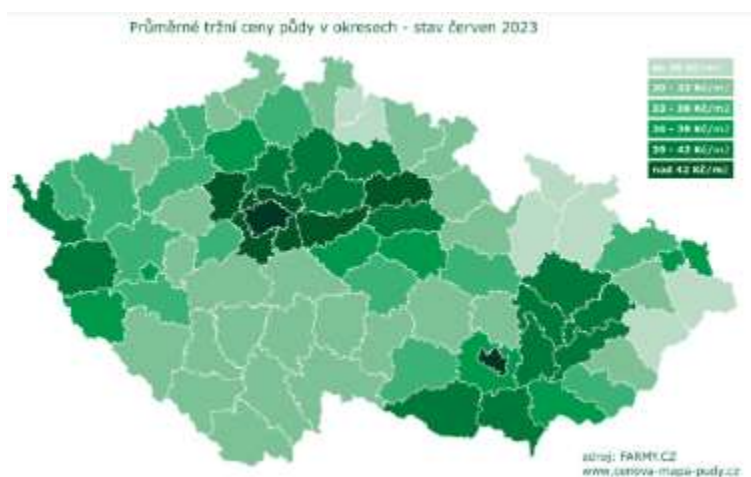


Zdroj: www.mapy.vumop.cz, citováno 14. 12. 2023

Tržní cena půdy

Tržní cenu půdy pro zájmovou oblast nelze úplně lehce dohledat. Nicméně, pro celou Prahu platí cena pro rok 2023 vyšší než 42,- Kč za metr (viz. obr. č. 41).

Obrázek 41 Tržní cena zemědělské půdy



Zdroj: farmy.cz https://www.farmy.cz/informace_kolik_stoji_puda, [citováno 6. 2. 2024]

Zároveň je nutné ovšem zohlednit vliv nejbližší urbanizované oblasti, v tomto případě Černého mostu, kde vychází cena 14400,- Kč za metr čtverečný, jak je zřejmé z obr. č. 42 níže.

Obrázek 42 Tržní cena půdy



Zdroj: IPR Praha, dostupné z: <https://iprpraha.cz/> [citováno 4. 2. 2024]

Všechny zmiňované ceny a hodnoty jsou sumarizovány v tab. č. 24 níže.

Tabulka 24 Porovnání zjištěných cen

Kategorie	Cena (Kč/m ²)
Cena sekvestrace uhlíku	0,4
Cena eroze půdy	0,3
Cena retence vody	0,5
Cena biodiverzity	84
Cena BPEJ	cca. 1,25 až 10
Tržní cena zemědělské půdy	nad 42
Tržní cena pozemku	14 400

Zdroj: vlastní zpracování

Tato výsledná tabulka poskytuje srovnání mezi cenami za ekosystémové služby, jako jsou sekvestrace uhlíku, eroze půdy, retence vody a biodiverzita, a tržními cenami zemědělské půdy a pozemků v zájmovém území. Je zřejmé, že cena za biodiverzitu výrazně převyšuje ostatní ekosystémové služby, což odráží její vysokou hodnotu pro ekosystémy a společnost. Tržní ceny zemědělské půdy a pozemků ukazují na finanční hodnotu půdy v tržním kontextu.

6. Diskuse

Tato disertační práce se zabývá především mimoprodukčními funkcemi půdy a to sekvestrací uhlíku, retencí vody, protierozními schopnostmi a zachováním biodiverzity. Půda, která účinně plní tyto funkce, zajišťuje nejen ekologickou stabilitu ale i kvalitní a zdravou krajinu. Samozřejmostí zdravé půdy je snížení působení klimatických změn a zajištění potravinové bezpečnosti při její produkční funkci.

Základní přístup k pochopení mimoprodukční hodnoty půdy pochází z konceptu ekosystémových služeb, jak jej nastínili Costanza a kolektiv^{206,207} ve svých projektech. Pokusili se poskytnout odhadovanou hodnotu pro celý rozsah ekosystémových služeb poskytovaných Zemí, včetně právě půdy. Tento široký přístup položil základy pro další studie, které se konkrétněji zaměřují na hodnotu půdy. V kontextu zemědělství se hodnota půdy často posuzuje z hlediska její úrodnosti a produktivity. Je však nutné neopomíjet další hodnotu a to hodnotu pro krajinu, člověka, hodnotu z hlediska peněz velmi složitě vyjádřitelnou. Proto také vznikl postup, který je součástí této disertační práce.

Produkční, čili ekonomická hodnota půdy zasahuje především do oborů zemědělství a potravinářství. Studie Pimentela a kolektivu²⁰⁸ zdůrazňuje ekonomickou hodnotu půdy v zemědělství s ohledem na faktory, jako je obsah živin, zadržování vody a další vlastnosti, které přispívají k výnosu plodin. Tyto faktory lze kvantifikovat a převést do ekonomických termínů, což často vede k ocenění za tunu.

Oproti tomu některé studie se zabývají právě mimoprodukčními funkcemi půdy, vyjádřenými také vzhledem k ekosystémovým službám. Baumgärtner, Klein, Thiel, a Winkler zdůrazňují výzvy aplikace konvenčního diskontování na ekosystémové služby a zdůrazňují potřebu metod, které odrážejí jedinečnou, nenahraditelnou povahu mnoha ekosystémových služeb.²⁰⁹ Drupp ve své studii dále zkoumá omezení nahrazování ekosystémových služeb vyrobeným zbožím a poskytuje pohled na složitost sociálního zlevňování v kontextu udržitelnosti životního prostředí.²¹⁰

Sekvestrace uhlíku

²⁰⁶ COSTANZA, Robert, et al. Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 2014, 26: 152-158.

²⁰⁷ COSTANZA, Robert, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387.6630: 253-260.

²⁰⁸ PIMENTEL, David. Pricing biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 2001, 51.4: 270-271.

²⁰⁹ BAUMGÄRTNER, Stefan, et al. Ramsey discounting of ecosystem services. *Environmental and Resource Economics*, 2015, 61: 273-296.

²¹⁰ DRUPP, Moritz A. Limits to substitution between ecosystem services and manufactured goods and implications for social discounting. *Environmental and Resource Economics*, 2018, 69: 135-158.

Práce velkého množství autorů se zabývají důležitou mimoprodukční funkcí půdy, sekvestrací uhlíku, jejíž vyčíslení je součástí této disertační práce. Lal²¹¹ ve své práci zmiňuje potenciál půdy při zmírňování změny klimatu prostřednictvím ukládání uhlíku. Ekonomická hodnota je zde odvozena z potenciálních úspor nákladů na emise uhlíku. Vyčíslením množství uhlíku, které lze sekvestrovat na tunu půdy, mohou výzkumníci odvodit peněžní hodnotu na základě stávajících cen uhlíku v systémech obchodování s emisemi. Je to v souladu s touto disertační prací, kde byla použita právě metoda odhadu ceny uhlíku pomocí emisních povolenek.

Sekvestrace uhlíku v půdě je tedy významnou funkcí v boji proti klimatickým změnám. Půda působí jako zásobárna uhlíku, čímž snižuje množství uhlíku v atmosféře a přispívá k mitigaci klimatických změn.

Sekvestrace uhlíku tedy hraje klíčovou roli při zmírňování změny klimatu zachycováním atmosférického oxidu uhličitého a jeho ukládáním. Nedávné studie zkoumaly různé aspekty sekvestrace uhlíku, od mechanismů až po potenciál při zmírňování změny klimatu.

Hurd a kolektiv zkoumají roli mořských řas při sekvestraci uhlíku. Navrhují přístup forenzního uhlíkového účetnictví k posouzení, zda CO₂ fixovaný mořskými řasami vede k dlouhodobému ukládání uhlíku. Tato studie zdůrazňuje složitost ověřování sekvestrace uhlíku v mořském prostředí a zdůrazňuje důležitost pochopení vytváření biomasy mořských řas a dynamiky toku uhlíku v pobřežních vodách.²¹² Využitím řas nejen pro jímání uhlíku z ovzduší ale i pro výživu lidí se zabývá ve své studii Červený a kolektiv. Řasy jako jedny z nejrozšířenějších biot na Zemi mají obrovský potenciál nejen v boji proti klimatické změně, ale také jako zdroj výživy pro zvířata a v budoucnu zřejmě jistě také pro rostoucí lidskou populaci.²¹³ Využitím řas se zabývají také Sarwer a kolektiv. Přezkoumávají zhodnocení biomasy řas pro výrobu biopaliv a sekvestraci uhlíku. Diskutují o potenciálu využití řas jako udržitelného řešení pro řešení přirozeného klimatu, přičemž zdůrazňují dvojitý přínos výroby biopaliv a sekvestrace uhlíku.²¹⁴ Hultman shrnuje metody hodnocení rizik a managementu použitelné pro geologickou sekvestraci uhlíku. Tento komplexní přehled pojednává o nebezpečích spojených se zachycováním, přepravou a skladováním CO₂. Zabývá se také

²¹¹LAL, Rattan. Soil management for carbon sequestration. *South African Journal of Plant and Soil*, 2021, 38.3: 231-237.

²¹²HURD, Catriona L., et al. Forensic carbon accounting: Assessing the role of seaweeds for carbon sequestration. *Journal of Phycology*, 2022, 58.3: 347-363.

²¹³CERVENY, Jaroslav, et al. Algae as a source of protein in the sustainable food and gastronomy industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1256473.

²¹⁴SARWER, Asma, et al. Algal biomass valorization for biofuel production and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2022, 20.5: 2797-2851.

riziky expozice člověka a životního prostředí během tohoto procesu a po něm a poskytuje kritickou analýzu rizik a přínosů geologické sekvestrace uhlíku.²¹⁵ Bai a Cotrufo se zaměřují na sekvestraci uhlíku v půdě na pastvinách.²¹⁶ Jejich studie odhaluje, že rozmanitost rostlin může zvýšit ukládání organického uhlíku v půdě a zlepšené hospodaření s pastvou a obnova biologické rozmanitosti může významně zvýšit potenciál sekvestrace uhlíku v některých typech pastevního zemědělství. Elbasiouny a kolektiv zkoumají vztah mezi výživou rostlin, změnou klimatu a sekvestrací uhlíku v půdě. Studie zdůrazňuje, jak měnící se klimatické podmínky ovlivňují dynamiku půdních živin, a zdůrazňuje roli sekvestrace půdního uhlíku při zvyšování úrodnosti půdy a správné výživě rostlin. Tyto studie společně zdůrazňují různé mechanismy a potenciály sekvestrace uhlíku napříč různými ekosystémy. Zdůrazňují význam tohoto procesu při zmírňování změny klimatu a potřebu udržitelných postupů řízení s cílem zlepšit globální sekvestraci uhlíku.²¹⁷

Pokud se podíváme na jiné země světa, kde probíhal výzkum podobný této studii, tak mnoho studií pochází z Číny. Zhu a Huo zkoumali vztah mezi efektivitou zemědělské výroby a emisemi uhlíku v Číně.²¹⁸ Jejich studie odhaluje, že zlepšení efektivity výroby může snížit emise uhlíku, zejména v oblastech s vysokou zemědělskou produktivitou. Xu a kolektiv analyzují, jak opouštění orné půdy ovlivňuje ukládání uhlíku v ekosystému travních porostů a stabilitu uhlíku v půdě v Číně. Zjišťují, že opuštění vede ke změnám v ukládání uhlíku v ekosystému, stejně jako ke stabilitě uhlíku v půdě, což poskytuje pohled na důsledky změn ve využívání půdy na sekvestraci uhlíku.²¹⁹

Ekonomický pohled na hospodaření s uhlíkem v zemědělství a dalších odvětvích, týkajících se přímo půdy poskytly další studie. Guo a kolektiv zkoumali roli finanční podpory v zemědělské produkci a její dopad na uhlíkové emise. Zjistili, že finanční podpora pozitivně ovlivňuje snižování emisí uhlíku ze zemědělských činností, přičemž zdůrazňují význam

²¹⁵HULTMAN, Nathan E. Carbon sequestration. In: *Managing Air Quality and Energy Systems*. CRC Press, 2020. p. 737-745.

²¹⁶BAI, Yongfei; COTRUFO, M. Francesca. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 2022, 377.6606: 603-608.

²¹⁷ELBASIOUNY, Heba, et al. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration. *Sustainability*, 2022, 14.2: 914.

²¹⁸ZHU, Yong; HUO, Congjia. The impact of agricultural production efficiency on agricultural carbon emissions in China. *Energies*, 2022, 15.12: 4464.

²¹⁹XU, Hongwei, et al. Cropland abandonment altered grassland ecosystem carbon storage and allocation and soil carbon stability in the Loess Hilly Region, China. *Land Degradation & Development*, 2020, 31.8: 1001-1013.

ekonomických pobídek při prosazování udržitelných zemědělských postupů.²²⁰ Liu, Wen a Wang provedli studii o aglomeraci zemědělské produkce a celkové produktivitě faktoru uhlíku. Objevili vztah „ve tvaru obráceného U“ mezi aglomerací zemědělské produkce a uhlíkovou produktivitou, což naznačuje, že efektivní využívání půdy může podpořit ekonomický růst a snížit emise uhlíku.²²¹ Derrien a kolektiv shrnují současné kontroverze kolem mechanismů kontrolujících ukládání uhlíku v půdě. Jejich práce pojednává o důsledcích pro interakce s odborníky a tvůrci politik, přičemž zdůrazňuje potřebu porozumět dynamice uhlíku v půdě, aby bylo možné vytvořit efektivní strategie řízení.²²² Szturc a Hybler analyzovali dopad aktualizovaných půdních vlastností na ceny pozemků v blízkosti urbanizovaných oblastí na jižní Moravě. Jejich zjištění naznačují, že urbanizace a změny v kvalitě půdy významně ovlivňují ceny půdy a zdůrazňují ekonomické důsledky rozvoje půdy a degradace půdy.²²³ Pokud s tím srovnáme tuto disertační práci, která se ve své praktické části týká právě území v blízkosti urbanizované zóny, ve kterém je místo pro odpočinkovou zónu, zjišťujeme, že vyšší míra urbanizace významně snižuje hodnotu půdy. Gebeltova a kolektiv zkoumali vliv rotace plodin na cenu a degradaci půdy v Česku. Zjistili, že některé plodiny v kombinaci s intenzivním zemědělstvím a špatným střídáním plodin mohou vést k degradaci půdy, a tím ke snížení hodnoty půdy. Studie zdůrazňuje potřebu udržitelného hospodaření s plodinami pro zachování kvality půdy a její schopnosti vázat uhlík.²²⁴ S tím v souladu je studie Červeného a kolektivu, kde je vysvětlena nutnost aplikace správných osevních postupů, aby to vedlo ke zlepšení půdních vlastností.²²⁵

V diskusi je nutno zmínit také mikrobiální a obecně živou součást půdy, kdy, pokud je půda zdravá, tato složka napomáhá sekvestraci uhlíku. Tao a kolektiv se zaměřují na efektivitu využití mikrobiálního uhlíku a jeho podporu globálního ukládání uhlíku v půdě. Zdůrazňují význam mikrobiálních procesů v koloběhu uhlíku v půdě a ukazují, jak může mikrobiální

²²⁰GUO, Lili, et al. Financial support for agriculture, chemical fertilizer use, and carbon emissions from agricultural production in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19.12: 7155..

²²¹LIU, Hongman; WEN, Shibin; WANG, Zhuang. Agricultural production agglomeration and total factor carbon productivity: based on NDDF–MML index analysis. *China agricultural economic review*, 2022, 14.4: 709-740. .

²²²DERRIEN, Delphine, et al. Current controversies on mechanisms controlling soil carbon storage: implications for interactions with practitioners and policy-makers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2023, 43.1: 21.

²²³SZTURC, Jan; HYBLER, Vítězslav. The impact of updated soil properties on the development of land price in selected cadastral area near the strongly urbanized areas. *Journal of Ecological Engineering*, 2019, 20.7.

²²⁴GEBELTOVÁ, Zdeňka, et al. The impact of crop mix on decreasing soil price and soil degradation: A case study of selected regions in Czechia (2002–2019). *Sustainability*, 2020, 12.2: 444.

²²⁵CERVENY Jaroslav, PROCHAZKA, Petr; SOUKUPOVA, Jana. Rooted in Richness: Unearthing the Economic and Ecological Synergy of Crop Rotation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1298897.

účinnost ovlivnit sekvestraci půdního uhlíku v globálním měřítku.²²⁶ Liang a kolektiv píše o významu anabolismu v mikrobiální kontrole ukládání uhlíku v půdě. Tvrdí, že mikrobiální anaboličké procesy hrají klíčovou roli při určování osudu půdního uhlíku, čímž ovlivňují ukládání a stabilitu půdního uhlíku.²²⁷ O důležitosti vysoké diverzity rostlin se zmiňují ve své studii Lange a kolektiv. Zkoumají, jak diverzita rostlin ovlivňuje půdní mikrobiální aktivitu a ukládání uhlíku v půdě. Jejich studie odhaluje, že zvýšená diverzita rostlin zvyšuje půdní mikrobiální aktivitu, což vede k většímu ukládání uhlíku v půdě, čímž se zdůrazňuje vzájemná propojenost biodiverzity a sekvestrace uhlíku.²²⁸

Disertační práce se zabývá mimoprodukční hodnotou půdy a tudíž také bylo nutné kvantifikovat – ocenit sekvestraci uhlíku. Cena byla určena pomocí cen emisních povolenek. Cena těchto povolenek, jak poznamenávají Ellerman a Buchner, je ovlivněna mnoha faktory.²²⁹ Patří mezi ně přísnost emisního stropu, trendy ekonomického růstu, kolísání cen paliv a mimo jiné také technologický pokrok. Chování a efektivita trhu ETS jsou předmětem značného zájmu. Mansanet-Bataller a kolektiv se soustředili na výzkum volatility cen uhlíku a zdůrazňují vliv vnějších faktorů, jako jsou ceny energií a povětrnostní podmínky.²³⁰ Hintermann a kolektiv zkoumají dopady návrhu trhu a regulačních opatření na ETS. Jejich výzkum naznačuje, že způsob, jakým je trh strukturován a řízen, hraje podstatnou roli v jeho účinnosti, a to jak z hlediska ekonomické účinnosti, tak z hlediska dosahování zamýšlených environmentálních výsledků.²³¹ Podle Daskalakise a kolektivu, spekulativní obchodování může vést k výrazným cenovým výkyvům na trhu ETS. Argumentují tím, že spekulanti, pohánění motivy zisku, mohou zhoršit kolísání cen, což společností znesnadňuje efektivní plánování strategií.²³² Dalším nebezpečím je možnost manipulace s trhem. Jak poznamenali Convery a Redmond, přítomnost spekulantů vyvolává obavy z manipulace s cenami povolenek. Naznačují, že velké korporace mohou potenciálně ovlivnit trh ve svůj vlastní

²²⁶TAO, Feng, et al. Microbial carbon use efficiency promotes global soil carbon storage. *Nature*, 2023, 618.7967: 981-985.

²²⁷ LIANG, Chao; SCHIMEL, Joshua P.; JASTROW, Julie D. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature microbiology*, 2017, 2.8: 1-6.

²²⁸ LANGE, Markus, et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature communications*, 2015, 6.1: 6707.

²²⁹ ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K.; CARRARO, Carlo (ed.). *Allocation in the European emissions trading scheme: rights, rents and fairness*. Cambridge University Press, 2007

²³⁰ MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Enric. CO2 prices, energy and weather. *The Energy Journal*, 2007, 28.3: 73-92.

²³¹ HINTERMANN, Beat. Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2010, 59.1: 43-56.

²³² DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Raphael N. Modeling CO2 emission allowance prices and derivatives: Evidence from the European trading scheme. *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33.7: 1230-1241.

prospěch.²³³ Podle studie Christiansena a kolektivu obchodování nemusí přispět ke skutečnému snížení emisí.²³⁴ Například studie Ellermana a Buchnera povolenky v evropské unii a zkoumaly faktory, které ovlivňují ceny povolenek a jak tyto ceny korelují s odhadovanými externími náklady na emise uhlíku.²³⁵

Retence vody

Schopnost půdy zadržovat vodu je důležitým faktorem udržitelnosti životního prostředí. Jackson pojednává o důležitosti chemické analýzy půdy pro pochopení vlastností půdy, včetně retence vody.²³⁶ Hoagland a Arnon zkoumají hydroponii a zdůrazňují význam zadržování vody v půdě ve srovnání se zemědělstvím bez půdy, což je zajímavé pro budoucnost.²³⁷ Klute a kolektiv prezentují různé techniky analýzy půdy, které jsou životně důležité pro hodnocení a zlepšování zadržování vody v půdě.²³⁸ Mandi a kolektiv zdůrazňují vliv půdní organické hmoty na zadržování vody, což naznačuje, že vyšší obsah organických látek zvyšuje kapacitu zadržování vody.²³⁹ Schad a Dondeyne nabízejí globální pohled na typy půd a jejich charakteristiky zadržování vody. Zachování vody v půdě hraje zásadní roli v udržitelném zemědělství a environmentálním managementu.²⁴⁰ V disertační práci byly použity podklady VÚMOP, které jsou velmi podrobné a pro studii vhodné. Byly použity mapy různých charakteristik půd zájmového území pro představu a výpočty půdní vodní kapacity v území.

Zadržování vody v půdě, schopnost půdy zadržovat vodu, je kritickým faktorem zemědělské produktivity a zdraví ekosystému. Pochopení dynamiky zadržování vody v půdě je zásadní pro optimalizaci postupů zavlažování, zvyšování výnosů plodin a udržitelné hospodaření s vodními zdroji. Z disertační práce vyplývá nutnost ochrany vodních zdrojů v zájmové lokalitě a efektivní zadržení vody v přírodě. Baumann a kolektiv zkoumají modelování zadržování vody v půdě a kapacity zadržování vody pomocí spekter viditelného a

²³³CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme. 2007. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 88-111.

²³⁴CHRISTIANSEN, Atle C., et al. Price determinants in the EU emissions trading scheme. *Climate Policy*, 2005, 5.1: 15-30.

²³⁵ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K.; CARRARO, Carlo (ed.). *Allocation in the European emissions trading scheme: rights, rents and fairness*. Cambridge University Press, 2007

²³⁶JACKSON, Marion LeRoy. Soil chemical analysis-advanced course. 1969.

²³⁷HOAGLAND, Dennis Robert, et al. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California agricultural experiment station*, 1950, 347.2nd edit.

²³⁸BOTTOMLEY, Peter J.; ANGLE, J. Scott; WEAVER, R. W. (ed.). *Methods of soil analysis, Part 2: Microbiological and biochemical properties*. John Wiley & Sons, 2020.

²³⁹MANDI, Sunil, et al. Soil Organic Matter: Bioavailability and Biofortification of Essential Micronutrients. *Soil Organic Matter and Feeding the Future*, 2021, 203-234.

²⁴⁰SCHAD, Peter. World Reference Base for Soil Resources—Its fourth edition and its history. *Journal of plant nutrition and soil science*, 2023, 186.2: 151-163.

infračerveného záření. Tento přístup poskytuje rychlou a všestrannou metodu pro odhad charakteristik zadržování vody v různých zemědělských půdách a nabízí praktické důsledky pro hospodaření s půdou. Tyto sofistikované metody jsou budoucnost zjišťování půdní vodní kapacity.²⁴¹

Pro účely disertační práce byly zjišťovány metody, které mohou zadržování vody v půdě zlepšit a mohou tak být budoucností pro degradované půdy.

Su a kolektiv zkoumají chování směsí jemných/hrubých půd s různým obsahem hrubých zrn a hustotou sušiny jemné půdy a zadržování vody v půdě.²⁴² Tato studie poskytuje pohled na komplexní interakce mezi texturou půdy a zadržováním vody, což je zásadní pro pochopení hydraulických vlastností smíšených půd v zemědělských aplikacích. V disertační práci byla použita data o textuře půdy na zájmovém území. Textura půdy a její schopnost zadržování vody má samozřejmě velký vliv i na mimoprodukční funkce půdy v zájmovém území. Obecně tyto studie společně zdůrazňují význam zadržování vody v půdě pro zemědělskou produktivitu a správu ekosystémů. Zdůrazňují potřebu inovativních postupů hospodaření s půdou – jak produkční tak mimoprodukční - a přijetí nových technologií, aby se zlepšila schopnost půdy zadržovat vodu a podpořily se jak udržitelné zemědělské postupy, tak i zdravá mimoprodukční krajina.

Biodiverzita

Biodiverzita, zejména druhová bohatost, je zásadní složkou suchozemských ekosystémů, nabízí nespočet výhod a udržuje ekologickou rovnováhu. Nedávné studie poskytly pohled na to, jak biologická rozmanitost přispívá ke zdraví a funkčnosti těchto ekosystémů.

Cramer a Verboom ve své studii píšou o rozšiřující se povaze druhové bohatosti, kde oblasti s vysokou druhovou bohatostí mají tendenci podporovat ještě větší diverzitu.²⁴³ Tento jev je připisován mechanismům biotické zpětné vazby, které zvyšují druhovou bohatost v určitých oblastech, zatímco ji v jiných snižují. Jejich studie zdůrazňuje důležitost porozumění této dynamice pro udržení a posílení biologické rozmanitosti v různých ekosystémech. Zattara a Aizen poskytují globální náhled na vysoce ohroženou složku světové bioty, na včely. Popisují znepokojivý pokles bohatosti včelích druhů po celém světě. Tento pokles diverzity opylovačů má významné důsledky pro ekosystémové služby, včetně opylování plodin a udržování

²⁴¹BAUMANN, P., LEE, J., BEHRENS, T., BISWAS, A., SIX, J., MCLACHLAN, G., & VISCARRA ROSSEL, R. A. Modelling soil water retention and water-holding capacity with visible–near-infrared spectra and machine learning. *European Journal of Soil Science*, 2022, 73(2), e13220.

²⁴²SU, Yu, et al. Soil-water retention behaviour of fine/coarse soil mixture with varying coarse grain contents and fine soil dry densities. *Canadian Geotechnical Journal*, 2022, 59.2: 291-299.

²⁴³CRAMER, Michael D.; VERBOOM, G. Anthony. Evidence that species richness begets species richness. *Journal of Biogeography*, 2023.

rozmanitosti květin, což podtrhuje kritickou potřebu úsilí o ochranu.²⁴⁴ Testolin a kolektiv prozkoumali globální vzorce v druhovém bohatství alpských rostlin a zjistili, že ohniska biologické rozmanitosti se neomezují pouze na tropické oblasti, ale rozšiřují se také do určitých mírných oblastí v Eurasii. Tato studie zdůrazňuje roli historické prevalence a rozsahu alpských oblastí při utváření druhové bohatosti.²⁴⁵ Valencia a kolektiv prokázali, že v rostlinných společenstvech je stabilita spíše spojena se stupněm synchronie mezi dominantními druhy, než se samotnou druhovou bohatostí. Toto zjištění naznačuje, že řízení pro biologickou rozmanitost by mělo zvážit interakce druhů a synchronizaci, aby se zvýšila odolnost ekosystému.²⁴⁶ Biologická rozmanitost zkoumané lokality, jak vyplývá z této studie, je průměrná a odpovídá vzdálenosti od vysoce urbanizovaného centra hlavního města. I tak bylo prokázáno na místě mnoho druhů, které zaslouží ochranu. Rozumnými krajinářskými a vodohospodářskými úpravami a přiměřenou ochranou může být zájmové území plochou s vysokou biodiverzitou při zachování její rekreační a krajinné hodnoty.

Hodnocení biologické rozmanitosti je kritickou složkou ekologických studií a úsilí o ochranu přírody. Shannonův index, široce používané měřítko v ekologii, kvantifikuje druhovou diverzitu ve společenství tím, že bere v úvahu jak druhovou bohatost, tak rovnoměrnost distribuce druhů. Index druhové bohatosti počítá sumu různých druhů přítomných v dané oblasti. Společně tyto indexy poskytují komplexní pohled na biologickou rozmanitost. Hua a kolektiv zkoumali příspěvky různých přístupů k obnově lesů k biologické rozmanitosti a ekosystémovým službám. Jejich studie odhaluje, že původní lesy obecně poskytují lepší přínos pro biologickou rozmanitost ve srovnání se stromovými plantážemi, přičemž původní lesy vykazují vynikající výkon, pokud jde o ukládání uhlíku nad zemí, zásobování vodou a kontrolu eroze půdy.²⁴⁷ Tento výzkum podtrhuje význam původních lesů v ochraně biologické rozmanitosti. Cardinale a kolektiv poskytli hloubkovou analýzu ztráty biodiverzity a jejího dopadu na lidstvo. Tato komplexní studie zdůrazňuje klíčovou roli, kterou hraje biologická rozmanitost při udržování funkčnosti ekosystému a poskytování ekosystémových služeb, a posiluje potřebu robustních opatření, jako je Shannonův index a index druhové

²⁴⁴ ZATTARA, Eduardo E.; AIZEN, Marcelo A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 2021, 4.1: 114-123.

²⁴⁵ TESTOLIN, Riccardo, et al. Global patterns and drivers of alpine plant species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 2021, 30.6: 1218-1231.

²⁴⁶ VALENCIA, Enrique, et al. Synchrony matters more than species richness in plant community stability at a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117.39: 24345-24351.

²⁴⁷ HUA, Fangyuan, et al. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 2022, 376.6595: 839-844.

bohatosti pro účinné hodnocení biologické rozmanitosti.²⁴⁸ Simkin a kolektiv zkoumali dopady expanze městské půdy na biologickou rozmanitost. Jejich výzkum zdůrazňuje přímou hrozbu, kterou urbanizace představuje pro biologickou rozmanitost. Studie zdůrazňuje potřebu pečlivého plánování měst ke zmírnění těchto dopadů.²⁴⁹ V disertační práci je biologická rozmanitost modelována a kvantifikována. Bude pak možné srovnání v budoucnu, jak se zájmová oblast, ležící velmi blízko vysoce urbanizovaného území bude vyvíjet. Vörösmarty a kolektiv ve své studii potvrzují důležitost zohlednění biodiverzity ve vodohospodářských a ochranných strategiích²⁵⁰, což je předmětem i této disertační práce, jejíž základ bude možné použít pro krajinné plánování a ochranu zájmové lokality. Watson a kolektiv poskytli souhrn pro tvůrce politik o globální hodnotící zprávě o biologické rozmanitosti a ekosystémových službách. Tato zpráva zdůrazňuje kritickou roli biologické rozmanitosti v ekosystémových službách a naléhavou potřebu úsilí o ochranu v celosvětovém měřítku.²⁵¹

Protierozní funkce

Eroze půdy je kritickou environmentální výzvou, která má globální dopad na zemědělství, vodní zdroje a hospodaření s půdou. Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) je pro tento výzkum klíčovým nástrojem při kvantifikaci eroze půdy. Disertační práce se dotýká eroze půdy, kdy v celkovém rámci bylo s erozí počítáno právě metodou rovnice RUSLE. Nedávné studie o aplikaci RUSLE v různých geografických kontextech jsou zmíněny v této diskusi. Singh a kolektiv využili GIS-integrovaný model RUSLE pro odhadování ztráty půdy a upřednostňování povodí v povodí Banas v Rádžasthán v Indii. Jejich studie je významná v tom, že ukazuje, jak RUSLE v kombinaci s GIS může účinně identifikovat oblasti ohrožené erozí, a řídí úsilí o ochranu půdy a vody.²⁵² Ejaz a kolektiv aplikovali RUSLE spolu s technikami dálkového průzkumu ve Wadi Baysh, Saúdská Arábie. Jejich výzkum zdůrazňuje užitečnost RUSLE ve spojení s datovými soubory s vysokým rozlišením.²⁵³

²⁴⁸CARDINALE, Bradley J., et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 2012, 486.7401: 59-67.

²⁴⁹SIMKIN, Rohan D., et al. Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2022, 119.12: e2117297119.

²⁵⁰VÖRÖSMARTY, Charles J., et al. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 2010, 467.7315: 555-561.

²⁵¹WATSON, Robert, et al. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *IPBES Secretariat: Bonn, Germany*, 2019, 22-47.

²⁵²SINGH, Mahesh Chand, et al. GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science*, 2023, 11: 1136243.

²⁵³EJAZ, Nuaman, et al. Soil erosion modelling and accumulation using RUSLE and remote sensing techniques: case study Wadi Baysh, Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainability*, 2023, 15.4: 3218.

Kanito a kolektiv prozkoumali použití modelů RUSLE v prostředí GIS v jižní Etiopii a poskytli pohled na prostorové rozložení eroze hotspotů. Tato studie potvrzuje důležitost RUSLE při identifikaci oblastí vyžadujících opatření na ochranu půdy a vody.²⁵⁴ Li a kolektiv hodnotili erozi půdy v pákistánských suchých zónách pomocí RUSLE a GIS a ukázali, jak tyto nástroje mohou předpovídat roční ztráty půdy a informovat o plánování využití půdy a strategiích ochrany.²⁵⁵ Ali a kolektiv provedli studii v jižním Iráku s využitím modelu GIS založeného na RUSLE k předpovědi míry eroze půdy v přeshraničních dílčích povodích. Jejich zjištění zdůrazňují roli RUSLE při vedení plánů ochrany, zejména v oblastech s vysokým rizikem eroze.²⁵⁶

Benavidez a kolektiv představují komplexní přehled (R)USLE se zaměřením na globální použitelnost a zdokonalení pro lepší odhady ztráty půdy. Jejich práce potvrzuje empirickou povahu modelu a řeší klíčové nejistoty, zejména v kontextu různých geoklimatických oblastí a různé dostupnosti dat.²⁵⁷ Pro účely této disertační práce byla RUSLE využita také a s dobrými výsledky. Zdá se, že tyto nástroje mohou být používány i pro oblasti mimoprodukční, rekreační zóny poblíž urbanizovaného území. Borrelli a kolektiv hodnotí globální dopad změn ve využívání půdy 21. století na erozi půdy a zdůrazňuje kritickou roli RUSLE v těchto studiích.²⁵⁸ Práce Borrelliho a kolektivu dále rozšiřuje tuto analýzu a zaměřuje se na souhru mezi využíváním půdy a změnou klimatu na globální erozi půdy vodou v letech 2015 až 2070, což ukazuje užitečnost RUSLE při modelování budoucích scénářů. Tento soubor výzkumů odráží pokračující vývoj RUSLE a jeho důležitost pro pochopení a zmírnění dopadů eroze půdy na životní prostředí. Pochopení spletitosti RUSLE a jeho různých faktorů je zásadní pro environmentální management a tvorbu politik.²⁵⁹

Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy může být základní rovnicí pro práce typu této disertační práce, základem pro vyčíslení některých aspektů vědy o životním prostředí, nabízí kritický pohled na vzorce eroze půdy a pomáhá při formulaci účinných strategií ochrany

²⁵⁴KANITO, Dawit; BEDADI, Bobe; FEYSSA, Samuel. Sediment yield estimation in GIS environment using RUSLE and SDR model in Southern Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2023, 14.1: 2167614.

²⁵⁵LI, Pingheng, et al. Soil erosion assessment by RUSLE model using remote sensing and GIS in an arid zone. *International Journal of Digital Earth*, 2023, 16.1: 3105-3124.

²⁵⁶ALI, Ammar Ak, et al. Predicting soil erosion rate at transboundary sub-watersheds in Ali Al-Gharbi, Southern Iraq, using RUSLE-based GIS model. *Sustainability*, 2023, 15.3: 1776.

²⁵⁷BENAVIDEZ, Rubianca, et al. A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2018, 22.11: 6059-6086.

²⁵⁸BORRELLI, Pasquale, et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 2017, 8.1: 1-13.

²⁵⁹BORRELLI, Pasquale, et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117.36: 21994-22001.

půdy. Jeho neustálé zdokonalování a aplikace v různých studiích podtrhují jeho význam při řešení některých z nejnaléhavějších ekologických výzev naší doby.

Použití RUSLE je široké, zde jsou uvedeny příklady. Panagos a kolektiv poskytli podrobnou mapu půdní eroze v Evropě, využívající datové soubory s vysokým rozlišením a zdůrazňující význam RUSLE v agroenvironmentálních politikách Evropské unie. Jejich přístup, integrující pokročilé datové soubory, jako je databáze ornice LUCAS a údaje o srážkách s vysokým časovým rozlišením, významně přispěl k přesnějšímu a komplexnějšímu pochopení eroze půdy v celé Evropě.²⁶⁰ Özşahin a kolektiv použili RUSLE k pochopení intenzity eroze půdy v povodí Maritsa, přičemž zdůraznili dočasné účinky využívání půdy a změn krajinného pokryvu na míru eroze. Tato studie podtrhuje dynamickou povahu půdní eroze a nutnost neustálého hodnocení a přizpůsobování postupů ochrany.²⁶¹

Rekreační funkce

Pro oblasti, které slouží k rekreaci obyvatel je nutné rovněž zmínit rekreační hodnotu půdy. Zájmová oblast, řešená v disertační práci, slouží k rekreaci Pražanů a je odpočinkovým místem v blízkosti urbanizovaných území.

Jednou z nejpoužívanějších metod netržního hodnocení je metoda kontingentního ocenění (CVM, Contingent Valuation Method), jak zmiňují například Bateman a Willis, Pearce a Turner nebo Hanley, Shogren a White^{262,263,264}. Kontingentní ocenění (CVM) se zaměřuje na zjištění ochoty lidí platit za zachování nebo vylepšení určité ekosystémové služby nebo přírodního zdroje, v tomto případě rekreační hodnoty půdy. Tato metoda zahrnuje přímé dotazování respondentů, obvykle prostřednictvím dotazníků nebo rozhovorů, kde jsou účastníci konfrontováni s hypotetickými scénáři a jsou požádáni o vyjádření své ochoty zaplatit za určité zachování nebo zlepšení rekreačních možností. Metoda byla použita v této disertační práci s dobrými výsledky. Poskytuje cenné informace pro vytváření politiky na ochranu a rozvoj přírodní rekreační oblasti, jakou je zájmové území. Má sice svá omezení, která pramení ze zkreslení odpovědí díky hypotetickému charakteru dotazování, ale je jedním

²⁶⁰PANAGOS, Panos, et al. Soil Erosion map of Europe based on high resolution input datasets. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. 2015. p. 14892.

²⁶¹OZSAHIN, Emre; DURU, Umit; EROGLU, Ilker. Land use and land cover changes (LULCC), a key to understand soil erosion intensities in the Maritsa Basin. *Water*, 2018, 10.3: 335.

²⁶²BATEMAN, Ian; WILLIS, Kenneth George (ed.). *Valuing environmental preferences: theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries*. Oxford University Press, USA, 2001.

²⁶³PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press, 1989.

²⁶⁴HANLEY, N.; SHOGREN, J. F.; WHITE, B. *Introduction to Environmental Economics*: Oxford University Press. 2001.

z nástrojů, který byl použit pro svou jednoduchost a dobrou vypovídací schopnost. Jako příklad ze zahraničí, ocenění nepřímé ekosystémové služby, je možné uvést studii Lerdsrichainona a kolektivu, ve které autoři vyčíslili nepřímé hodnoty lesní oblasti Khao-Luang a odhalili ochotu místní komunity platit za výhody, jako je regulace klimatu a ochrana před bouřkami, a tím zdůraznili vnitřní a užitnou hodnotu, kterou lesy nabízejí okolním komunitám.²⁶⁵

²⁶⁵ LERDSRICHAINON, Sittiphat, et al. Indirect Valuation of Khao-Luang Forest Area: The CVM Approach. In: *Proceedings of International Academic Conferences*. International Institute of Social and Economic Sciences, 2019.

7. Závěry, doporučení, limity a předpoklady výzkumu

Závěry

V této disertační práci byla provedena řada analýz, jejichž výsledky přináší nový pohled na monetární kvantifikaci mimoprodukčních funkcí půdy. Jedná se o poznatky v oblasti sledování změn a využití půdy, hodnocení dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí, ocenění biodiverzity, hodnocení sekvestrace uhlíku skrze využití cen emisních povolenek a v neposlední řadě ohodnocení zadržené vody v půdě. Všechny zmiňované funkce povedou v důsledku ke zvýšení ceny půdy kromě erozního potenciálu, který vede ke snížení ceny. Pakliže by se podařilo tyto funkce zahrnout do procesů, které ovlivňují nejen vlastníky, ale i uživatele půdy, tak aby v důsledku došlo k podpoře těchto významných ekosystémových služeb, došlo by v důsledku ke zlepšení stavu životního prostředí. Monetizace těchto mimoprodukčních funkcí se může stát podkladem pro vývoj politik, které budou mít kvantitativní rámec pro provedení cost/benefit analýzy. V rámci této disertační práce byla vytipována oblast urbánní krajiny, kde existují různorodé způsoby využití a kryty půdy. Následně byla provedena detailní analýza změn využití půdy v letech 2017 až 2022 s využitím prostředí ArcGIS. Tato analýza ukázala změny v krajině, které mohou mít dopad na biodiverzitu a ekosystémové služby v dané oblasti a zároveň byly podkladem pro kvantifikaci sekvestrace uhlíku. Sekvestrace uhlíku byla monetárně vyjádřena, s tím, že cena uhlíku byla podrobena detailní analýze. Výzkum se rovněž zaměřil na analýzu eroze v zájmové oblasti, což poukazuje na případné zlepšení managementu půdy a implementaci opatření pro ochranu půdy před erozí. Byla zjištěna hodnota několika živočišných druhů nalezených na zájmovém území. Toto ocenění zdůrazňuje ekonomický význam ochrany biodiverzity a potřebu podpory jejího zachování. Specifická hodnota 84 Kč za metr čtvereční za biodiverzitu v Praze 14 viz. tab. č. 24, které je kromě zájmové oblasti velmi urbanizovaným prostředím, reflektuje výjimečnou společenskou a rekreační hodnotu zelených ploch ve městě. Tyto plochy poskytují prostor pro odpočinek a zotavení obyvatelstva z hustě osídlených a často znečištěných městských oblastí (emise či hluk). Vysoká cena odráží vzácnost a nezbytnost těchto prostor v kontextu omezeného přírodního prostoru a vysoké poptávky městských obyvatel po přírodních oblastech a rekreačních aktivitách. Toto je podpořeno zároveň zjištěním potencionální hodnoty lomu v zájmové oblasti, který ač je neznámý, pro většinu obyvatel má pro ně odhadovanou hodnotu cca. 36,7 milionů Kč. Toto zjištění může přispět k tomu, že městská část 147 alokuje nezbytné finanční prostředky na ochranu a rozvoj této, zatím pro

většinu obyvatelů neznámé lokality. Co se týká hodnoty dalších mimoprodukčních funkcí, jejichž hodnota byla kvantifikována a takto bylo odpovězeno na první výzkumnou otázku, jedná se o relativně nižší hodnoty spočtené pro sekvestraci uhlíku (0,4 Kč/m²), erozi půdy (0,3 Kč/m²) a retenci vody (0,5 Kč/m²) viz. tab. č. 24. Lze je chápat v kontextu jejich nepřímého a dlouhodobého přínosu pro městské prostředí a jeho obyvatele. Tyto služby jsou často méně viditelné a jejich přínosy méně bezprostřední ve srovnání s bezprostředními estetickými a rekreačními přínosy biodiverzity. Nicméně, jejich nižší ocenění nereflektuje jejich skutečnou důležitost pro udržení zdravých ekosystémů, prevenci negativních dopadů změny klimatu a podporu dlouhodobé udržitelnosti městských a přírodních prostředí. Sekvestrace uhlíku přispívá k mitigaci klimatických změn, zatímco retence vody a prevence eroze půdy jsou zásadní pro udržení kvality vodních zdrojů a půdních zdrojů, které jsou základem pro život ve městě i v přírodě. Zároveň vysoká sekvestrace podporuje i bohatou biodiverzitu. To samé platí o erozním potenciálu půdy, kdy vysoká eroze povede i ke změně sekvestrace uhlíku ale i retenci vody. Je tedy zřejmé, že všechny funkce a jejich hodnoty jsou vzájemně provázané. Tato ocenění tedy musí být chápána v širším kontextu potřeb a priorit společnosti, kde vysoká hodnota přiřazená biodiverzitě v urbanizovaném prostředí jako je Praha zdůrazňuje nejen její ekologický význam, ale také sociální a psychologické přínosy pro městské obyvatele. Současně je důležité neopomíjet dlouhodobý význam a přínosy ekosystémových služeb jako je sekvestrace uhlíku, retence vody a prevence eroze, které jsou základními stavebními kameny pro udržitelný rozvoj a životní prostředí naší planety.

Doporučení

Dalšími výzkumnými otázkami práce bylo, zda lze na základě zjištěných kvantitativních hodnot mimoprodukčních funkcí půdy a aplikovaných hodnotících metod vytvořit efektivní doporučení pro politiku a praxi v oblasti ochrany půdy a managementu půdních zdrojů, aby bylo dosaženo udržitelného rozvoje a zachování ekosystémových služeb? Rovněž bylo zkoumáno, jaké jsou potenciální dopady změn využití půdy na hodnoty a ochranu vybraných mimoprodukčních funkcí půdy v zájmové oblasti a jaké strategie a opatření by měly být zavedeny, aby se minimalizovaly negativní dopady a podpořila udržitelnost a resilience ekosystémů? Tyto výzkumné otázky byly odpovězeny v práci a zároveň z nich vycházejí následující doporučení. Pro všechny úrovně veřejné správy, která si klade za cíl zachovat či snad zlepšit mimoprodukční funkce půdy, jako jsou sekvestrace uhlíku, retence vody, prevence eroze a rekreace na územích s různými formami využití jako jsou zemědělská produkce, trvalé travní porosty a lesy je nutné podpořit zavedení komplexních strategií

založených na principu udržitelného hospodaření. Především by se měly podporovat udržitelné zemědělské praktiky, jako je agrolesnictví, které kombinuje zemědělství s lesnictvím. Zde je městská část správným směrem, kdy podporuje výsadbu stromů. Rovněž je třeba podpořit na malé části zemědělské půdy eventuelně organické zemědělství, které omezuje používání syntetických hnojiv a pesticidů. Dále je důležité se zaměřit na ochranu a obnovu trvalých travních porostů a lesních ekosystémů, což zahrnuje zřizování 148 ochranných pásem kolem vodních toků a podporu výsadby stromů, tak jak je navrženo v práci, která v důsledku povede i k zadržení vody v krajině. Místní samosprávy by také měly rozvíjet udržitelné vodní hospodářství, například zavedením systémů pro sběr a uchovávání dešťové vody a konstrukcí zadržovacích nádrží, což pomůže zmírnit dopady sucha a zlepšit retenci vody. Z hlediska rekreace a ochrany přírody lze doporučit udržování stávající zeleně popř. adaptace stávajících a vytvoření nových rekreačních zón, které nejenže slouží místním obyvatelům, ale také přispívají k ochraně půdy a podporují biodiverzitu. Rovněž neméně důležité je vzdělávání a zapojení veřejnosti. Informování občanů o důležitosti a metodách udržitelného hospodaření s půdou, podpora místních iniciativ a zapojení místních komunit a spolků do rozhodovacích procesů jsou důležité pro úspěšná opatření na ochranu životního prostředí a pro udržitelné využívání půdních zdrojů. Toto se již děje pomocí zapojení spolků do spolurozhodování o strategiích městské části díky poradnímu sboru starosty, který sestává ze zástupců místních iniciativ a komunit. Implementací nových opatření jako je například výsadba stromů může místní samospráva efektivně chránit mimoprodukční funkce půdy, čímž přispějí k udržitelnému rozvoji svého území a udržení či zlepšení kvality životního prostředí. Výsledky práce ukazují, že obyvatelé přílehlého území zájmové oblasti mají zájem o ochranu nejen zajímavých lokalit, ale i živočišných druhů. Lze tedy doporučit další opatření k rozšíření osvěty jako jsou nové naučné stezky, akce samosprávy pro obyvatele zaměřené na ochranu životního prostředí a to nejen pro děti ale i pro dospělé.

Limity a předpoklady výzkumu

Rozsáhlost této disertační práce nutně vedla k implementaci předpokladů a s tím i vzniklých limitů výzkumu. Prvním limitem je selektivní výběr jen některých mimoprodukčních funkcí půdy, přestože jsou v rámci literární rešerše představeny i další funkce. Rovněž je nutné zmínit, že vybrané funkce mají vysokou míru interakce, tedy vzájemně se ovlivňují, doplňují či omezují. Pohledem na jednotlivé hodnocené mimoprodukční funkce lze zjistit, že každá z nich je modelována v rámci mnoha předpokladů. Některé funkce jsou navíc hodnocené z hlediska ročních, jiné z hlediska momentálních hodnot s určitými předpoklady (například

množství ročních srážek). Rekreační funkce je modelována pouze pomocí ochoty zaplatit, která je limitována vzorkem obyvatel, který není dokonalý, ač splňuje potřebné množství respondentů. Dalším omezením je, že u rekreační funkce předpokládáme, že hodnota oblasti je daná pouze ochotou zaplatit obyvatelů přilehlé aglomerace. Tento předpoklad vede k tomu, že zjištěná hodnota oblasti je pravděpodobně podhodnocená. Dalším omezením u rekreační hodnoty jsou případné problémy týkající se provedené kontingentní metody jako jsou zkreslení plynoucí z hypotetického trhu, osoby tazatele, či zkreslení strategická. atd. U funkce retence vody jsou limitem výzkumu mnohá zjednodušení a nezahrnutí některých proměnných do fyzikálního modelu, což ve výsledku může vést k podhodnocení či nadhodnocení této funkce. Rovněž je u monetizace této funkce, která se počítá přes zavlažování, uvažováno celé zájmové území, což je zvoleno z důvodu možné komparace s hodnotami ostatních funkcí. Pro aplikaci této metody náhradních nákladů by rovněž byl potřebný sofistikovaný hydrologický průzkum z hlediska podzemních vod (prameny) či povrchových vod. U erozní funkce je několik předpokladů ve volbě dat a celé území je zjednodušené a parametry modelu jsou zprůměrované za celé území, což zcela neodpovídá topografii území. Zároveň by bylo třeba provést kvalitnější pedologický průzkum. Pro přesnější výpočet by se území muselo také rozdělit na menší krajinářské celky. Toto je ovšem vyváženo tím, že detailní funkce eroze je představena graficky ze zdrojů třetích stran. Monetizace této funkce rovněž předpokládá 100 procentní úspěšnost provedených opatření, což je nerealistické vzhledem k pomalosti růstu rostlin. Pro model sekvestrace uhlíku existuje rovněž řada předpokladů a omezení. Předně bylo modelování velmi zjednodušeno a pro větší přesnost i variabilitu model lze doporučit dedikované profesionální modely jako je např. model CENTURY. Monetizace sekvestrace proběhla pomocí ceny emisních povolenek, které ne vždy, jak je řečeno v literární rešerši reflektují společenské náklady uhlíku, jež nejsou navíc přesně známé. Analýza ceny emisních povolenek rovněž zahrnuje mnoho limitů, kdy by se daly například zvolit lepší metody pro vysokofrekvenční data ke studiu trendů a volatility, která ovlivní hodnotu sekvestrace. Pro hodnotu biodiverzity bylo vybráno pouze pět druhů, které byly pozorovány výzkumníkem. Přestože reprezentují charakter zájmového území, chybí zde další důležité organismy jako jsou rostliny či houby a jiné druhy živočichů. Rovněž by bylo nutné u hodnoty biodiverzity respektive druhů a jejich četnosti provést pečlivější a dlouhodobější šetření v terénu, kde by se použily další metody průzkumu. Tedy lze říci, že odhadovaná hodnota biodiverzity může být vyšší. Jak bylo zjištěno při teréním průzkumu, v oblasti se vyskytují i chráněné druhy, které ovšem nebyly vzhledem k délce terénního průzkumu pozorovány. Hodnota biodiverzity je rovněž stejně jako rekreační hodnota ovlivněna metodou výzkumu přiřazení monetární

hodnoty. Dotazníková metoda má, jak již bylo řečeno, mnohá omezení a nereflektuje ekosystémové služby, které biodiverzita poskytuje. Přesto však je vhodná vzhledem k tomu, že zájmové území slouží jako odpočinkové a rekreační místo pro obyvatele přilehlé urbanizované aglomerace. Co se týká analýzy stakeholderů, lze rovněž namítat, že by bylo lepší zahrnout do každé zájmové skupiny více reprezentantů (například zástupce opozice, zástupce škol, atd.), či zahrnout stakeholdery z oblastí mimo zájmové území.

8 . Reference

AGRAWAL, Pankaj; GILBERT, Faye W.; HARKINS, Jason. Time dependence of CAPM betas on the choice of interval frequency and return timeframes: Is there an optimum?. *Journal of Risk and Financial Management*, 2022, 15.11: 520.

ALI, Ammar Ak, et al. Predicting soil erosion rate at transboundary sub-watersheds in Ali Al-Gharbi, Southern Iraq, using RUSLE-based GIS model. *Sustainability*, 2023, 15.3: 1776.

ANGILERI, Vincenzo; LOUDJANI, Philippe; SERAFINI, Francesco. GAEC implementation in the EU: situation and perspectives. *Italian Journal of Agronomy*, 2011, 6.s1: e2-e2.

ArcGIS. Dostupné z: www.arcgis.com [citováno 2023-10-21]

BADALÍKOVÁ, Barbora. *Organická hmota pozitivně působí na vláhové podmínky v půdě* [online]. 2020, 27.11.2020 Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-positivne-pusobi-na-vlahove-podminky-v-pude> [citováno 2023-01-29].

BACH, Elizabeth M., et al. Soil biodiversity integrates solutions for a sustainable future. *Sustainability*, 2020, 12.7: 2662.

BAI, Yongfei; COTRUFO, M. Francesca. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 2022, 377.6606: 603-608.

BAREŠOVÁ Eva Rozdíl mezi stavebním pozemkem a parcelou. Co na to územní plán a katastr nemovitostí [online] dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/8775.rozdil-mezi-stavebnim-pozemkem-a-parcelou-co-na-to-uzemni-plan-a-co-katastr-nemovitosti> [citováno 2024-01-20]

BATEMAN, Ian; WILLIS, Kenneth George (ed.). *Valuing environmental preferences: theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries*. Oxford University Press, USA, 2001.

BAUMANN, P., LEE, J., BEHRENS, T., BISWAS, A., SIX, J., MCLACHLAN, G., & VISCARRA ROSSEL, R. A. Modelling soil water retention and water-holding capacity with visible–near-infrared spectra and machine learning. *European Journal of Soil Science*, 2022, 73(2), e13220.

BAUMGÄRTNER, Stefan, et al. Ramsey discounting of ecosystem services. *Environmental and Resource Economics*, 2015, 61: 273-296.

BEAULIEU, David. Soil pH: *What Every Gardener Needs to Know About Soil pH* [online]. 2021, 12.9.2021 Dostupné z: <https://www.thespruce.com/what-to-know-about-soil-ph-5204392> [citováno 2022-12-27].

BEAUMELLE, Lea. *The Way Soil Organisms Look Can Help Us Understand Their Importance* [online]. [citováno 2023-01-09]. Dostupné z: <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2021.562430>

- BEHNKE, Roy. Desertification: Causes, Impacts and Consequences. *Springer Nature*, 2011. ISBN 9783642114984.
- BEILLOUIN, Damien, et al. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global change biology*, 2021, 27.19: 4697-4710.
- BENAVIDEZ, Rubianca, et al. A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2018, 22.11: 6059-6086.
- BERNATEK-JAKIEL, Anita; POESEN, Jean. Subsurface erosion by soil piping: significance and research needs. *Earth-Science Reviews*, 2018, 185: 1107-1128.
- BIERE, Arjne, HEINEN, Robin, et al. Effects of soil organisms on aboveground plant-insect interactions in the field: patterns, mechanisms and the role of methodology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2018, 6: 106.
- BLUM, Winfried EH. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2005, 4: 75-79.
- BORRELLI, Pasquale, et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 2017, 8.1: 1-13.
- BORRELLI, Pasquale, et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117.36: 21994-22001.
- BOTTOMLEY, Peter J.; ANGLE, J. Scott; WEAVER, R. W. (ed.). *Methods of soil analysis, Part 2: Microbiological and biochemical properties*. John Wiley & Sons, 2020.
- BRADÁČ, Albert; Změny předpisů pro oceňování věcí nemovitých od 1. ledna 2023. [online] Dostupné z: <https://portaro.mfcr.cz/records/> [citováno 2023-08-04]
- BRADY, Nyle. Nature and Properties of Soils, The, Global Edition. *PEARSON Education Limited*, 2016. ISBN 9781292162232.
- BUJNOVSKÝ, Radoslav a kol. Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128- 56-3.
- BUJNOVSKÝ, Radoslav, JURÁNI Bohdan Kvalita pody – jej vymezdzenie a hodnotenie. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 1999. ISBN 80-85361-49-3.
- CARDINALE, Bradley J., et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 2012, 486.7401: 59-67.
- CARPENTER, Stephen R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105.32: 11039-11040.
- CARSON, Richard T.; GROVES, Theodore. Incentive and informational properties of preference questions. *Environmental and resource economics*, 2007, 37: 181-210. DOI: 10.1007/s10640-007-9124-5

- CENTURY, [online] dostupné z: <https://www.nrel.colostate.edu/projects/century>, [staženo 23-12-12]
- CERTINI, Giacomo; SCALENGHE, Riccardo. The crucial interactions between climate and soil. *Science of The Total Environment*, 2023, 856: 159169.
- CERVENY Jaroslav, PROCHAZKA, Petr; SOUKUPOVA, Jana. Rooted in Richness: Unearthing the Economic and Ecological Synergy of Crop Rotation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1298897.
- CERVENY, Jaroslav, et al. Algae as a source of protein in the sustainable food and gastronomy industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1256473.
- CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme. 2007. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 88-111.
- COSTANZA, Robert, et al. Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 2014, 26: 152-158.
- COSTANZA, Robert, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387.6630: 253-260.
- CRAMER, Michael D.; VERBOOM, G. Anthony. Evidence that species richness begets species richness. *Journal of Biogeography*, 2023.
- ČSÚ – Údaje o obyvatelstvu [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/> [citováno 2023-04-05]
- DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Raphael N. Modeling CO2 emission allowance prices and derivatives: Evidence from the European trading scheme. *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33.7: 1230-1241.
- DATTA, Rahul; MEENA, Ram Swaroop (ed.). *Soil Carbon Stabilization to Mitigate Climate Change*. Springer Singapore, Imprint: Springer, 2021.
- DAY, Monica. *Want clean water? Filter with soil* [online]. 2015, 17.6.2015 Dostupné z: https://www.canr.msu.edu/news/want_clean_water_filter_with_soil [citováno 2022-12-27]
- DERRIEN, Delphine, et al. Current controversies on mechanisms controlling soil carbon storage: implications for interactions with practitioners and policy-makers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2023, 43.1: 21.
- DICK, Warren A.; CHENG, L.; WANG, P. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32.13: 1915-1919.
- DOURADO-NETO, Durval, et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia agrícola*, 2000, 57.1: 191-192.
- DRUPP, Moritz A. Limits to substitution between ecosystem services and manufactured goods and implications for social discounting. *Environmental and Resource Economics*, 2018, 69: 135-158.

- DUAN, Jiakun, et al. Consolidation of agricultural land can contribute to agricultural sustainability in China. *Nature Food*, 2021, 2.12: 1014-1022.
- DVOŘÁK, Antonín, et al. Kapitoly z ekonomie přírodních zdrojů a oceňování životního prostředí. 1. vyd. Vysoká škola ekonomická v Praze. *Nakladatelství Oeconomica*, 2007. s. 196. ISBN 978-80-245-1253-2.
- EJAZ, Nuaman, et al. Soil erosion modelling and accumulation using RUSLE and remote sensing techniques: case study Wadi Baysh, Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainability*, 2023, 15.4: 3218.
- ELBASIOUNY, Heba, et al. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration. *Sustainability*, 2022, 14.2: 914.
- ELLERMAN, A. Denny., et al. The European Union emissions trading system: ten years and counting. *Review of Environmental Economics and Policy* 2016.
- ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K.; CARRARO, Carlo (ed.). *Allocation in the European emissions trading scheme: rights, rents and fairness*. Cambridge University Press, 2007
- ERSEK, Kaitlyn. 5 Types of Soil Microbes And What They Do For Plants [online]. 2018, 7.2.2018 Dostupné z: <https://www.holganix.com/blog/5-types-of-soil-microbes-and-what-they-do-for-plants> [citováno 2023-01-09].
- European Economic and Social Committee: *Civil society demands an EU Blue Deal to alleviate the social costs of water scarcity in Europe*. [online] Dostupné z : <https://www.eesc.europa.eu/en/news-media/news/civil-society-demands-eu-blue-deal-alleviate-social-costs-water-scarcity-europe#downloads> [citováno 2023-4-12]
- FERGESEN, Jennifer. *Soil's Power as a Climate Solution Has Often Been Overlooked*. Until Now [online]. 2022, 21.10.2022 Dostupné z: <https://time.com/6213461/soil-climate-solution/> [citováno 2023-01-09].
- FLORINSKY, Igor V.; KURYAKOVA, Galina A. Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, 1996, 27.2: 123-141.
- FRANZ, Trenton E., et al. The role of topography, soil, and remotely sensed vegetation condition towards predicting crop yield. *Field Crops Research*, 2020, 252: 107788.
- FURDYCHKO, Orest, et al. Forestry of Ukraine: problems and way of solutions. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 2022, 12.3.
- GEBELTOVÁ, Zdeňka, et al. The impact of crop mix on decreasing soil price and soil degradation: A case study of selected regions in Czechia (2002–2019). *Sustainability*, 2020, 12.2: 444.
- Geochemie exogenních procesů [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2016/G9811/um/65258501/5_zvetravani.pdf [citováno 2023-01-09].

- GRAFTON, Rupert Quentin, et al. The price and value of water: An economic review. *Cambridge Prisms: Water*, 2023, 1: e3.
- GRYGAR Jaromír, JELÍNEK Jan: *Dynamická geomorfologie pevnin* [online]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/prednasky/8_kapitola.htm [citováno 2023-01-09].
- GUNATILAKE, H. M.; VIETH, G. R. Estimation of on-site cost of soil erosion: a comparison of replacement and productivity change methods. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 55.2: 197-204.
- GUO, Lili, et al. Financial support for agriculture, chemical fertilizer use, and carbon emissions from agricultural production in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19.12: 7155.
- GUPTA, Priti. Soil and its economic implications in India. *International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences*, 2013, 2.6: 650-666.
- HANLEY, N.; SHOGREN, J. F.; WHITE, B. Introduction to Environmental Economics: Oxford University Press. 2001.
- HARRIS, Nathaniel. Measuring aggregate land values using individual city land value gradients. *Regional Science and Urban Economics*, 2024, 103995.
- HINTERMANN, Beat. Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2010, 59.1: 43-56.
- HOAGLAND, Dennis Robert, et al. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California agricultural experiment station*, 1950, 347.2nd edit.
- HOPE, Chris; ANDERSON, John; WENMAN, Paul. Policy analysis of the greenhouse effect: an application of the PAGE model. *Energy Policy*, 1993, 21.3: 327-338.
- HOUBEN, Saskia. Praktické informace pro zdraví půdy [online]. Dostupné z: https://orprints.org/id/eprint/43505/3/43505_Best4Soil_Soil-health-practical-information_CZ.pdf [citováno 2023-01-24].
- HREŠKO, Juraj. Princípy hodnotenia pedosféry. Bratislava: VÚPÚ, 1996. 54 s.
- HUA, Fangyuan, et al. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 2022, 376.6595: 839-844.
- HULTMAN, Nathan E. Carbon sequestration. In: *Managing Air Quality and Energy Systems*. CRC Press, 2020. p. 737-745.
- HURD, Catriona L., et al. Forensic carbon accounting: Assessing the role of seaweeds for carbon sequestration. *Journal of Phycology*, 2022, 58.3: 347-363.
- CHAKRABORTY, Kritika Sen; CHAKRABORTY, Avinandan; BERRENS, Robert P. Valuing soil erosion control investments in Nigerian agricultural lands: A hedonic pricing model. *World Development*, 2023, 170: 106313.

Charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek [online]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/legislativa/tematicke-prehledy-pravnich-predpisu-mze/103408813.html> [citováno 2023-01-09].

CHICHILNISKY, Graciela; HEAL, Geoffrey (ed.). Environmental markets: Equity and efficiency. *Columbia University Press*, 2000.

CHISHOLM, Anthony. Land Degradation. Cambridge University Press, 2009. ISBN 9780521123235.

CHO, Renee. Can Soil Help Combat Climate Change? [online]. 2018, 21.2.2018 [citováno 2022-12-27]. Dostupné z: <https://news.climate.columbia.edu/2018/02/21/can-soil-help-combat-climate-change/> [citováno 2022-12-27].

CHRISTIANSEN, Atle C., et al. Price determinants in the EU emissions trading scheme. *Climate Policy*, 2005, 5.1: 15-30.

Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, (2016) [online] dostupné z: https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/02/TechnicalSupportDocument_SocialCostofCarbonMethaneNitrousOxide.pdf [citováno 2022-12-27].

IPR Praha, dostupné z: <https://iprpraha.cz/> [citováno 4. 2. 2024]

JACKSON, Marion LeRoy. Soil chemical analysis-advanced course. 1969.

Jak zadržet vodu v půdě a co ovlivňuje její (ne)dostatek [online]. 2017, 18.9.2017 Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/jak-zadrzet-vodu-v-pude-a-co-ovlivnuje-jeji-nedostatek-296> [citováno 2023-01-24].

JANEČEK Miloslav a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. 2. vyd. Praha: IVS nakladatelství, 2005. 190 s. ISBN 80-86642-38-0.

JONES, Roger N. An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Natural hazards*, 2001, 23.2: 197-230.

KANDRA, Branislav, et al. Quantification of evapotranspiration by calculations and measurements using a Lysimeter. *Water*, 2023, 15.2: 373.

KANITO, Dawit; BEDADI, Bobe; FEYISSA, Samuel. Sediment yield estimation in GIS environment using RUSLE and SDR model in Southern Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2023, 14.1: 2167614.

KATUWAL, Hari B. Demand for water quality: Empirical evidence from a knowledge, attitude, behavior, and choice experiment survey about the Bagmati River in Kathmandu, Nepal. 2012. PhD Thesis. The University of New Mexico.

KINSEY, Neal. Agronomie v praxi - Úrodnost půdy a užívání hnojiv. *Naše pole*, s.r.o. (SK), 2021.

Klíč k použití Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) [online]. 2017 Dostupné z: https://uapmv.af.mendelu.cz/wcd/w-af-uapmv/doc/bpej_publikace.pdf [citováno 2023-01-09].

Kvalita závlahové vody–zasolení a stabilita půdní struktury [online]. Dostupné z: <https://uapmv.af.mendelu.cz/wcd/w-af-uapmv/doc/kzp/kval.zavl.vody.pdf> [citováno 2023-01-29].

LAL, Rattan (ed.). Soil organic carbon and feeding the future: basic soil processes. CRC Press, 2021.

LAL, Rattan. Soil management for carbon sequestration. *South African Journal of Plant and Soil*, 2021, 38.3: 231-237.

LANGE, Markus, et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature communications*, 2015, 6.1: 6707.

LEHMAN, R. Michael, et al. Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. *Sustainability*, 2015, 7.1: 988-1027.

LERDSRICHAINON, Sittiphath, et al. Indirect Valuation of Khao-Luang Forest Area: The CVM Approach. In: *Proceedings of International Academic Conferences*. International Institute of Social and Economic Sciences, 2019.

LI, Pingheng, et al. Soil erosion assessment by RUSLE model using remote sensing and GIS in an arid zone. *International Journal of Digital Earth*, 2023, 16.1: 3105-3124.

LI, Qiang, et al. Progress of research on soil erosion resistance of plant roots and future prospects. *Journal of Agriculture Resources and Environment*, 2020, 37.1: 17.

LIANG, Chao; SCHIMMEL, Joshua P.; JASTROW, Julie D. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature microbiology*, 2017, 2.8: 1-6.

LIU, Hongman; WEN, Shibin; WANG, Zhuang. Agricultural production agglomeration and total factor carbon productivity: based on NDDF–MML index analysis. *China agricultural economic review*, 2022, 14.4: 709-740.

MANDI, Sunil, et al. Soil Organic Matter: Bioavailability and Biofortification of Essential Micronutrients. *Soil Organic Matter and Feeding the Future*, 2021, 203-234.

MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Enric. CO2 prices, energy and weather. *The Energy Journal*, 2007, 28.3: 73-92.

MAŠÁT, Karel a kol. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované a doplněné vyd. Praha: VÚMOP, 2002. 113 s. ISBN 80-238- 9095-6.

MCCALL, Arthur. The Physical Properties of Soils: a Laboratory Guide. *Legare Street Press*, 2021. ISBN 1015308600.

MEZŘICKÝ Václav Environmentální politika a udržitelný rozvoj. Praha: Portál, 2005. 208 s. ISBN 80-7367-003-8.

MITCHELL, Robert Cameron; CARSON, Richard T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Rff press, 2013.

MUSHTAQ, Rizwan. *Augmented Dickey Fuller Test* (August 17, 2011). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1911068> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1911068> [citováno 2023-12-20].

Myší pramínek. [online]Dostupné z: <https://www.estudanky.eu/13871-pramen-mysi-praminek> [citováno 2023-12-27].

NAGY, Adrienn; LAURIK, László. Sale of Agricultural and Forestry Land in Enforcement Proceedings in Hungary. *J. Agric. Env't L.*, 2022, 17: 93.

NATURA2000 lokality. [online]Dostupné z: https://ww.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a2d3d7ec182c4dd6b463a1805b850247&query=NaturaMan_6237 [citováno 2023-12-27].

NEEDELMAN, Brian. What Are Soils? [online]. 2013 Dostupné z: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/what-are-soils-67647639/> [citováno 2023-12-27]

NĚMEC, Jiří Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky. 2001. ISBN 80-85898-90-X.

NGUYEN, T., et al. Sustainable Farming Practices and Their Impact on Carbon Sequestration: Insights from the CENTURY Model. *Sustainable Agriculture Research*, 12(1), 2023.156-168.

NORDHAUS, William D. Optimal greenhouse-gas reductions and tax policy in the " DICE" model. *The American Economic Review*, 1993, 83.2: 313-317.

NORTCLIFF, Stephen. Soil Erosion and Carbon Dynamics (Advances in Soil Science). Edited by EJ Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthes and DA Stewart. Boca Raton, FL, USA: CRC Press (Taylor and Francis)(2006), pp. 352,£ 74.99. ISBN 1-56670-688-9. *Experimental Agriculture*, 2006, 42.4: 506-506.

NOVÁK, Pavel a kol. Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy: *Výstup V01 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2009. 33 s.

NOVÁK, Pavel a kol. Hodnocení transformační funkce půdy a hodnocení narušených modelových území: *Výstup V04 (Ministerstvo zemědělství Národní agentura pro zemědělský výzkum – QH 82089)*. Praha: VÚMOP, 2012. 31 s.

Odbor majetku Praha 14 [online] dostupné z: <https://www.praha14.cz/urad-mestske-casti/odbory> [citováno 2023-01-24]

OZSAHIN, Emre; DURU, Umit; EROGLU, Ilker. Land use and land cover changes (LULCC), a key to understand soil erosion intensities in the Maritsa Basin. *Water*, 2018, 10.3: 335.

PALMER, Robert G., et al. *Introductory soil science laboratory manual*. Iowa State University Press., 1977.

PANAGOS, Panos, et al. Soil Erosion map of Europe based on high resolution input datasets. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. 2015. p. 14892.

PARMAR, Richard. Importance of Topography & Soil Condition in Site Analysis [online]. 2016, 22.4.2016 Dostupné z: <https://gharpedia.com/blog/importance-topography-soil-condition-site-analysis/> [citováno 2023-01-09].

PAUL, Eldor; FREY, Serita (ed.). *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Elsevier, 2023.

PAVLŮ, Lenka. *Základy pedologie a ochrany půdy*. Skriptum ČZU Praha, 2018.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press, 1989.

PIMENTEL, David. Pricing biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 2001, 51.4: 270-271.

PRAHA 14. [online] Dostupné z: https://www.praha14.cz/app/uploads/sites/3/2022/07/Komunikacni_strategie_MC_Praha_14_2021202.pdf [citováno 2023-01-24]

PRAMONO, Erry Sigit, et al. Analysis investor index Indonesia with capital asset pricing model (CAPM). *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 2022, 4.1: 35-46.

PROCHAZKA, Petr, et al. Understanding the socio-economic causes of deforestation: A global perspective. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2023, 6: 1288365.

Přírodní park V pískovně. [online] Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/prirodni-rezervace-v-piskovne-v-dolnich-pocernicich> [citováno 2023-01-20].

REJFEK, František a kol. Bonitace čs. zemědělských půd a směry jejich využití. V díl. 1. vyd. Praha: *Ministerstvo zemědělství České republiky*, 1990 238 s.

RICHTER, Rostislav; HLUŠEK, Jaroslav. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1996.

ROBOTKA, Petr, POLÁKOVÁ Martina: *Biologická aktivita půd*. Zelene-hnojeni.cz [online]. Dostupné z: <https://www.zelene-hnojeni.cz/biologicka-aktivita-pud/> [citováno 2023-01-29].

RODRÍGUEZ-LOINAZ, Gloria, et al. Relationship between vegetation diversity and soil functional diversity in native mixed-oak forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40.1: 49-60.

Rozhledna Doubravka. [online] Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/rozhledna-doubravka-xiv-na-cernem-moste> [citováno 2023-01-09].

SALANT, Stephen W. What ails the European Union's emissions trading system?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2016, 80: 6-19.

SAPUTRA, Erlis, et al. Land Value in a disaster-prone urbanized coastal area: A case study from Semarang City, Indonesia. *Land*, 2021, 10.11: 1187.

- SARWER, Asma, et al. Algal biomass valorization for biofuel production and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2022, 20.5: 2797-2851.
- SEDLÁČEK, Štěpán. *Využití procesu zvětrávání*. Irozhlas.cz [online]. 2020, 14.7.2020 Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/veda/zemedelstvi-vyzkum-oxid-uhlicity-posyp-pole_2007141807_aur [citováno 2023-01-29].
- SEJÁK, Josef Principles and Methods of the Environmental Evaluation. 2002. Život.Prostr. Vol. 36, No. 1 10 - 13
- SCHAD, Peter. World Reference Base for Soil Resources—Its fourth edition and its history. *Journal of plant nutrition and soil science*, 2023, 186.2: 151-163.
- SCHWERHOFF, Gregor; EDENHOFER, Ottmar; FLEURBAEY, Marc. *Equity and efficiency effects of land value taxation*. International Monetary Fund, 2022.
- SILVER, W. L., et al. The role of soil in the contribution of food and feed. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2021, 376.1834: 20200181.
- SIMKIN, Rohan D., et al. Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2022, 119.12: e2117297119.
- SINGH, Mahesh Chand, et al. GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science*, 2023, 11: 1136243.
- SMITH, Pete, et al. Modeling Soil Carbon Dynamics with the CENTURY Model. *Environmental Research Letters*, 2020. 15(3), 034012.
- Soil Composition [online]. Dostupné z: <https://education.nationalgeographic.org/resource/soil-composition> [citováno 2022-12-27].
- Soil Erosion. Worldwildlife.org [online]. Dostupné z: <https://www.worldwildlife.org/threats/soil-erosion-and-degradation> [citováno 2022-12-27].
- Soil erosion: An agricultural production challenge [online]. Dostupné z: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-agricultural-production-challenge> [citováno 2022-12-27].
- Soil Formation:- Time [online]. Dostupné z: http://www.nzsoils.org.nz/Topic-Basics_Of_Soils/Time/ [citováno 2023-01-09].
- Soil Salinization Causes & How To Prevent And Manage It [online]. 2021, 21.2.2021 Dostupné z: <https://eos.com/blog/soil-salinization/> [citováno 2023-01-09].
- Soil time. Britannica.com [online]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/soil/Time> [citováno 2023-05-09].
- Soil Water [online]. Dostupné z: https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_comp03.aspx[citováno 2023-01-09].

STAVINS, Robert N. The future of US carbon-pricing policy. *Environmental and energy policy and the economy*, 2020, 1.1: 8-64.

STHANSTROM, Nathalie. What is Soil Structure and Why is it Important? [online]. 2021, 23.6.2021 Dostupné z: <https://www.deeproot.com/blog/blog-entries/what-is-soil-structure-and-why-is-it-important-2/> [citováno 2022-12-27].

STOOPS, Georges; MARCELINO, Vera; MEES, Florias (ed.). *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, 2018.

STRŽÍTECKÝ, Josef: Dezertifikace – velký, ale opomíjený problém ochrany klimatu. *Ekolist.cz* [online]. 2020, 16.1.2020 Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/josefn-stritecky-dezertifikace-velky-ale-opomijeny-problem-ochrany-klimatu> [citováno 2022-12-27].

SU, Yu, et al. Soil-water retention behaviour of fine/coarse soil mixture with varying coarse grain contents and fine soil dry densities. *Canadian Geotechnical Journal*, 2022, 59.2: 291-299.

Suchý poldr Čihadla. [online] Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/rokytka/revitalizace-a-opravy-na-rokytce/revitalizace-suceho-poldru-čihadla/> [citováno 2023-11-27].

SZTURC, Jan; HYBLER, Vítězslav. The impact of updated soil properties on the development of land price in selected cadastral area near the strongly urbanized areas. *Journal of Ecological Engineering*, 2019, 20.7.

ŠIŠÁK, Luděk, PULKRAB, Karel et al. : Valuation of recreational forest functions socio-economic importance in selected areas of the Forests of Czech Republic, state enterprise. 2008 [Research Report.] Prague, Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences: 118.

TAO, Feng, et al. Microbial carbon use efficiency promotes global soil carbon storage. *Nature*, 2023, 618.7967: 981-985.

Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Skeletovitost [online]. Dostupné z: https://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showKategorie&id_categoryNode=539 [citováno 2023-01-09].

TESTOLIN, Riccardo, et al. Global patterns and drivers of alpine plant species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 2021, 30.6: 1218-1231.

The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats [online]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jpe/article/11/2/226/2740705?login=false> [citováno 2023-01-09].

TOL, Richard SJ. The economic impacts of climate change. *Review of environmental economics and policy*, 2018.

TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

TRADING ECONOMICS [online] dostupné z:

<https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> [citováno 2024-02-13]

TSVETNOV, Evgenij V., et al. Approaches to the accounting of ecosystem services in the economic assessment of land degradation. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2017, 210: 195-205.

Understanding Soil Microbes and Nutrient Recycling [online]. Dostupné z:

<https://ohioline.osu.edu/factsheet/SAG-16> [citováno 2023-01-09].

VÁCLAVÍK, František. Udržíme kvalitu půdy a její úrodnost? [online]. Dostupné z:

https://www.osevauni.cz/mineralni-hnojiva/pdf/Udrzime_kvalitu_pudy_Vaclavik.pdf [citováno 2023-01-29].

VALENCIA, Enrique, et al. Synchrony matters more than species richness in plant community stability at a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117.39: 24345-24351.

VAN BREEMEN, Nico; BUURMAN, Peter. *Soil formation*. Springer Science & Business Media, 2002.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America journal*, 1980, 44.5: 892-898.

VEJCHODSKÁ, Eliška, et al. Bridging land value capture with land rent narratives. *Land Use Policy*, 2022, 114: 105956.

VERBERG, K., et al. Soil water-methods to predict plant available water capacity (PAWC) using soil-landscape associations. *Grains Research Update*, 2018, 32.

VILČEK, Jozef, BUJNOVSKÝ R.; KOCO, Š. Index environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd. *VÚPOP: Bratislava, Slovakia*, 2010, 44.

VODAQUA :Ceny vody. [online]. Dostupné z: <https://www.vodakva.cz/en/about-water/water-price.html> [citováno 2024-01-30]

Vodárenství. [online] Dostupné z: <https://www.czwa.cz/vodarenstvi-CZ254> [citováno 2023-01-29].

VOPRAVIL, Jan. Co může zemědělec dělat pro to, aby chránil půdu a zachoval její funkce? [online]. 2015, 17.9.2015 [citováno 2023-01-29]. Dostupné z:

<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jan-vopravil-co-muze-zemedelec-delat-pro-to-aby-chranil-pudu-a-zachoval-jeji-funkce> [citováno 2023-01-19].

VÖRÖSMARTY, Charles J., et al. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 2010, 467.7315: 555-561.

VRÁBLÍKOVÁ, Jiřina a kol.: Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří. II. část. Teoretická východiska pro možnost revitalizace území v modelové oblasti. Ústí nad Labem : Univerzita J. E. Purkyně, 2008, 153 s. ISBN 978-80-7414-085-3.

VÚMOP, [online] Dostupné z: <https://www.vumop.cz/> [citováno 2023-01-11].

VÚMOP. Vodní eroze. [online] Dostupné z: www.mapy.vumop.cz [citováno 2023-01-11].

Využívání půdy [online]. 2016, 3.6.2016 Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/themes/landuse/about-land-use> [citováno 2023-12-27].

Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3977&typ=html [citováno 2023-01-29]

WANG, Yanzhao, et al. A review of regional and Global scale Land Use/Land Cover (LULC) mapping products generated from satellite remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2023, 206: 311-334.

WATSON, Robert, et al. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *IPBES Secretariat: Bonn, Germany*, 2019, 22-47.

What is desertification? Discover its causes and consequences. *Iberdrola.com* [online]. Dostupné z: <https://www.iberdrola.com/sustainability/desertification> [citováno 2022-12-27].

What is Soil Contamination? [online]. Dostupné z: <https://www.recare-hub.eu/soil-threats/contamination> [citováno 2022-12-27].

What is Soil Contamination? And Why Does It Happen? [online]. 2014, 26.11.2014 Dostupné z: <https://www.envirotech-online.com/news/health-and-safety/10/breaking-news/what-is-soil-contamination-and-why-does-it-happen/32581> [citováno 2022-12-27].

WHITE, Dominic; WINCHESTER, Niven. Logs or permits? Forestry land use decisions in an emissions trading scheme. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2023, 67.4: 558-575.

WILLIAMS, J, et al. Impact of Agricultural Practices on Soil Carbon Sequestration: A CENTURY Model Approach. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2022. 77(2), 213-224.

WWF Report: Water crisis threatens €11+ trillion in economic value, food security & sustainability in Europe. Dostupné z: <https://www.wwf.eu/?11990891/WWF-Report-Water-crisis-threatens-over-11-trillion-in-economic-value-food-security-and-sustainability-in-Europe> [citováno 2023-12-27].

XU, Hongwei, et al. Cropland abandonment altered grassland ecosystem carbon storage and allocation and soil carbon stability in the Loess Hilly Region, China. *Land Degradation & Development*, 2020, 31.8: 1001-1013.

Základní charakteristiky BPEJ [online]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis> [citováno 2023-01-09].

ZATTARA, Eduardo E.; AIZEN, Marcelo A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 2021, 4.1: 114-123.

ZAUYAH, Siti; SCHAEFER, Carlos EGR; SIMAS, Felipe NB. Saprolites. In: *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, 2010. p. 49-68.

Zelený kruh 2009: Texty o proměně vztahů lidí k přírodě, environmentální výchově a udržitelnosti Online: https://www.zelenykruh.cz/wp-content/uploads/2015/01/300409_clovek-priroda_fin.pdf [citováno 2024-03-20].

Zemědělci mají v rukou regeneraci půdy. Sešli se na konferenci o regenerativním zemědělství [online]. 2022, 3.3.2022 Dostupné z: <https://www.asz.cz/clanek/8834/zemedelci-maji-v-rukou-regeneraci-pudy-sesli-se-na-konferenci-o-regenerativnim-zemedelstvi/> [citováno 2023-01-29].

ZERBIB, Olivier David A Sustainable Capital Asset Pricing Model (S-CAPM): Evidence from Green Investing and Sin Stock Exclusion. *Capital Markets - Asset Pricing eJournal*. 2020

ZERBIB, Olivier David. A sustainable capital asset pricing model (S-CAPM): Evidence from environmental integration and sin stock exclusion. *Review of Finance*, 2022, 26.6: 1345-1388.

ZHU, Yong; HUO, Congjia. The impact of agricultural production efficiency on agricultural carbon emissions in China. *Energies*, 2022, 15.12: 4464.

ZINCK, Alfred. Remote Sensing of Soil Salinization. Taylor & Francis, 2019. ISBN 9780367386221.

Zpracování půdy - část první [online]. 2017, 15.3.2017 Dostupné z: <https://www.vari.cz/rady-a-navody/rady-do-zahrady/zpracovani-pudy-cast-prvni/art:41214/> [citováno 2023-01-29].

PŘÍLOHA

Příloha 1 - Dotazník

Dotazník pro obyvatelstvo Prahy 14: Socioekonomické charakteristiky, ochrana Křížovnického lomu, hodnota biodiverzity
Úvodní slovo: Dobrý den, v rámci projektu zaměřeného na ochranu přírodního dědictví a podporu environmentálního vzdělávání v Praze 14 bychom Vás chtěli požádat o vyplnění tohoto krátkého dotazníku. Vaše odpovědi nám pomohou lépe porozumět Vaším preferencím, specificky Vaší ochotě zaplatit (WTP) za ochranu Křížovnického lomu a zřízení nové naučné stezky. Dále bychom rádi znali Vaši preference týkající se vyjmenovaných druhů fauny, která byla monitorována na území Prahy 14, konkrétně ohraničená ze západu rozhlednou Doubravka, z východu objekty u ulice Madarova, ze severu naučnou stezkou s malou vílou a z jihu lípovou alejí Vidlák, je Účast v tomto průzkumu je dobrovolná a všechny poskytnuté informace zůstanou anonymní.
Část 1: Socioekonomické charakteristiky
1. Věk:
<input type="checkbox"/> 18-24 let
<input type="checkbox"/> 25-34 let
<input type="checkbox"/> 35-44 let
<input type="checkbox"/> 45-54 let
<input type="checkbox"/> 55-64 let
<input type="checkbox"/> 65 a více let
2. Pohlaví:
<input type="checkbox"/> Muž
<input type="checkbox"/> Žena
<input type="checkbox"/> Jiné / Preferuji neodpovídat
3. Nejvyšší dosažené vzdělání:
<input type="checkbox"/> Základní vzdělání
<input type="checkbox"/> Středoškolské vzdělání bez maturity
<input type="checkbox"/> Středoškolské vzdělání s maturitou
<input type="checkbox"/> Vyšší odborné vzdělání
<input type="checkbox"/> Vysokoškolské bakalářské
<input type="checkbox"/> Vysokoškolské magisterské nebo vyšší
4. Hlavní zaměstnání:

<input type="checkbox"/> Plný úvazek
<input type="checkbox"/> Částečný úvazek
<input type="checkbox"/> Na mateřské/rodičovské dovolené
<input type="checkbox"/> Nezaměstnaný/a
<input type="checkbox"/> Student/ka
<input type="checkbox"/> Důchodce
<input type="checkbox"/> Jiné: _____
5. Roční příjem domácnosti (přibližně):
<input type="checkbox"/> Do 200 000 Kč
<input type="checkbox"/> 200 001 - 400 000 Kč
<input type="checkbox"/> 400 001 - 600 000 Kč
<input type="checkbox"/> 600 001 - 800 000 Kč
<input type="checkbox"/> 800 001 - 1 000 000 Kč
<input type="checkbox"/> Více než 1 000 000 Kč
Část 2: Ochota zaplatit za ochranu Křížovnického lomu a zřízení naučné stezky
6. Jak moc jste obeznámen/a s Křížovnickým lomem a jeho významem pro lokalitu?
<input type="checkbox"/> Velmi dobře
<input type="checkbox"/> Částečně
<input type="checkbox"/> Málo
<input type="checkbox"/> Vůbec
7. Považujete za důležité chránit přírodní lokality jako je Křížovnický lom?
<input type="checkbox"/> Ano
<input type="checkbox"/> Ne
<input type="checkbox"/> Nevím
8. Jakou částku byste byli ochotni měsíčně přispět na projekt ochrany Křížovnického lomu a zřízení naučné stezky?
<input type="checkbox"/> 0 Kč
<input type="checkbox"/> 1-50 Kč
<input type="checkbox"/> 51-100 Kč

<input type="checkbox"/> 101-200 Kč
<input type="checkbox"/> Více než 200 Kč
9. Jaké aktivity byste na nové naučné stezce nejvíce uvítali? (možno označit více možností)
<input type="checkbox"/> Informační panely o flóře a fauně
<input type="checkbox"/> Interaktivní prvky pro děti
<input type="checkbox"/> Vyhlídkové místa
<input type="checkbox"/> Odpočinkové a piknikové zóny
<input type="checkbox"/> Průvodce/Exkurze s odborníkem
<input type="checkbox"/> Jiné: _____
10. Máte nějaké další připomínky nebo návrhy týkající se ochrany Křížovnického lomu a zřízení naučné stezky?
Otevřená odpověď: _____
11. Na území XY byly nalezeny níže uvedené živočišné druhy. Jakou hodnotu byste těmto druhům přiřadili zaokrouhlednou na 50,- Kč, respektive kolik byste byli ochotni zaplatit za jejich zachování jednorázově?
<input type="checkbox"/> Myšice křovinná: _____
<input type="checkbox"/> Skokan hnědý/zelený: _____
<input type="checkbox"/> Vrabec polní: _____
<input type="checkbox"/> Zajíc polní: _____
<input type="checkbox"/> Bažant obecný: _____
Závěr: Děkujeme vám za Váš čas a za vyplnění tohoto dotazníku. Vaše odpovědi jsou pro nás velmi cenné a přispějí k lepšímu porozumění potřeb a přání komunity v Praze 14 ohledně ochrany přírody a environmentálního vzdělávání.

Příloha 2 – Lokality – zajímavosti

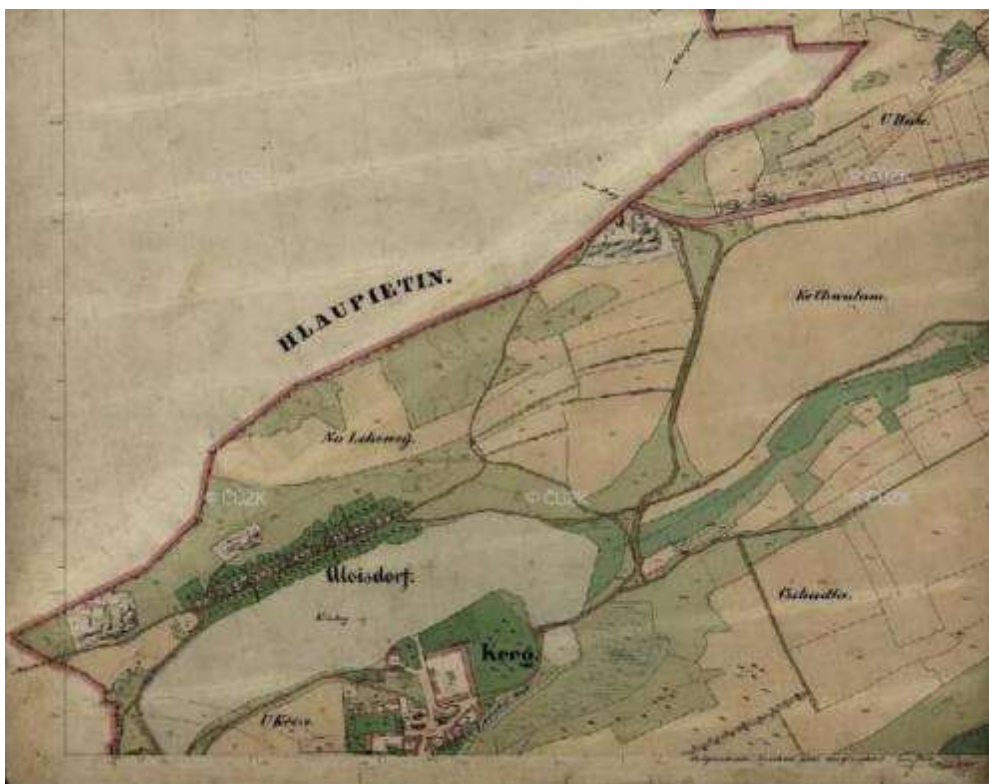
A. Letecký snímek z r. 1938 a ortofoto z r. 2022 na portálu Dvě Prahy.

Křížovnický lom je ve výběžku zeleně uprostřed snímku.



Zdroj: <https://www.dveprahy.cz/>

B. Originální mapa stabilního katastru z r. 1841, kde vpravo dole vidíme oblast Čihadla.



Zdroj: <https://ags.cuzk.cz/archiv/>

C. Mapa kultur, část Hloubětína a Kyjí, kde leží zájmové oblasti. Rok 1837-1844.



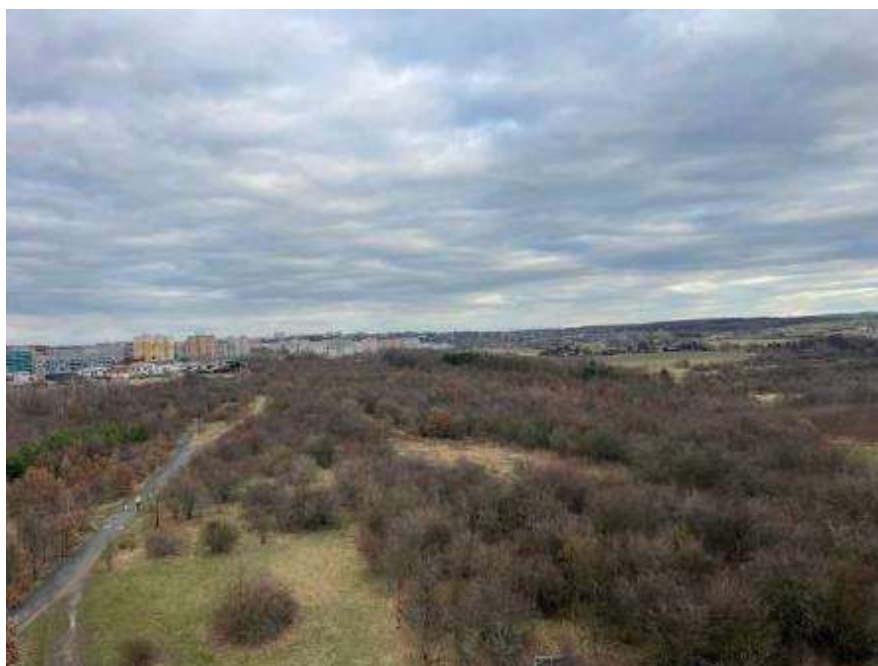
Zdroj: <https://ags.cuzk.cz/archiv/>

Příloha 3 – Fotogalerie

Fotografie byly pořízeny autorem práce a p. Rudolfem Zemkem za účasti autora.



Čihadla – suchý poldr – informační tabule



Neopakovatelný výhled z rozhledny, která má 98 schodů a autorem rozhledny je Prof. Ing. arch. Martin Rajniš a jeho tým z Huti architektury.

Pohledy z rozhledny Doubravka





Rozhledna Doubravka, okolí



Mokřad



Pohled na zemědělské pozemky



Rozhledna Doubravka – pohled na konstrukci

Zimní ráz přírody kolem Čihadel



Křížovnický lom



Jeden z pískovcových výchozů. Díry v kameni sloužily pro výrobu primitivních přístřešků kameníků, kteří zde před staletími pracovali.





Pozůstatky lámání kamene. Kámen se zde pravděpodobně těžil také na opravu Karlova mostu po katastrofální povodni 21. 7. 1432, kdy byl most na dvou místech protržen a zřítílo se pět pilířů. Dokument – část zachovalých účtů za opravu mostu, je k nalezení v knize „Základy místopisu pražského“ autora Josefa Teigeho.



Snad sto let starý pokus o vysekání reliéfu ve tvaru hlavy. Je znát vysoká míra eroze díky přírodním podmínkám.



Oblast Křížovnického lomu je dobré navštívit v zimním období, kdy jsou relikty po těžbě pískovce velmi dobře dohledatelné. Celá oblast je velmi zajímavá a zachovaly se stopy po kladivech kameníků, kamenické značky i pozůstatky po primitivních přístřešcích.





Pozůstatky po hrubém tesání kamene.



Mapa z r. 1872 (zdroj: <https://ags.cuzk.cz>), kde jsou lomy částečně zakreslené. Informací o historii lomu je velmi málo, některé informace o kamenolomu sepsal geolog Václav Rybařík v knize „Pražští skalníci, kameníci a sochaři“.