

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

Přírodovědecká fakulta

Katedra rozvojových a environmentálních studií



**Vliv predikovaných klimatických změn na ekosystémové služby**

Tomáš Pařízek

Bakalářská práce

v oboru Environmentální studia a udržitelný rozvoj

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Olomouc 2018

## **Prohlášení**

Já, Tomáš Pařízek, prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením doc. Ing. Ivo Machara, Ph.D. Veškerou použitou literaturu jsem uvedl v seznamu citovaných zdrojů.

V Olomouci dne 30.4.2018

.....

Tomáš Pařízek

## **Poděkování**

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu své práce doc. Ing. Ivo Macharovi, Ph.D. za jeho čas a ochotu. Jeho cenné rady a připomínky mi velmi dopomáhali. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu psaní podporovali.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vlivu predikovaných klimatických změn na ekosystémové služby v globálním měřítku. Klima je jednou z elementárních částí, které vytváří základ pro biologický život, tudíž je úzce propojené s ekosystémovými službami, které jsou v současné době hodně využívány. Nicméně, zvyšující se teplota a nízký výskyt srážek, změny v koloběhu dusíku, fosforu, síry a uhlíku, změna v koloběhu živin či vodního cyklu jsou procesy, které negativně ovlivňují chod klimatu a tím i ekosystémové služby a biodiverzitu. Práce bude zpracována formou rešerše vědeckých článků a zaměřena na ekosystémové služby a klimatické změny. Teoretická část práce bude obsahovat problematiku ekosystémové ekologie a koncept ekosystémových služeb, včetně kategorizace a oceňování. Cílem této práce je zhodnotit současné a predikované vlivy klimatických změn na ekosystémové služby, navrhnout možnosti migitačních nástrojů, které by přispěly k ochraně a udržitelnosti již zmíněných ekosystémových služeb.

### **Klíčová slova:**

klimatická změna, ekosystémové služby, ekosystémová ekologie, hydrologický cyklus, potravní síť, ocenění ekosystémových služeb

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the impact of predicted climate change on ecosystem services at a global scale. Climate is one of the basic elements that forms the basis for life and is therefore closely intertwined with ecosystem services that are currently widely used. However, increasing temperatures, changes in the nitrogen cycle, phosphorus, sulfur and carbon cycle, changes in the nutrition cycle or water cycle are processes that negatively affect the climate and also ecosystem services and biodiversity. The work will be elaborated as a review of scientific papers focusing on joining of ecosystem services and climate change. The first part of the thesis will include issues of ecosystem ecology and the concept of ecosystem services, including categorization and valuation. The aim of this thesis is to assess the current and future impacts of climate change on ecosystem services, to propose adaptive measures that would contribute to the protection and sustainability of already mentioned ecosystem services while answering the research question.

## **Key words:**

climate change, ecosystem services, ecosystem ecology, hydrological cycle, food web, valuation of ecosystem services

## Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíle a metodika práce.....	8
3. Základní pojmy.....	9
4. Antropogenní vliv.....	10
5. Ekosystémová ekologie.....	11
1.1. Potravní síť.....	12
Obr. 1. Zjednodušená potravní síť ve smíšeném lese.....	13
1.2. Hydrologický cyklus.....	13
Obr. 2. Schéma vodního koloběhu dle Huggeta.....	15
1.3. Uhlíkový cyklus.....	15
Obr. 3 Schéma uhlíkového cyklu.....	17
6. Ekosystémové služby.....	18
Obr. 4. Základní rámec hodnocení vztahů mezi ES a životní úrovní.....	19
1.4. Kategorizace.....	19
Tab. 1. Kategorizace ekosystémových služeb.....	20
1.5. Hodnocení.....	21
1.6. Metodika ocenění ES.....	21
6.1.1. Ocenění biotopu.....	22
6.1.2. Ocenění ES založeno na energii, vodě a vegetaci.....	23
6.1.3. Ekonomické hodnocení ES.....	25
Obr. 5. Typologie ekonomických hodnot využitelných pro hodnocení ES.....	26
1.7. Platformy oceňování ES.....	27
6.1.4. Millenium Ecosystem Assessment.....	27
6.1.5. The Economics of Ecosystem and Biodiversity.....	27
6.1.6. System of Environmental-Economic Accounting.....	27
6.1.7. Common International Classification of Ecosystem Services.....	28

Tab. 2. Společná mezinárodní klasifikace služeb.....	28
7. Klimatické změny a ekosystémové služby.....	29
1.8. Největší dopady klimatických změn.....	29
1.9. Dopady změn klimatu na funkci ES.....	32
1.10.    Projekt CLIMSAVE.....	36
1.11.    Adaptační a mitigační opatření.....	36
7.1.1. Adaptační opatření.....	37
Obr. 6. Adaptace na změnu klimatu popsáno jako proces se zpětnými vazbami .....	37
7.1.1. Mitigační opatření.....	39
8. Závěr .....	42
9. Zdroje .....	44

# 1. Úvod

Dnešní doba je charakteristická velkým technickým pokrokem. Tyto pokroky můžeme přesně vymezit jako růst lidské populace, nárůst produkce veškerého zboží, která souvisí i se spotřebou, vývoj techniky a technologický pokrok, který je spojený s obrovským nárůstem znečištění. Lidstvo si neuvědomuje, v některých případech spíše nechce uvědomit, že existuje jakási „udržitelná hranice“, kterou když překročíme, nebude možné ekonomický a sociální pokrok posouvat s plně kvalitním zachováním životního prostředí. Nároky, které lidstvo vyžaduje od planety, jsou s nárůstem potřeb větší a větší. Trvale udržitelný rozvoj je jednou z mála možností, jak přírodní zdroje, které využíváme přes ekosystémové služby, zachovat. Dalším způsobem, jak udržet přirozený chod veškerých ekosystémů i přírodních druhů, je zamyslet se nad budoucností, nejt jen za ekonomickým výdělkem či bohatstvím a chovat se k planetě jako k jedinému majetku, který je pro nás opravdu velmi důležitý.

Ekosystémové služby, které lze definovat jako přínosy, které přírodní systémy poskytují lidské společnosti (MEA, 2005), jsou budoucností udržitelného rozvoje naší země a jejich příznivý vývoj bude mít mimořádný vliv k posunutí hranice únosnosti země. Vzhledem k růstu populace a moderní technologie je zřejmé, že budoucí změny klimatu pravděpodobně budou mít významný vliv na fungování ekologických systémů. Tyto účinky následně změní míru, do jaké přírodní a řízené systémy mohou poskytovat ekosystémové služby, na kterých v současné době závisíme. Změna klimatu bude mít zásadní dopady jak pro lidské, tak pro přirozené systémy a bude kritické zvážit veškeré odhady potenciálních negativních dopadů na budoucí ekosystémové služby.

Změna je nedílnou, avšak přirozenou součástí historie země. Klima zahrnuje odlišnosti, v nichž je ovzduší ovlivněno a především měněno různými částmi klimatického systému i vnějšími faktory. Nicméně lidská činnost je tím největším spouštěčem veškerých globálních změn a je potřeba se efektivně informovat, jaké dopady bude tato aktivita vyvolávat i v budoucnu. Příští generace by měly mít stejnou možnost využívat přírodní zdroje stejně efektivně jako my. Proto je akutní poohlédnout se po účinném a udržitelném rozvoji s ekosystémovými službami.

## 2. Cíle a metodika práce

Cílem této práce je seznámení s tématem ekosystémových služeb a jejich ovlivnění klimatickými změnami v globálním měřítku. V rámci tohoto cíle je práce rozdělena do tří částí.

První část je věnována ekosystémové ekologii, která zkoumá ekologické otázky, jako opatření pro zachování veškeré biomasy, toku energie a cyklu živin.

Druhá z dílčích částí práce je rozdělení a charakteristika ekosystémových služeb. Základní rozdělení se týká čtyř kategorií, metodik oceňování a základních platforem, které se zabývají oceňováním ekosystémových služeb.

Třetí část se zabývá klimatickými změnami. Popisuje největší změny v klimatických podmínkách, které jsou způsobeny biologickými i antropogenními procesy. Největší dopady budou detailně popsány u vybraných služeb, které jsou těmito změnami nejvíce ovlivněny.

K dosažení zmíněných cílů práce je nezbytné nalézt odpověď na výzkumnou otázku:

- Jaký vliv má současná a predikovaná změna klimatu na funkci ekosystémových služeb?

Závěrem budou předloženy možnosti adaptačních i mitigačních opatření, které jsou úzce spjaty s ekosystémovými službami.

Pro zpracování těchto otázek byla použita metoda rešerše z textů na portálu Web of science, ze kterého jsem čerpal vědecké články k analyzování odpovědi na mé výzkumné otázky. Tyto články byly vyhledávány pomocí klíčových slov zmíněných v abstraktu.

Důležité je zmínit, že velký důraz bude brán na identifikaci hlavních hrozeb a rizik, která mají značný vliv na budoucí využívání ekosystémů a jejich služeb.



### 3. Základní pojmy

Ekosystém je znám jako „společenství organismů a jejich fyzické prostředí ovlivňující se jako ekologická jednotka“ (Lincoln et al., 1982). Zpravidla je tento termín definován jako soubor organismů, které spolu žijí na určitém území spolu s neživým prostředím. Podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, „ekosystém je funkční komplex živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase.“

Ekosystémové služby jsou přímé i nepřímé přínosy, které lidé využívají z ekosystémů. Dle definice jsou tyto služby „ekologické složky, které jsou přímo spotřebovávány nebo poskytující užitek a tím přispívají k lidskému blahobytu“ (Boyd a Banzhaf, 2007).

Ekosystémová ekologie sleduje veškeré biologické vztahy na zemi na určité úrovni. První zmínka ekologie sahá již do 19. století, kdy ekologii definoval roku 1866 německý biolog Ernst Haeckel jako „studium vzájemných vztahů mezi organismy a prostředím“ (Kislinger F., 1994).

Klimatickou změnu lze popsat jako změnu povahy klimatu způsobenou nepřírozenými pohyby energií v atmosféře Země. Jakýkoliv obrat v podnebí ovlivní velkou škálu dlouhodobých i krátkodobých faktorů (sluneční záření, koncentrace skleníkových plynů), které vytvářejí podmínky pro život všech organismů na planetě.

Termínem udržitelný rozvoj se rozumí zlepšování životních podmínek lidí v současnosti, a to tak, aby měly budoucí generace možnosti čerpání přírodních zdrojů stejné.

Dle § 6 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, je udržitelný rozvoj definován jako: „Takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“

Biotop je oblast menšího charakteru s jednotnými biologickými podmínkami (počasí, typ půdy, výška nad mořem) (Seják, 2011).

## 4. Antropogenní vliv

Čtyři miliony let je člověk důvodem změn na naší planetě. Nicméně ve středověku, kdy bylo vykácení lesa pro vytvoření obhospodařovatelné půdy či vybudování zpevněné cesty mezi městy raritou, nebyl lidský vliv tak velkým problémem, jak je tomu za poslední dvě století. Počínaje průmyslovou revolucí, kdy se zcela zásadně změnilo zemědělství i průmysl. Došlo k přechodu z ruční výroby na stroje, zvýšení produkce ve výrobě i spotřebě. Tímto průlomem jsme začali riskantně hospodařit s přírodními zdroji, které nemají nevyčerpatelné množství.

Existuje mnoho důkazů jak přímých, tak i nepřímých, že dochází k ohřevu zemského klimatu na planetě za posledních sto let, ale značně za posledních třicet let (Lovejoy and Hannah, 2005). Některé extrémy v počasí se v určitých regionech začaly projevovat mnohem častěji a závažněji. Při pozorování klimatu za posledních dvě stě let vědci zdůraznili složitost planetárního klimatického systému a také velkou obtížnost v definování otázky: „Co je normální klimatický režim?“

Stejně jako u lidského těla v případě nemoci potřebujeme i u klimatického systému pečlivě a častěji měřit i sledovat jeho chování, aby bylo možné včasné odhalení příznaků, které by byly spojené s rizikem zásahu lidské činnosti do přirozeného režimu Země. Začlenění našeho přírodního kapitálu do rozhodování je záležitostí, která vyžaduje společný rozvoj pokroku v oblasti znalostí, ale i společenských institucí a kultury.

Tyto kroky zahrnují nejdříve jednotlivé subjekty (podnikatelé, jednotlivci), kteří musí nalézt jednoduché začlenění ekosystémových služeb a přírodního kapitálu do svých výsledných rozhodnutí. Tyto metody by měly být předvídatelné a transparentní. Existují případy, kdy je společnost otevřená myšlence ekosystémových služeb, ale není obeznámena, jak tuto rozvahu konkrétně použít. Dále zde musí být nějaký praktický příklad, který díky správnému a dobrému oceňování ekosystémových služeb a přírodního kapitálu skončí lepšími rozhodnutími a lidským blahobytem. Posledním krokem je ocenění od představitelů vlády a vůdců různých zemí, kteří musí tyto úspěšné příklady šířit a náležitě ohodnotit. Právě zde může dojít k ponaučení z řady kladných příkladů a dojít k začlenění do mnoha rozhodnutí vlád, zemědělců a bank, které ovlivňují náš přírodní kapitál. Právě zde lze dopad malých státních projektů zvětšit na celosvětovou změnu (Daily a Matson, 2008).

## 5. Ekosystémová ekologie

Ekosystémová ekologie zkoumá rozsáhlé ekologické otázky, které se zaměřují na opatření, jako je biomasa, veškerý tok energie a cykly živin (Green, 2012).

Základní otázky, které tato věda zkoumá, jsou, kolik uhlíku se absorbuje do atmosféry suchozemskými rostlinami a mořským fytoplanktonem během procesu fotosyntézy a kolik z toho následně spotřebovávají primární (býložravci), sekundární (dravci) a terciální (dravci dravců) konzumenti. Zásadní otázka, kterou tato věda pokládá, zní: „Jaká je produkce a jaké faktory ji ovlivňují?“

Ekosystémy můžeme přirovnat ke čtverci, který má hranice na každé straně. Nicméně s tím rozdílem, že hranice nemá, protože je jejich stanovení těžké. Neviditelné pomezí jsou přechody do sousedních ekosystémů, které jsou na sobě ve většině případů zcela závislé (Smith a Pimm, 2018).

Jedním z příkladů může být malé jezírko uprostřed lesa. Jako samostatný celek je zakryt mnoha stromy a žije v něm tedy i málo organismů. Ovšem rostliny v něm jsou živé i z okolní suchozemské biosféry. Jezírko není osamocený a odloučený ostrov od svého okolí, naopak. Z okolních ekosystémů se do jezírka dostávají potraviny a živiny v různých formách, jako například v podobě listů či brouků. Tím se živí bezobratlí, kteří jsou potravou ryb, jež poté jedí ptáci a další větší predátoři. Jezírko funguje jako samostatný celek, ale bez materiálu z břehů a svého přítoku by živočichové v něm nemohli přežít. Naopak je tomu i z druhé strany, kde rostliny bez jezírka nemají dostatečnou vláhu a suchozemští tvorové by neměli takové množství obživy v podobě ryb.

Ekologové neustále řeší otázky typu, kde ekosystém končí a kde je jeho začátek. Do systému odněkud vstupují živiny a veškerá energie je vstřebává místními organismy. Tyto látky v ekosystému nějakou dobu kolují a po určité době jsou předávány dál do jiného ekosystému, kde jsou také využívány. Malé vodní ekosystémy mají jasný cíl svého zakončení, a to vlévání se do větších celků v podobě větších řek, moří nebo oceánů. Samotná hodnota biosféry nezávisí na organismech žijících uvnitř, nýbrž na způsobu, jak využívají tok energie, která do něj vstoupila. Pokud chceme znát odpověď, jak veškeré látky a energie vstupují a jsou vylučovány v „čemkoliv“, můžeme tímto pojmem označit ekosystém. Prakticky vzato můžeme ekosystémem nazvat i křečka, který je v kleci s kouskem salátu. Ucelenou část přírody hodnotíme zjištěním celkové hmotnosti živých organismů v něm, v závislosti na tom, kolik vyprodukuje hmoty, jak

rychle hmota dorůstá a kolik jí dokáže udržet. Tímto pravidlem můžeme potvrdit, že jeden ekosystém je zcela závislý na druhém. Z velmi produktivních celků přírody mají prospěch i jejich sousední. Podle fyzických zákonů zachování hmoty a energie nelze jak hmotu, tak energii vytvořit ani zničit, může se pouze přenést z místa na místo. Stejný zákon se váže i k ekosystémům. Všechny organismy jsou zapojeny v trofické struktuře, kde každý z nich má své místo v potravním řetězci (Green, 2012).

## 5.1. Potravní síť

Potravní síť je vzájemná spojitost mezi jednotlivými organismy různých potravních řetězců. V jednotlivých ekosystémech může být tato síť jednoduchá (např. pes žijící na dvorku) až složitá (několik desítek propojení mezi jednotlivými živočichy a rostlinami). Primárním zdrojem energie pro většinu organismů je Slunce. Pohlcenou energii ze slunečního svitu dokáží rostliny (autotrofové) pomocí fotosyntézy převést na energii chemickou. Vyrábí si tak malé zásobárny chemické energie. To znamená, že autotrofové jsou absolutním základem každého ekosystému, základem, ze kterého ostatní organismy získávají energii a živiny.

Jednotlivé články sítě jsou rozděleny do trofických úrovní, které jsou na sobě závislé (viz obr. 1). Primární producenti, které tvoří veškeré rostliny, jsou prvopočátkem potravní sítě z hlediska vytváření a přeměny energie. Tuto energii přebírají konzumenti prvního a druhého řádu, které tvoří býložravci a všežravci. Následují konzumenti třetího řádu v podobě masožravců, kteří se živí býložravci i všežravci. V případě většího a produktivního ekosystému můžeme nalézt případy, kdy jsou masožravci obživou pro větší predátory.

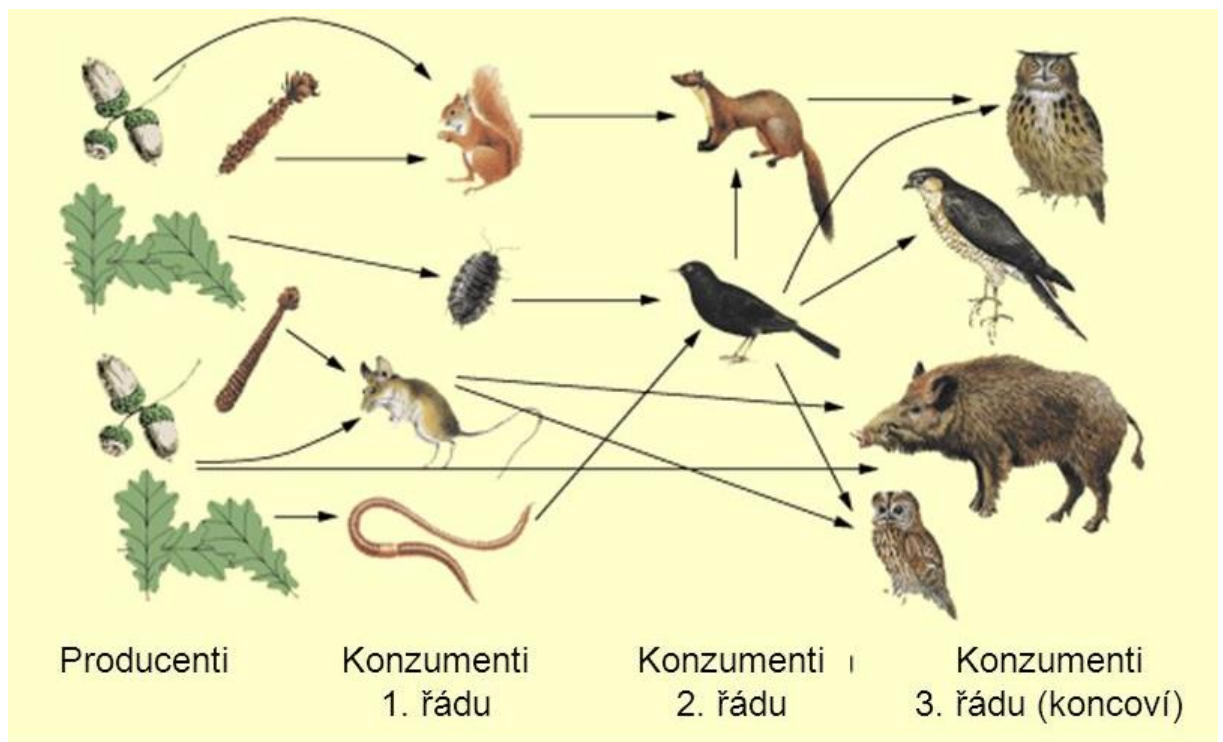
Poté se dostáváme k masožravcům, kteří jako sekundární konzumenti sežerou býložravce.

Poslední část této sítě tvoří dekompozitoři, kteří rozkládají mrtvá těla živočichů a rostlin na výkaly. Velikost a rozsah potravní sítě v ekosystému závisí nejvíce na vodě a teplotě, které jsou pro život rostlin a živočichů nezbytné, bez nichž trofická síť nemůže existovat (Green, 2012).

Základní efektivností ekosystému je předání energie uvnitř biotopu z jednoho místa na druhé. Organismy se navzájem využívají, ale ne dost efektivně. Ve skutečnosti při přechodu energie z rostliny na králíka a poté z králíka na hada dochází ke ztrátě většiny energie. Nejvíce efektivním je ovšem přenos a akumulace toxinů v ekosystému.

Při přechodu energie zůstávají toxiny v tělech živočichů a přesouvají se v rámci trofické sítě. Tento přenos označujeme termínem bioakumulace, což je přenos chemických látek v rámci trofických úrovní. S každou vyšší úrovní je množství toxických látek v organismu větší, díky konzumaci organismů z nižších úrovní v potravní síti. V řetězci se každá vyšší úroveň živí vyšším počtem biomasy, což má za následek vyšší množství toxinů (Mikeš, 2006).

Obr. 1. Zjednodušená potravní síť ve smíšeném lese



Zdroj: Pedologie, Schlaghamerský, 2012

## 5.2. Hydrologický cyklus

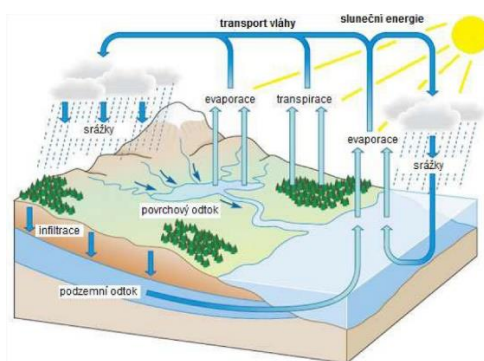
Cyklus tvoří základ pro život nejen na Zemi, ale i v celém vesmíru. Z hlediska hmoty je Země uzavřený systém, kde se pouze střídají nekonečné biochemické cykly. V tomto případě nám hydrologický cyklus detailně popisuje pohyb veškeré vody na zemském povrchu, ovšem i pod ním. Tento uzavřený koloběh je poháněn energií sluneční a větrnou, kde voda mění svou formu do třech typů: tekutá, plynná a pevná. Popis začneme u srážek, tedy u vody ve formě deště, krup či sněhu, které se vytvoří, když voda obsažená v atmosféře kondenzuje a přejde z plynné fáze do tekuté. Právým opakem této organické reakce je vypařování, přeměna tekutin na plyn. Kondenzace má za následek samostatnou

tvorbu mraků, tedy vzduch obsahující páru stoupne a prudce se ochladí nebo se stlačí natolik, že není schopen udržet formu plynu. Mraky přenáší vodu po celé planetě, takže voda vypařená nad oceánem dopadá zpravidla na jiné místo. Mraky se stávají těžšími s množstvím páry (vody) uvnitř nashromážděné do doby, než zasáhne gravitace, která stáhne již zkondenzované kapky k zemi ve formě deště. Po dopadu na zem je voda nadále poháněna jako povrchový odtok do nejnižšího bodu nebo je stažena pod povrch země. Může dojít k zachycení většího množství vody a tím dojít k vytvoření jezer, rybníků nebo bažin. V chladnějších oblastech se z vody stává zásoba ve formě ledu a sněhu. Nicméně větší část spadlých srážek je hnána stále níž přes potoky a řeky a ve finální fázi dospěje úrovně oceánu. Ve světovém oceánu dochází opět k výparu a cyklus se začíná opakovat (viz obr. 2) (Pavelková, 2013).

Organismy žijící na povrchu planety Země hrají v koloběhu také svoji roli. Rostliny i živočichové rozkládají uhlovodíky za vzniku energie, ze které jsou schopni růst. Vedlejším produktem při tomto procesu je voda. Živočichové přijímají vodu ústy a vylučují moč a pot, rostliny sají vodu přes své kořeny a k výměně plynů a rychlému výparu dochází na listech.

Změny v hydrologickém cyklu mají nesmírný dopad na chod ekosystémových služeb. Globální oteplování a rychlý úbytek mořského ledu v Arktidě je jedním z efektů změn režimu vodního koloběhu. Máme k dispozici několik dokumentů o změnách cyklu atmosférické vody a rovnováze vody ve velkých povodích po odhadnutí ztrát mořského ledu. Značné změny v cyklu jsou názorně doloženy na příkladu povodí sibiřských řek, kde jsou změny znatelné v období intenzivního tání sněhu, tj. v jarním období a na začátku léta. Nárůst jarních povodní se očekává především u řek, které sousedí s Arktickým oceánem, kde tání ledovců bude bezprostředně znatelné. Snížení množství světových ledovců nemá tak velký dopad na hydrologický cyklus jako globální oteplování, které jej znatelně mění (Melechko et al., 2016).

Obr. 2. Schéma vodního koloběhu dle Huggeta, 2004



Zdroj: Základy fyzické geografie 1 – Hydrologie (Pavelková, 2013)

### 5.3. Uhlíkový cyklus

Uhlík se řadí mezi nejčastější prvky v celém vesmíru a hraje zásadní roli ve vzniku života na Zemi. Všechny živé organismy potřebují uhlík pro správnou stavbu a funkci těla a je nedílnou součástí velké škály neživých věcí (arktický led, horniny a oceán).

Základní zásoby uhlíku můžeme rozdělit do 4 větších kategorií s největším významem pro globální uhlíkový cyklus:

- *Zemská kůra*, která je největším přírodním uložištěm uhlíku v podobě usazených hornin v kůře planety Země. Toto uložiště vzniklo přeměnou odumřelých těl organismů během posledních několika milionů let, dnes již v podobě fosilních paliv.
- Oceány a moře mají svůj obsah uhlíku částečně vytvořený díky výměně mezi atmosférou a mořem, kde dochází k rozpouštění plynu oxidu uhličitého ve vodě. Toto uložiště najdeme blízko břehů oceánů. Ovšem v hloubkách je uschováno daleko větší množství této látky na delší dobu v podobě anorganického uhlíku.
- *Atmosféra* zahrnuje malé množství zásob uhlíku ve formě oxidu uhličitého a metanu. I přes opravdu malé množství je tato zásoba klíčová z pohledu ochrany geobiochemických cyklů na planetě.
- *Suchozemské ekosystémy* známé také jako „terestriální ekosystémy, které obsahují uhlík v tělech rostlin, zvířat, půdní organické hmotě a mikroorganismech (bakterie a houby). Platí, že rostliny a půda jsou zdaleka největšími zásobníky uhlíku a v globálních bilancích bývají ostatní zásobníky zanedbávány.“ (Trnka et al., 2016)

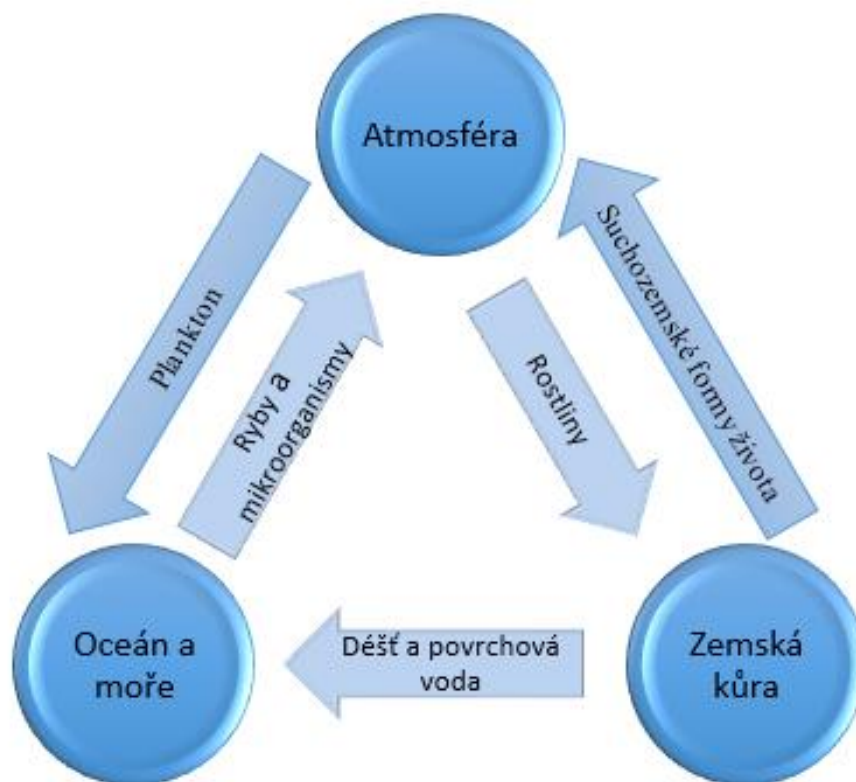
Od roku 1750, kdy začala průmyslová revoluce, se hodnota oxidu uhličitého v atmosféře neustále zvyšuje. Pomocí měření Charlese Keelinga, který započal svůj výzkum na Antarktidě v 50. letech, jenž později převzala observatoř Mauna Loa, nám je nyní detailně známý výskyt koncentrací uhlíku a jeho organických i anorganických sloučenin v posledních šedesáti letech. Ročně je podle měření koncentrace vyšší o 100 ppm. Keelingovo měření bylo potvrzeno několika dalšími observatořemi v průběhu dalších třiceti let (Trnka et al., 2016).

Uhlíkový cyklus je cirkulace a transformace uhlíku zpět na povrch mezi žijící organismy a do okolního prostředí (viz. obr. 3). Koloběh začíná uvolněním do atmosféry ze zdrojů v podobě rostlin, zvířat, skal a vody. Tento proces můžeme rozdělit do dvou kroků. První krok začíná fotosyntézou, kdy dochází k přeměně oxidu uhličitého zachyceného z atmosféry na kyslík, který je uvolněný do atmosféry. To znamená, že CO<sub>2</sub> tvoří celé tělo rostliny (listy, výhonky i kořeny). K druhému kroku dochází při spotřebě rostlin zvířaty pro vlastní obživu. Oxid uhlíku je nyní vytvořený zvířaty díky dýchání, při kterém vdechují kyslík a vydechují oxid uhličitý. Ten je poté opět dostupný pro rostliny, které ho využijí při fotosyntéze. Uhlík, který je uložený v rostlinách a nespotřebován herbivory, se nakonec rozpadne po smrti rostlin, uvolní do atmosféry nebo se uloží do půdy ve formě fosilních paliv. Pohyb po zemském povrchu nebo pod ním je zajištěn vodním transportem, ve kterém je uhlík rozpuštěn, nebo se může pohybovat ve formě solí. Obsah tohoto prvku v mořské a oceánské vodě je 28 mg/l, v zemské kůře je tento obsah 200-800 mg/kg zemské půdy (Marek, 2011).

Propojení klimatického cyklu s uhlíkovým cyklem existuje již po tisíce let. Při pozorování, která byla provedena, vždy následuje zpětná vazba a globální oteplování uvolňuje uhlík do atmosféry, a to převážně během 20. a 21. století, kdy je antropogenní produkce uhlíku vyšší než kdykoliv v historii. Příkladem může být doložitelné tempo růstu atmosférického CO<sub>2</sub> v případě El Niña, kde hlavním pohonem jsou zemské ekosystémy. Ovšem modely a jejich výsledky jsou použity v rámci nízkých úrovní, nikoliv globálních, proto nadhodnocují citlivost vazby (Friedlingstein, 2015).



Obr. 3. Koloběh uhlíku



Zdroj: vlastní zpracování dle Marek, 2011

## 6. Ekosystémové služby

Ekosystémy poskytují lidem základní potřeby pro život v podobě potravin, fosilních paliv nebo biomasy, ale také nás chrání před okolními vlivy v podobě škodlivé radiace, která díky správnému složení naší atmosféry není pro živočichy a rostliny nepříznivá. Právě to nám dává možnost dýchat čistý vzduch, využívat úrodnou půdu, zachovává širokou a hojnou biodiverzitu a v neposlední řadě rozkládá organický materiál. Planeta Země vytváří miliony let podmínky pro život všech organismů, které ji obývají. Jedná se o podporu kvalitního života a ochranu proti vnějším vlivům. Naší povinností by v tomto případě mělo být opětování starosti o naši planetu v podobě udržitelného zacházení s veškerými přírodními zdroji, aby došlo k zachování Země a biodiverzity pro další stovky generací.

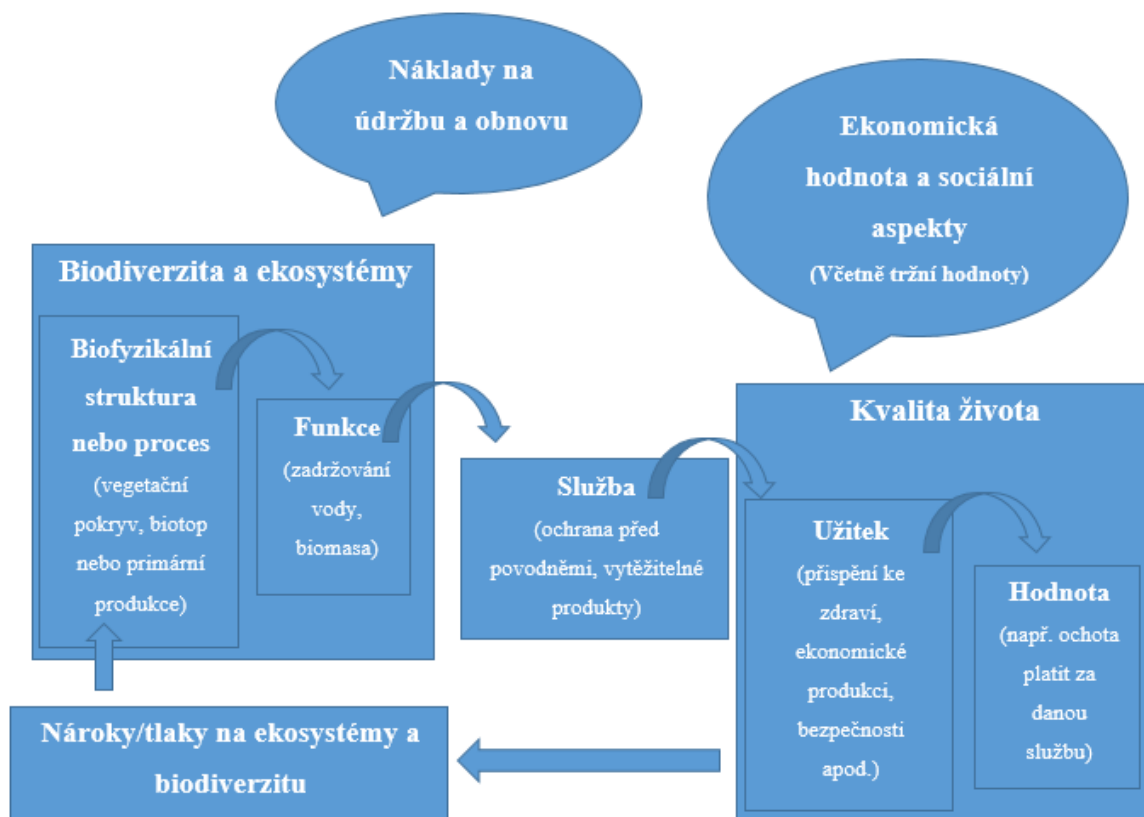
Musíme ovšem brát v potaz posledních sto let, kdy počet živočichů z čeledi hominidi neustále roste. Touhla lidstva uspokojovat pouze vlastní potřeby a dychtivost po bohatství bez ohledu na jakékoliv meze způsobilo, že více než polovina důležitých, velkých a nenahraditelných přírodních stanovišť bylo zničeno. Lidstvo dělá často obrovská rozhodnutí jak a v jaké míře chránit přírodní kapitál a ekosystémové služby, které tento kapitál vytvářejí. Pro podporu veškerých argumentů na ochranu služeb ekosystémů můžeme předložit důkaz, že společnost čerpá z těchto zdrojů větší hodnotu, než je únosné pro její návratnost. Každý ekosystém je závislý na druhové pestrosti organismů, při vyšší diverzitě poté lépe reaguje na změny podmínek prostředí. Lidská činnost ovšem vytváří celky, které nemají tak dobré autoregulační schopnosti, a to v podobě lesních a polních monokultur. Problémem, který tato aktivita způsobuje, je v tomto případě přemnožení škůdců a chorob. Dochází k vytváření pesticidů, které nahrazují bezprostřední obranu ekosystému. Veškeré látky používané proti nepříznivým nemocem poškozují rostliny a potraviny, což má za následek neblahé vlivy na lidi a živočichy (Herčík, 2006).

Problémem ekosystémových služeb je nadměrné využívání bez ohledu na existenci druhů. Biologická rozmanitost zasluhuje svoji pozornost. Nemáme zcela detailní podrobnosti, které druhy jsou kriticky ohrožené a mohou být v budoucnu zcela zániklé. Může se jednat o počet několika stovek, ovšem i několik tisíců druhů.

Závislost lidí na správně fungujícím životním prostředí popsal mezinárodní program *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA). „Teoreticky rozpracoval vazby mezi stavem ekosystémů, služeb podporujících lidskou společnost a kvalitou lidského života, životní

úrovně, resp. životních potřeb člověka“ (Vackář, 2010). Studie velmi dobře definovaly a popsaly, jak zdravé a dobře fungující užitky společnosti poskytované přírodou ovlivňují závislost člověka na ekosystémech z pohledu životní úrovně (obr. 4).

Obr. 4. Základní rámec hodnocení vztahů mezi službami ekosystémů a životní úrovní



Zdroj: Vlastní zpracování dle Vackář a kol., 2010

## 6.1. Kategorizace ekosystémových služeb

Ekosystémové služby lze rozdělit do 4 skupin (viz. tab. 1). Toto rozdělení je používáno u platforem:

- Miléniové hodnocení ekosystému (MEA)
- Ekonomika ekosystémů a biologické rozmanitosti (TEEB)
- Společná mezinárodní klasifikace ekosystémových služeb (CICES) (viz kapitola 6.3 Platformy oceňování)

Klasifikace kategorií ekosystémových služeb:

- Zásobovací služby, obsahují výrobní nebo materiální implikace životního prostředí

- Regulační služby, zahrnují efekt jako finální stav ekosystémových procesů, které mají za následek přímé užívání lidskou společností
- Kulturní služby, mají nemateriální přínosy pro existenci samotného ekosystému
- Podpůrné služby jsou nepostradatelné pro správné fungování ekosystémů nutných k zachování biodiverzity

Hodnocení podpůrných služeb je ve většině případů neobvyklé, protože bez nich není možné fungování ostatních služeb. Jejich důležitost nejde ocenit, proto nemají ekonomickou hodnotu, ale spíše nezbytnou duchovní (Vackář et. al., 2014).

Tab. 1. Kategorizace ekosystémových služeb

Kategorie ES	Příklad služby	Popis
<b>Zásobovací</b>	Produkce potravin	Rostlinná výroba potravin získané z živočichů a produkce krmiv
	Produkce technických plodin	Produkce olejniny, vlákna, energetické plodiny
	Dodávka vody	Využití pitné a užitkové vody nejen pro zavlažování
	Genetické zdroje	Genetické informace a geny pro šlechtění živočichů a rostlin v biotechnologiích
	Nedřevní lesní produkty	Lesní ovoce, zvěřina a houby jako zdroj potravy
<b>Kulturní</b>	Rekreace	Přírodní hodnoty jako hlavní důvody pro cestování
	Duchovní a náboženství	Posvátná území v přírodě
	Estetické hodnoty	Estetika daného místa
	Kulturní dědictví	Zachování historických částí krajiny včetně všech druhů organismů
	Vědecké a vzdělávací	Ekosystémy jako vědecký podklad
<b>Regulační</b>	Regulace klimatu	Řešení skleníkových plynů díky změnám v ekosystému na globální úrovni, změny srážek a teplot v rámci lokálního klimatu
	Regulace kvality ovzduší	Odstraňování znečištění ovzduší a toxických látek
	Regulace odtoku a kvality vody	Přírodní odvodňování, zadržování vody a rozkládání organického materiálu
	Opylování	Ovlivnění rozložením, účinností a množstvím opylovačů
	Regulace škůdců	Ovlivnění výskytu škůdců a chorob plodin i zvířat
	Ochrana před záplavami	Ekosystémy říční nivy či korálových útesů snižují škody před záplavami či přívalových vlnách
<b>Podpůrné</b>	Tvorba půdy	Úrodnost, obnova a rychlost tvorby
	Koloběh živin	Zajištění živin pro život (dusík, fosfor, voda)
	Primární produkce	Asimilace a akumulace energie a živin v organismech

Zdroj: Vlastní zpracování dle Vačkář a kol., 2014

## 6.2. Hodnocení

Hlavním důvodem hodnocení služeb, které nám ekosystém poskytuje, je přiřadit ekonomickou hodnotu přírodě. Předchází tomu, že ekosystém sám o sobě přináší či poskytuje nějaké služby a tím vytváří přínosy, které nám vytváří dobré podmínky pro život. Základní myšlenka každého člověka je, že čím má zboží větší hodnotu (finanční nebo citovou), tím se o produkt nebo službu staráme více a snažíme se jakkoliv zabránit újmě. Elementárním příkladem může být koupě nového automobilu: počáteční finanční investice byla vysoká a my se snažíme zachovat hodnotu této investice, proto auto pravidelně servisujeme a pečlivě čistíme. Na stejném principu funguje i vyčíslení produktů, které nám příroda dává, jen s tím rozdílem, že my nevidíme, jak obrovskou až nemyslitelnou „cenu“ má každý strom, který spálíme v našem krbu jen pro blaho a pohodlí. Je dost pravděpodobné, že ohodnocení stromu může převýšit cenu automobilu. Prakticky vzato je automobil věc, která je vytvořená lidskou činností a takovou věc si mohu pořídit kdykoliv novou i lepší, zato strom nevyroste antropogenní činností za pár dní. Je to proces přírodních pochodů, které zaberou spoustu let, než vytvoří dospělého jedince.

Spousta expertů na udělování hodnot ekosystémům tvrdí, že nebytí služeb, které podporují životaschopnost populace světa, naše současná ekonomika a úroveň života by se zastavily, to znamená, že nelze jejich hodnotu náležitě ocenit. Tím pádem jsou z hlediska ekonomického i lidského nekonečné (Constanza et al. 1997). Ovšem tato nekonečná částka může velmi snadno přejít na nulovou. Existují velké mezery v reálném ocenění životního prostředí a málo ekosystémů, které mají svou pravou „cenu“. Velká část lidské populace je seznámena s problémem nadměrné produkce znečištění a odpadu, ale uvědomujeme si, do jaké míry je příroda ochotna toto zamoření přijmout? To je jeden z důvodů, proč Evropská unie přistoupila roku 2006 na princip zlepšení a obrany proti nadměrnému využívání přírodních zdrojů včetně ekonomického oceňování ekosystémových služeb. Příroda, která má finanční ohodnocení v řádech milionu eur, má pro lidstvo daleko větší cenu než citová vazba ke kousku lesa.

## 6.3. Metodiky ocenění ekosystémových služeb

Existuje několik metod pro přiřazování hodnot ekosystémovým službám, z nichž každá má své vlastní výhody a omezení. Počáteční ocenění v oblasti služeb ekosystému využívalo především to, co se nazývá přínosný převod. Je to přístup, který typicky

využívá experimentální nebo pozorované odhady hodnoty zboží, které je vyrobeno z určitého typu biotopu. Tyto vzniklé přínosy se přenáší na podobné biotopy v jiné lokalitě kdekoliv na světě (Contanza et al., 1997).

Velký nedostatek hodnot pro služby ekosystémů vede k nevýhodám, kterým jsou vystaveni lidé z chudších vrstev. Většina větších projektů (např. stavby, kácení), které mají environmentální dopad, ukládají vnější vlivy na lokální komunity nižší střední třídy obyvatel. Komunity těchto lidí nejsou schopny se s těmito situacemi jakkoliv vypořádat a získat odškodné od profitujících korporací. Jde o příklad klasické sociální nespravedlnosti. Příkladem může být oblast Anchicaya (kolumbijské pobřeží), jehož obyvatelstvo je přímo závislé na službách z okolního prostředí. Pro místní došlo ke katastrofě, když vodní elektrárna na řece Anchicaya vypustila obrovské množství nahromaděných usazenin a tím vážně zpusťovala krajinu pod elektrárnou. Roku 2002 se obyvatelé snažili proti těmto nesociálním úkonům bránit žalobou, ale soud rozhodl ve prospěch místní elektrárny v roce 2012. Bylo nařízeno nové jednání z důvodu nedostatku studií a zdevastované území před katastrofou bylo vyhodnoceno na 100 milionů dolarů. Jednalo se o ztrátu kulturních služeb, které jsou pro místní neocenitelné, dále také podpůrných služeb, jež obyvatelům zajišťovaly obživu. Roku 2015 rozhodl ústavní soud v Kolumbii ve prospěch místní komunity a vyčíslil jejich odškodnění. Zde je vidět zdárný příklad ohodnocení ucelené části přírody, protože nejen chudí obyvatelé, ale i biodiverzita přichází k újmě (Toledo, 2018).

Důležitost ekosystému včetně jeho služeb se odvozuje především z hodnot a preferencí, které jsou lidé jako spotřebitelé ochotni zaplatit nebo ochotni přijmout. Pro udržitelné využití a zmenšení rizika ztráty biodiverzity jsou metody peněžního ocenění nezbytné. Dvě základní metody hodnocení, které jsou popsány níže, pochází ze studií doc. Ing. Josefa Sejáka, CSc., a jeho kolegů, kteří vypracovali několik publikací k tomuto tématu.

### **6.3.1. Ocenění biotopů**

Metoda oceňuje hodnotu biotopů a monetarizuje hodnoty biodiverzity, která je nezbytná pro fungování ekosystémových služeb. Vznikla upravením původní hesenské metody hodnocení biotopů pro přírodní podmínky České republiky. Úspěšnost byla potvrzena Bílou knihou Evropské unie a shoduje se s potřebami soustavy chráněných území evropského významu, Natura 2000. Počátky a původ pochází z Hesenska (spolková

země ve středním Německu). Měla za úkol hodnocení vycházejících z osmi ekologických a ekonomických faktorů, každý o rozsahu šesti bodů. Všechny charakteristiky oceňují ekologickou kvalitu daného území:

- *Zralost typu biotopu* (vývoj stáří a jeho druhů)
- *Přirozenost typu biotopu* (6 bodů přírodních, 1 bod antropogenní)
- *Diverzita typu biotopu* (6 bodů za všechny vegetační vrstvy)
- *Diverzita druhů typu biotopu* (body dle počtu všech druhů)
- *Vzácnost typu biotopu* (body dle geografické a klimatické ojedinělosti, četnosti a rozlohy)
- *Vzácnost druhů typu biotopu* (body dle počtu vzácných a ohrožených druhů)
- *Citlivost (zranitelnost) typu biotopu* (body dle míry zranitelnosti změnou stanovištních podmínek)
- *Ohrožení typu biotopu* (body dle závislosti na změně lidských aktivit)

Součet všech bodů za první čtyři charakteristiky byl násoben součtem bodů za druhé čtyři charakteristiky, vztažen k maximálnímu možnému počtu bodů 576. Výsledek je násoben 100.

$(((1+2+3+4) * (5+6+7+8)) / 576) * 100 = \text{počet bodů (3-100)}$  (Seják a kol., 2003).

Po upravení je metoda přijata jako odborná a využívá se na principu již zmíněných 8 ekologických charakteristik, které převádí do peněžních forem. Funkčnost je zajištěna díky finančnímu ohodnocení již zmíněného bodu, který biotop oceňuje. Částka se pohybuje od nuly do 42 € za metr čtvereční. Přírodní kapitál biotopu a jeho ocenění, které je vykalkulováno, ukazuje tu nejnižší možnou částku, kterou biotop uchovává. Následuje další krok, kdy se biotop může realizovat jako nástroj využívaný v makroekonomickém environmentálním účetnictví. Makroekonomie v tomto případě považuje biotop jako celek s finanční hodnotou a může jej zkoumat jako jakýkoliv jiný statek v ekonomii. Na mikroekonomické úrovni se oceňuje legální i ilegální antropogenní činnost, která výrazně škodí životnímu prostředí (Seják a kol., 2003).

### **6.3.2. Oceňování ekosystémových služeb založena na energii, vodě a vegetaci**

Hodnocení má základ v ekologickém účetnictví, kde výsledek odhadu netržních hodnot ekosystémových služeb je založen na energetice, vodě a vegetaci. Základem pro tento

přístup je model RIPL (1995), který popisuje hlavní přínosy formou energetické dopravy a její reakce. Odhady jsou zaměřeny na přínosy, které příroda poskytuje jako ekosystémové služby pro společnost, např. regulace klimatu, zadržování vody, produkce kyslíku, biodiverzita.

Tým docenta Sejáka nakombinoval metodu ocenění biotopů s metodou nákladovou (cena nákladů, které byly vynaloženy na pořízení daného předmětu) a získali absolutní minimální hodnoty, které dávají ocenění ekosystémovým službám za jeden rok právě pomocí vyčíslení hodnoty energie, vody a vegetace v ekosystému.

Příklad hodnocení opadavého lesního ekosystému (metoda ocenění biotopu v kombinaci s nákladovou metodou):

- *Biodiverzita*
  - Ocenění nízkopodlažního lesa dle ocenění biotopu je rovno 66 bodů na 1 m<sup>2</sup>
  - Celkový výpočet: 1 ha = 660 000 bodů x 12,36 Kč (bod) = 8 157 600 Kč v akciích
  - Roční suma = 16 320 €
  
- *Odhad produkce lesního kyslíku*
  - Mírná zóna má produkci na 1 ha listnatého opadavého lesa 10 tun biomasy
  - To je rovno míře 10,6 tun uvolněného kyslíku na toto množství
  - 1 l kyslíku má při teplotě 20 °C 1,429 g. 1 kg kyslíku je v přepočtu 700 l
  - Celkový výpočet: 10 600 kg/ha x 700 litrů = 7,42 mil. litrů x 0,02 € za litr kyslíku
  - Roční suma = 148 400 €
  
- *Klimatizační služba lesa*
  - 1 ha listnatého opadavého lesa v mírné zóně obsahuje 600 litrů vody z 1 m<sup>2</sup> v průběhu vegetačního období
  - V průběhu slunečného dne se z 1 m<sup>2</sup> odpaří 5 litrů vody
  - Latentní teplo 1 litru vody se rovná 0,7 kWh
    - Důraz na dvojitý klimatizační systém evapotranspirace
      - Strom ochladí sebe a jeho prostředí pomocí odparu vody



- Vodní pára kondenzuje na chladnějším povrchu
  - Dochází k uvolnění latentního tepla
  - Dvojitá klimatizační služba lesa lze odhadnout pro 1 ha na 600 l
  - Celkový výpočet:  
600 l x 1,4 kW (0,7 ochlazení, 0,7 ohřev) x 10 000 x 0,08 (cena za elektřinu)
  - Roční suma: 672 000 €
- *Podpora krátkých vodních cyklů a služba zadržování vody*
  - Evapotranspirace je rovna 600 litrů/m<sup>2</sup>
  - Celkový výpočet: 600 l/m<sup>2</sup> x 0,114 (cena destilované vody) x 10 000 m<sup>2</sup>
  - Roční suma: 684 000 €

Celkové roční služby 1 ha lesa: 1 520 720 €

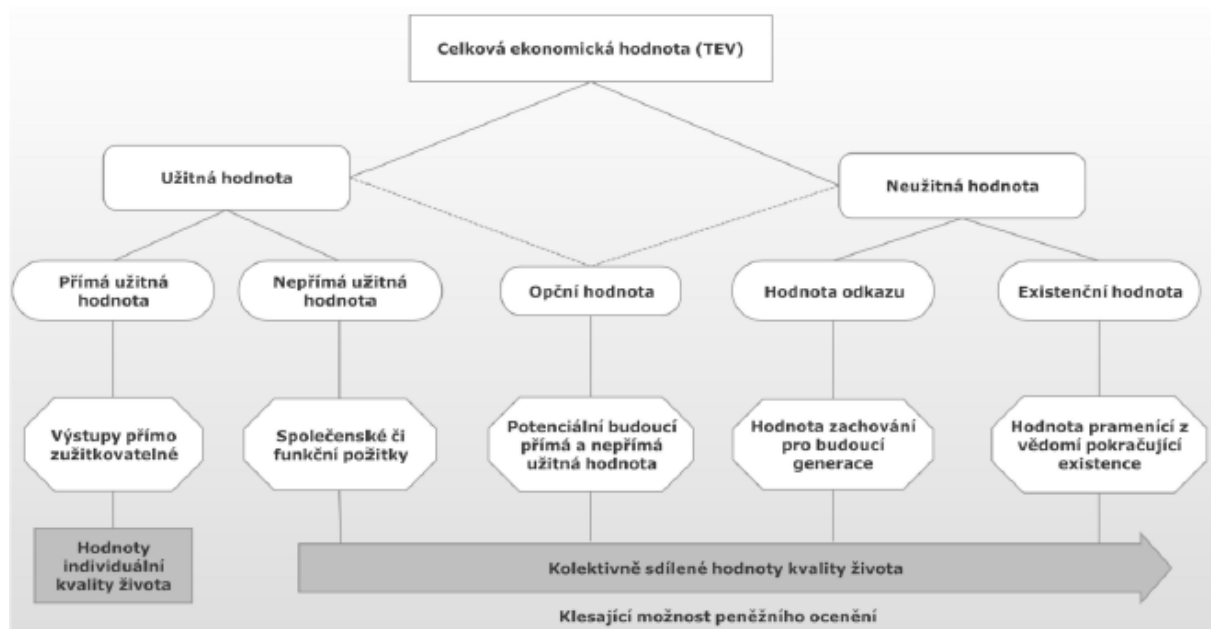
Závěrem pro tento příklad je důležité zmínit, že je-li v tomto případě les vysušen, klesá jeho hodnota na méně než polovinu (738 000 €). Biotop vyžaduje své specifické vstupy i výstupy, bez kterých dojde k vyčerpání krajiny a velké ztrátě veškeré vody a tím i k rozsáhlému snížení kvality lesa (Seják a kol., 2003).

### **6.3.3. Ekonomické hodnocení služeb ekosystémů**

Metoda z anglického Total Economic Value (TEV) je nedílnou a dominantní součástí hodnocení ekosystémových služeb. V minulosti se tato hodnota přírodních zdrojů podceňovala. Ekonomická produkce se dá hodnotit pouze u služeb či statků, které mají svoje finanční ocenění. Není možné popsat ekonomii v různých státech, aniž bychom neznali pravou peněžní hodnotu všech statků a služeb daného státu. Pro analýzy přínosů a nákladů je taktéž nutné znát cenu, která umožní roztrždit jednotlivé složky do fungujících účetních rámců. Nemáme pouze jednu metodu, která by přiřadila ekonomickou hodnotu ekosystémům. Existuje spousta metodických přístupů a je potřeba jejich rozumná a přirozená rovnováha. Pokud bychom v rámci národního hodnocení praktikovali pouze jednu metodu, nebo dokonce zvažovali jen jeden typ hodnoty, přínosy by byly značně zkrácené.

TEV se skládá z hodnot užitných a neuzitných. Užitné formy jsou zaměřeny na princip získaného blahobytu, jehož hodnota je hmotná (potraviny, paliva, voda) a nehmotná (rekreace, požitek, duchovenstvo). V oblasti nehmotných užitných hodnot je ekonomická hodnota ekosystému pouze jeden z aspektů, který ji hodnotí, protože se k hodnocení řadí další užítky (viz. obr. 4). Základem pro určení hodnoty neuzitných nebo opčních hodnot je aplikace alternativního ekonomického přístupu kvůli ocenění netržních statků a služeb. Každá služba, kterou nám ekosystém poskytuje, nám přispívá k vysoké životní úrovni jinak, proto je také jejich hodnocení dle typu odlišné.

Obr. 5. Typologie ekonomických hodnot využitelných pro hodnocení ekosystémových služeb



Zdroj: Vackář a kol., 2014

Naše společnost se snaží přiřadit ekonomické hodnoty službám, které jsou pro nás absolutní samozřejmostí, ale nebereme vůbec na zřetel, že bychom se o ně měli starat spíše eticky a morálně. Společenská hodnota (kulturní, etická, estetická) je stejně důležitá jako ekonomická. Ovšem je znát, že lidstvo upadá v citové vazbě k přírodě a bere ji pouze jako zdroj, ze kterého může čerpat bez ohledu na jakoukoliv udržitelnost. Ke každé metodě ocenění by se měla přiřadit i hodnota etická, která je v mnoha případech daleko větší než ta ekonomická.

## **6.4. Platformy oceňování**

### **6.4.1. Millenium Ecosystem Assessment (MEA)**

Miléniové hodnocení ekosystému, známé také pod zkratkou MEA, bylo v roce 2000 požadováno tajemníkem organizace spojených národů Kofi Annanem. Cílem hodnocení zahájeného v roce 2001 a ukončeného roku 2005 bylo posouzení všech důsledků změn ekosystémů především pro lidské blaho. Dále bylo nezbytným podkladem pro vědecký základ, který zahájil činnost ochrany a udržitelného využívání přírodních systémů a služeb. Zjištění několika stovek odborníků je shrnuto v pěti technických svazcích a šesti zprávách. Jejich obsahem je nejmodernější vědecké hodnocení stavu a směru světového ekosystému, včetně jeho služeb (lesní produkty, přírodní zdroje, pitná voda atd.) a analýza všech alternativ obnovy a udržitelnějšího užívání ekosystémů (MEA, 2005).

### **6.4.2. The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB)**

Ekonomika ekosystémů a biodiverzity, známá také pod zkratkou TEEB, je globální podnět zaostřený na viditelné hodnoty přírody. Zabývá se hodnotami, které jsou ekonomickým přínosem, snížením počtu druhů a mírou poškození globálních ekosystémů. Hlavní cíl studií je kladen na důraz ztráty biodiverzity a degradace ekosystémových služeb. Snaží se tímto dosáhnout oceňování pomocí strukturovaného přístupu, a to určením hodnot, které jsou velmi nápomocné pro vytvoření široké škály výhod poskytovaných ekosystémy a biodiverzitou. Ve finále se vytváří návrhy, jak nejlépe uchránit ekosystémy a biologickou rozmanitost (teebweb.org, 2018).

### **6.4.3. System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)**

Systém environmentálního a ekonomického účetnictví, známý také pod zkratkou SEEA, je víceúčelový princip, který začleňuje pospolu environmentální a ekonomická data pro lepší pochopení složitých vztahů mezi životním prostředím, ekonomikou (hospodářstvím) a změnami v environmentálních i ekologických aktivech, které mají obrovský přínos pro lidstvo. Obsahem systému jsou mezinárodně dohodnutá pravidla, definice, klasifikace a účetní tabulky, které slouží k vytváření mezinárodních statistik a účetních výkazů. Existuje obdobný systém, který se nazývá Systém národních účtů (SNA), podle něhož SEEA vznikl, a je řízen právě podle těchto standardů (seea.un.org, 2018).

#### 6.4.4. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)

Společná mezinárodní klasifikace ekosystémových služeb, známá také pod zkratkou CICES, částečně vychází z Evropské agentury pro životní prostředí (EEA), která vytvořila základy pro environmentální účetnictví. Z těchto poznatků vycházela i studia CICES, která nyní zajišťují korekce a přezkoumávání systému SEEA. Byla potřeba sjednotit standardy a vlastní popis ekosystémových služeb pro správné fungování. Tento krok byl považován za klíčový k vazbě na ekonomické účetnictví. Ovšem bylo též zapotřebí vytvořit systematictější pojmenování a popis ekosystémových služeb pro zlepšení práce s mapováním a hodnocením našich darů přírody. CICES poskytuje klasifikaci předpokládaných finálních služeb a jeho první verze byla publikována roku 2013 (viz tab. 2).

Tab. 2. Společná mezinárodní klasifikace služeb pro zmíněné platformy

Sekce ekosystémových služeb	Divize	Skupina
<u>Zásobovací služby</u>	Výživa	Biomasa
		Voda
	Materiály	Biomasa, vlákna
		Voda
	Energie	Energetické zdroje založené na biomase
		Mechanická energie
<u>Regulační a udržovací služby</u>	Sanace odpadů a toxických látek	Sanace pomocí bioty
		Sanace prostřednictvím ekosystémů
	Zprostředkování toků	Toky pevných látek
		Toky kapalin
		Toky plynů/vzduchu
	Udržování biofyzikální a chemických podmínek	Udržování životního cyklu, ochrana prostředí a genofondu
		Ochrana před nemocí a škůdci
		Půdotvorba
		Vodní podmínky
		Regulace klimatu a složení atmosféry
<u>Kulturní služby</u>	Fyzická a intelektuální interakce s ekosystémy a krajinou	Fyzická a zkušenostní interakce
		Intelektuální a výtvarné interakce
	Duchovní, symbolické a další interakce s ekosystémy a krajinou	Duchovní a symbolické
		Jiné kulturní výstupy

Zdroj: vlastní zpracování dle Vackář a kol., 2014

## 7. Klimatické změny a ekosystémové služby

Zásadní věcí pro pochopení vlivu klimatických změn je definice klimatické změny. Jednoduše řečeno, k pochopení těchto změn je nezbytné stanovit citlivost našeho klimatu k antropogenním i naturálním faktorům (Karl and Trenberth, 2003). K dostatečnému popsání klimatické změny, musí být znám určitý čas a také vymezené území, ve kterém se tato změna uskutečňuje. Počátkem všeho je celkový soubor proměnných, které klima představují, jako je teplota, srážky, větry, vlhkost a solární radiace.

Hlavním faktorem je lidská činnost, která zvyšuje obsah skleníkových plynů, jako jsou oxid uhličitý, methan nebo oxid dusný. Při nárůstu těchto aktivních plynů dochází k zesílení efektu skleníkového plynu, který je sice přirozený a rozhodující pro zachování života na zemi, ale lidská činnost zesiluje jeho efekt a tím dochází ke globálnímu ohřevu zemského povrchu. Největší ovlivnění pochází od produkce již zmíněného oxidu uhličitého, který je odpovědný za 63 % celkového globálního oteplování. Před úplným začátkem antropogenního ovlivnění, tedy před průmyslovou revolucí, byla koncentrace CO<sub>2</sub> o 40 % menší, než je tomu v přítomnosti. U zbylých plynů není ovlivnění znatelné v tak velké míře jako u oxidu uhličitého, protože se v atmosféře vyskytují ve velmi malém množství. Nárůst emisí je zapříčiněn mnoha důvody, např. spalováním uhlí a ropy (produkce CO<sub>2</sub> do ovzduší), kácením lesů (snížení stromů, které pohlcují CO<sub>2</sub>), podporou chovu dobytka s větším množstvím dobytka (produkce methanu při trávení), chemicky vytvořenými pesticidy a hnojivy (obsahují dusík, který vypouští oxid uhličitý). Veškeré činnosti, kterými si lidstvo usnadňuje práci a snaží se o maximální možnou produkci množství potravin, způsobily, že průměrná globální teplota je o 0,85 °C vyšší než před 120 lety a stále stoupá. Vědci se shodli, že planeta Země je schopná „vstřebat“ zvýšení globální teploty o 2 °C ve srovnání s dobou před koncem 19. století. Mezinárodní společenství proto dělá určité kroky k zadržení zvýšení globálních teplot a shodlo se na dodržení maximální hranice do 2 °C (europa.cz, 2018).

### 7.1. Největší dopady klimatických změn

- *Nárůst teploty*

Globální oteplování zahrnuje spoustu dopadů na přirozenou funkci ekosystémů i organismů v něm žijících. V případě nárůstu teploty může dojít k posunu začátku

vegetačního období z 31. března na 1. března a jeho konečné období se přesune z 30. října na 10. listopadu. Nejen teplota ovzduší, ale i teplota půdy ovlivňuje růst i výnos rostlin. Vyšší teplota znamená daleko rychlejší růst plodin, ale také problém s větším výskytem chorob a škůdců z důvodu nedostatečného promrznutí půdy. V případě vyšší teploty půdy dojde k příjmu vody a živin i během podzimu, ale vysoké teploty způsobují větší evapotranspiraci a dojde ke zvýšení obsahu nitrátů a tím pádem vznikne riziko vyplavení do vod s následkem větší toxikace vod. V opačném případě může dojít k vysychání (Pretel, 2011).

- *Změna množství a výskytu srážek*

Změna se týká především velkého odbytu srážek v subtropických oblastech, které již teď trpí velkým nedostatkem vláhy. Podle propočtů, které ukazují zvyšování produkce CO<sub>2</sub>, může dojít ke dvacetiprocentnímu snížení výskytu srážek na africkém kontinentě. Naopak tomu je u zemí na severní části polokoule, kde lze očekávat větší intenzitu srážek. Pomocí regionálního a klimatického modelu COSMO-CLM (CCLM) byly vyhodnoceny změny v množství srážek pro Čínu při zvýšení globální teploty o 0,5 °C. Výsledkem měření a výzkumu bylo zjištěno, že při zvyšující se teplotě se zvyšuje intenzita srážek, ovšem na jejich četnost má oteplení negativní dopad. Při zvýšení z 1,5 °C na 2 °C se prostorově předpokládá snížení počtu všech srážek. Výzkum vedl k upozornění na riziko povodní v severní Číně díky intenzivnějším srážkám a na riziko sucha v jižní Číně díky lehkým a mírným srážkám (Sun, 2018).

- *Extrémní události v počasí*

Propočty dle Knutsona (2004) potvrzují, že nárůst CO<sub>2</sub> v atmosféře má za následek větší sílu a intenzitu tropických cyklonů, hurikánů a tajfunů. Ovšem nárůst na síle způsobí pokles v počtu výskytu těchto anomálií. Vyšší teplota bude mít za následek méně časté výskyty srážek, tím pádem i posílení odparu vody a v návaznosti větší výskyt sucha v subtropických oblastech. Nejhorší dopad ovšem utrpí lidé z rozvojových zemí, kde je každá změna v možnostech čerpat přírodní zdroje katastrofální. Zpráva programu OSN pro životní prostředí říká: „Jsou to obvykle chudí lidé, kdo nejvíce utrpí škodami na úrodě, které způsobují povodně nebo sucha, protože často obdělávají půdu a nemohou hromadit zásoby na horší časy.“ (změnaklimatu.cz, 2018).

- *Tání ledovců a zvyšování hladiny moří*

V souvislosti s oteplováním Země je dalším globálním problémem tání ledovců, které způsobuje zvýšení hladiny světových moří. Od počátku 20. století úroveň hladiny moří stoupla o 20 cm právě díky zmenšení světových ledovců. Dle studií rakouských vědců z university v Innsbrucku, při kterých bylo použito 15 modelů klimatických změn a několika scénářů produkce emisí, je předpověď stanovena na 50 % úbytku ledu v Alpách, a to do roku 2040, což samozřejmě přispěje k nárůstu vodní hladiny o 0,2 mm. V extrémních případech studie zašla do roku 2300, kdy predikce růstu dosáhla až 42 cm. V případě nejvyšší možné hranice 42 cm se jedná o roztání všech světových ledovců (Marzeion, 2012).

- *Zánik a migrace druhů*

Nejen druhy, ale i ekosystémy jsou ve velkém ohrožení, a to právě díky ztrátě celé biodiverzity. Nejvíce ohrožené jsou korálové útesy, severské lesy a oblasti závislé na klimatu středního podnebného pásu. V případě již zmíněného globálního oteplování budou organismy donuceny k migraci do vyšších nadmořských výšek nebo severních částí země, kde bude teplota přívětivější pro život a tím dojde k obrovské ztrátě ekosystému poblíž rovníku.

Vzniká čím dál tím více studií o vymírání druhů díky globálním změnám. V Japonsku byla navržena metoda pro odhad rizika zániku druhů na jednotku oxidu uhličitého. Postup je rozdělen do dvou kroků. První krok je založen na základě scénáře CO<sub>2</sub> emisí a modelu rozdělení druhů, který je použit pro odhad distribučních ploch druhů v letech 2000 a 2100. Výsledkem výpočtu je distribuční pokles v oblasti pro období 100 let. Pokud je pokles konstantní, stanoví se riziko zániku. Druhý krok je stanovení již zmíněného rizika zániku v závislosti na emisích CO<sub>2</sub> v porovnání se základním scénářem. Konečným výsledkem je rozdíl mezi základním CO<sub>2</sub> a navýšeným oxidem uhličitým, který dodatečně přispívá k zániku nebo migraci druhů. Závěrem výzkumu byla predikce, že během příštích 50-100 let dojde k poklesu o 40-85 % cévnatých rostlin a zjištění, že globální oteplování nemá takový dopad na vymírání druhů jako změny ve využívání půdy. Tyto hodnoty byly normalizovány pro 216 druhů kvůli porovnání vlivů ve využívání půdy a zpracování odpadů souvisejících se změnami v globálním oteplování (Tang et. al., 2018).

## 7.2. Dopady změn klimatu na funkci ekosystémových služeb

Identifikace dopadů změn klimatu právě na ekosystémové služby jsou různé. Ovšem účinky se projeví pokaždé. Tyto dopady zdůraznilo národní hodnocení klimatu Spojených států. Závěry jejich studií dokázaly, že ekosystémové služby jsou ohroženy změnami v klimatu na dodávky vody, distribuci druhů a fenologií, která se zabývá základními životními projevy všech organismů v závislosti na změnách podnebí. Ekosystémy jsou nejvíce poškozovány při sebemenším porušení jejich úplnosti a právě při změně klimatu se snižují jejich schopnosti vyrovnat se s náročnějšími změnami. Finální fáze všech těchto změn bude mít za následek pokles přínosů, jako je udržitelnost pitné vody, efektivní ochrana před změnami počasí a další. Sebemenší poškození kvality půdy, jakosti vody nebo ovlivnění atmosférické depozice a zdravotního stavu ekosystému má za následek snížení efektivnosti kvalitních přínosů z ekosystémů. (Grimm NB et. al., 2016).

Díky moderním technologiím lze vlivy na ekosystémové služby způsobené změnou klimatu pozorovat i pomocí dálkového průzkumu a programu GIS, které byly použity u studií současného stavu desertifikace ve východní části Mongolska. Zdrojem pro výzkum byly odlišnosti ve vegetačním indexu (NDVI – Normalized difference vegetation index) z let 1982–2006 včetně záznamů ze 17 meteorologických stanic. Výzkum byl proveden na pastvinách Xilin Gol League, nacházející se v oblasti vnitřního Mongolska. Analýza obsahuje změny teploty vzduchu a srážek ovlivňující služby z přírody. Výsledkem je nedostatek vláhy pro vegetaci v jarním období a tím i pokles celkového množství zeleně během celého roku. Celoroční oteplování má za následek celkový úbytek vody, který má největší dopad na rostliny v pouštní stepi. I když by se teplota i srážky měly v následujících deseti letech v tomto regionu zvýšit, je málo pravděpodobné, že dojde k nulovému snížení v degradaci rostlin právě díky klimatickým změnám (Lin et al., 2014).

- *Služby generované zemědělstvím*

Analýza provedená ve Spojeném království o vlivu klimatu na využívání zemědělské půdy nám odhalila vliv změn na zemědělskou produktivitu. Použito bylo metodiky Fezzi a Bateman (Am J Agric Econ 93: 1168-1188, 2011), při které je zahrnuta plocha využití půdy a míra chovu dobytka. Z těchto dvou hodnot je vypočítán odhad hrubé marže na hodnotu změn v poskytování ekosystémových služeb. Docházíme k zjištění, že hlavní



příčinou snížení produktivity v zemědělství je snížení vstupů ekosystémů, což je vyvoláno změnou klimatického režimu. Pro Velkou Británii jsou změny spíše přínosem v oblasti zemědělství způsobené častějšími srážkami a zvýšením teploty. Nicméně jižní oblasti budou velmi ztrátové, hlavně ty, které jsou nejvíce ohroženy teplem a suchem díky velkému nedostatku srážek, který může být daleko větší (Fezzi et al., 2014).

- *Ekosystémové služby jako řešení klimatických změn ve městech*

Ve městě Santiago je vyvinut analytický rámec, který je aplikován na povodí řeky Mapocho. Ekosystémové služby zde byly využity jako řešení problému s klimatickými změnami v podobě tří klíčových ES: účinky chlazení, nemotorizovaná doprava a zmírnění povodní. Městské zelené plochy mohou důrazně změnit vliv negativních dopadů veškerých globálních obrátů v klimatu. Právě města jsou největším producentem látek, které přispívají k většímu skleníkovému efektu a globálnímu oteplování. Zelená infrastruktura je jedno z možných řešení problémů nadměrnou produkcí škodlivých látek právě v centru dění (Vasquez, 2016).

- *Ovlivnění kvality půdy*

Lidský blahobyt je více než závislý na schopnosti ekosystému dodávat zásobovací služby, které jsou hojně ovlivněny změnou klimatu. Jedná se především o služby, které jsou odvislé na kvalitě půdy a její schopnosti poskytovat živiny a vláhu rostlinám. Přesto máme nedostačující informace, jak bude ekosystém reagovat na změny probíhající v příštích dekádách. Rozdílné reakce na změny klimatu byly regionálně ilustrovány na Novém Zélandu. Odezvy mohou být různé z důvodu odlišných závislostí systému na externích živinách nebo vnitřních cyklických živinách, kde právě vnější živná látka je nejvíce ovlivněna emisemi oxidu uhličitého. Změny srážek ovlivňují ze všeho nejvíce množství a regulaci vody v půdě, kde při nedostatku může dojít ke zranitelnosti různých primárních vstupů (množství vodní páry, míra evapotranspirace). Regulační služby mohou projít různými změnami, které mohou vést k zvýšení produkce biomasy napříč systémem, proto je zapotřebí zprovoznit intenzivně řízené systémy, které mají největší šanci těžit z globálních změn klimatu, jež jsou nevyhnutelné a budou narůstat ve velké míře (Orwin et al., 2015).

V České republice byla taktéž provedena celostátní studie zaměřená na dopady klimatických změn a využívání půdy. Cílem výzkumu bylo posoudit, jak tyto změny ovlivnily a v budoucnu ovlivní produkci potravin a erozi půdy obzvlášť v zemědělském

sektoru, který je klíčovým pro životní úroveň každého člověka. Trendy využívání půdy, jako je každoroční změna vysazené plodiny, mechanizace a používání pesticidů k zahubení škůdců, si také vybírají svoji daň v podobě snížení poskytujících ekosystémových služeb (Lorencová a kolektiv, 2013).

Změny klimatu nedopadají jen na funkce a možnosti ekosystémových služeb. Ovlivnění ze všech změn dopadá také na člověka ve spojitosti s jeho majetkem nebo podnikáním (např. v oblasti zemědělství), kdy dochází k finanční ztrátě v případě úbytku služeb přírodních ekosystémů (např. v podobě malé úrody). Vliv také spadá na lidstvo v podobě přírodních systémů, kdy dochází ke změnám, které jsou lidem nepřírozené (výkyvy počasí, množství srážek nebo úroda znečištěné půdy). Predikované klima nám stále ještě umožňuje čerpat ekosystémové služby, někdy i ve větší míře, než tomu bylo v minulosti. Bohužel ve většině případů dochází k překročení ztrát nad veškerý zisk vyplývajících z klimatických změn, které by se měly mírnit. Negativní dopady jsou nejvíce spjaty se změnou teploty, jež činí 2 °C. Tato vyskytující se asymetrie má tři příčiny dopadu: první z nich je velká rychlost změny klimatických podmínek ve vztahu k přizpůsobení se ve společenských a ekologických systémech, druhou je vystavení lidského společenstva zcela závislého na zemědělství změnám v klimatických podmínkách, na které nebyli lidé nikdy zvyklí a nedokázali se jim přizpůsobit, a třetím dopadem je přístup k limitům, kterými systém na Zemi disponuje. Hlavní problémy, které klimatické změny přináší, jsou zvyšování oxidu uhličitého v atmosféře a ztráta fertility půd, díky kterým dojde k nezastavitelnému poklesu služeb v následujících sto letech. Poptávka po službách silně převažuje nad nabídkou, což způsobuje velký pokles v nabízených službách (Scholes, 2016).

- *Lesní ekosystémy*

V případě lesních ekosystémů, které poskytují důležité služby společnosti ve formě čisté a pitné vody a možnosti těžby dřeva, provedli američtí vědci studie. Ty se týkaly potenciálních dopadů právě na tyto funkce lesních ekosystémů v případě jejich změn za použití dvaceti globálních klimatických modelů. Zjištění vedlo k výraznému snížení množství vody o 7 %, ovšem výnosnost se zvýší o 24 %, a to do roku 2100. Intenzita se postupem času zvýší díky nárůstu skleníkových plynů, které se den co den produkují ve větší míře (Duan et al., 2016).

- *Horské oblasti*

Oblasti s vyšší nadmořskou výškou jsou nejvíce a nejrychleji zasaženy změnou klimatu. Velký nedostatek studií, které jsou zaměřeny na jižní část polokoule, a to hlavně v místech výskytu tropického ledovce, budou mít za následek zmizení těchto útvarů. Ekosystémové služby pro místní komunity a turisty ve vysokohorských oblastech jsou životně důležité. Dopady v podobě ztráty potravy a krmiva pro dobytek, nedostatku vody a většího výskytu přírodních rizik, představují ohrožení na životech horských národů a jejich kultuře. Nastává nutnost posílit všechna opatření k zmírnění těchto změn způsobených globálním oteplováním a tím se pokusit zabránit zániku těchto ekosystémů (Palomo, 2017).

- *Zranitelnost ekosystémových služeb*

Za posledních 50 let lidé tak neochotně zacházejí s ekosystémy, že odhadem necelé dvě třetiny ekosystémových služeb není možné dále využívat, nebo zcela zanikly. Náchylností ekosystémových služeb k jakékoliv menší změně v klimatu se zabývala spousta projektů. Stejně tomu bylo i u finské studie zkoumající právě tuto problematiku. Projekt byl vytvořen na základě devíti prozkoumaných oblastí patřících do sítě LTER (Long-Term Ecological Research) za použití dálkového snímání, modelování dynamickou metodou, experimenty v laboratořích a různé úsudky odborníků. Finské podmínky reagují pozitivně i negativně na změnu klimatu, např. výroba potravin a dřeva bude prosperovat právě díky globálnímu zvýšení teploty, naopak tomu bude pro významné druhy, které jsou značně ohrožené. Tyto organismy jsou háklivé na kvalitu vody a ovzduší. Projekt také velmi dobře poukazuje na problematiku maximalizace výroby služeb, které za žádnou cenu nespádají do cílů kvality životního prostředí. Proto jsou navrženy možnosti přizpůsobení a snaha určit dopad ve spolupráci s lokálními podniky a experty (Forsius, 2013).

Existuje přímý vztah mezi změnou klimatu, biodiverzitou a ekosystémovými službami? Samozřejmě ano. Důležité je nejprve stanovit ukazatel biologické rozmanitosti, který identifikuje změny v kvalitě nebo množství druhů. Tento indikátor je zapojen do modelu, který hodnotí změny v ekosystémových službách a jejich kvalitě a tím i důsledky klimatických změn. Výsledkem je politické řešení v podobě snahy zachovat aktuální biologickou rozmanitost každého ekosystému. Přírodní katastrofy mohou být potlačeny silou organismů v ekosystému, ovšem závisí také na zeměpisné oblasti a míře znehodnocení způsobené globálními změnami. Z ekonomického hlediska

je toto řešení nákladově nejefektivnější, protože politika, která se zaměřuje na zmírnění přírodních katastrof bez pomoci techniky, je eticky správná (Ding and Nune, 2014).

### **7.3. Projekt CLIMSAVE**

CLIMSAVE (Climate change Integrated Assessment Methodology for Cross – Sectoral) je projekt rozšířený po evropském kontinentu, který vytváří uživatelům webový nástroj pro posouzení, jak klimatická změna dopadá a v jaké míře zraňuje taková odvětví, jako jsou zemědělství, lesy, biodiverzita, vodní zdroje či městský rozvoj. Modely používané tímto projektem dají uživatelům jasnou představu dopadu změn na krajinnou sféru. Rovněž je možné zjistit možnosti adaptačních a mitigačních opatření s ohledem na nákladovou efektivitu, a dále snížení dopadů klimatických změn (climsave.eu, 2018).

Projekt je používán pro celkové mapování prostorových modelů v ekosystémových službách (např. regulace atmosféry, množství biodiverzity, rozmanitost krajiny), které jsou ovlivněny různými společenskými, ekonomickými a klimatickými změnami. Přizpůsobení se změnám vyžaduje lidskou ochotu, ale bohužel i kompromisy mezi jednotlivými službami a regiony (jih versus sever), ve kterých se služby nabízejí. Je nezbytné přizpůsobit službu i mimo její přirozený výskyt, a proto musí dojít ke koordinovanému přizpůsobení mezi regiony a nutné zajištění všech potřeb pro dané odvětví (Dunford et al., 2015).

### **7.4. Adaptační a mitigační opatření**

Dle serveru klimatickazmena.cz „Existují tři cesty, jak se postavit dopadům změny klimatu, a to provádět mitigační opatření, aplikovat adaptační opatření a třetí možností je nedělat nic.“ Je velkou ironií, že třetí možnost, nad kterou se každý pozastaví, je tou nejčastější a samozřejmě nejlevnější, ale dlouholeté používání této arogantní metody vedlo k dnešnímu dni, kdy je krajina zpustošená a kvalita ekosystémových služeb je nižší a nižší. Adaptace je v tomto případě postup, který se snaží najít východisko, jak vyřešit odezvy ze změn klimatu, zatímco mitigace je spíše předejití těchto dopadů. Roku 1992 v Rio de Janeiru se 196 zemí rozhodlo přijmout Rámcovou úmluvu OSN o změně klimatu, která zavazuje státy ke stabilizaci koncentrací skleníkových plynů. Úmluva tímto zavedla rámec, který se snaží v mezinárodní

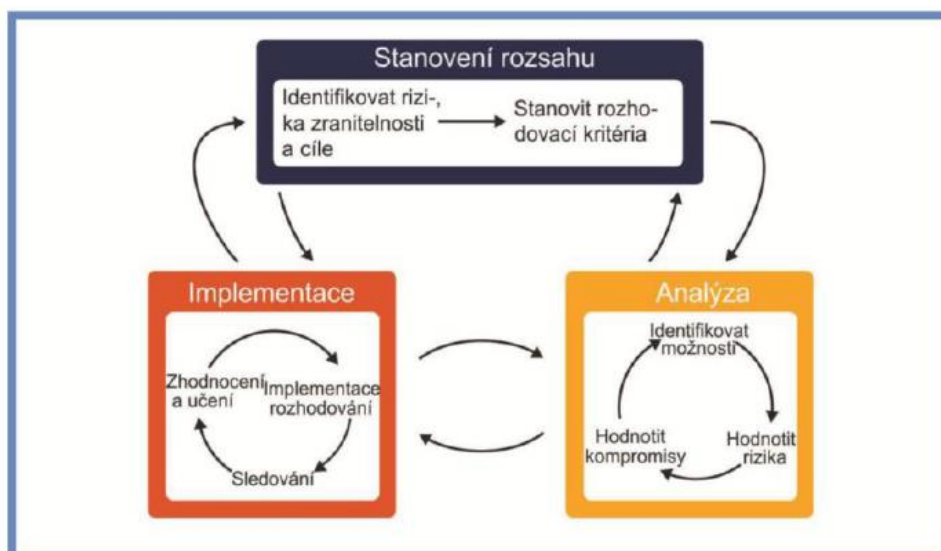
spolupráci zamezit negativním zásahům člověka do klimatického systému v globálním měřítku. Roku 1997 byla úmluva rozšířena o Kjótský protokol, který nutí průmyslové země k závaznému snížení emisí skleníkových plynů. V platnost ovšem vstoupila tato smlouva až roku 2005 a je prvním náznakem celosvětového zájmu o snížení rostoucích emisí (Trnka a kol., 2016).

### 7.4.1. Adaptační opatření

Lidstvo se v celé své historii snaží úspěšně reagovat a přizpůsobit se změnám, které klima přináší. Adaptace je tedy proces, při kterém se snažíme sžít se s probíhajícím nebo očekávaným stavem klimatu. Pokud se zaměříme na fakt, že v případě absolutního zastavení veškeré produkce oxidu uhličitého bude i nadále probíhat změna v klimatickém režimu, tak adaptace nebyla nikdy brána v potaz v dost velké míře, a proto je akutní začít vyvíjet odolné adaptační opatření k zachování původní krajiny (Vrst'ala, 2015).

Složité interakce nesou nejistotu v závažnosti a načasování dopadů změn klimatu a v omezené efektivitě adaptace. Velmi prospěšným nástrojem pro posouzení komplikovaných situací, které mají charakteristiku rozsáhlých možných následků, je řízení rizik (viz obr. 6).

Obr. 6. Adaptace na změnu klimatu popsáno jako proces se zpětnými vazbami.



Zdroj: Adaptace a mitigace, Trnka a kol., 2016

## **Příklady adaptačního opatření:**

- *Sladkovodní zdroje*

Globální oteplování zvyšuje zásahy do zásob kvalitní vody v podobě záplav nebo vysychání.

- Příklad řešení

Město Kruibeke (Belgie), které se nachází v záplavové části řeky Scheldt, provedlo zásahy, že se přivalová voda pod kontrolou odvádí pryč do regionu, kde neznečistí kvalitní sladkou vodu.

- *Suchozemské a sladkovodní druhy*

Veškeré druhy čelí velkému riziku zániknutí, protože klimatické změny přináší stresové faktory, na které nejsou organismy přizpůsobeny a tím začne jejich počet ubývat (např. arktické tundry a amazonský prales).

- Příklad řešení

Finský projekt „Climforisk – Climate change induced drought effects on forest growth and vulnerability“, který podporuje funkce lesa a jejich hlavní úděl ve změněných podmínkách, poskytuje scénáře, které se vyvíjejí podle měnící se ekosystémové funkce lesa včetně dopadů živých a neživých faktorů.

- *Pobřežní systémy*

Globální oteplování přinese podle predikce zvýšení hladiny oceánů a moří, což ohrožuje oblasti s menší nadmořskou výškou v podobě erozí, záplav nebo zatopení.

- Příklad řešení

Německý projekt „Beach nourishment as a succesful measure against erosion“, který se uskutečnil v Rostocku, při němž byly vybudovány přirozené a umělé formy trávníků, které zvýší ochranu proti pobřežnímu porušení zemského povrchu.

- *Produkce a bezpečnost potravin*

Negativní dopad se očekává u produkce plodin, a to především v tropických i mírných oblastech, kde se očekává nárůst 2 °C (zapříčiněno globálním oteplováním). V některých oblastech je předpoklad produkce dokonce o 10 % vyšší, ovšem v jiných je výroba o 25 % menší.

- Příklad řešení

Kyperský projekt „Adapting agricultural production to climate change and limited water supply“ zaměřený na zachování stejné produkce potravin v semiaridní oblasti, kde neustále klesá množství vody, jehož projektovým cílem bylo využití jiných technik a metod k zachování stability.

- *Lidské zdraví a bezpečnost*

Je pravděpodobné, že dojde k vysídlování obyvatelstva a díky změnám v teplotách a přírodním katastrofám také ke zhoršení zdravotních problémů, především v rozvojových zemích.

- Příklad řešení

Italský projekt „Defence of Venice littoral islands“, který za použití moderní techniky vybudoval opatření k záchraně městského systému Benátek k ochraně obyvatelstva a kulturního dědictví.

Maďarský projekt „Tatabánya haet and UV-warming systém“ se zaměřením na lidské zdraví v podobě eliminace vysokých teplot a UV záření k ochraně 70 000 obyvatel (Trnka a kol., 2016).

## 7.4.2. Mitigační opatření

Mitigace, tedy takzvané předejití, je myšleno jako zpomalení nebo zastavení změn v klimatickém režimu. Nejzávažnějšími problémy, které jsou s ní spojeny, je vypouštění plynů, které ovlivňují skleníkový efekt, a samozřejmě úspora energie (klimatickazmena.cz, 2018). Zdroje s možností obnovy jsou pro každý stát vyčleněny v jiné formě, a jsou především limitovány přírodními hranicemi vyčerpatelnosti.

Mitigační opatření lze rozdělit do několika sektorů (dle Vršťala, 2015):

- *Energie*

Je třeba poohlížet se po obnovitelném zdroji energie s vysokou účinností a co nejmenším dopadem na biodiverzitu a znečištění. Největší potenciál má v tomto případě solární energie, která je ovšem omezena skladovacími podmínkami a životností solárních panelů. Navíc je finančně náročná a je potřeba jisté podpory ze strany státu. Další možností je výstavba jaderných elektráren, které jsou ekonomicky výhodné, ovšem velmi nebezpečné z hlediska úniku radioaktivních látek a ukládání odpadu.

- *Fosilní paliva*

Při spalování černého a hnědého uhlí vzniká značné množství těkavých organických sloučenin, prašné částice a další toxické látky. Nejmenší produkce emisí vzniká spalováním zemního plynu. Při pálení tohoto plynu v moderních elektrárnách, kde je účinnost vysoká, dojde k snížení emisí. V budoucnu by mohl také fungovat jako přechod od fosilních paliv k obnovitelným zdrojům. Omezení CO<sub>2</sub> v ovzduší lze dosáhnout pomocí technologie CCS (Carbon Capture and Sequestration), která může zabránit velké produkci uhlíku v atmosféře. Proces funguje na mechanismu zachycení CO<sub>2</sub> od jiných plynů, jeho přeprava a konečné uložení do horninových struktur v hloubce jednoho kilometru. Bohužel je technologie finančně velmi náročná a není prozatím zcela rozvinuta (geology.cz, 2018).

- *Doprava*

Velkým producentem emisí oxidu uhličitého je doprava. Efektivnost kamionů a osobních vozidel není velká a přechod k elektrickým motorům by mohl vést k relativnímu poklesu CO<sub>2</sub>. Dále větší využívání veřejné dopravy, přechod kamionové dopravy zpět na železniční tratě a omezení letecké dopravy je taktéž možnost, jak vyřešit nadměrnou produkci emisí.

- *Průmysl*

Moderní technologie nabízí nespočet možností, jak limitovat zbytečné vypouštění emisí či toxických látek z průmyslových objektů. Stávající průmysl by se měl modernizovat, protože moderní technologie jsou daleko šetrnější k životnímu prostředí, jejich účinnost je daleko vyšší a regulace pravděpodobnější.

- *Tragédie obecních pastvin*

Jedná se o jednu z ekonomických teorií, která je nechtěným následkem lidské neukojitelnosti v touze po zisku. Společnost je velmi závislá na nadhledu všech jedinců a každý by měl brát v potaz nejen vlastní potřeby, ale i potřeby společnosti. V případě, že se nadhled vytratí, dochází k tragédii. Představme si třeba pastvinu, která je schopná uživit sto ovcí. Je zde deset pastevců, kteří obhospodařují svých deset ovcí. Každý má na starost pouze svůj dobytek a snaží se co nejvíce si ulehčit život, v tomto případě vlastnit o jednu ovci navíc. Pastervec si myslí, že je pastvina velká a jedna ovce navíc



nemůže ničemu ublížit. V případě, že takto přemýšlí všech deset hospodářů, dojde k tragédii ve formě deseti ovcí navíc. Pastvina nedokáže uživit 110 zvířat, ty spasou veškeré zdroje a zemřou hlady (Nováček, 2010).

## 8. Závěr

V úvodu práce je zmíněno, že ekosystémové služby, které nám poskytuje příroda po celém světě, čelí nevyhnutelnému globálnímu oteplování, které v minulosti nemělo obdoby. Naším neopatrným a arogantním zacházením s dary přírody ničíme nejen naši planetu a ostatní organismy, ale především ženeme sami sebe do záhuby.

Musíme konstatovat, že moderní technologie sebou vždy nese vedlejší negativní dopady na ekosystémové služby, které jsou nám přírodou poskytovány. Většina těchto afektů není zcela pozitivní a mají špatný dopad nejen na lidský blahobyt, ale na veškeré organismy na planetě. Názorným příkladem je nárůst hladin, teploty a toxicity moří a oceánů nebo kácení Amazonského pralesa označovaného jako zelené plíce planety. Můžeme takto jmenovat desítky změn, které globální změna již vykonala, ale dopady jsou v těchto situacích nenávratné a nevyhnutelné pro další generace. Na Zemi trpí hladem okolo 11 % lidské populace, a to zdaleka není konečné číslo v případě dalších ztrát ekosystémových služeb.

Cílem této práce je najít odpověď na výzkumnou otázku „Jaký vliv má současná a predikovaná změna klimatu na funkci ekosystémových služeb?“

V úvodní části práce se seznámíme s definicemi základních pojmů, důležité k pochopení zkoumaného problému. Do větší hloubky jsem se zaměřil na antropogenní vlivy, které ovlivňují ekosystémové služby a uvedl jsem základní principy, které by lidstvo mělo dodržovat k zachování bezprostředních ekosystémů.

Teoretická část této práce je rozdělena na dvě dílčí části. V první části popisují téma ekosystémové ekologie, která se zabývá studiem ekologických otázek a zkoumá jednotlivé ekosystémy. Hluběji se věnuji vzájemnému vztahu mezi jednotlivými organismy a cyklům, které jsou pro ekosystémové služby životně důležité. Jakákoliv změna v potravní síti, hydrologickém cyklu nebo uhlíkovém cyklu má totiž, ve velké většině negativní, dopad na chod ekosystémových služeb.

V druhé části práce se hlouběji zabývám ekosystémy a jejich službami. Detailně popisují funkci ekosystémových služeb, jejich obrovskou podstatu na planetě ve spojení s různými organismy, a hlavně s člověkem. Zabývám se detailní nastíněním kategorizace a hodnocením ekosystémových služeb včetně vyjmenování některých metodik jejich

oceňování. Ke konci jsem zmínil čtyři mezinárodní platformy, s cílem hodnocení ekosystémů včetně jejich služeb.

V praktické části práce zkoumám pomocí vědeckých článků, jak ovlivňuje klimatická změna naše ekosystémové služby. Vzhledem k již probíhajícím změnám klimatu, je dost pravděpodobné, že se budou projevovat v přirozeně se vyskytujících situacích. Jak je vidět z vědeckých článků, tyto změny mají ten největší dopad a interakce v klimatu budou složitější a reakce bioty budou velmi odlišné v čase i v prostoru. Účinky změny teploty, fertility půdy, stoupající hladiny oceánů a moří nebo zvyšování množství skleníkových plynů v atmosféře budou stále vyšší a mnohem náročnější na jakoukoliv adaptaci či dokonce mitigaci. Existují výjimky, kdy vyšší koncentrace oxidu uhlíku vede k možnosti rychlejší fotosyntézy rostlin, ovšem na úkor jiných rostlin, které tuto výhodu nedokáží využít a jsou následně vytlačeny produktivnějšími druhy. Velké mezery má naše populace díky akutnímu nedostatku znalostí v některých až naléhavých situacích. Vzhledem k této vyřčené výzvě by se člověk měl pozastavit a říct si, jestli je pro něj důležitější novější automobil nebo čerstvý vzduch.

Z mého osobního pohledu je predikovaná klimatická změna akutním a velmi náročným tématem. Lidská společnost musí začít hledět na udržitelnost, pro zachování krásy přírody i pro další generace. Měla by se stanovit velmi striktní pravidla, která by eliminovala vznik globálních změn na absolutní minimum. Neexistuje jiná příroda, kterou bychom mohli za zdevastovanou směnít. To, jak se zachováme nyní bude mít následky navždy.

## 9. Zdroje

Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Naeem S, Limburg K, Paruelo J, O'Neil RV, Raskin R, Sutton P, van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*; 387:253-260.

Lincoln R.J. et al. 1982. *A Dictionary of Ecology*, Cambridge Univ. Press.

Daily, G. C., and Matson, P.(2008). Ecosystem services: From theory of implementation. Special Feature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 105, 9455-6.

Karl, T. R., and K. E. Trenberth. 2003. Modern global climate change. *Science* 302: 1719 - 1723.

BOYD, James a Spencer BANZHAF. *Energy and Natural Resources Division, Resources for the Future* [online]. 2007 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907000341>

Kislinger F., Laníková J., Šlégr J., *Biologie IV (Základy ekologie)*, Gymnázium v Klatovech 1994

SMITH, Robert Leo a Stuart L. PIMM. *Ecology* [online]. 18.1.2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/ecology#ref922475>

Canstanza, R., dArge, R, de Groot, R, *et al.* (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-60.

Zákon č. 17/1992 Sb. Ze dne 19.1.1992 o životním prostředí. In <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>

Zákon 114/1992 Sb. Ze dne 25.3.1992 o ochraně přírody a krajiny. In [https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/58170589E7DC0591C125654B004E91C1/%24file/Z%20114\\_1992.pdf](https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/58170589E7DC0591C125654B004E91C1/%24file/Z%20114_1992.pdf)

Green, W., *Ecosystem ecology: Links in the chain* [online]. 2012 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=v6ubvEJ3KGM>

Meleshko, V. P., Kattsov, V. M., Baidin, A. V., Pavlova, T. V., Govorkova, V. A. *RUSSIAN METEOROLOGY AND HYDROLOGY: Expected Change of Hydrologic Cycle in Northern Eurasia due to Disappearance of Multiyear Sea Ice in the Arctic Ocean* [online]. 2016 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=F4JwcOQTXVrgmWzSw3V&page=2&doc=17#addressWOS:000397339100001-1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=F4JwcOQTXVrgmWzSw3V&page=2&doc=17#addressWOS:000397339100001-1)

PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.

Trnka M., Žalud Z., Hlavinka P, Bartošová L a kol. Uhlíkový cyklus a jeho narušení člověkem [online]. Mendelova univerzita v Brně, 2016 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Tom%C3%A1%C5%A1/Desktop/Downloads/4.%20kapitola\\_uhl%C3%ADkov%C3%BD%20cyklus%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Tom%C3%A1%C5%A1/Desktop/Downloads/4.%20kapitola_uhl%C3%ADkov%C3%BD%20cyklus%20(1).pdf)

MIKEŠ, Ondřej. *BIOKONCENTRACE ORGANOCHLOROVÝCH PESTICIDŮ A POLYCHLOROVANÝCH BIFENYLŮ V TERESTRICKÉ VEGETACI: Diplomová práce*. Masarykova univerzita v Brně, 2006.

MAREK, Michal V. *Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu*. Praha: Academia, 2011. Živá příroda. ISBN 978-80-904351-1-7.

NOVÁČEK, Pavel. *Udržitelný rozvoj*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2514-6.

HERČÍK, M. *Životní prostředí*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. s. 12. ISBN 80-248- 1073-5.

FRIEDLINGSTEIN, Pierre. *Carbon cycle feedbacks and future climate change* [online]. 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E21jtJWTGvHJ79ENWSX&page=1&doc=1#addressWOS:000366270500005-1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E21jtJWTGvHJ79ENWSX&page=1&doc=1#addressWOS:000366270500005-1)

Seják J., Dejmal I., Petříček V., Cudlín, P., Míchal I., Černý K., Kučera T., Vyskot I., Strejček J., Cudlínová E., Cabrnoc J., Šindlar M., Prokopová M., Kovář J., Kupka M., Sčasný M., Šafařík M., Roušarová Š., Stejskal V., Zapletal J. 2003. Hodnocení a oceňování biotopů

České republiky (Valuation and pricing of biotopes in the CR). Český ekologický ústav, 422

p. ISBN 80-85087-54-5

Vackář, D., Frélichová, J., Lorencová, E., Pártl, A., Harmáčková, Z., Loučková, B., *Metodologický rámec integrovaného hodnocení ekosystémových služeb v České republice*[online]. 2014 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z:

<http://www.ecosystems-services.cz/userfiles/page/246/72fc39cc8d8e7f501934794636059d8c.pdf>

Vackář, D. *Ekosystémové služby: globální pohledy, indikátory a příklady* [online]. 2009 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z:

[http://147.213.211.222/sites/default/files/2010\\_2\\_065\\_069\\_vackar.pdf](http://147.213.211.222/sites/default/files/2010_2_065_069_vackar.pdf)

*Millenium ecosystem* [online]. 2005 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z:

<https://www.millenniumassessment.org/en/Index-2.html>

The economics of ecosystems and biodiversity [online]. [cit. 2018-03-26]. 2010.

Dostupné z: <http://www.teebweb.org/>

System of environmental accounting [online]. [cit. 2018-03-26]. 2012. Dostupné z:

<https://seea.un.org/>

Toledo, D., Briceno, T., Ospina, G., *Ecosystem service valuation framework applied to legal cases in the Anchicaya region of Colombia*[online]. 2018 [cit. 2018-03-27].

Dostupné

z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D5MmzoHfz8HkHNkx8CB&page=1&doc=4](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D5MmzoHfz8HkHNkx8CB&page=1&doc=4)

Příčiny změny klimatu [online]. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z:

[https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_cs](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_cs)

MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Scenarios*. Island Press, Washington, DC.

LOVEJOY, Thomas E. a Lee Jay. HANNAH. *Climate change and biodiversity*. New Haven: Yale University Press, c2005. ISBN 0-300-10425-1.

Sun, H., Wang, A., Zhai, J., Huang, J., Wang, Y., Wen, S., Zeng, X., Su, B., *Impacts of global warming of 1.5 degrees C and 2.0 degrees C on precipitation patterns in China by regional climate model (COSMO-CLM)* [online]. 2018 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=E31f2khANGypuYqLAR3&page=1&doc=1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=E31f2khANGypuYqLAR3&page=1&doc=1)

Marzeion, B., Jarosch, A. H., Hofer, M., *Past and future sea-level change from the surface mass balance of glaciers* [online]. 2012 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=E31f2khANGypuYqLAR3&page=1&doc=1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=E31f2khANGypuYqLAR3&page=1&doc=1)

Český hydrometeorologický ústav, *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření* [online]. 2011 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav\\_TECHNICKE\\_SHRNUTI\\_2011.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRNUTI_2011.pdf)

Změna klimatu, [online]. 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta/dusledky>

Tang, L., Higa, M., Tanaka, N., Otsubo, N., *Assessment of global warming impact on biodiversity using the extinction risk index in LCIA: a case study of Japanese plant species* [online]. 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=F2AYZUXWyjeMmtodJOC&page=1&doc=2](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=F2AYZUXWyjeMmtodJOC&page=1&doc=2)

Marteion, B., *Past and future sea-level change from the surface mass balance of glaciers* [online]. 2012 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.the-cryosphere.net/6/1295/2012/tc-6-1295-2012.pdf>

Fezzi, C., Bateman, I., Akew, T., Munday, P., Pasual, U., Sen, A., Harwood, A., *Valuing Provisioning Ecosystem Services in Agriculture: The Impact of Climate Change on Food Production in the United Kingdom* [online]. 2014 [cit. 2018-04-12].

Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=4](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=4)

Grimm, N. B., Groffman, P., Staudinger, M., Tallis, H., *Climate change impacts on ecosystems and ecosystem services in the United States: process and prospects for sustained assessment* [online]. 2016 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=4](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=4)

Li, H., Yang, X., *Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention - With a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China* [online]. 2014 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=59&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=3](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=59&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=3)

Scholes, R. J., *Climate change and ecosystem services* [online]. 2016 [cit. 2018-04-15].

Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=5](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=5)

Vasquez, A. E., *Green infrastructure, ecosystem services and their contributions to address climate change in cities: the case of the coastal corridor of the river Mapocho in Santiago de Chile* [online]. 2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=6](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=6)

Duan, K., Sun, G., Sun, S., Caldwell, P. V., Cohen, E. C., McNulty, S. G., Aldridge, H. D., Zhand, Y., *Divergence of ecosystem services in US National Forests and Grasslands under a changing climate* [online]. 2016 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=8](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzl8ULnT5Iz&page=1&doc=8)

Orwin, K. H., Stevenson, B. A., Smaill, S. J., Kirschbaum, M. U. F., Dickie, I. A., Clothier, B. W., Garrett, L. G., Van der Weerden, T. J., Beare, M. H., Curtin, D., *Effects of climate change on the delivery of soil-mediated ecosystem services within the primary sector in temperate ecosystems: a review and New Zealand case study* [online]. 2015 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:



[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzI8ULnT5Iz&page=2&doc=19](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzI8ULnT5Iz&page=2&doc=19)

Dunford, R. W., Smith, A. C., Harrison, P. A., Hanganu, D., *Ecosystem service provision in a changing Europe: adapting to the impacts of combined climate and socio-economic change* [online]. 2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzI8ULnT5Iz&page=3&doc=28](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=64&SID=F2V3AuuIbzI8ULnT5Iz&page=3&doc=28)

Lorencová, E., Frelichová, J., Nelon, E., Vackář, D., *Past and future impacts of land use and climate change on agricultural ecosystem services in the Czech Republic* [online].

2013 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4bw9J9NiO8YscpQ1es&page=11&doc=101](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4bw9J9NiO8YscpQ1es&page=11&doc=101)

Dinf, H., Nunes Paulo, A. L. D., *Modeling the links between biodiversity, ecosystem services and human wellbeing in the context of climate change: Results from an econometric analysis of the European forest ecosystems* [online]. 2014 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4bw9J9NiO8YscpQ1es&page=11&doc=101](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4bw9J9NiO8YscpQ1es&page=11&doc=101)

Forsius, M., Antilla, S., Arvola, L., Bergstrom, I., Hakola, H., Heikkinen, H. I., Helenius, J., Hyvarinen, M., Jylha, K., Karjalainen, J., *Impacts and adaptation options of climate change on ecosystem services in Finland: a model based study* [online]. 2013 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=F1jvM1XhqfmsWEdQyEC&page=4&doc=35](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=F1jvM1XhqfmsWEdQyEC&page=4&doc=35)

Palomo, I., *Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review* [online]. 2017 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z:

[http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=F1jvM1XhqfmsWEdQyEC&page=1&doc=7](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=F1jvM1XhqfmsWEdQyEC&page=1&doc=7)

Možný, M., Brázdil, R., Dobrovolný, P., Trnka, M., Potopová, V., Hlavinka, P., Bartošová, L., Zahradníček, P., Štěpánek, P., Žalud, Z. (2016): Mitigační a adaptační opatření, *Climate Research*, roč. 70, ISSN 0936-577X. doi: 10.3354/cr01423.

Vršťala, T., *Mezinárodní právo změny klimatu* [online]. 2015 [cit. 2018-04-19].

Dostupné z:

[file:///C:/Users/Tom%20A1/C5%A1/Desktop/Downloads/DPTX\\_2014\\_2\\_11220\\_0\\_282599\\_0\\_167905.pdf](file:///C:/Users/Tom%20A1/C5%A1/Desktop/Downloads/DPTX_2014_2_11220_0_282599_0_167905.pdf)

Česká geologická služba, *Technologie CCS* [online]. 2015 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/ccs/technologie-ccs>

The CLIMSAVE project, *Climate change impacts*, [online]. 2010 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.climsave.eu/climsave/index.html>

Schlaghamerský, J., *Pedobiologie* [online]. 2012 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2886870/>