

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra rozvojových a environmentálních studií



Univerzita Palackého
v Olomouci

Studijní program: P1314 Geografie

Obor: Mezinárodní rozvojová studia

**Národní limity udržitelnosti v perspektivě
planetárních hranic**

*National Limits of Sustainability in the Perspective
of Planetary Boundaries*

DISERTAČNÍ PRÁCE

Mgr. et Mgr. Aneta PARSONSOVÁ

Školitel: prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Olomouc 2021

Autorské prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Národní limity udržitelnosti v perspektivě planetárních hranic“ vypracovala pod vedením školitele samostatně za použití v seznamu literatury uvedených pramenů a zdrojů. Dále prohlašuji, že tato disertační práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Olomouci dne

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému školiteli prof. Ing. Ivo Macharovi, Ph.D., za jeho podporu, cenné rady a čas, které mi věnoval při zpracování této práce a během celého studia.

Zároveň bych chtěla poděkovat své rodině, především pak Rynovi, za podporu, důvěru a ohleduplnost, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Abstrakt

Tato disertační práce využívá konceptu planetárních hranic (PB) k vymezení národního „bezpečného operačního prostoru“ pro lidské aktivity. V návaznosti na nejnovější studie v oblasti aplikace PB na národní úrovni stanovuje environmentální limity a posuzuje vybrané politiky v oblasti životního prostředí České republiky. Národní limity udržitelnosti v kontextu PB jsou stanoveny metodou distribuce maximální globální environmentální zátěže s ohledem na počet obyvatel, environmentální stopu vyprodukovanou v minulosti a současný stav ekonomického rozvoje. Čtyři z šesti zkoumaných PB (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku) jsou v ČR překračovány a jejich skóre je hodnoceno jako „jasně nebezpečné“. Maximální národní objem emisí CO₂ stanovený v kontextu PB změny klimatu a okyselování oceánu pro období od roku 2017 do roku 2100 byl již vyčerpán v roce 2018. Limit PB změn v systému využívání území se překročení blíží, přestože je její skóre zatím hodnoceno jako „bezpečné“. Jako „bezpečné“ je hodnoceno také skóre PB biochemických toků fosforu. Jedinou v této práci posuzovanou PB, jejíž skóre je hodnoceno jako „jasně bezpečné“, je využití sladké vody. Tyto relativně alarmující výsledky poukazují na značné rezervy ČR v oblasti udržitelného rozvoje a na potenciálně negativní dopady jejích politik na jiné země a celkový environmentální stav planety.

Klíčová slova

Planetární hranice, udržitelný rozvoj, environmentální limity

Abstract

This dissertation thesis uses the concept of planetary boundaries (PB) to determine national “safe operating space” for human activities. Building on the recent studies on downscaling the PB to the national level, it sets national environmental limits and assesses selected environmental policies of the Czech Republic. National limits of sustainability in the context of PB are set by distributing the maximum global environmental budget on the basis of population size, historical environmental footprint and current state of economic development. Four out of the six assessed PB (climate change, ocean acidification, biosphere integrity and nitrogen biochemical flows) have already been transgressed in the Czech Republic and their score is considered “clearly unsafe”. The maximum national volume of CO₂ emissions set in the context of the climate change and ocean acidification PB for the period of 2017-2100 has already been exhausted in 2018. The score of PB land-system change is close to being transgressed although it is still considered “safe”. As “safe” is also considered the score for phosphorus biochemical flows. The only PB with a “clearly safe” score is the use of freshwater. These relatively alarming results point at unsatisfactory national performance in terms of sustainable development and potential negative impacts of Czech policies on other countries and overall state of the planet.

Key words

Planetary Boundaries, sustainability, environmental limits

Seznam zkratek

AESA	<i>Absolute Environmental Sustainability Assessment</i> , hodnocení absolutní environmentální udržitelnosti
AOD	<i>aerosol optical depth</i> , optická hloubka aerosolu
AP	<i>ability to pay</i> , schopnost platit
BDP	<i>Biodiversity Damage Potential</i> , potenciál poškození biologické rozmanitosti
BII	<i>Biodiversity Intactness Index</i> , index neporušenosti biodiverzity
CFC	<i>chlorofluorocarbons</i> , chlor-fluorované uhlovodíky
CO	<i>cost-optimal allocation</i> , nákladově optimální alokace
ČR	Česká republika
DPSIR	<i>Driver-Pressure-State-Impact-Response Framework</i>
DPSWR	<i>Driver-Pressure-State-Welfare-Response Framework</i>
DU	<i>Dobson Unit</i> , dobsonova jednotka
ECPC	<i>equal cumulative per capita emissions</i> , přístup rovných kumulativních emisí na obyvatele
EEA	<i>European Environment Agency</i> , Evropská agentura pro životní prostředí
ENA	<i>European Nitrogen Assessment</i> , evropské dusíkové hodnocení
EPI	<i>Earth Policy Institute</i>
ESR	<i>environmental sustainability ratio</i> , podíl environmentální udržitelnosti
EU	Evropská unie
EWF	<i>environmental water flows</i> , environmentální vodní toky
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> , Organizace pro výživu a zemědělství OSN
GDR	<i>greenhouse development rights</i> , skleníková rozvojová práva
GF	<i>grandfathering</i> , „dědečkovský přístup“
GHG	<i>greenhouse gases</i> , skleníkové plyny
HDP	hrubý domácí produkt
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , Mezivládní panel pro změnu klimatu
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i> , Mezinárodní svaz ochrany přírody
LCA	<i>Life Cycle Analysis</i> , analýza životního cyklu

MSA	<i>Mean Species Abundance</i> , ztráta průměrné početnosti druhů
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N	dusík
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> , Národní úřad pro letectví a vesmír USA
ODS	<i>ozone depleting substances</i> , látky poškozující ozon
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> , Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
P	fosfor
PB	<i>Planetary Boundaries</i> , planetární hranice
PCC	<i>per capita convergence</i> , přístup konvergence na obyvatele
POK	Politika ochrany klimatu
ppm	<i>parts per million</i> , částic na jeden milion
PSV	<i>phylogenetic species variability</i> , fylogenetická variabilita druhů
RQ	<i>research question</i> , výzkumná otázka
SDGs	<i>Sustainable Development Goals</i> , Cíle udržitelného rozvoje
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> , Program OSN pro životní prostředí
UR	udržitelný rozvoj
WHO	<i>World Health Organization</i> , Světová zdravotnická organizace

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Schéma převodu konceptu PB na národní úroveň	19
Obrázek č. 2 Stopy a teritoriální indikátory	23
Obrázek č. 3 Klasifikace DPSWR.....	25
Obrázek č. 4 Brethertonův diagram	30
Obrázek č. 5 Koncepční popis planetárních hranic	35
Obrázek č. 6 Koncepční rámec znázorňující bezpečný operační prostor (ohrazený planetární hranicí), zónu nejistoty, polohu planetární meze (kde pravděpodobně existuje) a oblast s vysokým rizikem	38
Obrázek č. 7 Současné hodnoty kontrolních proměnných pro sedm planetárních hranic	39
Obrázek č. 8 Interakce PB biodiverzity s ostatními PB	46
Obrázek č. 9 Globální podíl orné půdy	50
Obrázek č. 10 Subglobální distribuce a aktuální stav kontrolní proměnné využití území.....	51
Obrázek č. 11 Subglobální distribuce a aktuální stav kontrolní proměnné využití sladké vody	53
Obrázek č. 12 Rámec pro spravedlivý a bezpečný inkluzivní rozvoj	60
Obrázek č. 13 Souhrnný přehled pokroku ČR v dosahování SDGs.....	66

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Kontrolní proměnné použité v národních a regionálních případových studiích pro vybrané PB	21
Tabulka č. 2 Škála hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem.....	28
Tabulka č. 3 Planetární hranice a jejich vyčíslení	32
Tabulka č. 4 Revidované planetární procesy a hranice	36
Tabulka č. 5 Planetární hranice a související podcíle SDGs.....	56
Tabulka č. 6 Maximální objem emisí od období 1861–1880 nutný k udržení nárůstu globální teploty pod 2 °C dle hladiny spolehlivosti	73
Tabulka č. 7 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu globálních emisí CO ₂ (od roku 2017 dále)	73
Tabulka č. 8 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu emisí CO ₂ ČR (od roku 2017 dále)	74

Tabulka č. 9 Globální a národní limit emisí CO ₂ v souladu s maximálním nárůstem teploty do 2 °C oproti předindustriální úrovni	75
Tabulka č. 10 Národní cíle redukce CO ₂	78
Tabulka č. 11 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu globálních emisí CO ₂ (od roku 2020 dále).....	80
Tabulka č. 12 Globální a národní limit emisí CO ₂ k udržení přijatelného stavu nasycení uhličitanem vápenatým Ω.....	81
Tabulka č. 13 Použité proměnné pro výpočet národní alokace globálního limitu MSA	86
Tabulka č. 14 Globální a národní limit MSA.....	86
Tabulka č. 15 Vybrané kontrolní proměnné a jejich klasifikace.....	99
Tabulka č. 16 Globální a národní limity pro danou planetární hranici	100
Tabulka č. 17 Hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem	102

Seznam grafů

Graf č. 1 Poslední ledovcový cyklus 180 (indikátor teploty) a vybrané události v lidské historii.....	34
Graf č. 2 Globální průměrné kombinované anomálie teploty povrchu Země a oceánu.....	40
Graf č. 3 Globální antropogenní emise CO ₂ (graf nalevo) a kumulativní emise CO ₂ (graf napravo).....	41
Graf č. 4 Rizika pro mořské druhy v souvislosti s okyselením oceánů a klimatickou změnou	42
Graf č. 5 Globální suchozemská ztráta MSA dle typu tlaku s predikcí do roku 2050.....	48
Graf č. 6 Porovnání emisí CO ₂ ČR založených na produkci a spotřebě	71
Graf 7 Globální limit pro rok 2017 v porovnání s objemem skutečně vyprodukovaných emisí CO ₂ ve stejném roce	76
Graf 8 Národní limit pro rok 2017 v porovnání s objemem skutečně vyprodukovaných emisí CO ₂	77
Graf č. 9 Národní limit pro emise CO ₂ v roce 2017 dle jednotlivých distribučních metod v porovnání se skutečným objemem vyprodukovaných emisí v roce 2017.....	78
Graf č. 10 Národní limit pro emise CO ₂ od roku 2017 dále na základě různých distribučních metod a předpokládaný objem emisí vyprodukovaných od roku 2017 do roku 2050 v souladu s cíli Politiky ochrany klimatu	79

Graf č. 11 Národní limit pro emise CO ₂ v roce 2017 dle jednotlivých distribučních metod v porovnání se skutečným objemem vyprodukovaných emisí v roce 2017.....	82
Graf č. 12 Národní limit pro emise CO ₂ od roku 2017 dále na základě různých distribučních metod a předpokládaný objem emisí vyprodukovaných od roku 2017 do roku 2050 v souladu s cíli Politiky ochrany klimatu	83
Graf č. 13 Hrubá bilance dusíku v ČR od roku 1990 do roku 2017.....	90
Graf č. 14 Dusíková bilance na hektar zemědělské půdy ČR	91
Graf č. 15 Využití fosforečných hnojiv v ČR v období 1990–2017	93
Graf č. 16 Plocha orné půdy a trvalých plodin ČR a národní roční limit.....	95
Graf č. 17 Plocha orné půdy a trvalých plodin ČR a národní roční limit na osobu	96
Graf č. 18 Celkový hrubý odběr sladké vody a národní limit	98
Graf č. 19 Hrubý odběr sladké vody na osobu a národní limit na osobu	98
Graf č. 20 Národní limity v porovnání s hodnotami kontrolních proměnných v roce 2017..	101
Graf č. 21 Emise CO ₂ (v tCO ₂) na osobu	109
Graf č. 22 Národní limit dle „rovného podílu na osobu“ v porovnání s objemem emisí CO ₂ v roce 2017	110
Graf č. 23 Národní limit dle distribučního mechanismu zohledňujícího HDP na osobu a historické emise v porovnání s objemem emisí CO ₂ v roce 2017.....	111
Graf č. 24 Národní limit pro ztrátu MSA v porovnání s reálnou ztrátou MSA.....	113

Obsah

1 Úvod.....	13
2 Cíle práce.....	17
3 Metodologie a data	19
4 Současný stav zkoumané problematiky	29
4.1 Environmentální limity planety	29
4.2 Planetární hranice	32
4.2.1 Změna klimatu	39
4.2.2 Okyselování oceánu	42
4.2.3 Stratosférický ozon	43
4.2.4 Biochemické toky dusíku a fosforu	45
4.2.5 Integrita biosféry	45
4.2.6 Změny v systému využití území	48
4.2.7 Využití sladké vody	51
4.2.8 Atmosférický aerosol	53
4.2.9 Nové entity.....	54
4.3 Kritické ohlasy.....	54
4.4 Socioekonomický rozvoj v kontextu PB	56
4.5 Výzkum národních environmentální limitů v kontextu PB.....	61
4.6 Využitelnost pro národní politiky a implementaci SDGs.....	65
5 Limity ČR v kontextu planetárních hranic	70
5.1 Změna klimatu.....	70
5.2 Okyselování oceánu.....	79
5.3 Integrita biosféry.....	83
5.4 Biochemické toky dusíku a fosforu	87
5.4.1 Dusík	88
5.4.2 Fosfor	92
5.5 Změny v systému využívání území	94
5.6 Využití sladké vody	97
5.7 Shrnutí výsledků výzkumu	99
RQ 1 Výběr vhodného indikátoru.....	99
RQ 2 Určení národního limitu pro danou planetární hranici	100

RQ 3 Porovnání výsledků s cíli příslušné národní politiky	102
6 Diskuse	104
6.1 Mezinárodní srovnání	106
6.2 Limity výzkumu	114
7 Závěr.....	116
Seznam použitých zdrojů a literatury	118

1 Úvod

V kontextu historie lidské civilizace je otázka udržitelnosti spjata především se silícími dopady antropogenních aktivit na životní prostředí v období od průmyslové revoluce, které je charakteristické zejména rostoucí spotřebou fosilních paliv. Epochu počínající koncem 18. století z tohoto důvodu někteří autoři nazývají jako antropocén neboli období, v němž je stav planety významně ovlivňován lidskou činností. (Crutzen a Stoermer, 2000) Přestože v lokálním či regionálním měřítku zasahoval člověk do ekosystémů či klíčových biochemických cyklů v průběhu celé své historie, o globálních dopadech lze hovořit až v souvislosti s antropocénem. Jeho poslední část, období od roku 1945 dodnes, je dále v literatuře označováno jako velké zrychlení (*Great Acceleration*) a spojováno vedle nárůstu spotřeby energií také s rychlým populačním růstem. (McNeill a Engelke, 2016)

Zatímco v roce 1780 obývalo planetu 800 až 900 milionů lidí, do roku 2020 dosáhl jejich počet 7,7 miliardy. Od roku 1945 do současnosti se počet obyvatel Země ztrojnásobil. V následujících třiceti letech je očekáván nárůst o 2 miliardy a do konce století pak může globální populace dosáhnout téměř 11 miliard. (OSN, 2019) Tlak na životní prostředí, který vytváří takto rychlý populační růst a globální ekonomický rozvoj, je již dnes v některých ohledech hraniční. (Rockström a Klum, 2015) Současně s přetrvávajícími sociálními a ekonomickými výzvami jednotlivých států a jejich nároky na rozvoj roste i potřeba konceptualizovat environmentální limity planety, při jejichž překročení může docházet k dlouhodobým či nevratným globálním změnám.

Snaha o tuto konceptualizaci provázela celou druhou polovinu 20. století. K nejnovějším přístupům v tomto kontextu patří koncept planetárních hranic¹ (*Planetary Boundaries, PB*), který bude podrobně popsán a využíván v této disertační práci. Koncept PB se zaměřuje na klíčové biofyzikální procesy, které ovlivňují samoregulační kapacitu planety Země. Prozatím bylo identifikováno devět takových procesů (změna klimatu, okyselování oceánu, stratosférický ozon, biochemické toky dusíku a fosforu, integrita biosféry, změny v systému využití území, využití sladké vody, atmosférický aerosol a nové entity). Dvě doposud publikované originální studie PB (Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015) poukazují na mezní hodnoty v rámci těchto procesů, jejichž překročení může vyvolat nelineární a nevratné změny ve fungování celkového environmentálního systému planety

¹ V českém prostředí překládáno také jako „planetární meze“

a může ohrozit sociálně-ekologickou odolnost v regionálním až globálním měřítku. Koncept PB tak prakticky vymezuje „bezpečný operační prostor“ pro veškeré lidské aktivity. (Steffen a kol., 2015) Toto vymezení lze využít jak při tvorbě mezinárodních politik v oblasti udržitelného rozvoje, tak i při zkoumání národních environmentálních limitů v globálním kontextu.

Ačkoliv nepřímo, výzkum planetárních hranic ovlivnil také současnou mezinárodní agendu udržitelného rozvoje. Ta byla přijata Organizací spojených národů (OSN) v roce 2015 prostřednictvím dokumentu Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030, dále jen „Agenda 2030“ (OSN, 2015). Všech devět planetárních procesů je na určité úrovni řešeno v rámci globálních Cílů udržitelného rozvoje (*Sustainable Development Goals*, SDGs) či jejich podcílů. Hlavní odpovědnost za dosažení SDGs do roku 2030 leží na členských státech OSN, respektive jejich vládách. V důsledku toho má výzkum planetárních hranic svůj aktuální význam i v národním kontextu.

Krátký *policy brief* ke vztahu mezi PB a Agendou 2030 ve smyslu stanovování cílů na vnitrostátní úrovni vydal Stockholmský institut pro životní prostředí (Hoff a kol., 2017) a technickou zprávu k využití PB pro národní implementaci environmentálních SDGs zpracovala také Nizozemská agentura pro hodnocení životního prostředí (Lucas a Wilting, 2018). O něco hlubší porozumění provazbám mezi oběma koncepty na globální úrovni poskytl report pro Římský klub publikovaný v roce 2018, který představil tzv. *Earth3 model*, v němž propojuje socioekonomické a biofyzikální procesy klíčové v oblasti udržitelného rozvoje. (Randers a kol., 2018) Další výzkum je nicméně nutný pro hlubší porozumění významu a využití planetárních hranic na regionální a národní úrovni, k čemuž by tato disertační práce měla přispět.

Globální indikátory pro měření pokroku v naplňování SDGs tvoří robustní monitorovací rámec s důsledky pro vnitrostátní procesy v oblasti statistiky a sledování stavu udržitelného rozvoje. Plnění Agendy 2030 je v současné době sledováno prostřednictvím 231 ukazatelů, které jsou doplněny dalšími relevantními údaji v rámci mezinárodních či regionálních hodnocení (např. pravidelných hodnocení prováděných Evropskou unií, Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj nebo mezinárodními think-tanky) a národních hodnocení. Vzhledem k velkému počtu indikátorů, nedostatku dat pro všechny země a nekonzistentním datovým sadám nejsou nicméně monitorovací zprávy o naplňování SDGs často navzájem srovnatelné a vedou k nejednoznačným výsledkům. (Janoušková a kol.,

2018; Lafortune a kol., 2020) Některé globální cíle (např. SDG 8 Důstojná práce a ekonomický růst a SDG 13 Klimatická opatření) mohou zároveň být při zachování současných trendů ve vzájemném rozporu. Řada zemí tak např. může vykazovat významné pokroky směrem k udržitelnosti, přestože jejich dopad na klíčové globální biofyzikální procesy překračuje planetární hranice. Environmentální zátěž by tak byla produkována na úkor méně rozvinutých zemí, pro jejichž rozvoj by již nezbývala kapacita Země. Tyto obavy zároveň tvoří základ pro hypotézu, která bude ověřována v této disertační práci (více viz kapitola 2).

V českém prostředí je koncept planetárních hranic doposud málo využívaný, přestože byl domácím publiku představen již krátce po publikaci první studie na toto téma v roce 2010. Na pozvání profesora Bedřicha Moldana tehdy jeden z jeho hlavních autorů, profesor Johan Rockström, vystoupil na Akademii věd ČR s přednáškou s podtitulem „Planetární hranice: bezpečný operační prostor pro lidstvo“. Kromě této přednášky nicméně české odborné veřejnosti koncept PB detailněji představen nebyl a pro některé jeho komponenty prozatím ani neexistuje ustálená česká terminologie. Stejně tak nebyl koncept doposud využit ani v kontextu stanovování nových nebo posuzování stávajících národních environmentálních politik či limitů.

Jednotná metodika pro určení národního udržitelného a bezpečného operačního prostoru založeného na PB dosud nebyla vytvořena, přestože byla již na toto téma publikována řada případových studií (např. Nykvist a kol., 2013; Cole a kol., 2014; Dao a kol., 2018; Lucas a Wilting, 2018). Podobně doposud nebyla zpracována ani konzistentní metodologie umožňující výběr vhodných národních ukazatelů pro jednotlivé PB a distribučních mechanismů reflektujících rozdíly mezi zeměmi i jejich specifické výzvy a potřeby. Dílčí studie zabývající se touto problematikou budou dále přiblíženy v samostatné kapitole této disertační práce, věnované současnému stavu výzkumu dané problematiky (kapitola 4). Jejich poznatky budou využity pro vytvoření návrhu vhodné metodiky pro národní případovou studii České republiky.

Tato disertační práce navazuje na dosavadní výzkum v dané oblasti a stanovuje národní environmentální limity ČR související s planetárními hranicemi s ohledem na národní specifika. Zbývající nejvyšší možná globální environmentální zátěž v rámci vybraných PB bude distribuována na národní úroveň s ohledem na velikost populace, historickou environmentální stopu a další lokální charakteristiky, např. současný stav ekonomického

rozvoje. Tento přístup oproti předchozím studiím na toto téma aplikuje spravedlivější distribuční mechanismus, který zohledňuje klíčové strukturální nerovnosti mezi státy. Distribuční metoda pro určení národního limitu bude v této disertační práci navíc aplikována na šest ze sedmi oficiálně kvantifikovaných planetárních hranic, což je nejširší spektrum PB v rámci doposud publikovaných národních případových studií.

Výsledky této práce by měly být využitelné a přínosné jak pro další výzkum planetárních hranic a uplatnění tohoto konceptu na národní úrovni, tak i pro tvorbu politik a posuzování národních environmentálních cílů či vymezování prioritních oblastí a indikátorů udržitelného rozvoje.

2 Cíle práce

Primárním cílem této disertační práce je ověřit hypotézu, která tvrdí, že řada vyspělých zemí, včetně České republiky, formálně vykazuje významné pokroky směrem k udržitelnosti, přestože jejich dopad na životní prostředí v kontextu planetárních hranic překračuje jimi vymezený „bezpečný operační prostor pro lidské aktivity“. Národní environmentální zátěž by tak přispívala ke zvyšujícím se rizikům nelineárních a nevratných změn v klíčových systémech planety Země, které by mohly v konečném důsledku ohrozit lidstvo samotné. Vedle toho by také zátěž byla produkována na úkor méně rozvinutých zemí, pro jejichž rozvoj by již kapacita planety nezbývala.

Existence tohoto problému je na agregované globální úrovni do značné míry prokázána již samotnými studiemi PB a dalšími výzkumy a zprávami (např. IPCC 2021; Randers a kol., 2019), není však známo, do jaké míry se na překračování PB jednotlivé země podílejí. Informace lze v tomto ohledu získat pouze z několika národních případových studií (např. Švédsko, Švýcarsko, Nizozemsko či Tchaj-wan), které nicméně nemají jednotnou metodologii, a nejsou tudíž vzájemně porovnatelné. V případě ČR ani jiných zemí Visegrádské skupiny, střední či východní Evropy nebyla podobná analýza doposud provedena.

V návaznosti na výše formulovanou hypotézu jsou proto hlavním zkoumaným tématem národní environmentální limity České republiky v kontextu vybraných globálních planetárních hranic. Limity (národními i globálními) jsou myšleny hraniční hodnoty kontrolních proměnných pro jednotlivé planetární procesy, které jsou součástí původního konceptu PB (dle Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015).

Záměrem této práce je dále také podrobně představit koncept PB a prozkoumat možnosti jeho využití na národní úrovni, především ve smyslu stanovování nových či posuzování stávajících environmentálních politik a jejich cílů. V tomto ohledu si práce klade za dílčí cíl vybrat vhodné distribuční mechanismy a indikátory pro alokaci hraniční národní environmentální zátěže na základě globálních environmentálních hranic. U vybraných PB budou v rámci této disertační práce zároveň rozvinuty metody výpočtu národních environmentálních limitů v kontextu PB s ohledem na aktuální stav poznání v dané oblasti a bude představeno spravedlivější schéma distribuce globální environmentální zátěže mezi jednotlivé země s přihlédnutím k jejich národním specifickým. Výsledné limity vybraných

proměnných pro jednotlivé planetární hranice budou následně porovnávány s národními politikami v oblasti životního prostředí s cílem posoudit, zda jsou národní cíle dostatečné a odpovídají „bezpečnému operačnímu prostoru“.

Pro ověření či vyvrácení hypotézy a naplnění výše stanovených cílů jsou formulovány tři základní výzkumné otázky (*research questions*, RQ). Dle těchto otázek jsou textově strukturovány jak tematické podkapitoly věnující se jednotlivým planetárním procesům, tak i výsledky výzkumu, které jsou následně shrnuty v samostatné části (podkapitola 5.7):

RQ 1: Jaké jsou faktory pro výběr proměnných k výpočtu národních limitů v kontextu vybraných planetárních hranic?

RQ 2: Jaké jsou hodnoty těchto limitů v České republice?

RQ 3: Korespondují tyto limity s národními politikami a cíli v oblasti životního prostředí?

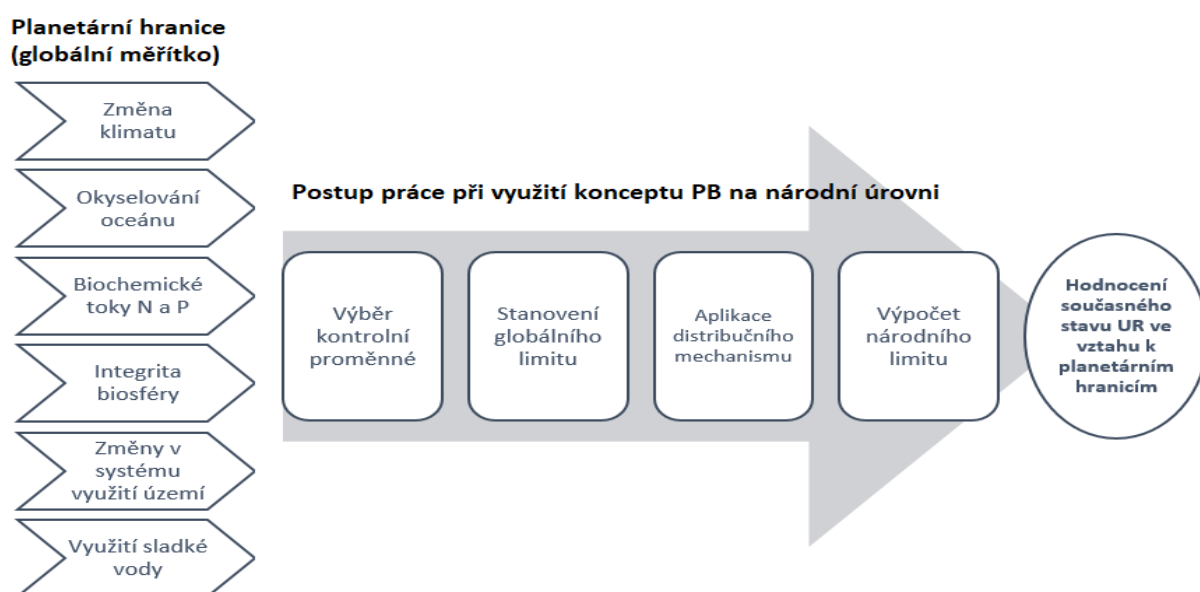
3 Metodologie a data

Teoretická část této disertační práce (kapitola č. 4) je zpracována rešeršně-kompilační metodou a vychází primárně z databází EBSCO, Web of Science a Scopus. Zaměřuje se na současný stav poznání v dané oblasti a z něj vyplývající teoretická východiska, která jsou dále základem pro vlastní analýzu.

V empirické části práce (kapitola č. 5) jsou aplikovány a dále rozvinuty metody výpočtu národních environmentálních limitů v kontextu vybraných planetárních hranic (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry, biochemické toky dusíku a fosforu, změny v systému využívání půdy a využití sladké vody). Zvolený přístup staví především na metodě „rovné distribuce per capita“ (Hoff a kol., 2014; Fang a kol., 2015a) a metodách zohledňujících také environmentální zátěž vyprodukovanou jednotlivými zeměmi v minulosti (Dao a kol., 2018; Hickel, 2020) a dále je rozšiřuje. Koncept PB je v této disertační práci na národní úroveň převeden prostřednictvím čtyřstupňového procesu zahrnujícího:

- (1) výběr kontrolní proměnné,
- (2) stanovení globálního limitu,
- (3) aplikaci distribučního mechanismu a výpočet národního limitu,
- (4) hodnocení současného stavu.

Obrázek č. 1 Schéma převodu konceptu PB na národní úroveň



Zdroj: vlastní zpracování

Abychom mohli zhodnotit národní limity pro jednotlivé planetární hranice, některý z distribučních mechanismů musí být aplikován na vhodně zvolené kontrolní proměnné. Globální kontrolní proměnné použité v původních studiích PB (Rockström a kol., 2019; Steffen a kol., 2015) nejsou vždy relevantní pro výpočet národních planetárních hranic, protože často nemohou být přiřazeny k jednotlivým zemím (např. u PB změny klimatu jsou globálními proměnnými atmosférická koncentrace CO₂ a radiační působení, které nelze hodnotit na národní úrovni).

Indikátory použité v klíčových národních a regionálních případových studiích (Švédsko, Švýcarsko, Nizozemsko, Tchaj-wan a Evropa) jsou shrnuty v tabulce č. 1. Přestože prozatím nebyla publikována žádná komplexní studie, která by výběr těchto indikátorů zhodnotila ve smyslu jejich vhodnosti a případných slabých a silných stránek, z tabulky je zřejmé, že národní indikátory již byly identifikovány pro šest ze sedmi operacionalizovaných planetárních hranic.

Tabulka č. 1 Kontrolní proměnné použité v národních a regionálních případových studiích pro vybrané PB

Planetární hranice	Kontrolní proměnná (globální limit)					
	<i>Steffen a kol. (2015)</i>	<i>Nykvist a kol. (2013)</i>	<i>Dao a kol. (2018)</i>	<i>Lucas a Wilting (2018)</i>	<i>EEA a FOEN (2020)</i>	<i>Hongwei Huang a kol. (2020)</i>
Změna klimatu	Atmosférická koncentrace CO ₂ , ppm (350 ppm CO ₂) Energetická nerovnováha v horních vrstvách atmosféry, W/ m ⁻² (+1.0 W m ⁻²)	Emise CO ₂ na osobu	Zbývající kumulativní emise skleníkových plynů (včetně změn krajinného krytu)	Emise CO ₂	-	Kumulativní a roční emise skleníkových plynů (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)
Okyselování oceánu	Průměrný stav nasycení povrchové mořské vody vzhledem k aragonitu (≥ 80 % předindustriální úrovně)	-	Zbývající kumulativní antropogenní emise CO ₂ pro udržení přijatelného stavu nasycení uhličitánem vápenatým Ω	-	-	Kumulativní a roční emise CO ₂
Změny v systému využití území	Plocha zalesněné půdy jako % původního lesního porostu (75 %)	Bezpečný rozsah půdy bez ledu, kterou lidé mohou globálně přeměnit, děleno světovou populací Omezení orné půdy na 15 % národně dostupné půdy	Plocha antropizované půdy, tj. zemědělské a urbanizované půdy, jako % půdy bez ledu (bez vodních útvarů)	Využitá orná půda	Plocha antropizované půdy	Lesní porost; antropizovaná půda z potenciálního lesního porostu
Využití sladké vody	Maximální množství spotřebního využívání modré vody (< 4000 km ³ yr ⁻¹)	40 % celkových globálních obnovitelných zdrojů vody, děleno světovou populací	-	-	Maximální množství spotřebního využívání modré vody za rok	Roční a měsíční odběry; prostorový měsíční odběr

		Maximální odběr 40 % národně dostupné sladké vody				
Integrita biosféry	Míra vyhynutí (< 10 E/MSY)	-	Potenciální škody na biologické rozmanitosti podle typů krajinných pokryvů, které odpovídají úrovni biologické rozmanitosti na biom	Ztráta průměrné početnosti druhů (<i>Mean Species Abundance, MSA</i>)	-	-
	Index neporušenosti biodiverzity (<i>Biodiversity Intactness Index</i>) je zachován na 90 %					
Biochemické toky	Průmyslová a záměrná biologická fixace dusíku (62 Tg N za rok)	Územní čisté využití dusíku na osobu	Ztráta reaktivního dusíku do prostředí	Záměrná fixace dusíku	Roční ztráta dusíku ze zemědělství	Použití dusíkatých hnojiv
	Tok fosforu ze sladkovodních systémů do oceánu (11 Tg P za rok)	-	Použití fosforečných hnojiv	Použití fosforečných hnojiv	Roční ztráta fosforu ze zemědělství a odpadních vod	Celkový tok fosforu z řek do oceánů
Stratosférický ozon	-	-	-	-	-	-

Nykvist a kol. (2013), autoři první národní studie PB, rozlišili mezi indikátory založenými na spotřebě (tzv. stopy) a indikátory založenými na výrobě (tzv. teritoriální indikátory) (viz obrázek č. 2). Toto rozdělení lze nadále v kontextu národních studií PB nalézt i u dalších autorů (např. Dao a kol., 2018; Lucas a Wilting, 2018), z nichž většina upřednostňuje využití indikátorů založených na spotřebě. Ty především u vyspělých zemí s vysokou mírou dovozu (u zemí EU-27 jde především o dovoz ze třetích zemí) poskytují přesnější informace o environmentálních dopadech spojených s národní spotřebou, a to jak na vlastním území, tak i v zahraničí v rámci dodavatelských řetězců. (Hoekstra a Wiedmann, 2014)

Stopy mohou být počítány prostřednictvím (1) tzv. analýzy životního cyklu (*Life Cycle Analysis*, LCA), která představuje makroekonomický přístup zdola nahoru (*bottom-up approach*); nebo (2) analýzy vstupů a výstupů (*input-output analysis*), která je naopak založena na přístupu shora dolů (*top-down approach*). LCA se zaměřuje na posouzení environmentálního dopadu produktů či služeb během celého jejich životního cyklu.

Obrázek č. 2 Stopy a teritoriální indikátory

		Spotřeba		
		Národní	Zahraniční	
Výroba	Národní	Dopad národní výroby určené pro národní spotřebu na živ. prostředí v ČR	Dopad národní výroby určené pro zahraniční spotřebu (export) na životní prostředí v ČR	Teritoriální indikátory
	Zahraniční	Dopad zahraniční výroby určené pro národní spotřebu (import) na živ. prostředí v zahraničí	Dopad zahraniční výroby určené pro zahraniční spotřebu na živ. prostředí v zahraničí	
		Stopy		

Zdroj: upraveno dle Dao a kol. (2018)

Stopy stanovené prostřednictvím LCA i analýzy vstupů a výstupů jsou v národních případových studiích zpravidla přebírány od národních statistických úřadů (např.

Nizozemský statistický úřad počítá a pravidelně publikuje na spotřebě založené indikátory). I v rámci EU-27 je nicméně dostupnost těchto dat spíše výjimkou, v ČR tato data standardně publikována nejsou. Někteří autoři proto využívají také data z dílčích ad hoc studií zaměřených na jednotlivé národní stopy (uhlíková stopa, vodní stopa, stopa biodiverzity atd.) (např. Dao a kol., 2015, pro národní studii Švýcarska). Vzhledem ke složitosti a komplexnosti výpočtu jednotlivých stop a poměrně širokému tematickému záběru problematiky planetárních hranic není možné provést kalkulace všech stop (na globální i národní úrovni) pro účely národních případových studií PB.

Teritoriální indikátory založené na produkci jsou oproti tomu ve většině vyspělých zemí běžnou součástí statistiky národních (environmentálních) účtů. Vzhledem ke své dostupnosti jsou rovněž upřednostňovány některými autory (Hongwei Huang a kol., 2020), a to především u zemí, jejichž ekonomické charakteristiky vedou ke srovnatelným datům teritoriálních i na spotřebě založených indikátorů (např. ČR v případě emisí CO₂).

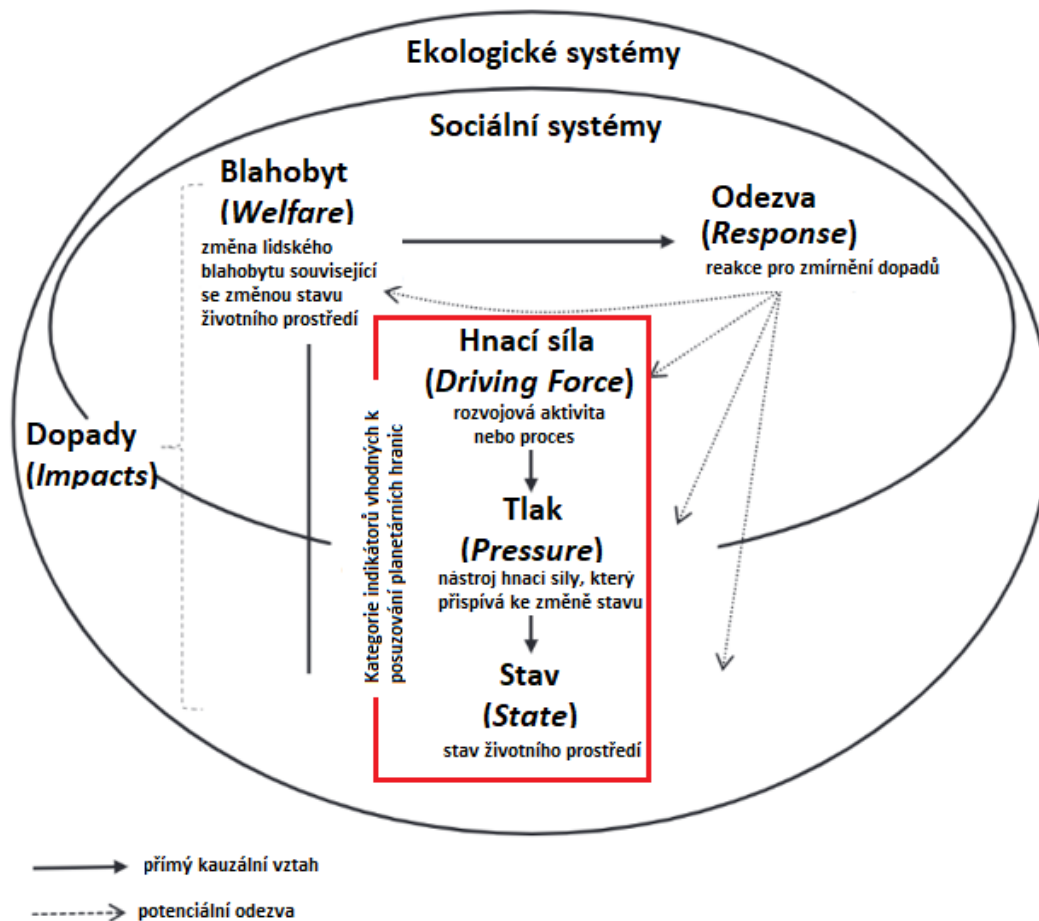
Z hlediska typu indikátorů je v této práci s ohledem na dostupnost dat a charakter ekonomiky ČR pracováno téměř výhradně s teritoriálními indikátory, které zohledňují environmentální dopady spojené s národní výrobou (pro národní spotřebu a pro export). Výjimkou je PB integrity biosféry, v níž jsou pro zvolený indikátor dostupná mezinárodně srovnatelná data založená na spotřebě.

Užitečná kategorizace indikátorů, která je v literatuře často citována v souvislosti s výběrem vhodných národních proměnných v kontextu PB, byla vytvořena Evropskou agenturou pro životní prostředí (EEA, 1999). Jedná se o tzv. DPSIR hodnotící rámec, který vychází z předpokladu existence kauzálního řetězce postupujícího od hnacích sil (*Driving forces*) přes tlaky (*Pressures*), stavy (*States*) a dopady (*Impacts*) až k „reakčním“ indikátorům či politickým odezvám (*Responses*). Cooper (2013) tento rámec dále doplnil o blahobyt (*Welfare*). Jednotlivé komponenty klasifikace DPSWR jsou znázorněny na obrázku č. 3.

Pro posuzování národních PB jsou dle kategorizace DPSIR relevantní především indikátory řazené do kategorií hnacích sil (např. hospodářské sektory, lidské aktivity), tlaků (např. emise, odpady) a stavu (např. fyzický, chemický či biologický stav). Kritérium

těchto kategorií je spolu s dostupností a kvalitou dat aplikováno při výběru jednotlivých kontrolních proměnných v této disertační práci.

Obrázek č. 3 Klasifikace DPSWR



Zdroj: upraveno dle Cooper (2013)

Globální limit je s ohledem na zvolenou kontrolní proměnnou a stav výzkumu v dané oblasti vždy stanoven v co nejužší souvislosti s původní planetární hranicí (spodní hranicí zóny nejistoty). V případech, kdy např. z důvodu rozdílné kontrolní proměnné nemohly být hodnoty globálního limitu přímo přejaty z originálních studií PB, jsou tyto hodnoty stanoveny na základě literární rešerše a aktuálního vědeckého konsensu.

Nejvhodnějšími distribučními mechanismy pro splnění cílů a posouzení hypotézy této disertační práce jsou takové přístupy, které pracují s globálním environmentálním rozpočtem. Způsob jeho distribuce je součástí tzv. etické dimenze práce s konceptem

planetárních hranic (např. Raworth, 2012; Häyhä a kol., 2016). Tato dimenze řeší problém různého stavu rozvoje v jednotlivých zemích a jejich rozdílných sociálně-ekonomických potřeb, které souvisejí i s rozdílnými nároky na přírodní zdroje a dopady na globální environmentální procesy. Jak dokládá řada studií (např. Chen a kol., 2021; Pozo a kol., 2020), země, které nejvíce přispívají ke globální degradaci životního prostředí, obecně nejsou zeměmi, které pocítují nejhorší negativní dopady této degradace. Nerovnosti v oblasti životního prostředí poukazují na nutnost aplikace spravedlivějších systémů distribuce globální environmentální zátěže s ohledem na odpovědnost za stav životního prostředí a schopnost environmentální problémy řešit.

Distribuční model použitý v této disertační práci je proto založen na třech kritériích:

- (1) kritériu „rovné distribuce per capita“, které alokuje rovný objem emisí všem osobám na světě v minulosti (od roku 1990), přítomnosti i budoucnosti (do roku 2100);
- (2) kritériu zohledňujícím environmentální zátěž vyprodukovanou danou zemí od roku 1990;
- (3) kritériu zohledňujícím současný stav ekonomického rozvoje (HDP per capita).

Výsledný podíl globálního rozpočtu alokovaný jednotlivým zemím (v případě této práce ČR) může být porovnán s národními cíli v oblasti životního prostředí, popř. využit pro jejich stanovování či revizi. Zároveň je prostřednictvím těchto přístupů možné zhodnotit, jakou mírou se daná země podílí na překračování (či respektování) planetární hranice.

Prostřednictvím těchto mechanismů lze dospět k maximálnímu environmentálnímu rozpočtu jednotlivých zemí pro konkrétní kontrolní proměnné v rámci vybraných komponentů planetárních hranic. Tyto rozpočty lze dle dané kontrolní proměnné dělit do dvou skupin:

- (1) Rozpočet v čase
- (2) Roční rozpočet

Rozpočet v čase je relevantní pro limit emisí CO₂ (popř. obecně skleníkových plynů) v kontextu PB změny klimatu a okyselování oceánů. Při jeho aplikaci tohoto typu rozpočtu je zvoleno časové období, během něhož může být vyčerpán (např. od současnosti do roku 2100). Národní rozpočet pro jednotlivé roky je v tomto případě závislý na počtu obyvatel země v daném roce, popř. na populačních odhadech, neboť se v rámci jeho výpočtu zohledňuje kumulativní budoucí populace. Alokační mechanismus zohledňující úroveň rozvoje (dle HDP na osobu) bude v této práci aplikován na tyto PB, u nichž je alokován rozpočet v čase.

Roční národní rozpočet, který je relevantní u všech ostatních PB, je naopak pro jednotlivé roky fixní. Hodnoty se v souvislosti se změnami v počtu obyvatel liší pouze u národního ročního rozpočtu per capita.

Pokud model zhodnotíme na příkladu PB změny klimatu, třetí kritérium je možné aplikovat pouze při zohlednění maximálního objemu emisí a HDP všech zemí světa. V případě této PB bude v této disertační práci metoda aplikována na datový soubor pokrývající 176 zemí. Distribučním faktorem bude podíl mezi národním HDP per capita a průměrným světovým HDP per capita.

Přidáním proměnné HDP na obyvatele do modelu jsou zbývající globální emise přerozděleny dle současného stavu ekonomického rozvoje a země s nízkými příjmy získávají vyšší podíl na globálním emisním rozpočtu. Jinými slovy, země, ve kterých historické emise nepřispěly k odpovídajícímu ekonomickému růstu, mají vyšší rozpočet než země, které již dosáhly určité úrovně ekonomického rozvoje. Tento přístup staví na předpokladu, že ekonomicky rozvinuté země mají dostatečné kapacity na to, aby svou environmentální zátěž snížily rychlejším tempem než rozvojové země. I když ekonomický rozvoj teoreticky nemusí nutně souviset s vyššími emisemi, na světě není mnoho vyspělých ekonomik, které by vykazovaly skutečný *decoupling* ekonomického růstu od environmentální (v tomto případě emisní) zátěže. Méně rozvinuté země by proto měly mít právo emitovat relativně více, pokud by měly v budoucnu uplatnit své právo na rozvoj. Tato perspektiva vychází z konceptu *Greenhouse Development Rights*, který zavádí „úroveň rozvoje, pod níž se neočekává, že by lidé sdíleli náklady na změnu klimatu“. (Baer a kol., 2008)

Hodnocení výsledného stavu v kontextu „bezpečného operačního prostoru“ je v této práci částečně postaveno na metodologii autorů Dao a kol. (2018). Ti pro každou PB vypočítali podíl mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem, dle nějž národní skóre rozdělili do tří kategorií (vysoce překročená hranice, málo či středně překročená hranice a nepřekročená hranice). Vedle tohoto podílu na základě vlastního úsudku a konzultace s experty vyhodnotili dále také nejistotu, resp. míru spolehlivosti a budoucí trend globální stopy. Na základě těchto kritérií pak danou planetární hranici vyhodnotili jako „jasně bezpečnou“, „bezpečnou“, „nebezpečnou“ a „jasně nebezpečnou“. (Dao a kol., 2018) Tuto metodologii převzali pro účely národní případové studie Nizozemska např. také Lucas a Wilting (2018). V této disertační práci bude výsledný stav hodnocen dle podílu mezi roční vyprodukovanou zátěží a ročním limitem na této čtyřstupňové škále dle skóre v kontextu dané PB (viz tabulka č. 2).

Tabulka č. 2 Škála hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem

Hodnocení	Podíl mezi roční vyprodukovanou zátěží a ročním limitem
Jasně bezpečné	< 0,5
Bezpečné	0,5–1
Nebezpečné	1–2
Jasně nebezpečné	> 2

4 Současný stav zkoumané problematiky

V této části disertační práce je podrobně představen současný stav výzkumu postavený na literární rešerši. Popsán je jak koncept planetárních hranic, tak i jeho vývoj v kontextu starších i nejnovějších vědeckých přístupů ke konceptualizaci environmentálních limitů planety. V samostatných podkapitolách jsou rozebrány a vysvětleny jednotlivé komponenty PB, které mají klíčový význam pro zachování planetárního systému ve stavu jako na počátku geologické epochy holocénu. (Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015) Úroveň podrobnosti popisu každého z komponentů byla zvolena s přihlédnutím k účelu obecného porozumění dopadům překročení stanovené planetární hranice a výpočtu národního limitu. Popsány jsou také hlavní kritické ohlasy, které zveřejnění originálních studií na téma PB vyvolalo.

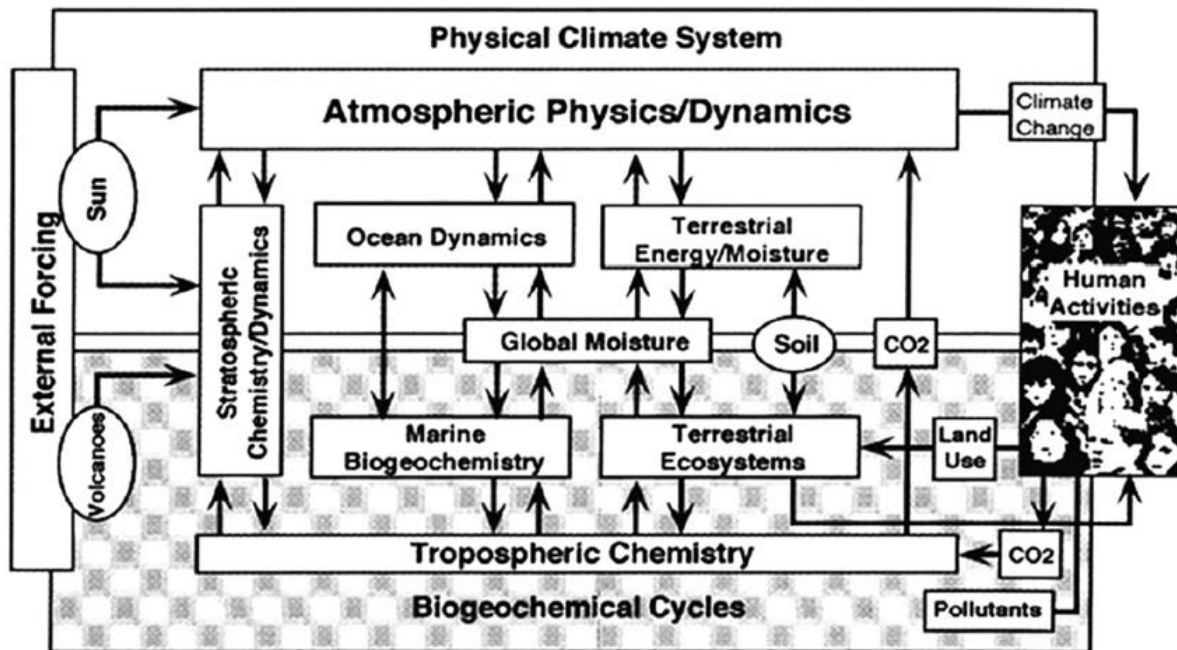
4.1 Environmentální limity planety

Hlavní vědecké proudy 20. století, které podnítily hlubší výzkum planetárních hranic a ovlivnily současné konceptuální pojetí environmentálních limitů planety, lze rozdělit do tří kategorií. První je oblast environmentální ekonomie, která se zaměřuje na rozsah lidské činnosti a jeho udržitelnost ve vztahu ke kapacitě Země. Jeden z prvních klíčových článků v této oblasti vyšel pod titulkem „*The Economics of the Coming Spaceship Earth*“ v roce 1966 z díla ekonoma Kennetha Bouldinga, který kritizoval exponenciální ekonomický růst a poukazoval na omezené environmentální zdroje pro další ekonomickou expanzi. (Boulding, 1966) Řada dalších autorů se pak zabývala např. otázkou role životního prostředí pro kvalitu lidského života (Odum, 1989; Vitousek a kol., 1997) či udržitelností lidského působení na planetě (Costanza, 1991).

Druhou kategorií jsou přírodní vědy a studium fundamentálních planetárních procesů. Jeden ze základních kamenů komplexního porozumění vlivu člověka na tyto procesy položil tzv. Brethertonův report z roku 1988, který zároveň zahájil současný vědecký program NASA o systému Země (*NASA Earth System Science*). Brethertonův diagram konceptualizuje fungování zemského systému prostřednictvím jeho rozdělení na jednotlivé subsystémy a znázornění jejich interakcí. Lidské činnosti jsou na něm v souvislosti se stavem poznání v době, kdy vznikl, znázorněny jako jeden prvek, který ovlivňuje využití území, vody a vypouštění znečišťujících látek. Zároveň na ně v rámci

diagramu zpětně působí především změna klimatu a změny v suchozemských ekosystémech. (NASA, 1986)

Obrázek č. 4 Brethertonův diagram



Zdroj: NASA (1986)

Brethertonův report ovlivnil další výzkum změny klimatu a přispěl k porozumění přírodním a antropogenním změnám na zemském povrchu, v oceánech a biosféře, které ovlivňují všechny aspekty života. Posléze na něj navázala řada dalších autorů zabývajících se planetárními procesy (např. Schellnhuber, 1999; Steffen a kol., 2004) a jejich interakcemi s antropogenními procesy (např. Clark a Munn, 1986).

Třetí kategorií je výzkum odolnosti a stability ekologických systémů. Témata odolnosti a stability do environmentálních věd přinesl Crawford S. Holling, který v 70. letech minulého století definoval stabilitu jako teoretický koncept rovnováhy, který lze matematicky analyzovat v ideálních systémech. Přírodní systémy však mohou dle Hollinga být vysoce odolné právě díky své nestabilitě a schopnosti adaptace. (Holling, 1973) Významným odvětvím výzkumu odolnosti ve vztahu k vývoji konceptu planetárních hranic je pak také její vztah ke komplexním dynamikám a seberegulaci u živých systémů (např. Kaufmann, 1993; Folke a kol., 2004; Scheffer, 2009).

Na základě těchto a dalších navazujících studií vzniklo v druhé polovině 20. století několik přístupů reflektujících omezenou kapacitu a odolnost planetárních systémů ve vztahu k antropogenním aktivitách. Mezi ně patří např. pro Římský klub zpracovaná publikace *Meze růstu*, která poukázala na environmentální dopady exponenciálního ekonomického růstu ve spojení s populačním růstem a při zachování současné úrovně spotřeby předpověděla ekonomický kolaps do roku 2030. (Meadows a kol., 1972) Není bez zajímavosti, že průměrný scénář představený autory *Mezi růstu*, který předpokládal pokračování dosavadních trendů, byl po více než třiceti letech přezkoumán a potvrzen na reálných historických datech za období 1970–2000. (Turner, 2008)

Dalším z klíčových přístupů je koncept bezpečných minimálních standardů v ochraně životního prostředí (Ciriacy-Wantrup, 1952; Bishop, 1978; Crowards, 1998). Jeho podstatou je analýza nákladů a přínosů favorizující životní prostředí v případě rizika jeho nevratného poškození.

Raffensperger a Tickner (1999) formulovali tzv. „princip předběžné opatrnosti“, v němž poukázali především na nutnost aktivního (nikoliv pouze reaktivního) politického přístupu v případech, kdy lidské aktivity ve svém důsledku ohrožují veřejné zdraví nebo životní prostředí.

Důležitým je v neposlední řadě také tzv. princip tolerovatelných oken (Petschel-Held a kol., 1999), využívaný především pro integrovaný výzkum změny klimatu. Tolerovatelná okna představují soustavu systémových limitů (např. kritické prahové hodnoty pro formaci severoatlantických hlubinných vod) a normativních limitů (např. minimální standardy pro produkci potravin na obyvatele po celém světě), které jsou dále využívány pro modelování klimatických scénářů.

Řada autorů těchto přístupů i výše zmíněných studií (např. Paul Crutzen, Marten Scheffer, Timothy Lenton či Hans-Joachim Schellnhuber) byla rovněž součástí kolektivu 29 autorů první studie planetárních hranic publikované v roce 2009 v časopise *Nature* (Rockström a kol., 2009).

4.2 Planetární hranice

Nejnovější koncept planetárních hranic byl poprvé představen v roce 2009 skupinou vědců vedenou Johanem Rockströmem ze Stockholmského centra odolnosti a Willem Steffenem z Australské národní univerzity. Rockström a kol. (2009) v rámci něj využili vědecké poznatky z výše zmíněných studií a identifikovali devět biofyzikálních procesů, které regulují stabilitu a odolnost planetárního systému. Tyto procesy lze členit do čtyř kategorií:

- (1) globální biogeochemické cykly dusíku, fosforu, uhlíku a vody;
- (2) hlavní cirkulační systémy planety (podnebí, stratosféra, oceánské systémy);
- (3) biofyzikální vlastnosti Země, které zajišťují odolnost a samoregulaci (mořská a suchozemská biologická rozmanitost, půdní systém);
- (4) kritické procesy spojené s antropogenními globálními dopady (zatížení aerosolem a chemické znečištění).

Pro sedm z těchto procesů autoři identifikovali kontrolní proměnné a na základě kompilace aktuálních vědeckých poznatků kvantifikovali planetární hranici (viz tabulka č. 3).

Tabulka č. 3 Planetární hranice a jejich vyčíslení

Planetární proces	Kontrolní proměnná	Planetární hranice (zóna nejistoty)	Hodnota v předindustriálním období
Změna klimatu	Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře	Atmosférická koncentrace CO ₂ 350 ppm (350–550 ppm)	280
	Energetická nerovnováha v horních vrstvách atmosféry	Změna v radiačním působení +1 W na m ² (+1,0–+1,5 W na m ²)	0
Okyselování oceánu	Stav nasycení povrchové mořské vody aragonitem	Udržet průměrný stav nasycení povrchové mořské vody aragonitem na 80 a více % předindustriální úroveň (≥ 80 % – ≥ 70 %)	3,44
Stratosférický ozon	Stratosférická	Menší než 5% snížení	290

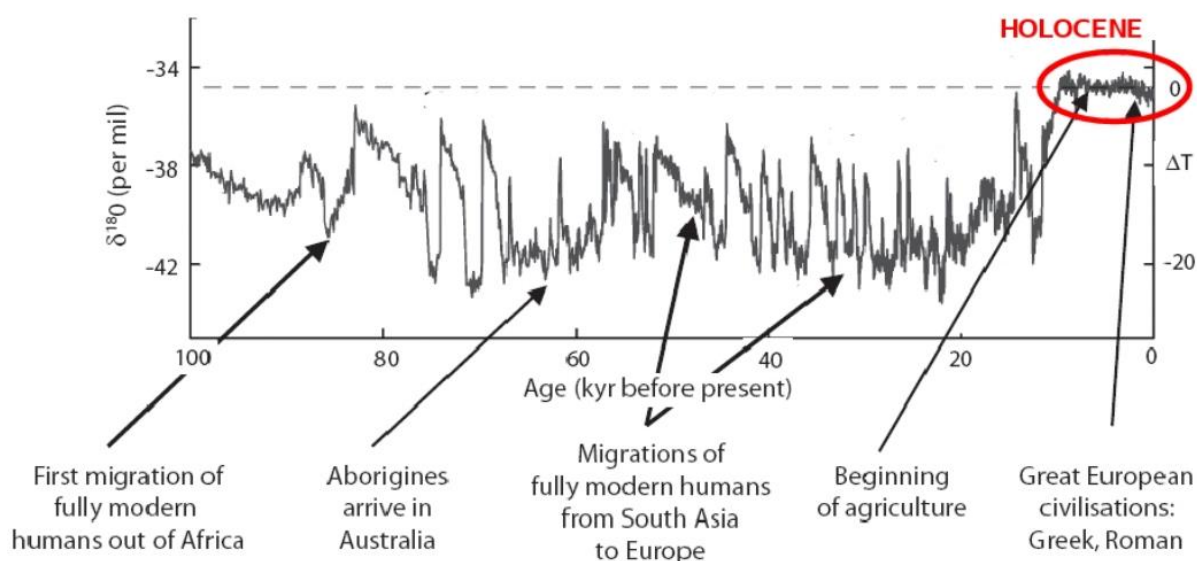
	koncentrace O ₃ (Dobsonovy jednotky)	koncentrace O ₃ oproti předindustriální úrovni (5%–10%)	
Atmosférický aerosol	Celková koncentrace částic v atmosféře, na regionálním základě	-	-
Biochemické toky	Fosfor: Příliv fosforu do oceánu, nárůst oproti přirozenému zvětrávání	< 10× (10–100×)	-1
	Dusík: Množství N ₂ odebrané z atmosféry pro lidské využití (Mt N za rok)	Omezení průmyslové a zemědělské fixace N ₂ na 35 Tg N za rok, což je 25 % celkového množství přirozeně fixovaného dusíku za rok v suchozemských ekosystémech (25–35 %)	0
Globální využití sladké vody	Spotřební využití modré vody ² (km ³ za rok)	< 10 km ³ za rok (4000–6000 km ³ za rok)	415
Změna v systému využití území	Podíl globálního pokryvu území přeměněného na ornou půdu	≤ 15 % globálního nezaledněného území přeměněného na ornou půdu (15–20 %)	nízká
Ztráta biodiverzity	Míra vymírání, počet druhů na milion druhů za rok (E/MSY)	< 10 E/MSY (10–100 E/MSY)	0,1–1
Chemické znečištění	Např. emise, koncentrace nebo dopady perzistentních organických polutantů, plastů, endokrinních disruptorů, těžkých kovů a jaderného odpadu na ekosystémy a planetární systém	-	-

Zdroj: Rockström a kol. (2009)

² Tzv. modrá voda (*blue water*) představuje objem povrchové a podzemní vody, která se spotřebuje v průběhu výrobního cyklu produktu nebo služby.

Všech devět planetárních procesů má klíčovou roli v zachování zemského systému ve stavu jako na počátku geologického období holocénu před 10 000 lety.³ Z hlediska biofyzikálních procesů relativně stabilní holocén a současné interglaciální období umožnilo vznik zemědělství a rozvoj společnosti (viz graf č. 1). Nenarušení této stability dopady antropogenních aktivit je proto z hlediska udržitelnosti lidské civilizace klíčové. (Rockström a kol., 2009) Přestože činnost člověka měla i před obdobím *antropocénu* dopady na životní prostředí v regionálním měřítku (např. vyhynutí megafauny, požáry atd.), důkazy o zásadním vlivu člověka na planetární systémy v globálním měřítku před průmyslovou revolucí neexistují. (Steffen a kol., 2007) Studie navíc naznačují, že bez antropogenních tlaků by mohl stav holocénu přetrvávat po další tisíce let. (Berger a Loutre, 2002)

Graf č. 1 Poslední ledovcový cyklus 18O (indikátor teploty) a vybrané události v lidské historii



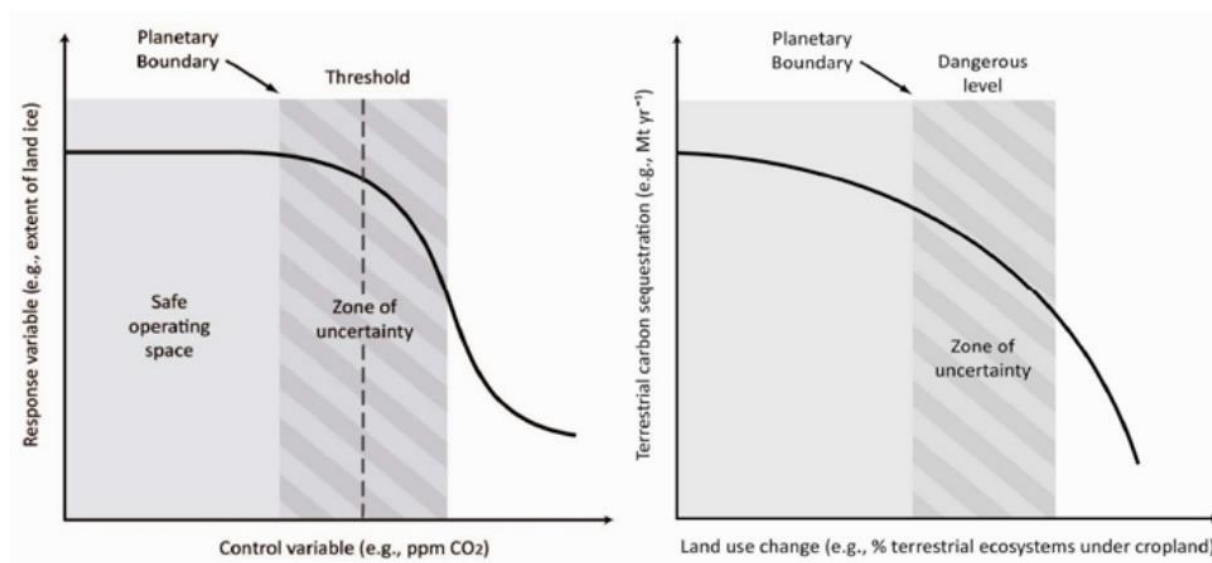
Zdroj: Rockström a kol. (2009)

Z terminologického hlediska rozlišují autoři konceptu mezi planetárními mezemi (*thresholds*), hranicemi (*boundaries*) a jejich kontrolními proměnnými (*control variables*)

³ Vědecké názory na počátek holocénu se různí. Někteří autoři za něj považují konec poslední doby ledové a přechod do současného interglaciálního období, který nastal přibližně před 11 700 lety. Rockström a kol. (2009) počátek stabilního období holocénu stanovují před 10 000 lety.

(viz obrázek č. 5). Planetární meze jsou definovány jako nelineární přechody ve fungování systému mezi člověkem a životním prostředím, např. náhlý ústup arktického mořského ledu způsobený antropogenním globálním oteplováním. Tyto hodnoty nejsou na globální úrovni známy pro všechny výše zmíněné planetární procesy, např. z hlediska využití území je možné identifikovat pouze regionální mezní hodnoty. Jejich překročení na více úrovních může nicméně rovněž vést k nevratným globálním změnám, popř. k překročení mezí v jiných procesech, v tomto případě např. u změny klimatu. Planetárními hranicemi jsou rozuměny hodnoty kontrolních proměnných, které jsou v bezpečné vzdálenosti od planetárních mezních hodnot či jiné, prostřednictvím vědeckého konsensu stanovené, „nebezpečné úrovně“. Tyto hranice jsou autory stanoveny na spodní úrovni tzv. zóny nejistoty (*zone of uncertainty*), která je spojena s každou kvantifikovanou planetární mezí. Pokud se hodnoty kontrolních proměnných pohybují v zóně nejistoty, je stav hodnocen jako zvyšující se riziko. V případě, kdy hodnoty překračují horní hranici zóny nejistoty, tedy planetární mez, je stav hodnocen jako vysoké riziko. (Rockström a kol., 2009)

Obrázek č. 5 Koncepční popis planetárních hranic



Zdroj: Rockström a kol. (2009)

V rámci aktualizované studie z roku 2015 byly některé planetární hranice oproti původní publikaci redefinovány⁴ (viz tabulka č. 4). Steffen a kol. (2015) dále identifikovali pět regionálních, resp. subglobálních hranic, jejichž překračování může mít globální význam (integrita biosféry, biochemické toky, využití území, využití sladké vody a atmosférický aerosol), a zdůraznili význam jejich výzkumu ve vztahu k porozumění fungování systému Země jako celku.

Tabulka č. 4 Revidované planetární procesy a hranice

Planetární proces	Kontrolní proměnná	Planetární hranice (zóna nejistoty)
Změna klimatu	viz tabulka č. 3 ⁵	
Okyselování oceánu	viz tabulka č. 3	
Stratosférický ozon	viz tabulka č. 3	
Změny v integritě biosféry	<i>(genetická diverzita)</i> míra vymírání, počet druhů na milion druhů za rok (E/MSY) <i>(funkční diverzita)</i> Index neporušenosti biodiverzity (BII)	< 10 E/MSY (10–100 E/MSY) > 90 % BII (90–30 %)
Biochemické toky	Fosfor (<i>globální</i>): Odtok fosforu ze sladké vody do oceánů	11 Tg P za rok (11–100 Tg P za rok)
	Fosfor (<i>regionální</i>): Odvádění fosforu z hnojiv do půd ohrožených erozí	6,2 Tg za rok do zemědělských půd ohrožených erozí (6,2–11,2 Tg za rok)
	Dusík (<i>globální</i>): Průmyslová a záměrná biologická fixace N	Omezení průmyslové a záměrné fixace N ₂ na 62 Tg N za rok (62–82 Tg N za rok)
Využití sladké vody	<i>(globální)</i> Maximální množství spotřebního využití modré vody	< 4000 km ³ za rok (4000–6000 km ³ za rok)
	<i>(povodí)</i> Maximum měsíčního odběru vody vzhledem k podílu průměrného měsíčního toku řeky	Pro měsíce s nízkým průtokem 25 % (25–55 %) Pro měsíce se středím průtokem 30 % (30–60 %) Pro měsíce s vysokým průtokem 55 % (55–85 %)

⁴ PB pro procesy změny klimatu, okyselování oceánů a stratosférický ozon zůstaly nezměněny; pro proces chemického znečištění (v nejaktuálnější studii pod obecným názvem „nové entity“) dosud nebyla identifikována kontrolní proměnná.

⁵ Indikátory a hodnoty zůstaly stejné jako v Rockström a kol. (2009), pozn. pouze u atmosférické koncentrace CO₂ revidována zóna nejistoty na 350–450 ppm.

Změna v systému využití území	<p><i>(globální)</i> Plocha zalesněné půdy jako % původního lesního porostu</p> <p><i>(biom)</i> Plocha zalesněné půdy jako % potenciálního lesního porostu</p>	<p>75 % (75–54 %)</p> <p>85 % (85–60 %) tropického 50 % (50–30 %) mírného 85 % (85–60 %) boreálního</p>
Atmosférický aerosol	<p><i>(globální)</i> Optická hloubka aerosolu (AOD)</p> <p><i>(regionální)</i> AOD jako sezónní průměr nad regionem</p>	<p>-</p> <p>AOD nad indickým subkontinentem 0,25 (0,25–0,50) (pouze pro jihoasijský monzun)</p>
Nové entity	-	-

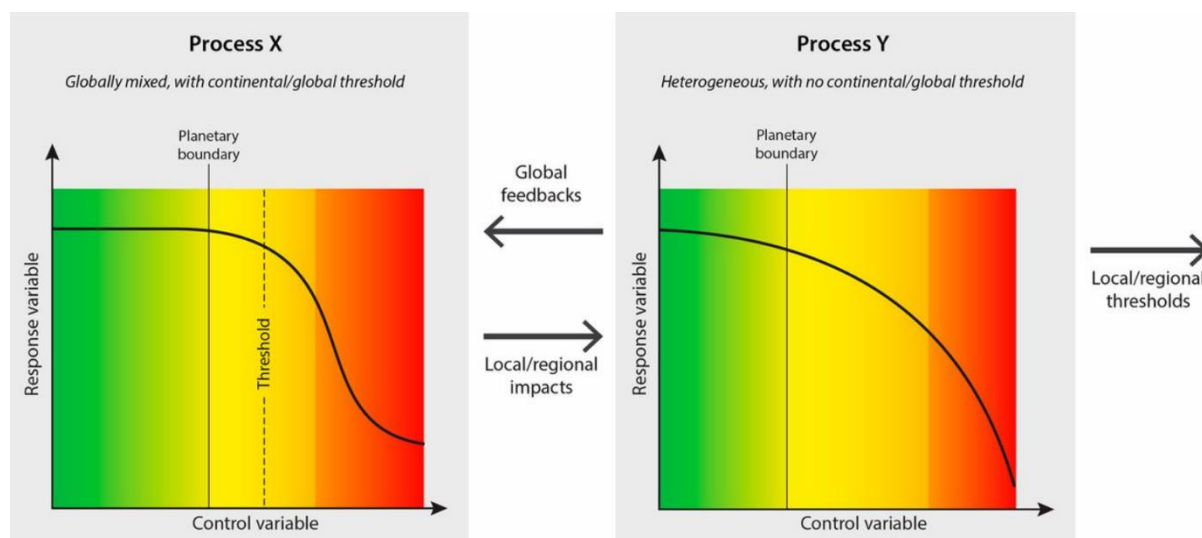
Zdroj: Steffen a kol. (2015)

K subglobálním hranicím následně Steffen a kol. (2015) navrhli také dvě úrovně kontrolních proměnných (globální agregovanou hranici a subglobální hranici). Nejvýznamnější jednotky subglobální úrovně pro jednotlivé planetární procesy jsou vymezeny podle role, kterou procesy hrají v globálním planetárním systému:

- změna integrity biosféry (suchozemské biomy, velké sladkovodní ekosystémy, hlavní mořské ekosystémy),
- změny ve využití půdy (změny lesních biomů),
- využití sladké vody (hlavní povodí po celém světě),
- změny v tocích dusíku a fosforu (intenzivní zemědělské zóny).

Koncepční rámec planetárních hranic při zohlednění subregionálních procesů je znázorněn na obrázku č. 6.

Obrázek č. 6 Konceptní rámec znázorňující bezpečný operační prostor (ohraňovaný planetární hranicí), zónu nejistoty, polohu planetární meze (kde pravděpodobně existuje) a oblast s vysokým rizikem

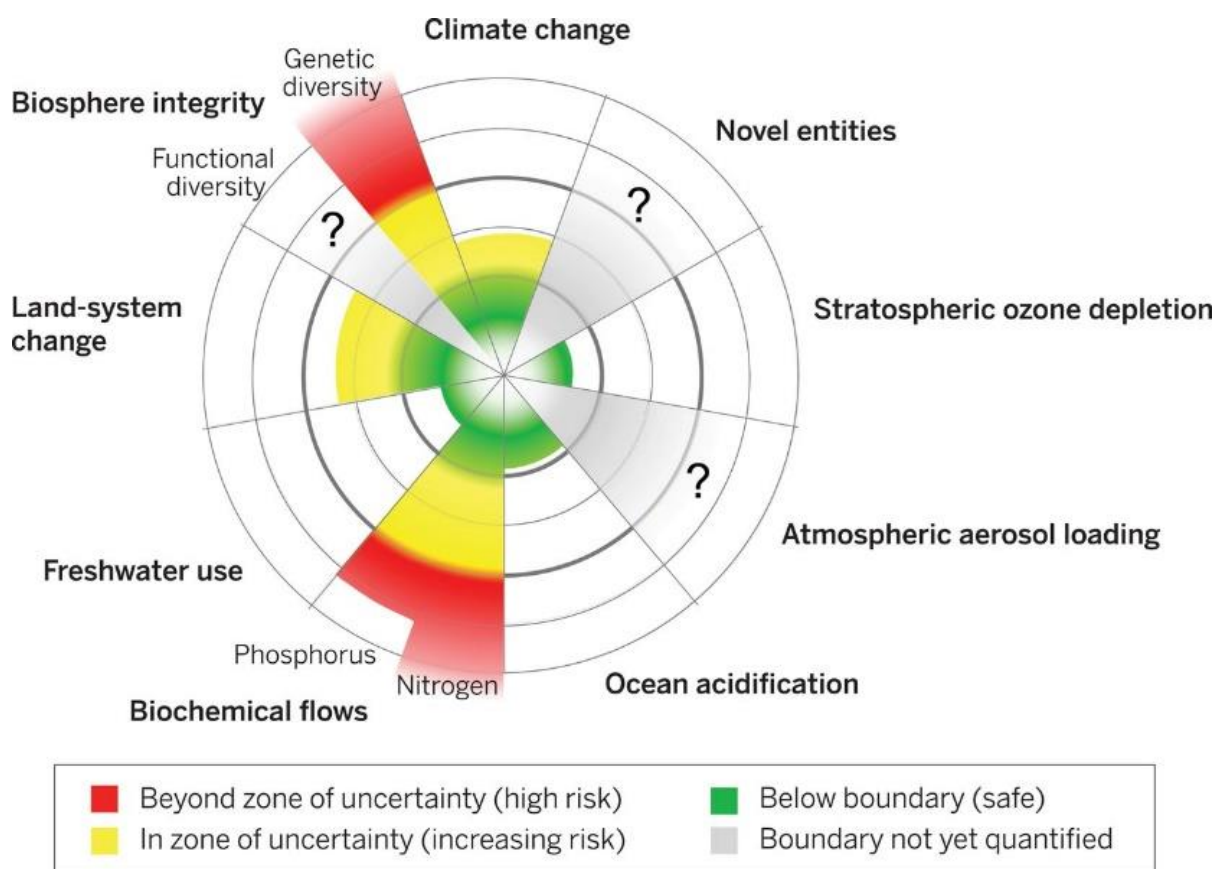


Zdroj: Steffen a kol. (2015)

Pro zohlednění vědeckých výstupů v oblasti planetárních hranic v rámci tvorby mezinárodních i národních politik je klíčové vyvinutí mechanismu „včasných signálů“ pro situace blížící se překročení kritického bodu. (Steffen a kol., 2015) Pokusy o vyvinutí systémů včasných varování lze zaznamenat i v současné literatuře (např. Carpenter a Brock, 2006; Scheffer a kol., 2009; Scheffer a kol., 2012; Wang a kol., 2012). Potřeba indikátorů, které jsou schopny zachytit kritické změny v jednotlivých planetárních procesech zavčas, je zohledněna i při výběru kontrolních proměnných pro výpočet národních limitů v této disertační práci.

Stanovené planetární hranice, v nichž je lidské působení na životní prostředí bezpečné, byly k danému roku překročeny již ve čtyřech z planetárních procesů (biochemické toky, integrita biosféry, využití území a změna klimatu) (viz obrázek č. 7). Za nejdůležitější PB, které mají při významném a trvalém překračování potenciál přivést systém Země do nového stavu a ovlivnit další planetární procesy, jsou autory této aktualizované studie považovány změna klimatu a integrita biosféry. (Steffen a kol., 2015)

Obrázek č. 7 Současné hodnoty kontrolních proměnných pro sedm planetárních hranic



Zdroj: Steffen a kol. (2015)

4.2.1 Změna klimatu

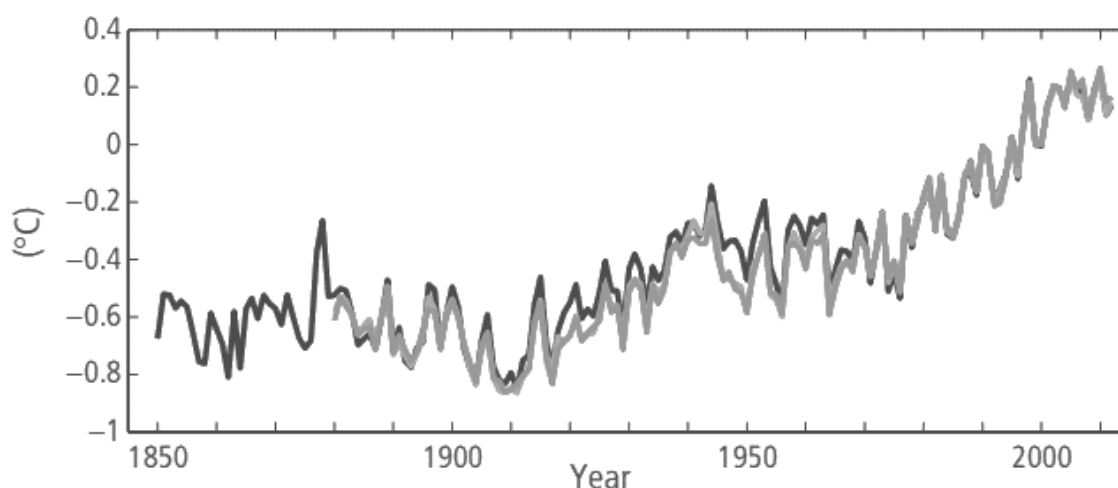
Závěry poslední souhrnné zprávy Mezivládního panelu pro změnu klimatu z roku 2014 jednoznačně potvrzují vliv lidského působení na klimatický systém. Antropogenní emise skleníkových plynů dosahují nejvyšší úrovně v historii a změny klimatu mají dopad na sociální i environmentální systémy. (IPCC, 2014)

V důsledku změny klimatu již dnes dochází např. ke zvýšení intenzity, frekvence a doby trvání vln veder (Perkins a kol., 2012), zvýšení počtu přívalových dešťů i ke změnám v atmosférické cirkulaci a zhoršujícím se suchům v mnoha oblastech (IPCC, 2012). Mění se srážkové podmínky a tající led a sníh mění hydrologické systémy a kvalitu i kvantitu vodních zdrojů v mnoha regionech. Řada druhů v reakci na probíhající

změnu klimatu mění své zeměpisné působení, sezónní aktivity, migrační vzorce, jsou ovlivněny jejich počty a interakce. Řada dopadů je také spojena se stoupající hladinou moří a oceánů. Současné teplotní extrémy jako vlny veder, sucha, záplavy, cyklóny a požáry ukazují na významnou zranitelnost a vystavení některých ekosystémů a lidských systémů změně klimatu. (IPCC, 2014)

Globální průměrný kombinovaný nárůst teploty povrchu Země a oceánu v období od roku 1880 do roku 2012 činil 0,85 °C (viz graf č. 2). (IPCC, 2014)

Graf č. 2 Globální průměrné kombinované anomálie teploty povrchu Země a oceánu

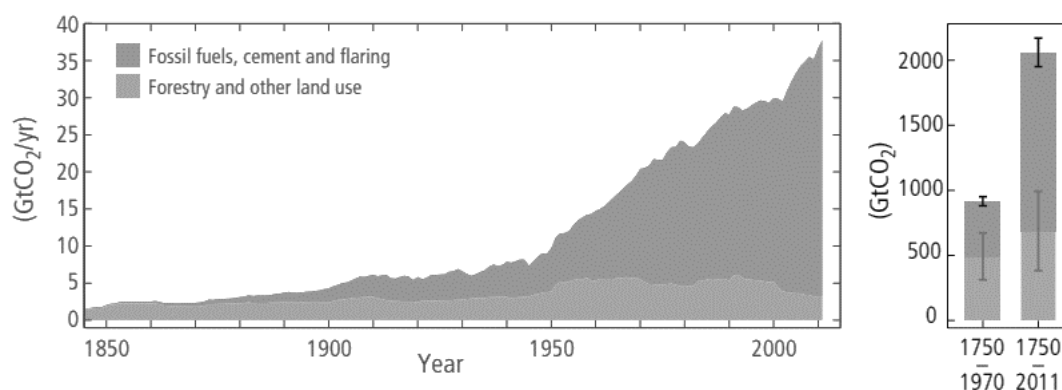


Zdroj: IPCC (2014)

Změny klimatu jsou zapříčiněny především zvýšením atmosférické koncentrace skleníkových plynů. Mezi lety 1750 a 2011 dosáhly kumulativní antropogenní emise CO₂ 2040 GtCO₂, z nichž přibližně 40 % (880 GtCO₂) zůstalo v atmosféře. Emise CO₂ z fosilních paliv a průmyslu tvořily mezi lety 1970 a 2010 přibližně 78 % skleníkových plynů. (IPCC, 2014) Atmosférická koncentrace CO₂ je jednou ze dvou kontrolních proměnných pro planetární hranici změny klimatu. Její hranice byla kvantifikována jako 350 ppm, se zónou nejistoty stanovenou v rozmezí 350–450 ppm. (Steffen a kol., 2015) Horní hranice zóny nejistoty byla v nejnovější studii snížena z původních 550 ppm.

Největším zdrojem antropogenních emisí CO₂, jejichž prudký nárůst lze zaznamenat především v druhé polovině 20. století, jsou fosilní paliva a průmyslové procesy (viz graf č. 3), které mají spojitost s ekonomickým a populačním růstem. (ICPP, 2014)

Graf č. 3 Globální antropogenní emise CO₂ (graf nalevo) a kumulativní emise CO₂ (graf napravo)



Zdroj: IPCC (2014)

Druhou, dle autorů konceptu ještě důležitější kontrolní proměnnou PB změny klimatu je energetická nerovnováha v horních vrstvách atmosféry, která je ovlivňována emisemi CO₂, skleníkovými plyny, aerosolem a dalšími antropogenními faktory. Její hodnota byla stanovena na maximální změnu radiačního působení o +1,0 W na m² oproti preindustriální úrovni, se zónou nejistoty v rozmezí od +1,0 do +1,5 W na m². (Steffen a kol., 2015) Dle IPCC (2014) dosáhla antropogenními vlivy způsobená energetická nerovnováha úrovně +2,3 W na m² v roce 2011 oproti roku 1750.

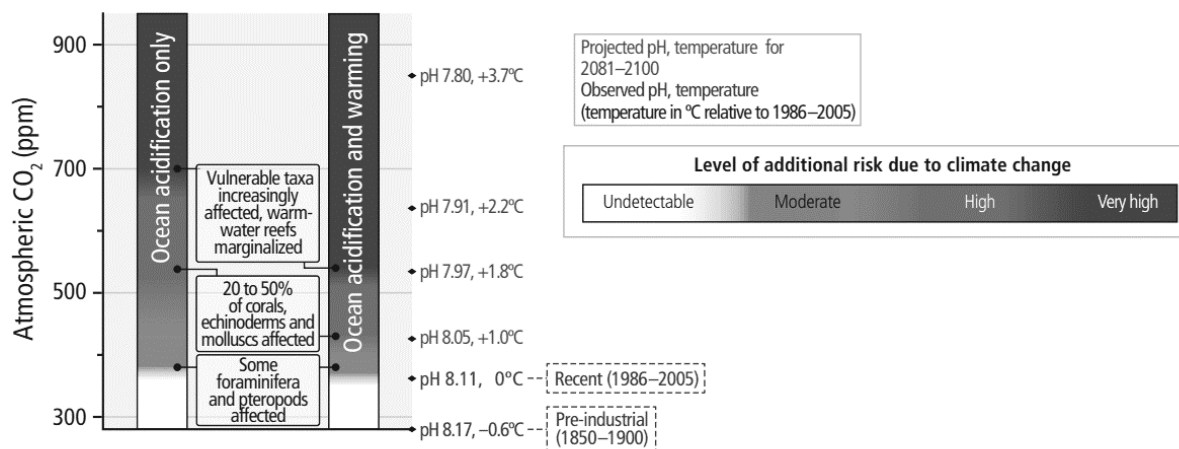
Těmito dvěma kontrolními proměnnými (tedy atmosférickou koncentrací CO₂ a změnou v radiačním působení) kvantifikovaná planetární hranice změny klimatu by s vysokou pravděpodobností byla v souladu s nárůstem globální průměrné teploty o maximálně 2 °C oproti předindustriální úrovni. (Rockström a kol., 2009) Hranice 350 ppm by dle některých autorů měla být v souladu s maximálním teplotním nárůstem o 1 °C do roku 2100, což je úroveň, která zcela odpovídá „bezpečnému operačnímu prostoru“. (Hansen a kol., 2013)

4.2.2 Okyselování oceánu

Ačkoliv proces okyselování oceánů přímo nesouvisí s klimatickou změnou, je podobně jako dříve představená PB změny klimatu spojen především s antropogenními emisemi oxidu uhličitého. V důsledku zvýšení atmosférické koncentrace CO_2 a jeho rozpouštění v oceánech se za posledních 200 let zvýšila koncentrace volných iontů H^+ v povrchovém oceánu o přibližně 30 % (The Royal Society, 2005) a dosáhla stavu sníženého pH, který negativně ovlivňuje mořské organismy. (Duarte a kol., 2013) Od roku 1750 se pH oceánu snížilo z 8,2 na 8,1. V závislosti na scénářích se očekává, že do konce 21. století se pH sníží o 0,2 až 0,4. (Dao a kol., 2018)

Rizika pro mořské druhy spojená s okyselováním oceánů a daným jevem souvisejícím s klimatickou změnou dle scénářů IPCC (2014) znázorňuje graf č. 4.

Graf č. 4 Rizika pro mořské druhy v souvislosti s okyselováním oceánů a klimatickou změnou



Zdroj: IPCC (2014)

Globální PB okyselování oceánů je vyčíslena prostřednictvím průměrného nasycení povrchové mořské vody vzhledem k aragonitu, které by nemělo klesnout pod 80 % předindustriální úrovně. (Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015) Aragonit je jedním z uhličitánů, které jsou součástí skořápek a kostry mnoha mořských živočichů, snížení pH

mořské vody však negativně ovlivňuje jeho vznik. Stanovenou hranici pro okyselování oceánů lze dát do souvislosti se spodní hranicí zóny nejistoty PB změny klimatu (350 ppm CO₂). V současné době dosahuje tato proměnná přibližně 84 %. (Steffen a kol., 2015)

4.2.3 Stratosférický ozon

Atmosféra Země je tvořena řadou chemických prvků včetně dusíku, vodíku, kyslíku a ozonu. Ozon (O₃) je nestabilní forma kyslíku, kterou vytváří ultrafialové (UV) záření slunce. Proces rozdělení molekul kyslíku pod UV zářením a jejich spojení ve formě ozonu zajišťuje přirozenou ozonovou rovnováhu, díky které je většina UV záření absorbována ve stratosféře. V té se nachází přibližně 90 % ozonu. UV záření se dělí dle vlnové délky na tři základní typy, z nichž UV-B, které je ozonem částečně absorbováno, představuje hrozbu pro člověka, faunu i floru. (Sinclair, 2002)

Ozonová vrstva je měřena v Dobsonových jednotkách (*Dobson units*, DU) a její síla se liší dle ročního období a geografické lokace. (Rowland, 1991) Ve 20. letech minulého století byly především pro účely chlazení vynalezeny chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), známé také jako freony. Jejich využívání se masově rozšiřovalo od 30. let a do roku 1985 přesáhla celková produkce CFC 1 milion tun. (Sinclair, 2002) V tomto kontextu je nicméně nutné poznamenat, že spotřeba GFC na osobu byla ve stejném období desetkrát menší v rozvojových oproti rozvinutým zemím. (French a Kotzé, 2021) První studie o negativním efektu CFC na ozonovou vrstvu byly publikovány v 70. letech (např. Molina a Rowland, 1974) a později potvrzeny např. Americkou akademií vědců (*United States Academy of Scientists*) a Programem OSN pro životní prostředí. V 80. letech byl zaznamenán 20% úbytek ozonové vrstvy nad Antarktidou, označovaný jako „ozonová díra“. (Sinclair, 2002) Globální ozon se snížil z více než 290 DU v roce 1980 na 275 DU na začátku 90. let. Antarktický ozon se během antarktického jara snížil z 225 DU v roce 1979 na pouhých 92 DU v roce 1994. (French a Kotzé, 2021)

Od 90. let k dalšímu snížení nedochází, ozonová vrstva byla naopak v některých oblastech obnovena (Steinbrecht, 2018) především díky Montrealskému protokolu, který vešel v platnost v roce 1989. Ten kontroluje výrobu i spotřebu CFC, halogenů a dalších

chemických látek snižujících ozonovou vrstvu a je považován za jeden z největších úspěchů v oblasti mezinárodního environmentálního práva. Univerzálně ratifikován byl Montrealský protokol v roce 2010.

Planetární hranice pro stratosférický ozon byla vyčíslena jako méně než 5% úbytek vrstvy ve všech výškách oproti stavu v období mezi lety 1964 a 1980. Jinými slovy by ozonová vrstva neměla být nižší než 276 DU. Tato PB má zároveň úzkou spojitost s PB změny klimatu, neboť má zvýšená koncentrace skleníkových plynů vliv na ochlazování stratosféry a vznik polárních stratosférických mraků, které jsou kritickým faktorem pro ozonovou díru. (Rockström a kol., 2009) Na druhou stranu však implementace Montrealského protokolu a *phase-out* látek s negativním dopadem na ozonovou vrstvu také výrazně přispěla k mitigaci změny klimatu. (Goyal a kol., 2019)

PB vztahující se ke stratosférickému ozonu nebude v rámci této disertační práce hodnocena na národní úrovni. Z analýzy byla vyřazena (podobně jako z národních případových studií jiných autorů) v důsledku úspěšné implementace Montrealského protokolu. Údaje za rok 2019 ukazují, že spotřeba tzv. látek poškozujících ozon (*Ozone Depleting Substances*, ODS) v EU zůstala záporná (−387 metrických tun), což znamená, že bylo zničeno nebo vyvezeno více látek, než bylo vyrobeno nebo dovezeno. Spotřeba ODS v EU je záporná od roku 2012. (EEA, 2020)

Výroba a dovoz látek CFC pro běžné použití je v ČR od roku 1996 zakázána zákonem č. 86/1995 Sb., o ochraně ozonové vrstvy Země, a zákonem č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých zákonů. Spotřeba malého množství CFC pro analytické účely je v souladu s Montrealským protokolem. „*Termín vyloučení spotřeby látek HCFC byl oproti termínu stanovenému v Kodaňském dodatku (rok 2030) v České republice zpřísněn na rok 2015 zákonem č. 86/1995 Sb., o ochraně ozonové vrstvy Země, a v souladu s postupem členských států EU (nařízení (ES) č. 2037/2000 Evropského parlamentu a Rady, o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, ze dne 29. června 2000) a zákonem č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých zákonů, na rok 2010.*“ (Achrer a kol., 2007, str. 26)

4.2.4 Biochemické toky dusíku a fosforu

Pro fungování zemského systému jsou klíčové také biochemické toky některých prvků, respektive kontrola lidských zásahů do nich. Mezi nejdůležitější z nich patří především fosfor (P) a dusík (N), ale také uhlík nebo např. silikon. (Steffen a kol., 2015) Koncept planetárních hranic nicméně do této kategorie prozatím řadí pouze první dva zmíněné. Jeho autoři upozorňují zejména na zásadní změny v suchozemských, vodních a mořských ekosystémech způsobené anoxickými událostmi (definovanými jako stav, kdy v hlubokém oceánu vymizí kyslík) a eutrofizací v souvislosti s nadměrnými přílivy dusíku a fosforu z řek, podzemních vod, čističek odpadních vod či prostřednictvím proudů. (Rockström a kol., 2009) Tyto prvky jsou přitom v globálním měřítku široce využívány jako hnojiva.

Pro P byly v rámci kvantifikace vytyčeny dvě planetární hranice: (1) globální, která se soustředí na prevenci významné anoxické události, byla stanovena jako trvalý tok o 11 Tg P za rok ze sladkovodních systémů do oceánu; a (2) regionální, jejíž dodržení by mělo zabránit rozšířené eutrofizaci sladkovodních systémů, byla stanovena jako tok o 6,2 Tg P za rok z hnojiv do půd ohrožených erozí. Současná globální míra aplikace fosforu v hnojivech na ornou půdu je 14,2 Tg P za rok, tedy překračuje stanovený limit. (Steffen a kol., 2015)

Planetární hranice pro N byla stanovena pouze na globální úrovni hodnotou 62 Tg N za rok z průmyslových a jiných záměrných biologických fixací dusíku. Stejně jako u P je tato hodnota v současné době překročena. Vysoké hodnoty pro oba prvky jsou nicméně koncentrované v několika regionech intenzivního zemědělství, z nichž by mohly být redistribuovány do oblastí, kde je půda přirozeně chudá na dusík a fosfor. (Steffen a kol., 2015)

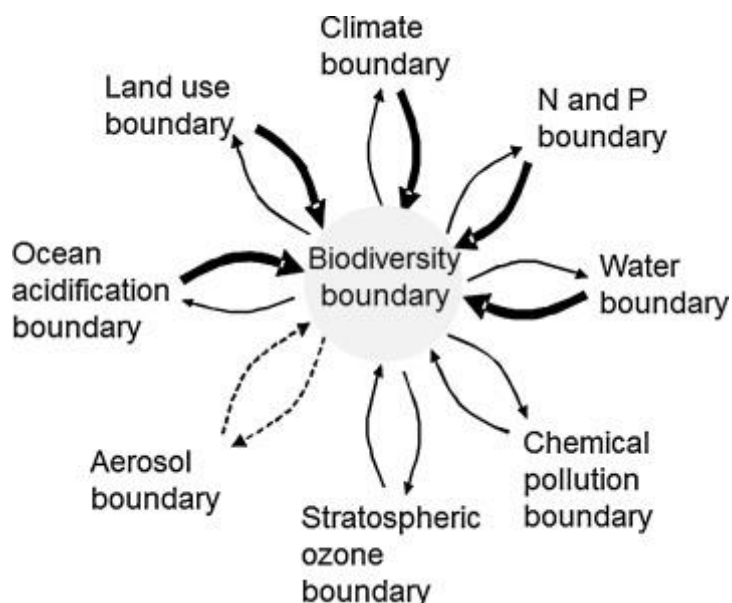
4.2.5 Integrita biosféry

Původní planetární hranice biodiverzity (Rockström a kol., 2009) byla relativně široce kritizována, především kvůli použití indikátoru míry vymírání druhů jako jediné kontrolní proměnné. Dle kritiků je daný indikátor v čase vysoce variabilní a reportovaný se značným zpožděním. (Samper, 2009; Brook a kol., 2013) V nejnovější verzi studie PB

byla tato kritika zohledněna a biodiverzita byla rozšířena na integritu biosféry, definovanou dvěma komponenty: (1) genetickou diverzitou neboli „informační bankou“, která určuje potenciál pro pokračování života v té nejvíce odolné podobě; a (2) funkční diverzitou, která je určena hodnotou, rozsahem, distribucí a relativní hojností funkčních vlastností organismů v ekosystému či biotě. (Steffen a kol., 2015) Biosférou je přitom v kontextu dané PB míněn soubor všech ekosystémů (suchozemských, sladkovodních i mořských) na Zemi a jejich biota (fauna a flóra), které hrají klíčovou roli v zajišťování ekosystémových služeb a udržování odolnosti zemského systému.

Integrita biosféry je planetární hranicí, která byla v aktualizované studii z roku 2015 spolu s PB klimatické změny označena jako základní. Soustředí se na roli biosféry ve fungování Země a zamezení takového rozsahu ztráty biodiverzity, který by vedl k nevratným změnám v globálním ekosystému a zásadnímu omezení poskytovaných ekosystémových služeb. Přestože byla biodiverzita tradičně považována spíše za regionální problematiku, poslední výzkumy poukazují na její význam pro fungování globálního ekosystému i kvalitu lidského života. (Cardinale a kol., 2012; Isbell a kol., 2017) Jako základní je označena proto, že je úzce kauzálně propojena s ostatními PB (viz obrázek č. 8). (Steffen a kol., 2015)

Obrázek č. 8 Interakce PB biodiverzity s ostatními PB



Pozn. Jak se daný faktor (tj. biologická rozmanitost nebo klima) pohybuje dále od svého bezpečného operačního prostoru, šipky označují změny faktoru (jiný typ hranice). Ve všech případech existují pozitivní zpětné vazby, tzn. změna faktoru od bezpečného prostoru také přesune ovlivněný faktor od bezpečného prostoru. Silnější šipky označují silnější a více související efekty. Tenčí šipky označují slabší a méně úzce související efekty, zatímco tečkované šipky označují zanedbatelný a/nebo malý a proměnlivý efekt. (Mace a kol., 2014)

Zdroj: Mace a kol. (2014)

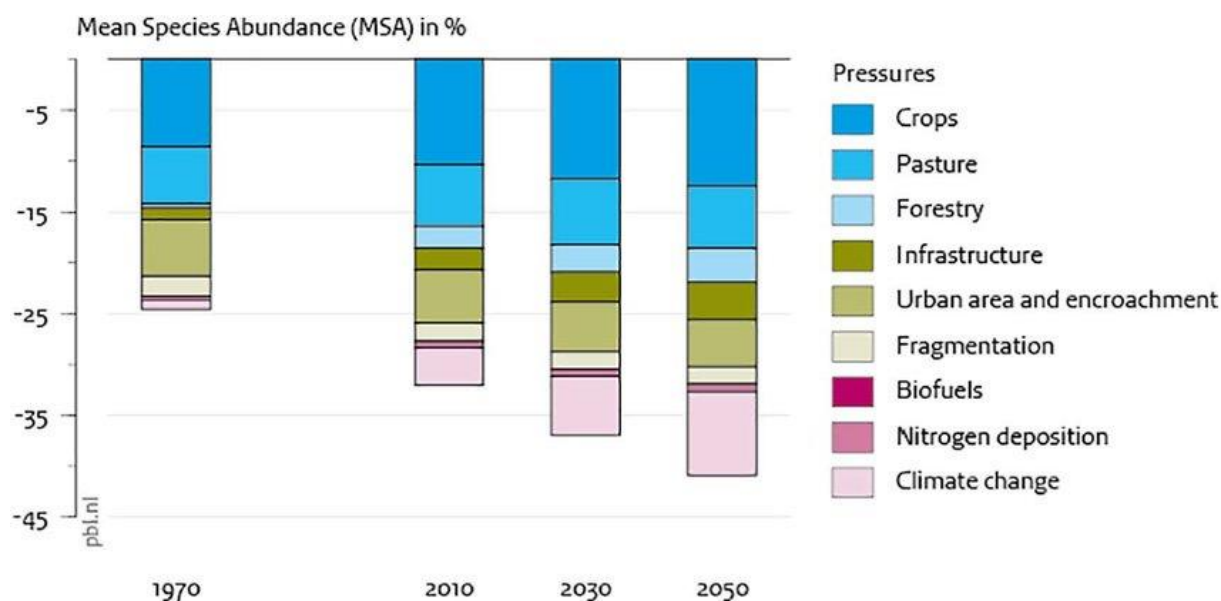
Kontrolní proměnnou pro genetickou diverzitu byla prozatím zvolena globální míra vymírání druhů, přestože autoři konceptu uznávají její omezenou vypovídající hodnotu a navrhují použití fylogenetické variability druhů (*phylogenetic species variability*, PSV) v momentě, kdy pro tento indikátor budou dostupná globální data. PSV v rámci kritiky původní konceptualizace PB biodiverzity navrhoval např. Mace a kol. (2014). Míra vymírání známých organismů v posledních několika milionech let se dle odhadů s výjimkou období hromadného vymírání pohybovala okolo 1 vyhynulého druhu na milion letodruhů (neboli 1 E/MSY). (Barnosky a kol., 2011) Po zohlednění velké míry nejistoty byla autory konceptu PB hranice stanovena na 10 vyhynulých druhů na milion letodruhů. Přestože by planetární systém měl teoreticky tuto míru vymírání zvládnout, není známo, jaká úroveň ztráty biodiverzity může způsobit nelineární či nevratné změny v jeho fungování. (Steffen a kol., 2015) Překročení limitu pro genetickou biodiverzitu dokládá vedle původní studie PB také řada dalších výzkumů (IPBES, 2019), někteří autoři (např. Wilson, 2016) dokonce hovoří o šestém hromadném vymírání vyvolaném především antropogenními faktory.

Kontrolní proměnnou pro funkční biodiverzitu je tzv. index neporušenosti biodiverzity (*Biodiversity Intactness Index*, BII), který hodnotí změny v početnosti skupin v důsledku antropogenních aktivit (využívání půdy nebo zdrojů) u široké škály funkčních skupin na úrovni biomu nebo ekosystému. Jako referenční bod pro početnost jsou použity hodnoty z předindustriální éry. Index se pohybuje od 100 % (značících početnost všech funkčních skupin shodnou s předindustriální úrovní) níže a reflektuje rozsah lidské modifikace různých populací. Globální limit funkční biodiverzity byl stanoven na 90 % BII s vysokým rozsahem nejistoty (90–30 %), která dokazuje nedostatek důkazů o vztahu mezi hodnotou indikátoru a stavem planetárního systému. Globální funkční diverzita není

v prozatím posledním oficiálním článku věnovaném PB hodnocena, studie z roku 2016 nicméně poukazuje na překročení tohoto limitu téměř na dvou třetinách světového povrchu. Zasaženy jsou přitom zejména biomy travnatých porostů a hotspoty biologické rozmanitosti. (Newbold a kol., 2016) Na regionální úrovni autoři studie PB tuto proměnnou použili prozatím jen pro příklad jihoafrických suchozemských biomů (odhadovaný limit byl v tomto případě stanoven na 84 %). (Steffen a kol., 2015)

Jako hlavní příčiny snížení druhové rozmanitosti jsou uváděny přeměna přírodních oblastí na zemědělskou půdu, lesnictví, změna klimatu, zásahy spojené s rozšiřováním lidských sídel, infrastruktura a fragmentace krajiny (viz graf č. 5). (Kok a kol., 2018) Tyto příčiny zároveň dokazují vysokou úroveň propojení integrity biosféry a zvolené proměnné s dalšími planetárními hranicemi.

Graf č. 5 Globální suchozemská ztráta MSA dle typu tlaku s predikcí do roku 2050



Zdroj: Kok a kol. (2018)

4.2.6 Změny v systému využití území

Planetární hranice změny v systému využití území ve všech suchozemských biomech (lesy, křoviny, savany, travnaté porosty, tundry atd.) se soustředí zejména na

biogeofyzické procesy v půdním systému, které přímo regulují klima (procesy výměny energie, vody a vzduchu mezi povrchem Země a atmosférou). (Steffen a kol., 2015) Tyto změny jsou většinou způsobeny zemědělskou aktivitou a poptávkou po lesních zdrojích a mohou ovlivňovat ostatní PB a v konečném důsledku mít dopad na kvalitu lidského života. (Foley a kol., 2005)

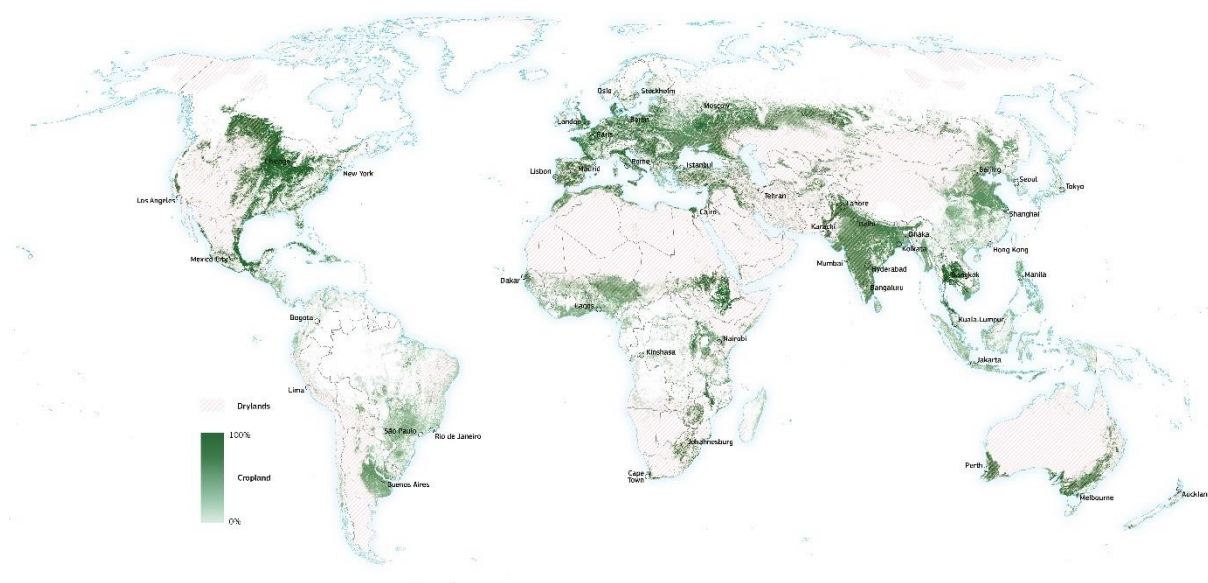
Rockström a kol. (2009) jako kontrolní proměnnou pro tento proces zvolili plochu globálního povrchu bez ledu přeměněnou na ornou půdu, která úzce souvisí s dalšími PB (především integritou biosféry, změnou klimatu a využitím sladké vody). Hranice pro tuto kontrolní proměnnou byla vyčíslena na maximálně 15 %. Vzhledem k tomu, že je tato hranice komplexním globálním agregátem, je dle autorů klíčové zvážit při její aplikaci také prostorové rozložení a intenzitu změn s ohledem na produkci potravin a regulaci toků sladké vody. Pro dodržení dané hranice je nutná alokace orné půdy do nejproduktivnějších geografických oblastí a kontrola procesů, které vedou ke ztrátě produktivní půdy.

Implementace této hranice souvisí s konceptem územní architektury (Turner, 2009), jejímž prostřednictvím by mělo být dosaženo následujícího stavu:

- (1) Nejproduktivnější půda je rezervována pro zemědělské využití.
- (2) Lesy a další klíčové ekosystémy jsou přísně chráněny.
- (3) Půdy a ekosystémy bohaté na uhlík jsou ponechány v nenarušeném nebo pečlivě obhospodařovaném stavu. (Rockström a kol., 2009)

Orná půda v současnosti zabírá přibližně 14 % povrchu Země bez ledu. (Latham a kol., 2014) Někteří autoři nicméně upozorňují na problematiku mapování globální orné půdy a nedostatek kvalitních dat, který zapříčiňuje rozdíly v těchto odhadech a v důsledku také problematiku stanovování mezinárodních cílů a politik. (See a kol., 2015) Je nicméně zřejmé, že současný stav se blíží překročení vytyčené planetární hranice.

Obrázek č. 9 Globální podíl orné půdy



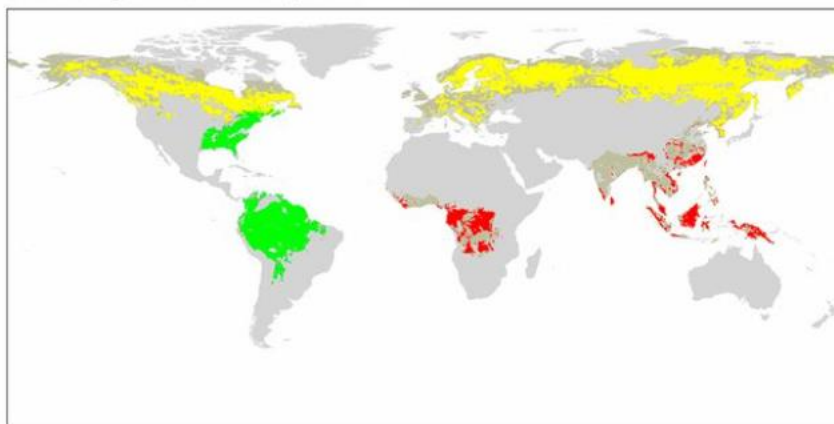
Zdroj: Cherlet a kol. (2018)

Kontrolní proměnnou zvolenou pro tuto PB v aktualizované studii z roku 2015 je rozsah zbývajícího lesního porostu na globální úrovni a ve třech hlavních lesních biomech (tropickém, boreálním a porostu mírného pásu). Soustředí se přitom na takové změny, které ovlivňují klima nad rámeček regionu, v němž proběhly. Globální hranice byla vyčíslena na 75 % (zóna nejistoty od 75 % do 54 %) zachování potenciálního lesního porostu, což odpovídá přibližně 47,9 milionu km² povrchu Země bez ledu (4,8 miliardy ha). Tato hranice byla konstruována jako vážený agregát tří hlavních lesních biomů. (Steffen a kol., 2015) Celosvětová plocha lesů se v roce 2020 odhadovala na 4,06 miliardy ha (FAO, 2020), což je hodnota, která překračuje hranici PB, ale pohybuje se v zóně nejistoty.

Hranice pro biomy tropického a boreálního lesního porostu byla stanovena na 85 %, pro lesní porost mírného pásu na 50 % potenciálního rozsahu porostu. Tyto hranice přitom úzce souvisejí s PB integrity biosféry, vymezené hranicí 90 % BII. Pokud by tato hranice byla dodržena, měly by se i hodnoty pro rozsah lesního porostu pohybovat v bezpečných mezích. (Steffen a kol., 2015) Aktuální stav kontrolní proměnné a její subglobální distribuce jsou zobrazeny na obrázku č. 10.

Obrázek č. 10 Subglobální distribuce a aktuální stav kontrolní proměnné využití území

Land-system change



- Beyond zone of uncertainty (high risk)
- In zone of uncertainty (increasing risk)
- Below boundary (safe)

Zdroj: Steffen a kol. (2015)

Lesy pokrývají 31 % rozlohy světa, což odpovídá přibližně 4 miliardám hektarů. V předindustriálním období se přitom rozloha lesů pohybovala okolo necelých 6 miliard hektarů. Podle odhadů FAO dosáhlo globální odlesňování vrcholu v 90. letech, kdy každý rok svět ztratil v průměru 16 milionů hektarů lesa (čistá ztráta zohledňující vysazování nových lesních porostů činila 8,3 milionu hektarů ročně). (EPI, 2012) Průměrná čistá ztráta lesního porostu se snížila z 7,84 milionu hektarů v období 1990–2000 na 5,17 milionu hektarů v období 2000–2010 a 4,74 milionu hektarů v období 2010–2020. (FAO, 2020)

4.2.7 Využití sladké vody

Globální cyklus sladké vody je v současné době významně ovlivňován lidskou činností. Více než 2 miliardy lidí žijí v zemích potýkajících se s nedostatkem vody a 3,6 miliard lidí na světě čelí nedostatku pitné vody alespoň jeden měsíc v roce. (WMO, 2021) Nedostatek vody je v souvislosti s rostoucí světovou populací a rostoucí globální teplotou považován za jednu z největších potenciálních hrozeb pro kvalitu lidského života a udržitelný rozvoj.

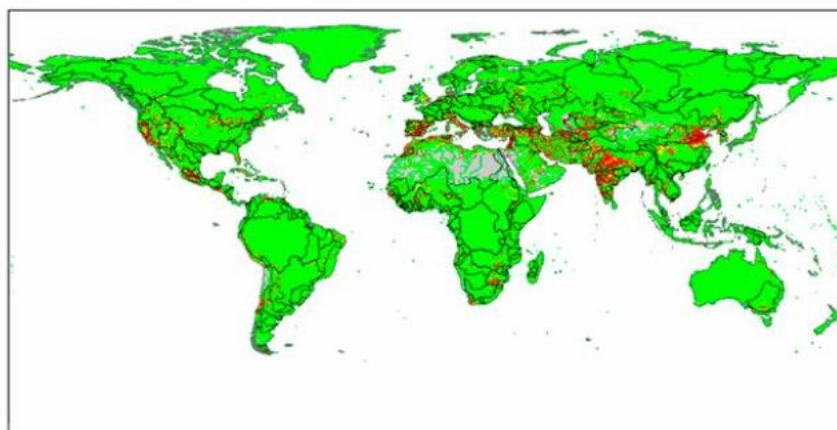
Antropogenní zásahy a v jejich důsledku vyvolané kvantitativní i kvalitativní změny sladkovodních zdrojů dopadají na biodiverzitu, produkci potravin, zdraví a ekologické funkce jako zajišťování stanovišť ryb, sekvestraci uhlíku a regulaci klimatu. Rockström a kol. (2009) definovali v souvislosti s narušením globálních vodních zdrojů tři hlavní hrozby pro kvalitu lidského života: (1) ztrátu vlhkosti půdy (zelené vody) v důsledku degradace půdy a odlesňování, která ohrožuje produkci suchozemské biomasy a sekvestraci uhlíku; (2) změny v objemech a procesech odtoků (modré vody) ohrožujících dodávky vody pro člověka a další ekosystémy; (3) dopad na regulaci klimatu v důsledku nedostatečné retence vody v krajině. (Rockström a kol., 2009)

Nejnovější studie PB (Steffen a kol., 2015) rozlišuje mezi globální hranicí využití sladké vody a hranicí na úrovni povodí. Globální kontrolní proměnnou je indikátor spotřeby modré vody (vody z řek, jezer, vodních nádrží a zásobáren obnovitelné podzemní vody) v maximální výši 4000 km³ za rok (zóna nejistoty 4000–6000 km³ za rok). Kontrolní proměnná na úrovni povodí je založena na konceptu environmentálních vodních toků (*environmental water flows*, EWF), které určují úroveň toků řek pro zajištění hydrologických charakteristik povodí udržujících je v dobrém ekologickém stavu. Maximální množství průměrných měsíčních odběrů modré vody v povodí (segmentu řeky) je 25 % průměrného měsíčního průtoku pro období nízkého průtoku (zóna nejistoty 25–55 %), 40 % pro období středního průtoku (zóna nejistoty 40–70 %) a 55 % pro období vysokého průtoku (zóna nejistoty 55–85 %). (Steffen a kol., 2015)

Na globální úrovni je spotřeba vody v současné době hodnocena jako bezpečná. Subglobální distribuce zátěže je zobrazena na obrázku č. 11.

Obrázek č. 11 Subglobální distribuce a aktuální stav kontrolní proměnné využití sladké vody

Freshwater use



- Beyond zone of uncertainty (high risk)
- In zone of uncertainty (increasing risk)
- Below boundary (safe)

Zdroj: Steffen a kol. (2015)

4.2.8 Atmosférický aerosol

Globální koncentrace aerosolových částic je úzce spojena s průmyslovým rozvojem a oproti předindustriálnímu období se více než zdvojnásobila. (Tsigaridis a kol., 2006) Hlavním faktorem pro zařazení tohoto procesu do soustavy PB je přitom dopad této zvýšené koncentrace na lidské zdraví a na klimatický systém. (Rockström a kol., 2009)

Až 90 % atmosférického aerosolu má přírodní původ (tvoří ho převážně sopečný prach, pouštní prach a mořská sůl). Antropogenní aerosol pochází z největší části ze spalování fosilních paliv v souvislosti s dopravou, energetikou, průmyslem a změnami ve využití půdy. (French a Kotzé, 2021) Znečištění ovzduší je přitom WHO označováno za jednu z primárních příčin zdravotních komplikací a úmrtí (WHO, c2021), některé zprávy dokonce uvádějí aerosol jako příčinu ztráty až 7,2 milionu lidských životů ročně. (WHO, 2014)

Steffen a kol. (2015) zvolili jako kontrolní proměnnou pro dopady aerosolu na regionální cirkulaci mezi oceánem a atmosférou tzv. optickou hloubku aerosolu (*aerosol optical depth*, AOD). Tato kontrolní proměnná nicméně zatím byla experimentálně

aplikována pouze na jihoasijský monzun. V národních případových studiích PB atmosférického aerosolu zatím nebyla zkoumána z důvodu jejího nejasného vymezení na globální úrovni.

4.2.9 Nové entity

Devátou planetární hranicí jsou tzv. nové entity, které jsou definovány jako nové látky či nové formy existujících látek, jež mají potenciál nežádoucích geofyzikálních nebo biologických dopadů. V současné době je součástí globálního obchodu více než 100 000 látek, jejichž dlouhodobý dopad na životní prostředí a lidské životy není známý. (Steffen a kol., 2015) V některých zdrojích jsou proto nové entity charakterizovány na příkladu chemického znečištění (např. French a Kotzé, 2021). Do žádné z národních případových studií nicméně tato PB nebyla zahrnuta, neboť nemá přidělenou ani globální kontrolní proměnnou a dosud nebyla kvantifikována.

4.3 Kritické ohlasy

Od první publikace zabývající se konceptem planetárních hranic byl tento koncept hojně citován a využíván, byl nicméně také vystaven široké škále kritiky z řad přírodních i společenských vědců, širší veřejnosti a politické komunity. Kritické ohlasy cílí jak na samotný rámec, tak i na jeho implementaci. Tato podkapitola se zaměřuje na shrnutí klíčových obecných kritických pohledů.

První obecná vlna kritiky PB publikovaná v odborném časopise *Nature Climate Change* zpochybňovala příliš dlouhý časový rámec konceptu (Schlesinger, 2009; Allen, 2009), přílišnou velkorysost některých globálních limitů (Molina, 2009; Molden, 2009) nebo definici některých planetárních hranic (Bass, 2009; Brewer, 2009; Samper, 2009). Samotný časopis *Nature* v souvislosti s první publikací studie věnované PB ve svém editoriale vyjádřil obavu, že by hranice mohly být využity policymakery k obhájení degradace životního prostředí až do bodu, ze kterého nebude návratu. (*Nature*, 2009)

Někteří autoři upozornili na chybějící komponenty a k devíti planetárním hranicím považovali za vhodné doplnit další planetární procesy. Např. Nash a kol. (2017) navrhli zohlednění dna oceánů v systému využití území a změn ve vertikálním míšení a cirkulaci

mořských vod. Running (2012) doporučil zobecnění planetárních hranic využití území, využití sladké vody, ztráty biodiverzity a globálních cyklů dusíku a fosforu do nadřazené PB označené jako „čistá primární produkce“ (*net primary production*) rostlin, která tvoří základ potravinových řetězců a je člověkem silně ovlivněna např. při výrobě potravin, biopaliv či zpracování dřeva.

Další vlna kritiky poukazovala na zohlednění nelineárních či subglobálních procesů, které nemají jasnou planetární mez (změny v systému využití území, využití sladké vody a ztráta biodiverzity) a překročení regionálních hranic nemá jasné planetární důsledky (Cornell, 2012; Lewis, 2012; Hughes a kol., 2013). Obecně používaný termín planetární mez (*threshold*) byl na základě této kritiky v revidované studii z roku 2015 specifikován jako horní hranice zóny nejistoty, která je spojena s každou planetární hranicí. Zároveň bylo doplněno, že ne všechny planetární procesy mají jednotnou planetární mez na globální či subglobální úrovni. (Steffen a kol., 2015)

Vzhledem k jeho významu pro rozvojová studia je koncept planetárních hranic také předmětem kritiky vědců tohoto oboru a odborníků ze zemí globálního jihu, a to zejména v kontextu dopadů jeho případné implementace na globální rozvoj a nerovnost. Na základě této kritiky byla např. hranice pro využití území v roce 2015 upravena na zachování alespoň 75 % původní globální plochy lesa. I tato hranice nicméně zůstává kontroverzní, protože nezahleňuje historickou environmentální stopu jednotlivých zemí. Na problém nezohlednění nerovností a socioekonomických aspektů rozvoje poukázala zejména nevládní organizace Oxfam, pro kterou britská ekonomka Kate Raworth na základě planetárních hranic vytvořila koncept „environmentálního zastřešení“ rozvoje (Raworth, 2012). Tento a další přístupy zohledňující socioekonomický kontext rozvoje v souvislosti s výzkumem PB budou dále popsány v následující kapitole.

Přestože je dle jeho autorů koncept planetárních hranic založen na vědeckém poznání a popisuje pouze objektivně existující planetární podmínky, jak je patrné i z kritiky ze strany rozvojové komunity, stojí v jistém smyslu na normativních základech a má své politické implikace. Otázka vládnutí a rozhodování o zohlednění jednotlivých limitů v konkrétních politikách a jejich cílech je v tomto kontextu obzvláště aktuální. Bierman a Kim (2020) např. hovoří o dilematu mezi zodpovědností a rozhodováním policymakerů na základě demokratických pravidel či expertů rozhodujících výhradně na

základě vědeckých důkazů. Tato debata je relevantní především u planetárních procesů s velkými regionálními rozdíly v antropogenním působení či u oblastí, které přímo ovlivňují základní lidské potřeby (využití území, využití sladké vody, klima). Dle některých kritiků (např. Schmidt, 2013) by rozhodování o předběžné opatrnosti a obecné úrovni podstoupeného rizika neměli zajišťovat pouze experti, kteří navíc většinou pocházejí z rozvinutých industrializovaných zemí, bez širší diskuse s občanskou společností a veřejností.

4.4 Socioekonomický rozvoj v kontextu PB

Přestože jsou planetární hranice relativně novým konceptem, navázala na něj již řada dalších studií. Tyto studie lze rozdělit na dva hlavní pracovní proudy, které se nicméně v mnoha ohledech navzájem prolínají. První se zaměřuje na rozšiřování konceptu PB, přičemž se zpravidla jedná o jeho doplnění o socioekonomickou dimenzi udržitelného rozvoje. Druhý zkoumá uplatnění PB na národní, popř. regionální nebo subnárodní úrovni (viz následující podkapitola).

Jedna z nejčastěji citovaných definic udržitelného rozvoje (UR), ze které vychází i současná globální politika v dané oblasti, je uvedena ve zprávě *Naše společná budoucnost* Světové komise pro životní prostředí a rozvoj. Popisuje ho jako „takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích“. (Brundtland, 1987) Současné vnímání problematiky UR má v této definici tři neoddelitelné dimenze – environmentální, sociální a ekonomickou. (OSN, 2015) Na aktuální globální výzvy v oblasti UR reaguje Agenda 2030 pro udržitelný rozvoj přijatá Valným shromážděním OSN v roce 2015. Přestože je environmentální dimenze v globálním rámci UR a SDGs pojata širěji, planetární hranice jsou jejím základním stavebním kamenem a zároveň předpokladem pro plnění ostatních cílů v sociální a ekonomické oblasti. Podcíle Agendy 2030 a jejich vztah k jednotlivým PB jsou shrnuty v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5 Planetární hranice a související podcíle SDGs

Planetární hranice	Související podcíl SDGs
Změna klimatu	13.2 Začlenit opatření v oblasti změny klimatu do národních politik,

	strategií a plánování
Integrita biosféry	15.5 Přijmout neodkladná a výrazná opatření na snižování degradace přirozeného prostředí, zastavit ztrátu biodiverzity a do roku 2020 chránit ohrožené druhy a zabraňovat jejich vyhynutí
Okyselování oceánu	14.3 Minimalizovat a řešit dopady okyselování oceánů, mimo jiné prohlubováním vědecké spolupráce na všech úrovních
Cyklus dusíku a fosforu	2.4 Do roku 2030 zajistit/zavést systémy udržitelné výroby potravin a (zavést) odolné zemědělské postupy, které zvýší produktivitu a výrobu a pomohou zachovat ekosystémy posilující schopnosti půdy přizpůsobit se klimatické změně, extrémnímu počasí, suchu, záplavám a dalším pohromám a které postupně zlepší kvalitu půdy
	14.1 Do roku 2025 předcházet a výrazně snižovat znečištění moří, zejména znečištění, které je způsobováno činností na pevnině, včetně odpadků a znečištění z živin
Využití sladké vody	6.3 Do roku 2030 zlepšit kvalitu vody snížením jejího znečišťování, zamezením vyhazování odpadů do vody a minimalizací vypouštění nebezpečných chemických látek do vody, snížit na polovinu podíl znečištěných odpadních vod a podstatně zvýšit recyklaci a bezpečné opětovné využívání vody v celosvětovém měřítku
	6.4 Do roku 2030 podstatně zvýšit efektivitu využívání vody ve všech sektorech a zajistit udržitelný odběr a dodávky pitné vody tak, aby byl vyřešen nedostatek vody a podstatně se snížil počet lidí trpících jejím nedostatkem
Změny v systému využití území	15.1 Do roku 2020 zajistit ochranu, obnovu a udržitelné využívání suchozemských a vnitrozemských sladkovodních ekosystémů a jejich služeb, zejména lesů, mokřadů, hor a suchých oblastí, v souladu se závazky z mezinárodních dohod
	15.2 Do roku 2020 podpořit zavádění udržitelného hospodaření se všemi typy lesů, zastavit odlesňování, obnovit zničené lesy a podstatně zvýšit zalesňování a obnovu lesů na celém světě
	15.3 Do roku 2030 bojovat proti rozšiřování pouští, obnovovat znehodnocenou půdu, včetně pozemků postižených rozšiřováním pouští, suchem či záplavami, usilovat o dosažení světa, ve kterém již nedochází k degradaci půdy
	15.5 Přijmout neodkladná a výrazná opatření na snižování degradace přirozeného prostředí, zastavit ztrátu biodiverzity a do roku 2020 chránit ohrožené druhy a zabraňovat jejich vyhynutí
Stratosférický ozon	12.4 Do roku 2020 dosáhnout k životnímu prostředí šetrného nakládání s chemickými látkami a odpady během celého jejich životního cyklu, v souladu s dohodnutými mezinárodními rámci, a výrazně snížit jejich uvolňování do ovzduší, vody a půdy tak, aby se minimalizovaly nepříznivé dopady na lidské zdraví a životní prostředí
Atmosférický aerosol	3.9 Do roku 2030 podstatně snížit počet úmrtí a onemocnění vlivem nebezpečných chemických látek a znečištěného vzduchu, vody a půdy

	11.6 Do roku 2030 snížit nepříznivý dopad životního prostředí měst na jejich obyvatele, zejména zaměřením pozornosti na kvalitu ovzduší a nakládání s komunálním i jiným odpadem
Nové entity (chemické znečištění)	3.9 Do roku 2030 podstatně snížit počet úmrtí a onemocnění vlivem nebezpečných chemických látek a znečištěného vzduchu, vody a půdy
	6.3 Do roku 2030 zlepšit kvalitu vody snížením jejího znečišťování, zamezením vyhazování odpadů do vody a minimalizací vypouštění nebezpečných chemických látek do vody, snížit na polovinu podíl znečištěných odpadních vod a podstatně zvýšit recyklaci a bezpečné opětovné využívání vody v celosvětovém měřítku
	12.4 Do roku 2020 dosáhnout k životnímu prostředí šetrného nakládání s chemickými látkami a odpady během celého jejich životního cyklu, v souladu s dohodnutými mezinárodními rámci, a výrazně snížit jejich uvolňování do ovzduší, vody a půdy tak, aby se minimalizovaly nepříznivé dopady na lidské zdraví a životní prostředí

Zdroj: Häyhä et al. (2018)

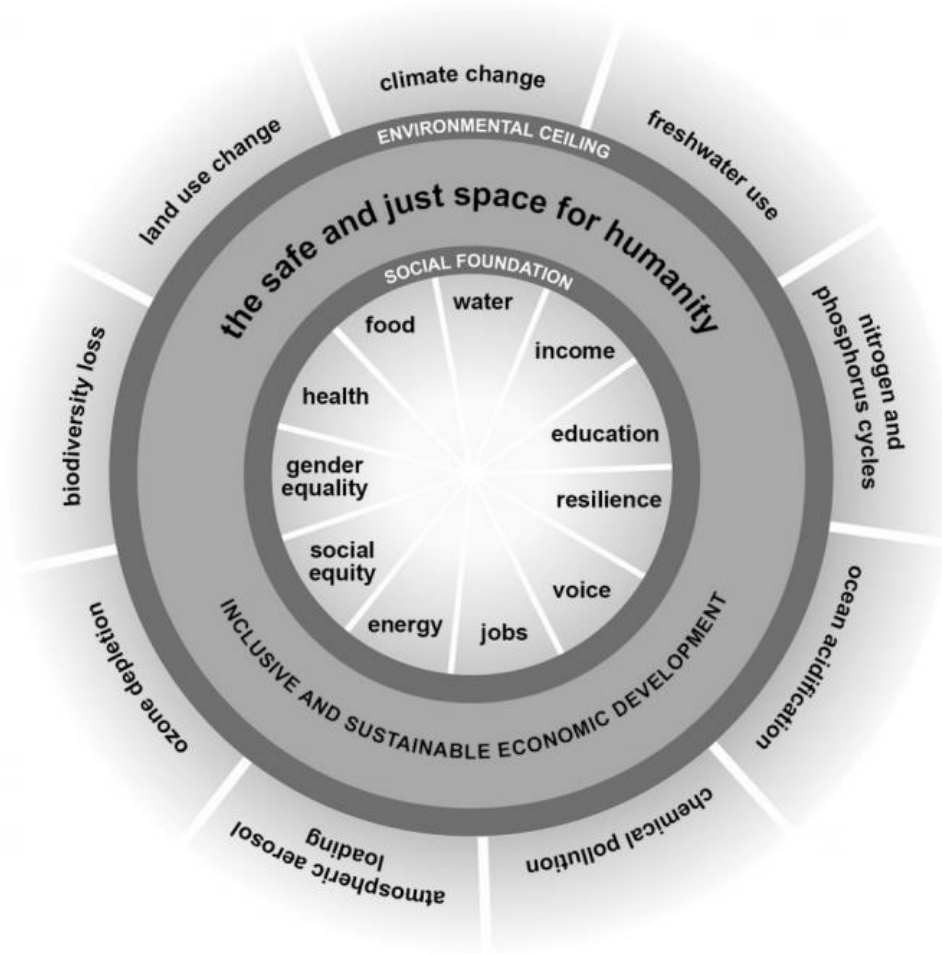
Z porovnání PB a globálních cílů UR je zřejmé, že některé planetární hranice jsou v rámci SDGs pokryty konkrétněji (např. integrita biosféry a podcíl 15.5), zatímco jiné pokrývají danou problematiku spíše obecně. Zároveň je také patrné, že samotné naplnění SDGs nezajistí návrat do „bezpečného operačního prostoru“ u všech planetárních hranic (např. změna klimatu a podcíl 13.2, který se zaměřuje pouze na institucionálně-strategickou stránku problematiky, necílí však konkrétně na snížení emisí skleníkových plynů).

Schopnost lidstva naplnit SDGs při respektování planetárních hranic zhodnotili Randers a kol. (2019) prostřednictvím tzv. Earth3 modelu. Ten spojuje socioekonomické a biofyzikální procesy a odhaduje pravděpodobnost naplnění SDGs při zohlednění různých scénářů a trajektorií světového vývoje do roku 2030 a 2050. Do modelu je zahrnuto všech devět planetárních hranic. Dle tohoto modelu se při pokračování dosavadních trendů („*business as usual*“) SDGs v rámci PB nepodaří do roku 2050 dosáhnout. Ještě více alarmující je nicméně zjištění, že jakýkoliv úspěch v plnění socioekonomických cílů bude mít zásadní negativní dopad na životní prostředí. (Randers a kol., 2019) O neslučitelnosti konvenčního ekonomického růstu, plnění SDGs a respektování planetárních hranic hovořila již např. také zpráva Římského klubu z roku 2018. (Randers a kol., 2018)

Řada dalších studií proto staví na konceptu PB a o zbývající dimenze ho dále rozšiřuje. Většina směrů přitom využívá současného rozšířeného pojetí rozvoje nad rámec vymýcení chudoby a ekonomického růstu. To má základ v přístupech zaměřujících se na konceptualizaci kvality lidského života, mezi něž patří např. pojetí rozvoje jako svobody a rozšířených příležitostí (Sen, 1999) či Zpráva Komise o pro měření ekonomického a sociálního pokroku (Stiglitz, Sen a Fitoussi, 2009).

Často odkazovaným přístupem, který využívá a dále rozšiřuje PB, je „rámec pro spravedlivý a bezpečný inkluzivní rozvoj“ (Raworth, 2012), který doplnil PB o vybrané indikátory kvality života (jídlo, voda, zdraví, příjem, vzdělání, odolnost, politický hlas, práce, energie, sociální rovnost, rovnost mezi pohlavími). Tento rámec měl být jakýmsi „kompasem“ pro globální socioekonomický rozvoj a řešení problémů chudoby, hladu a nedostatečného přístupu k základním službám ve 21. století, za současného respektování již konceptualizovaných globálních environmentálních limitů.

Obrázek č. 12 Rámec pro spravedlivý a bezpečný inkluzivní rozvoj



Zdroj: Raworth (2012)

Tento koncept tzv. „ekonomie koblihy“ (*Doughnut Economics*) dále využívá řada autorů, kteří prostřednictvím modelů zahrnujících biofyzikální i sociální ukazatele ověřili, zda je možné na globální úrovni dosáhnout minimální úrovně kvality života při dodržení planetárních hranic. Dle výsledků některých z nich je teoreticky možné tohoto stavu dosáhnout ve všech zemích světa za předpokladu, že budou aplikovány spravedlivější globální distribuční politiky. Bohaté státy by však přitom musely svoje biofyzikální stopy dramaticky snížit až o 50 %. (Hickel, 2018)

Jak nicméně dokládá studie z roku 2018, která metodologicky navazuje na model Kate Raworth (2012), žádná země aktuálně nenaplnuje základní potřeby svých občanů na

globálně udržitelné úrovni využívání zdrojů. Fyzické potřeby, jako jsou výživa, hygiena, přístup k elektřině a odstranění extrémní chudoby, by přitom dle závěrů této studie pravděpodobně mohly být splněny pro všechny lidi bez překračování planetárních hranic. Nicméně univerzální dosažení kvalitativních cílů (např. vysoké životní spokojenosti) by vyžadovalo úroveň využívání zdrojů, která je 2–6krát udržitelnější, než je současný trend. (O’Neill a kol., 2018)

Tato disertační práce staví na těchto závěrech a klade si za cíl definovat vhodný distribuční model globální environmentální zátěže a aplikovat ho na případovou studii České republiky.

4.5 Výzkum národních environmentálních limitů v kontextu PB

První studie o vztahu planetárních hranic a národních environmentálních cílů byla publikována ve Švédsku (Nykvist a kol., 2013). Její autoři identifikovali vhodné indikátory související s vybranými PB, které mohou být hodnoceny na globální a národní úrovni. Dále také rozlišili dvě kategorie indikátorů, respektive hodnocení: (1) teritoriální indikátory (založené na výrobě); a (2) stopy (indikátory založené na spotřebě). Navíc zohlednili téma rovnosti a spravedlnosti mezi zeměmi s přihlédnutím k jejich právu na rozvoj. Toto právo na rozvoj, které je v národních studiích PB uplatňováno prostřednictvím zkoumání environmentálních limitů (např. environmentální stopy) na osobu, bylo také nedávno identifikováno jako nejčastěji používaný distribuční mechanismus při aplikaci spravedlivého rozdělení globální environmentální zátěže pro „bezpečný operační prostor“. (Ryberg a kol., 2020)

Většina přístupů ke zkoumání PB na národní úrovni upřednostňuje indikátory založené na spotřebě, které jsou považovány za spolehlivější ukazatele environmentálních tlaků vytvářených jednotlivými zeměmi. Např. Heekstra a Wiedmann (2014) jmenovitě zdůrazňovali komplementaritu environmentálních stop a konceptu planetárních hranic. Fang a kol. (2015b) zkoumali vztah mezi stopami a indikátory PB dále a navrhli používat kombinovaný přístup (tzv. *footprint-boundary environmental sustainability assessment*). Data pro indikátory založené na spotřebě nicméně často nejsou na národní úrovni dostupná

a teritoriální indikátory stále mají svoji roli při zkoumání národních PB. (Hongwei Huang a kol., 2020)

Autoři některých studií se pokusili zahrnout koncept planetárních hranic do současného třípilířového pojetí udržitelného rozvoje a rozšířit PB o jeho socioekonomickou dimenzi. Cole a kol. (2014) představili „barometr“ kombinující 20 environmentálních limitů a indikátorů sociální deprivace a aplikovali ho na případovou studii Jihoafrické republiky, přičemž jejich primárním cílem bylo identifikovat prioritní oblasti pro národní politiku. V další klíčové studii byly dále např. porovnány jednotlivé hranice s uhlíkovou stopou a dalšími indikátory spotřeby (např. pro PB vody a využití půdy) ve 28 zemích. Rozdíly mezi bezpečnými hodnotami a hodnotami přesahujícími kritické hranice (*sustainability gap*) byly měřeny pomocí tzv. podílu environmentální udržitelnosti (*environmental sustainability ration*, ESR). ESR se počítá jako podíl mezi stopou a relevantní planetární hranicí. (Fang a kol., 2015b)

Významný pokrok ve smyslu spravedlivější distribuce zbývajících globálního environmentálního rozpočtu založeného na planetárních hranicích mezi jednotlivé země a jednotlivce přinesla studie Švýcarska (Dao a kol., 2018). Její autoři vybrali indikátory pro pět PB a zohlednili historickou zodpovědnost za s nimi související environmentální stopy (např. historické emise skleníkových plynů při výpočtu národního limitu pro planetární hranici změny klimatu). Indikátory vybrané pro hodnocení byly v této studii klasifikovány do dvou kategorií: (1) indikátory stavu (např. koncentrace CO₂ v atmosféře); a (2) indikátory tlaku (např. emise CO₂) dle tzv. DPSIR kauzálního řetězce (viz EEA, 2005). Podobnou metodologii, se zahrnutím také indikátorů založených na výrobě, aplikoval Hickel (2020) na širší dataset 202 zemí a planetární hranici změny klimatu.

Několik dalších studií se zaměřilo spíše na regionální či subregionální hodnocení, např. na implementaci Sedmého akčního programu pro životní prostředí EU (2012–2020) s názvem Spokojený život v mezích naší planety (*Living Well, within the Limits of our Planet*), prostřednictvím hodnocení dopadu překračování jednotlivých planetárních hranic (Hoff a kol., 2014). Evropská environmentální agentura nedávno publikovala komplexní aktualizaci zahrnující širší rozsah politik EU v oblasti životního prostředí a případovou studii Švýcarska v kontextu PB biodiverzity (EEA a FOEN, 2020). Dearing a kol. (2014) dále aplikovali integrovaný přístup zohledňující biofyzické i sociální dimenze udržitelného

rozvoje na dva nízkopříjmové regiony v Číně. Další studie se zaměřily pouze na vybrané planetární hranice či země, např. na biochemický cyklus dusíku v Etiopii a Finsku (Kahiluoto a kol., 2015) nebo klimatickou změnu v České republice (Parsonsová a Machar, 2021).

První pokus o ustanovení komplexní operacionalizace planetárních hranic a jejich využití v národních cílech a politikách přinesli Häyhä a kol. (2016), kteří představili třístupňový přístup spočívající v graduální transformaci globálních biofyzikálních, socioekonomických a etických dimenzí PB na indikátory relevantní na národní úrovni. Autoři vytvořili set analytických a integračních nástrojů pro každou z těchto dimenzí a zohlednili i provazby mezi nimi. (Häyhä et al., 2016) Tyto nástroje je nicméně prozatím nutné brát jako příklady možného hodnocení, nikoliv systematickou metodologii pro výběr národních cílů a priorit.

Jak již bylo zmíněno výše, celý proces transformace planetárních hranic z globální na národní úroveň vyžaduje aplikaci rovného a spravedlivého distribučního mechanismu. Studie publikovaná v roce 2014 porovnála přes 40 výzkumů, které představily nejrůznější distribuční schémata zbývajících emisních rozpočtů. Tato schémata byla rozdělena do čtyř kategorií, které rozlišují mezi přístupy založenými na: (1) zodpovědnosti (zohlednění historického podílu konkrétní země na degradaci životního prostředí v dané oblasti); (2) schopnosti splácet dluh (či schopnosti platit za mitigaci); (3) rovnosti (rovná práva každého jednotlivce v daném okamžiku nebo v průběhu času); (4) efektivitě nákladů. (Höhne a kol., 2014) Přestože navazující zprávy (např. Sabag Munoz a Gladek, 2017; EEA a FOEN, 2020) představily další či rozšířené kategorie pro tyto alokační principy, většina dříve citovaných studií zaměřených na planetární hranice spadá do těchto původních čtyř kategorií.

Van den Berg a kol. (2019) rozdělili alokační mechanismy, které lze použít při výpočtu národních limitů v rámci implementace Pařížské klimatické dohody, do šesti kategorií dle různých principů rovnosti. Jejich přístup vychází z kategorizace Höhneho a kol. (2014), kterou doplňují o tzv. dědečkovský přístup (*grandfathering*), založený na principu svrchovanosti:

- (1) přístup konvergence na obyvatele (*per capita convergence*, PCC),
- (2) přístup rovných kumulativních emisí na obyvatele (*equal cumulative per capita emissions*, ECPC),
- (3) schopnost platit (*ability to pay*. AP),
- (4) skleníková rozvojová práva (*greenhouse development rights*, GDR),
- (5) tzv. „dědečkovský přístup“ (*grandfathering*, GF),
- (6) nákladově optimální alokace (*cost-optimal allocation*, CO).

Vedle těchto přístupů lze v literatuře nalézt ještě dva další alokační mechanismy:

- (7) přístup rovné zátěže per capita zohledňující historickou odpovědnost za danou environmentální stopu (Dao a kol., 2018),
- (8) přístup založený na efektivitě zdrojů (*resource effectiveness*, RE) (Lucas a Wilting, 2018).

Princip PCC odpovídá rovnoměrné alokaci zbývajících environmentálních zátěží, která nepřekračuje planetární hranici, každému obyvateli planety. Globální rozpočet je tak rozdělen jednotlivým zemím podle jejich podílu na globální populaci. Tento přístup využívá většina evropských případových studií o výpočtu planetárních hranic na národní úrovni (např. Häyhä a kol., 2018; O'Neill a kol., 2018).

Aplikování principu ECPC má oproti PCC blíže současné definici udržitelného rozvoje, která zaručuje právo na rozvoj jak současným, tak i budoucím generacím. Dle ECPC je zbývajících environmentálních zátěží přidělena dle kumulativního podílu dané země na světové populaci za určité období. Pro budoucí generace jsou ve výpočtu používány populační projekce.

AP nepracuje se zbývajících environmentálních zátěží (rozpočtem), ale s redukčními cíli. Z toho důvodu lze tento princip aplikovat pouze na planetární hranice, které jsou již překročeny. Rozdíl mezi současnou hodnotou dané proměnné a bezpečnou úrovní PB je rozdělen mezi jednotlivé země na základě úrovně jejich rozvoje a schopnosti platit za mitigaci dané environmentální krize (nejčastěji dle HDP na obyvatele).

Přístup GDR je postaven na indexu kapacity odpovědnosti (*Responsibility Capacity Index*), který je součástí konceptu *Greenhouse Development Rights* (Baer a kol., 2008). Ten alokuje emise skleníkových plynů na základě kvantifikované kapacity jednotlivých

zemí podílet se na snižování globální zátěže (dle HDP na obyvatele a rozdělení příjmů) a zodpovědnosti za změnu klimatu. Stejně jako AP pracuje přístup GDR s redukčním cílem, nikoliv globálním rozpočtem, lze ho tedy aplikovat pouze na již překročené PB. Na rozdíl od AP alokuje tento přístup jednotlivým zemím absolutní redukční cíl.

GF je založeno na principu suverenity. Globální rozpočet je dělen podle aktuálního podílu tlaku nebo dopadu na životní prostředí v dané zemi. Současný tlak nebo dopad na životní prostředí může být přitom založen na environmentální stopě země nebo na využívání zdrojů daného území.

CO pracuje s předpokládanými mezními náklady na snížení emisí. Emise se tak snižují primárně tam, kde je jejich redukce nejlevnější a emisní povolenky jsou přidělovány na základě tzv. potenciálu snižování. Mezní náklady vycházejí z databáze CD-LINK (McCollum a kol., 2018).

Přístup rovné zátěže per capita zohledňující historickou odpovědnost za danou environmentální stopu z národního rozpočtu odečítá environmentální zátěž vyprodukovanou v minulosti danou zemí (na jejím území či v zahraničí pro účely domácí spotřeby).

RE je odlišnou interpretací principu optimální alokace dle nákladů a je založen na efektivním využívání přírodních zdrojů. Dle tohoto mechanismu je globální rozpočet rozdělován dle efektivnosti zdrojů, která je měřena specifickými proměnnými pro každou planetární hranici. Tento přístup se nicméně uplatňuje pouze na biochemické toky dusíku a fosforu.

4.6 Využitelnost pro národní politiky a implementaci SDGs

Agenda 2030 a jejích 17 globálních Cílů udržitelného rozvoje je v ČR implementována prostřednictvím strategického rámce Česká republika 2030 a Implementačního plánu Agendy 2030. Zatímco první jmenovaný dokument se soustředí na priority udržitelného rozvoje ČR v šesti klíčových oblastech (Lidé a společnost, Ekonomický model, Odolné ekosystémy, Obce a regiony, Globální rozvoj a Dobré vládnutí), druhý mapuje relevanci jednotlivých globálních cílů pro ČR a navrhuje

dodatečná opatření pro jejich naplnění. Prozatím první publikovaná národní zpráva o plnění SDGs v ČR je založena na globální sadě indikátorů udržitelného rozvoje a konstatuje značný pokrok v průběhu monitorovacího období (viz obrázek č. 13). (MŽP, 2021a)

Obrázek č. 13 Souhrnný přehled pokroku ČR v dosahování SDGs



Pozn.: Agregované hodnocení SDGs bylo pro účely tohoto přehledu spočítáno jako kvadratický průměr hodnocení plnění všech relevantních podcílů daného cíle.

Zdroj: MŽP (2021)

Národní reportovací mechanismy udržitelného rozvoje jsou v současné době z velké části spojeny s globálním monitorovacím rámcem SDGs a zprávami o plnění Agendy 2030. Na národní úrovni globální reporting dále doplňují národní a regionální data. Globální monitorovací sada je přitom tvořena z 231 indikátorů SDGs. Při zohlednění relativně velkého množství datových řad v této sadě, chybějících dat a nekoherentních přístupů k hodnocení plnění SDGs v rámci různých mezinárodních organizací a think-tanků, mezinárodní zprávy mohou vést k navzájem odlišným a nejasným závěrům. (Janoušková a kol., 2018; Lafortune a kol., 2020) Při zachování současných trendů mohou navíc některé globální cíle být ve vzájemném rozporu (např. SDG 8 Důstojná práce a ekonomický růst a SDG 13 Změna klimatu). To může vést k falešně pozitivním závěrům jednotlivých hodnotících zpráv. Mnoho zemí totiž může vykazovat významné pokroky

v naplňování SDGs, přestože dopady jejich působení na globální biofyzikální procesy přispívají ke globálnímu překračování planetárních hranic. Využití konceptu planetárních hranic při zkoumání národních limitů udržitelnosti je proto užitečným nástrojem pro porozumění přeshraničním efektům na národní úrovni vyprodukované environmentální zátěže.

Vztah mezi koncepty PB a SDGs ve smyslu obecného využití PB pro stanovování národních cílů v oblasti udržitelného rozvoje zkoumali např. Lucas a Wilting (2018). Dle jejich závěrů mohou národní environmentální limity v kontextu PB sloužit jako užitečná reference pro policymakers a odbornou veřejnost při implementaci Agendy 2030. Jiná studie zhodnotila různé scénáře pro naplnění konceptů PB a SDGs na případové studii Fidži. Vzhledem k tomu, že ani při velmi ambiciózních investicích není předpokládáno, že Fidži naplní tyto rámce, navrhli její autoři oblasti, které by měly být upřednostněny, aby se země takto definovanému UR alespoň přiblížila. (Allen a kol., 2021)

Na globální úrovni byly již k roku 2015 překročeny čtyři ze sedmi kvantifikovaných planetárních hranic (klimatická změna, integrita biosféry, biochemické toky a změny v systému využití území). Nejnovější verze studie PB identifikovala pět planetárních procesů se silným regionálním operačním rozsahem (integrita biosféry, biochemické toky, změny v systému využití území, využití sladké vody a atmosférický aerosol). Překročení jakékoliv z vytyčených hranic v těchto procesech na regionální úrovni může ovlivnit systém planety Země i na globální úrovni (Steffen a kol., 2015) Národní případové studie stejně tak poukazují na to, že některé planetární hranice již byly překročeny na národní úrovni (např. Nykvist a kol., 2013; Dao a kol., 2018; Hongwei Huang a kol., 2020; Parsonsová a Machar, 2021) a agregovaný antropogenní environmentální tlak jednotlivých zemí na planetární systém tedy může způsobit nelineární změny v jeho dalším vývoji. V důsledku toho se hodnoty pro stabilitu planetárního systému klíčových proměnných pohybují směrem od relativně stabilního období holocénu a ohrožují již tak limitovanou kapacitu uspokojit rozvojové potřeby všech obyvatel planety. (Steffen a kol., 2015)

Národní a regionální studie představené v této části disertační práce poskytují uspokojivý základní přehled pro výběr vhodných indikátorů k jednotlivým planetárním hranicím na národní úrovni. Další výzkum je nicméně nutný pro ustanovení komplexní

metodologie využití PB pro národní účely či tvorbu a hodnocení národních politik. Tento výzkum by měl obsahovat zařazení dalších proměnných do alokačních modelů, aby byla zaručena rovnější a spravedlivější distribuce environmentálních rozpočtů s přihlédnutím k potřebám všech jednotlivců teď i v budoucnu a jejich schopnosti platit za mitigaci. Národní kontext a národně či regionálně specifické environmentální stropy by měly být taktéž dále zkoumány. Zároveň je třeba vyvinout další nástroje umožňující mainstreaming konceptu planetárních hranic do národních environmentálních politik.

Jak již bylo zmíněno v předchozí části této kapitoly, přestože jsou všechny klíčové planetární procesy konceptu PB v rámci SDGs určitým způsobem reflektovány (viz tabulka č. 5), ani na globální úrovni nezaručuje plnění daného podcíle či jeho indikátoru nepřekračování planetární hranice. Jak podcíle, tak indikátory SDGs totiž často nejsou jasně kvantifikovány a nechávají jednotlivým státům poměrně široký prostor pro interpretaci a stanovení národních priorit. Např. PB změny klimatu je v rámci SDGs pokryta pouze podcílem *13.2 Začlenit opatření v oblasti změny klimatu do národních politik, strategií a plánování*, který se zaměřuje spíše na formální či strategickou stránku problematiky (politické odezvy dle DPSIR kategorizace) než na emise skleníkových plynů (tlaky dle DPSIR). Ze dvou globálních indikátorů tohoto podcíle (13.2.1⁶ a 13.2.2⁷) byl navíc v národní zprávě ČR při hodnocení plnění podcíle 13.2 zohledněn jen první z nich. Větší relevanci má proto v rámci této PB plnění Pařížské dohody o změně klimatu, jejíž národním implementačním dokumentem je Politika ochrany klimatu (POK).

Kolektivní mezinárodní snaha o udržení environmentálních tlaků v mezích planetárních hranic by nicméně měla představovat klíč k prioritizaci široké škály globálních problémů pokrytých v rámci současné agendy udržitelného rozvoje. Koncept planetárních hranic, který je oproti Agendě 2030 spíše nepolitickým a na důkazech postaveným vymezením žádoucího stavu rozvoje, může být v tomto smyslu užitečným nástrojem ke stanovení normativních globálních i národních cílů.

⁶ Počet zemí, které přijímají a realizují národní strategie omezování rizik živelních pohrom a havárií v souladu s Rámcem pro omezování rizika živelných pohrom a technických havárií pro roky 2015–2030 ze Sendai)

⁷ Celkové roční emise skleníkových plynů

Byť v kontextu širše problematiky spíše okrajovou, nicméně neméně užitečnou roli hraje koncept PB a výzkumy jeho využití na národní úrovni také z hlediska dostupnosti a kvality dat publikovaných na národní úrovni. Vzhledem k přeshraničnímu charakteru zkoumaných environmentálních tlaků je vhodné zařazovat do národních modelů PB spíše indikátory založené na spotřebě. Ty však v ČR nejsou až na výjimky na národní úrovni zpracovávány ani publikovány.

5 Limity ČR v kontextu planetárních hranic

V této části budou představeny výsledky práce na základě dříve popsanych metod. Jednotlivé podkapitoly jsou textově členěny dle výzkumných otázek.

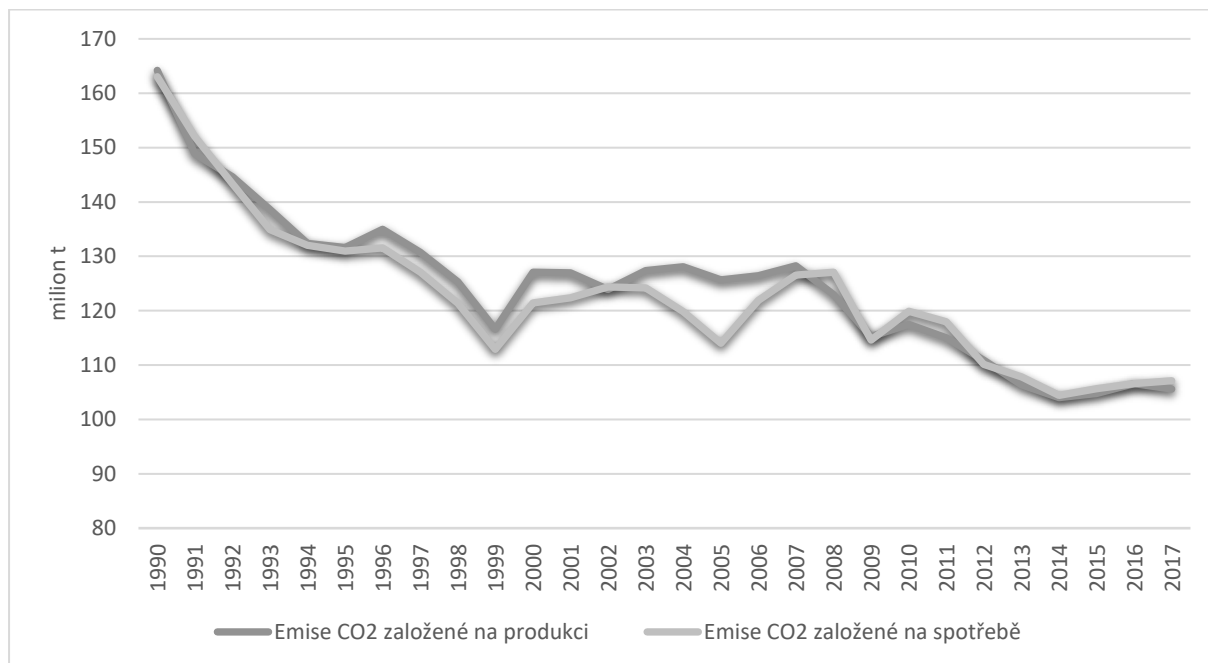
5.1 Změna klimatu

Změna klimatu je v rámci konceptu planetárních hranic na globální úrovni kvantifikována prostřednictvím atmosférické koncentrace oxidu uhličitého a změny radiačního působení v horních vrstvách atmosféry (Rockström a kol., 2019; Steffen a kol., 2015). Oba tyto globální ukazatele jsou pro výpočet národního environmentálního limitu nevhodné, protože je nelze posuzovat ve vztahu k jednotlivým zemím. (Ryberg a kol., 2020)

Indikátory použité pro stanovení národních limitů pro PB změny klimatu se napříč dosud publikovanými případovými studii liší. V návaznosti na globální kontrolní proměnnou (koncentrace CO₂ v atmosféře) a v souladu s navazujícím výzkumem v dané oblasti byly jako vhodné indikátory pro případovou studii ČR zvažovány emise skleníkových plynů či pouze emise CO₂ založené na produkci či spotřebě. Dalšími kritérii pro výběr indikátoru byly v souladu s metodologickou částí této práce také kvalita a dostupnost dat.

Někteří autoři (např. Nykvist a kol., 2013; Dao a kol., 2018) upřednostňují použití emisí založených na spotřebě, které zohledňují mezinárodní obchod, resp. emise vyprodukované v zahraničí v souvislosti s domácí spotřebou. Z grafu č. 6 je nicméně zřejmé, že v případě ČR se emise CO₂ založené na spotřebě a produkci významně neliší.

Graf č. 6 Porovnání emisí CO₂ ČR založených na produkci a spotřebě



Pozn. Data zohledňují emise CO₂ z fosilních paliv a produkce cementu, změny v půdním pokryvu nejsou zahrnuty.

Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat: Global Carbon Project (2019)

Aktuální studie navíc dále naznačují, že je tomu tak ve většině zemí a že jsou emise CO₂ založené na spotřebě relevantním ukazatelem pouze v zemích s vysokou energetickou účinností a vysokou mírou dovozu. (Franzen a kol., 2018) V případě výpočtu národních limitů pro ČR jsou proto vhodným indikátorem pro tuto PB teritoriální emise skleníkových plynů, popř. oxidu uhličitého.

Do výpočtu globálního a národního limitu pro PB změny klimatu by mohly být zahrnuty emise všech skleníkových plynů nad rámec CO₂, popř. by mohl být maximální objem vyprodukovaného uhlíku převeden na CO₂ekv. použitím potenciálu globálního oteplování (*global warming potential*). Emise CO₂ nicméně mají dostatečnou vypovídací hodnotu pro účely této práce díky své návaznosti na globální kontrolní proměnnou použitou v originálních studiích PB. Vedle toho tvoří emise CO₂ ČR přibližně 83 % národních emisí skleníkových plynů, oproti průměrnému globálnímu podílu ve výši přibližně 74 %. (EEA, 2019) Emise CO₂ jsou dle klasifikace DPSIR indikátorem tlaku.

Pro výpočet národních mezních hodnot tohoto indikátoru je nutné nejprve určit maximální budoucí objem globálních emisí (tzv. emisní rozpočet) a poté prostřednictvím vhodného distribučního mechanismu alokovat maximální environmentální zátěž, kterou může ČR vyprodukovat do budoucna či v konkrétním roce.

Planetární hranicí pro změnu klimatu je koncentrace CO₂ v atmosféře ve výši 350 ppm (*parts per million*) a maximální zvýšení radiačního působení v atmosféře o 1,0 W na m² vzhledem k předindustriálnímu období. (Steffen a kol., 2015) Tento limit odpovídá udržení nárůstu globální teploty o maximálně 1 °C. Vzhledem k tomu, že atmosférická koncentrace CO₂ již dosáhla 410,5 ppm v roce 2019 (WMO, 2019), je nepravděpodobné, že by se podařilo klimatický scénář počítající se zvýšením teploty o maximálně 1 °C vzhledem k předindustriálnímu období naplnit. (IPCC, 2013)

Cestu návratu k hodnotě 350 ppm do roku 2100 zkoumali Hansen a kol. (2013). Klimatický scénář vedoucí ke zvýšení teploty o 1 °C byl nicméně postupně vyloučen jako nepravděpodobný, tj. s 0–5% šancí na naplnění dle Mezivládního panelu pro změnu klimatu. (IPCC, 2013) Podle novější zprávy IPCC (2018) při pokračování současného trendu růstu pravděpodobně dosáhne zvýšení globální teploty v letech 2030 až 2052 1,5 °C. Udržení nárůstu globální teploty pod 2 °C do konce století odpovídá současným globálním politikám v oblasti klimatu a je v souladu s cílem Pařížské dohody. (Popovski, 2020) Z tohoto důvodu bude v této disertační práci pro výpočet maximálního objemu emisí oxidu uhličitého využíván klimatický scénář odpovídající zvýšení teploty o maximálně 2 °C do roku 2100, který je realističtější, přestože plně neodpovídá původní definici PB coby „bezpečného operačního prostoru“ pro lidské aktivity.

Globální kumulativní emise CO₂ od roku 1870 do roku 2011 jsou odhadovány na 515 GtC. Omezení oteplování způsobeného antropogenními emisemi na méně než 2 °C od období 1861–1880 s pravděpodobností více než 66 % vyžaduje udržení emisí mezi 0 a 1 000 GtC. Horní hranice je snížena na 790 GtC při zohlednění efektu dalších skleníkových plynů (*greenhouse gas*, GHG) a aerosolu nad rámec CO₂ (tzv. *non-CO₂ forcings*) dle klimatického modelu 2.6 IPCC. (IPCC, 2013) Maximální kumulativní emise ze všech antropogenních zdrojů na základě různých úrovní spolehlivosti jsou shrnuty v tabulce č. 6. V této disertační práci je využita nejvyšší pravděpodobnost udržení

maximálního zvýšení teploty o 2 °C (> 66 %) a zohledněn je i dopad nárůstu jiných GHG nad rámec CO₂.

Tabulka č. 6 Maximální objem emisí od období 1861–1880 nutný k udržení nárůstu globální teploty pod 2 °C dle hladiny spolehlivosti

Hladina spolehlivosti	Maximální kumulativní emise	Maximální kumulativní emise při započtení <i>non-CO₂ forcings</i> ⁸
> 33 %	1 570 GtC (5 760 GtCO ₂)	900 GtC (3,300 GtCO ₂)
> 50 %	1 210 GtC (4 440 GtCO ₂)	820 GtC (3,010 GtCO ₂)
> 66 %	1 000 GtC (3 670 GtCO ₂)	790 GtC (2,900 GtCO ₂)

Zdroj: IPCC (2013)

Zbývající globální emisní rozpočet je vypočítán odečtením globálních kumulativních antropogenních emisí vyprodukovaných mezi lety 1870 a 2011 od maximálního objemu emisí potřebného k udržení nárůstu globální teploty pod 2 °C. Deadline pro vyčerpání rozpočtu byl stanoven na rok 2100, což je rok, který je často využívaným referenčním rokem v klimatických scénářích IPCC. Výsledná hodnota 275 GtC (neboli 1009 GtCO₂) lze považovat za rozpočet v čase na období 2012–2100. Globální rozpočet pro období od roku 2017 dále byl vypočítán odečtením globálních emisí CO₂ za období 2012–2016. Všechny proměnné použité v tomto výpočtu jsou shrnuty v tabulce č. 7. Výše popsaný výpočet lze vyjádřit následující rovnicí:

$$FE_w = MaxCO_2 - PE_{1870-2016}$$

Tabulka č. 7 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu globálních emisí CO₂ (od roku 2017 dále)

FE_w	Maximální budoucí objem globálních emisí CO ₂ (od roku 2017 dále)
$MaxCO_2$	Maximální kumulativní globální emise CO ₂ s více než 66% pravděpodobností naplnění scénáře zvýšení teploty do 2 °C oproti předindustriální úrovni
$PE_{1870-2016}$	Historické globální emise CO ₂ od roku 1870 do roku 2016

⁸ Efektu dalších skleníkových plynů a aerosolů

Pro výpočet národního emisního rozpočtu musí být nejprve stanoven zbývající globální rozpočet CO₂ pro období od roku 1990. Tento rozpočet je stanoven sečtením globálního rozpočtu na období od roku 2017 dále a globálních emisí z období 1990–2016. Dále je vypočítán podíl ČR na tomto globálním rozpočtu dle podílu populace ČR na světové populaci v roce 1990. Následujícím krokem je odečtení emisí ČR vyprodukovaných mezi lety 1990–2016. Posledním krokem je úprava výsledného rozpočtu prostřednictvím přidání HDP na osobu do distribučního modelu.

Redistribuce globálního emisního rozpočtu na základě HDP byla v rámci této práce aplikována na dataset 176 zemí. Země s nedostupnými daty byly z datového souboru vyřazeny. Rozhodujícím faktorem v analýze je podíl národního HDP na osobu a průměrného světového HDP na osobu dle následující rovnice:

$$FE_{CZ} = \left[\frac{POP_{CZ1990}}{POP_{W1990}} (FE_w + PE_w) - PE_{CZ} \right] \frac{GDP_w}{GDP_{CZ}} / \frac{S_w}{FE_w}$$

Tabulka č. 8 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu emisí CO₂ ČR (od roku 2017 dále)

FE_{CZ}	Maximální budoucí objem emisí CO ₂ ČR (od roku 2017 dále)
POP_{CZ1990}	Počet obyvatel ČR v roce 1990
POP_{W1990}	Světová populace v roce 1990
FE_w	Maximální budoucí objem globálních emisí CO ₂ (od roku 2017 dále)
PE_w	Globální emise CO ₂ od roku 1990 do roku 2016
PE_{CZ}	Emise CO ₂ ČR od roku 1990 do roku 2016
GDP_w	Průměrné světové HDP per capita v PPP v roce 2017
GDP_{CZ}	Národní HDP per capita v PPP v roce 2017
S_w	Maximální globální objem emisí CO ₂ při zohlednění HDP

Globální maximální budoucí emise CO₂ od roku 2017 dále pro dodržení daného klimatického scénáře odpovídají celkem 825 GtCO₂ nebo 9,9 GtCO₂ ročně až do roku 2100. Průměrný roční limit na obyvatele s ohledem na kumulativní globální populaci od

roku 2017 do roku 2100 je 1 tCO₂. Při zohlednění velikosti globální populace v roce 2017 se tedy globální rozpočet na rok 2017 rovná 7,6 GtCO₂. Tato hodnota je menší než průměrný roční limit kvůli očekávanému růstu světové populace v budoucnosti.

Zbývající globální rozpočet na CO₂ od roku 1990 je 1648 GtCO₂. Češi představovali v roce 1990 0,19 % světové populace. Na základě tohoto podílu se český podíl na celkovém globálním emisním rozpočtu od roku 1990 rovná 3,2 GtCO₂. Odečtením národních emisí vyprodukovaných v letech 1990 až 2016 jsme pro období od roku 2017 dále dospěli k rozpočtu 281 MtCO₂. Při použití roku 2100 jako referenčního termínu pro vyčerpání rozpočtu je emisní limit v průměru 3,39 MtCO₂ ročně nebo 3,41 MtCO₂ v roce 2017. Zohledněním ekonomického rozvoje země na základě HDP na obyvatele v modelu se výsledný národní limit od roku 2017 dále snižuje na 48,7 MtCO₂. Po následujících 83 let tvoří tedy maximum budoucích emisí v průměru 0,6 MtCO₂ ročně. Při zohlednění české populace v roce 2017 se limit nemění, protože se očekává, že počet obyvatel ČR bude v budoucnu relativně stagnovat.

Výsledky výpočtu globálních a národních limitů CO₂ jsou shrnuty v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 Globální a národní limit emisí CO₂ v souladu s maximálním nárůstem teploty do 2 °C oproti předindustriální úrovni

	Globální	ČR limit (1)	ČR limit (2)	ČR limit (3)
Limit pro období 2017–2100	825 GtCO ₂	48,7 MtCO ₂	281 MtCO ₂	887 MtCO ₂
Limit pro jednotlivé roky	9,9 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂	3,4 MtCO ₂	10,7 MtCO ₂
Limit pro rok 2017	7,6 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂	3,4 MtCO ₂	10,7 MtCO ₂
Roční limit na osobu	1 tCO ₂	0,06 tCO ₂	0,3 tCO ₂	1 tCO ₂

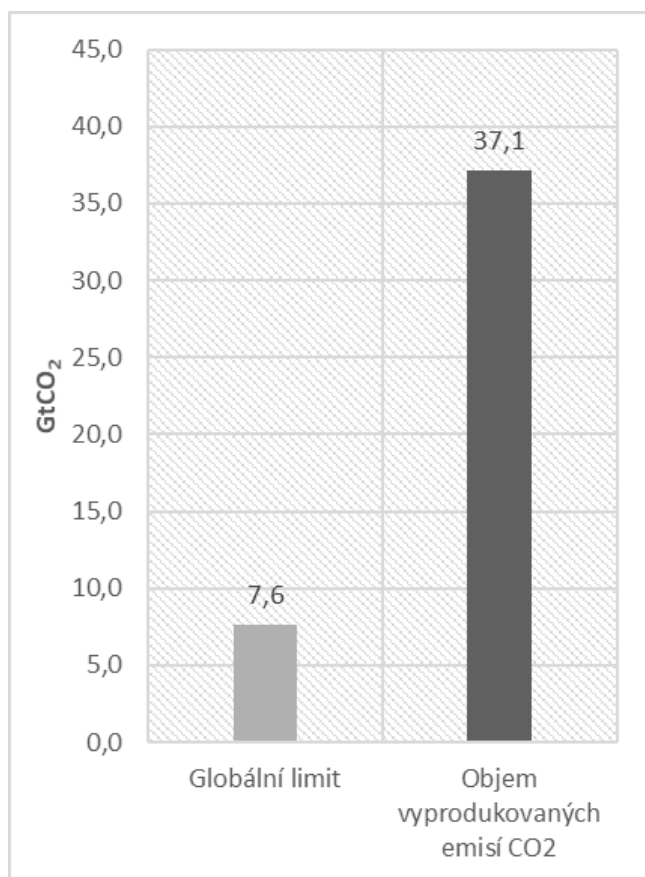
Limit (1) je vypočítán na základě modelu přidělovacího podíl zbývajících globálních emisí CO₂ pro dodržení daného klimatické scénáře dle počtu obyvatel, zohledňujícího emise vyprodukované v minulosti (od roku 1990) a HDP na obyvatele.

Limit (2) je založen na modelu, který přiděluje podíl zbývajících globálních emisí CO₂ pro dodržení daného klimatického scénáře dle počtu obyvatel a zohledňuje emise vyprodukované v minulosti (od roku 1990).

Limit (3) udává hodnotu na základě modelu přidělovacího podíl zbývajících globálních emisí CO₂ pro dodržení daného klimatického scénáře pouze dle počtu obyvatel.

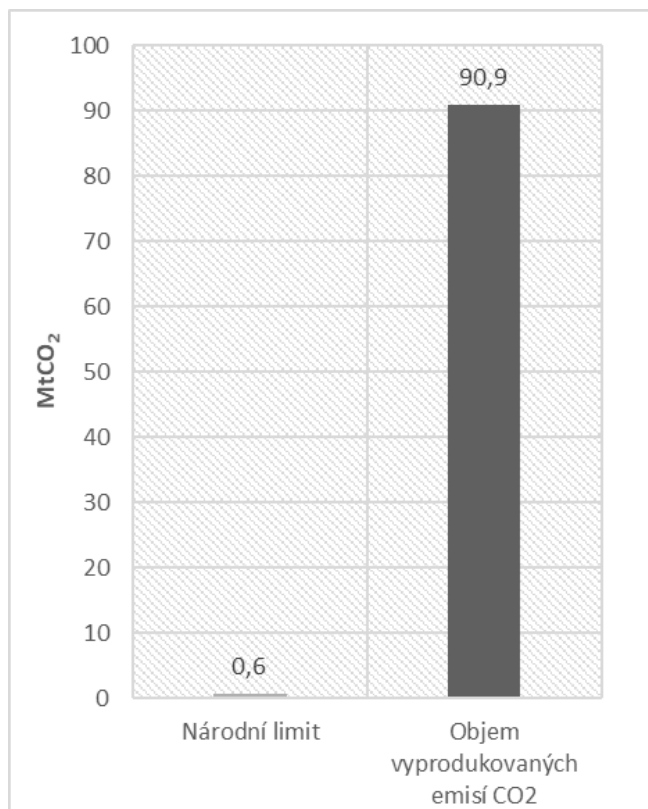
Globální limit pro daný rok v porovnání s objemem skutečně vyprodukovaných emisí CO₂ je vizualizován v grafu č. 7, národní limit (1) v grafu č. 8.

Graf 7 Globální limit pro rok 2017 v porovnání s objemem skutečně vyprodukovaných emisí CO₂ ve stejném roce



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat emisí CO₂: CAIT data: Climate Watch, 2019

Graf 8 Národní limit pro rok 2017 v porovnání s objemem skutečně vyprodukovaných emisí CO₂

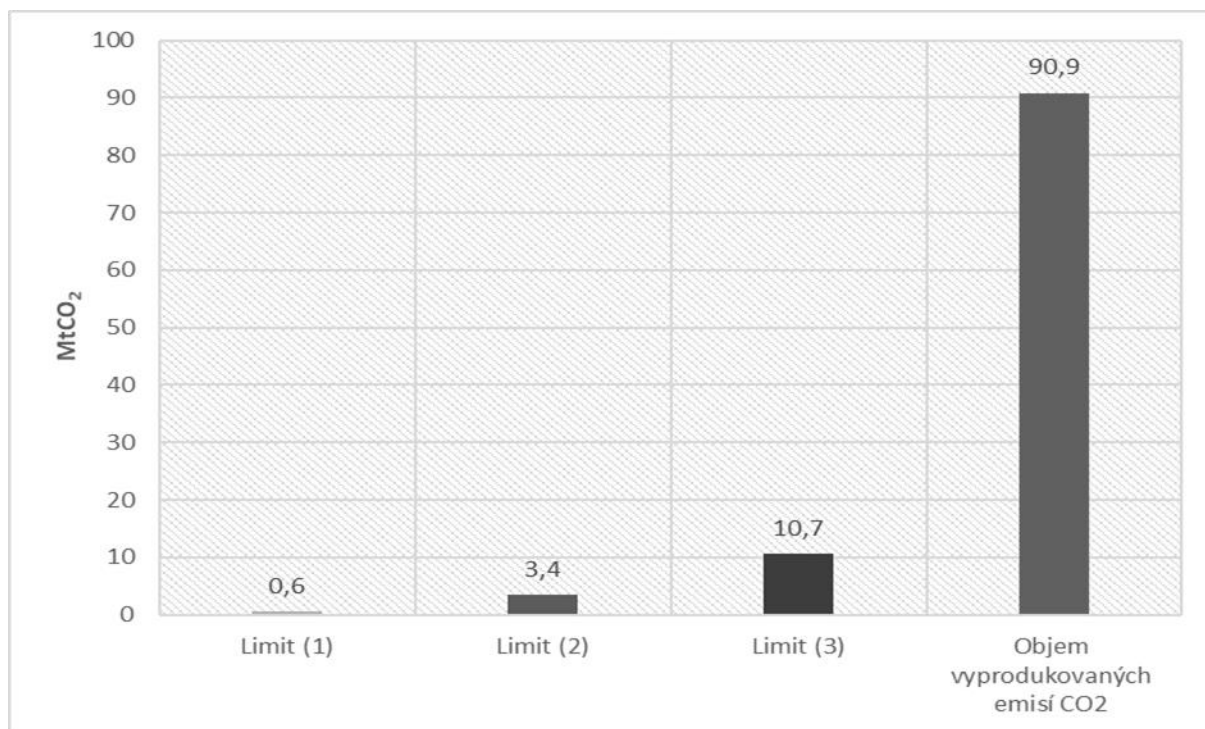


Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat emisí CO₂: CAIT data: Climate Watch, 2019

Jak již bylo naznačeno v předchozích částech, zahrnutí HDP per capita do distribučního modelu snižuje limity rozvinutých zemí ve prospěch zemí rozvojových. V případě, že bychom tuto proměnnou nezahrnuli, 25 zemí (tj. Libérie, Zambie, Papua Nová Guinea, Belize, Bolívie, Mongolsko, Guyana, Paraguay, Turkmenistán, Surinam, Botswana, Rovnicková Guinea, Trinidad a Tobago, Omán, Izrael, Saúdská Arábie, Bahrajn, Kanada, Austrálie, Spojené státy, Brunej, Spojené arabské emiráty, Katar, Singapur, Lucembursko) ze 176 zahrnutých v datovém souboru by již překročilo zbývající emisní rozpočet v roce 2017, nebo dokonce před tímto rokem. Při zohlednění současného stavu ekonomického rozvoje se současný „emisní dluh“ nejchudších zemí podstatně sníží, popř. se navýší zbývající emisní rozpočet.

Hodnoty národních limitů ČR založené na jednotlivých modelech a porovnané se skutečným objemem vyprodukovaných emisí v roce 2017 jsou představeny v grafu č. 9.

Graf č. 9 Národní limit pro emise CO₂ v roce 2017 dle jednotlivých distribučních metod v porovnání se skutečným objemem vyprodukovaných emisí v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat emisí CO₂: CAIT data: Climate Watch, 2019

Priority národní politiky v oblasti změny klimatu jsou stanoveny Politikou ochrany klimatu České republiky, která byla přijata v roce 2017. Primárními cíli dokumentu jsou snížení emisí skleníkových plynů ve výši 32 MtCO₂ekv. do roku 2020 a 44 MtCO₂ekv. do roku 2030 ve srovnání s rokem 2005. Další orientační cíle se týkají 70 MtCO₂ekv. emitovaných skleníkových plynů v roce 2040 a 39 MtCO₂ekv. v roce 2050. Cílové hodnoty této koncepce (MŽP, 2017) převedené na MtCO₂ a odečtené od referenčního roku 2005 jsou shrnuty v tabulce č. 10.

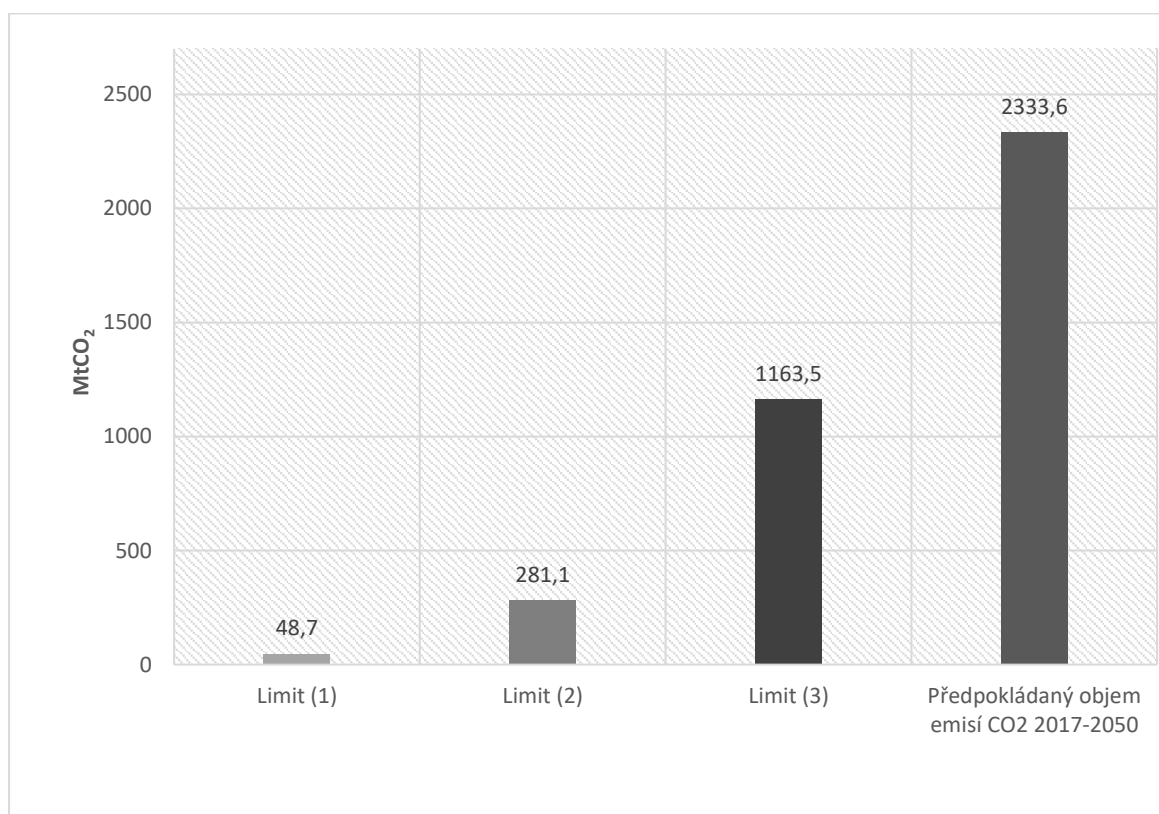
Tabulka č. 10 Národní cíle redukce CO₂

2005	2020	2030	2040	2050	Rok
146	114	102	70	39	MtCO ₂ ekv.
118	92	83	57	32	MtCO ₂

Jak je znázorněno na grafu č. 10, i kdyby byly národní cíle v rámci redukce emisí CO₂ splněny, byl by limit vyjádřen jako:

- (1) rovnoměrný podíl emisí CO₂ na obyvatele, zohledňující historické emise (od roku 1990) a HDP na obyvatele, v roce 2050 překročen více než 46krát;
- (2) rovnoměrný podíl emisí CO₂ na obyvatele, zohledňující historické emise (od roku 1990), v roce 2050 překročen více než osmkrát;
- (3) stejný podíl emisí CO₂ na obyvatele v roce 2050 překročen více než dvakrát.

Graf č. 10 Národní limit pro emise CO₂ od roku 2017 dále na základě různých distribučních metod a předpokládaný objem emisí vyprodukovaných od roku 2017 do roku 2050 v souladu s cíli Politiky ochrany klimatu



Zdroj: vlastní zpracování

5.2 Okyselování oceánu

Rockström a kol. (2009) na základě stavu nasycení uhličitánem vápenatým Ω stanovili globální planetární hranici pro okyselování oceánu na 2,75 Ω arag. Aktuální hodnota Ω je 2,90, což znamená, že limit ještě nebyl překročen. (Dao a kol., 2018) Dle vědeckých výsledků souvisí současná hodnota koncentrace aragonitu v oceánech se

zvýšenou koncentrací CO₂ v atmosféře (IPCC, 2007; Duarte a kol., 2013). Globální limit pro okyselování oceánu je proto v rámci této disertační práce stanoven prostřednictvím indikátoru vyjádřeného jako zbývající kumulativní emise oxidu uhličitého (CO₂) z lidské činnosti k udržení přijatelného stavu nasycení uhličitánem vápenatým Ω. Dle klasifikace DPSIR jde o indikátor tlaku.

Dle studií (McNeil a Matear, 2008; Dao a kol., 2018) odpovídá koncentrace 2,75 Ω_{arag} atmosférické koncentraci 450 ppm CO₂. Tato hranice je proto zvolena pro výpočet globálního limitu i v rámci této práce.

Globální limit pro danou PB je stanoven prostřednictvím následující rovnice:

$$FE_w = (ppmMAX - ppm2019) \times C$$

Tabulka č. 11 Proměnné použité pro výpočet maximálního budoucího objemu globálních emisí CO₂ (od roku 2020 dále)

FE_w	Maximální budoucí objem globálních emisí CO ₂ (od roku 2020 dále)
$ppmMAX$	Maximální atmosférická koncentrace CO ₂
$ppm2019$	Současná atmosférická koncentrace CO ₂ (2019)
C	Objem emisí CO ₂ vedoucí k další jednotce CO ₂ ppm; konstanta převzata dle Dao a kol. 2018 (18,5 GtCO ₂)

Národní limit je dále stanoven na základě stejné metodologie výpočtu jako pro PB změny klimatu. Stejně jako v případě PB změny klimatu je pro výpočet národního limitu nejprve nutné vypočítat globální limit emisí CO₂. Ten je stanoven jako rozdíl mezi hraniční a aktuální hodnotou⁹ atmosférické koncentrace CO₂, násobený objemem emisí CO₂ vedoucím k další jednotce CO₂ ppm. Tento objem lze stanovit na základě pozorování historického vztahu mezi emisemi CO₂ a atmosférickou koncentrací tohoto skleníkového plynu. (Dao a kol., 2018) Výsledná hodnota 864 GtCO₂ lze považovat za maximální budoucí globální rozpočet emisí CO₂ od roku 2017 dále pro zachování stabilního stavu jako na počátku holocénu. Termín vyčerpání tohoto rozpočtu byl rovněž stanoven na rok 2100, roční limit pro zbývajících 83 let lze tedy stanovit na přibližně 10,4 GtCO₂, resp.

⁹ 403,4 ppm, údaj z roku 2016

7,9 GtCO₂ pro rok 2017. Roční limit na osobu lze vzhledem k predikcím počtu obyvatel do roku 2100 stanovit stejně jako v případě změny klimatu na přibližně 1 tCO₂.

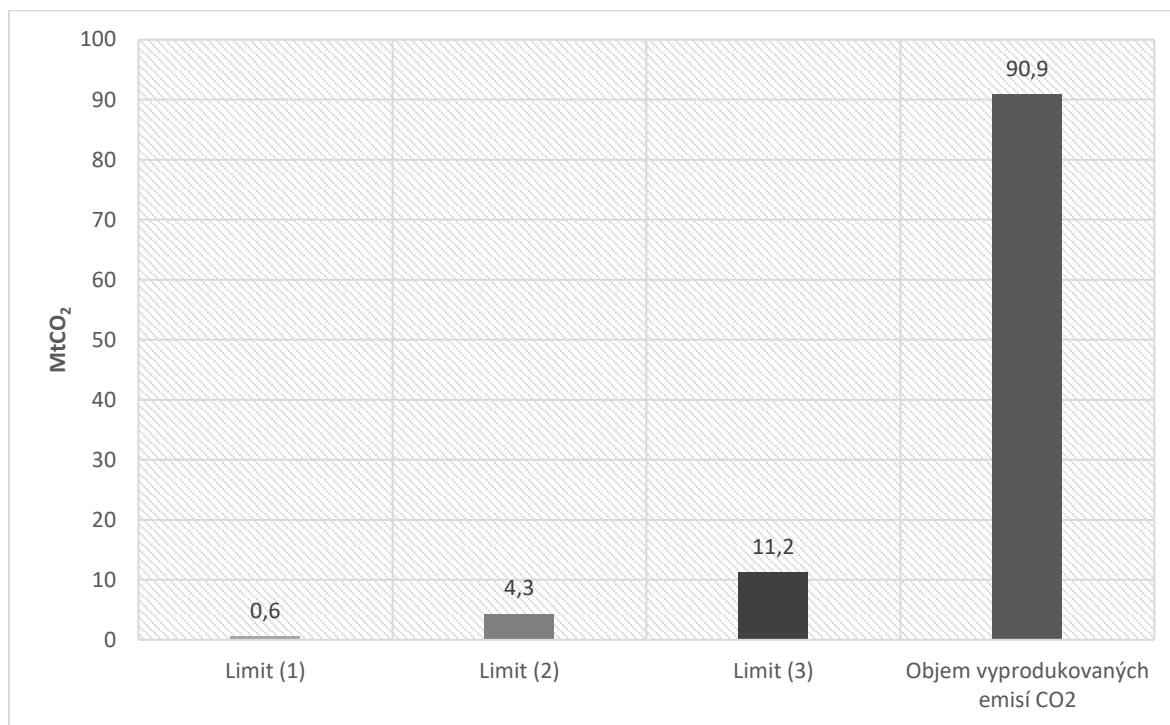
Výsledné globální i národní limity emisí CO₂ jsou shrnuty v tabulce č. 12. Limit ČR pro období mezi lety 2017 a 2100 byl zvolenou distribuční metodou (1) zohledňující rovný podíl per capita, environmentální zátěž vyprodukovanou v minulosti i úroveň rozvoje (HDP na osobu) stanoven na 59 MtCO₂. Objem emisí CO₂, který ČR reálně vyprodukovala v roce 2017 (90,9 MtCO₂), byl vzhledem k limitu pro daný rok více než jedenadvacetinásobný. Tento objem zároveň také překračuje národní limit stanovený touto metodou na celé třiaosmdesátileté referenční období.

Tabulka č. 12 Globální a národní limit emisí CO₂ k udržení přijatelného stavu nasycení uhlíčanem vápenatým Ω

	Globální	ČR limit (1)	ČR limit (2)	ČR limit (3)
Limit pro období 2017–2100	864 GtCO ₂	59 MtCO ₂	356 MtCO ₂	1218 MtCO ₂
Limit pro jednotlivé roky	10,4 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂	4,3 MtCO ₂	11,2 MtCO ₂
Limit pro rok 2017	7,9 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂	4,3 MtCO ₂	11,2 MtCO ₂
Roční limit na osobu	1 tCO ₂	0,06 tCO ₂	0,4 tCO ₂	1 tCO ₂

Porovnání výsledných limitů na základě různých distribučních mechanismů je zachyceno v grafu č. 11. Výsledky pro všechny limity jsou porovnatelné s limity pro klimatickou změnu, odlišnosti jsou dané různou metodou výpočtu.

Graf č. 11 Národní limit pro emise CO₂ v roce 2017 dle jednotlivých distribučních metod v porovnání se skutečným objemem vyprodukovaných emisí v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat emisí CO₂: CAIT data: Climate Watch, 2019

Emisní zátěž produkovaná ČR je řešena v rámci Politiky ochrany klimatu. Přestože se jedná o globální problematiku, na jejíchž příčinách se podílejí všechny země světa, konkrétně tematikou okyselování oceánů se ČR v žádném národním strategickém dokumentu nezabývá. Není známá ani podpora pro jinou aktivitu v této oblasti (např. mezinárodní spolupráce, vědecký výzkum atd.). Plnění Politiky ochrany klimatu doposud nebylo vyhodnoceno, z dílčích dostupných zpráv nicméně vyplývá, že jsou národní klimatické cíle vyplývající z mezinárodních závazků a legislativy EU naplňovány. (MŽP, 2021a)

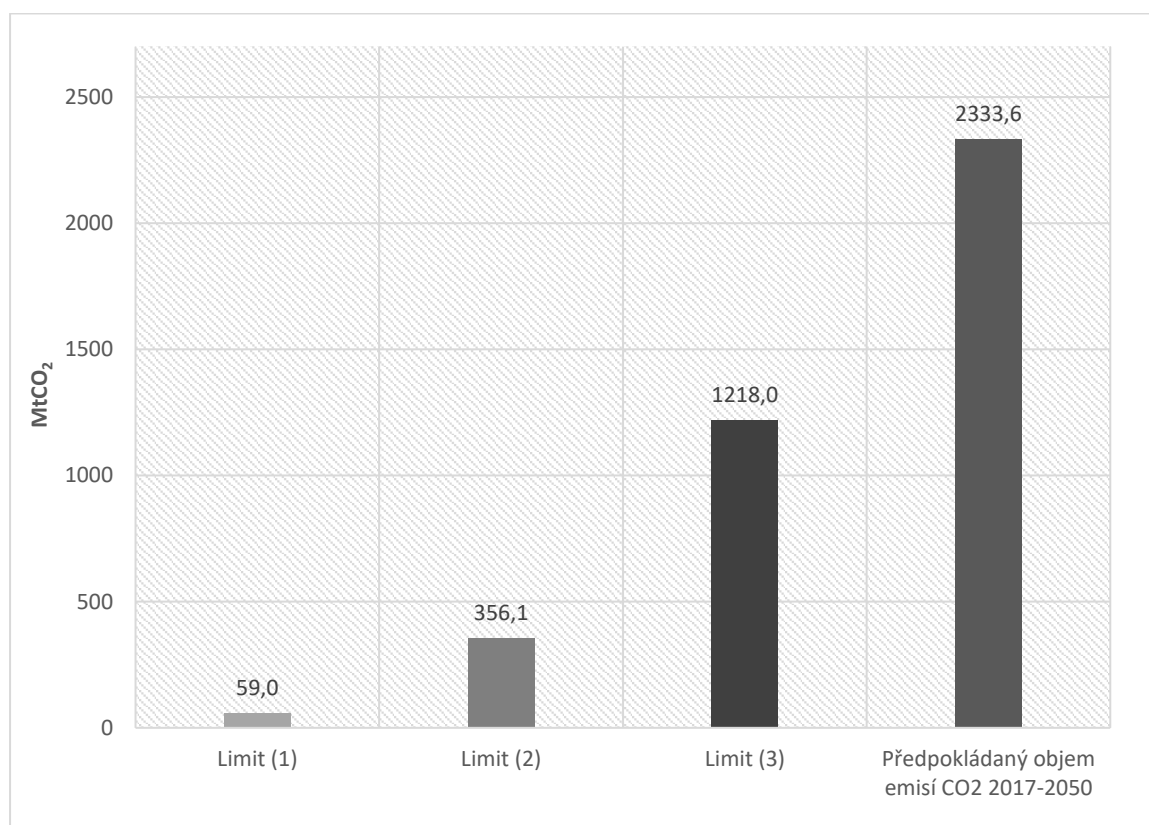
Vycházíme-li nicméně opět z předpokladu plnění národních cílů v rámci redukce emisí CO₂ Politiky ochrany klimatu, byl by národní limit v kontextu planetární hranice okyselování oceánů vyjádřen jako:

(1) rovnoměrný podíl emisí CO₂ na obyvatele, zohledňující historické emise (od roku 1990) a HDP na obyvatele, v roce 2050 překročen více než devětatřicetkrát;

(2) rovnoměrný podíl emisí CO₂ na obyvatele a zohledňující historické emise (od roku 1990) v roce 2050 překročen více než šestkrát.

(3) stejný podíl emisí CO₂ na obyvatele v roce 2050 překročen téměř dvakrát.

Graf č. 12 Národní limit pro emise CO₂ od roku 2017 dále na základě různých distribučních metod a předpokládaný objem emisí vyprodukovaných od roku 2017 do roku 2050 v souladu s cíli Politiky ochrany klimatu



Zdroj: vlastní zpracování

5.3 Integrita biosféry

V důsledku nedostatku národních dat je výpočet národních limitů pro narušení integrity biosféry v souladu s PB jedním z nejsložitějších. Mezi nepoužívanější globální indikátory pro ztrátu biodiverzity v souvislosti s Úmluvou o biologické rozmanitosti OSN a Strategickým plánem pro biodiverzitu 2011–2020 patří index červeného seznamu IUCN (Butchart a kol., 2007, 2010) a tzv. *Living Planet Index* (Loh a kol., 2005; McRae a kol.,

2017). Oba nicméně kvůli zpožděnému reportingu fungují spíše jako „pozdní varování“ a neumožňují proaktivní přístup (Schmeller a kol., 2018), který je v souvislosti se sledováním vývoje v rámci jednotlivých PB žádoucí.

Metoda výpočtu a zvolený indikátor pro výpočet národního limitu pro biodiverzitu v kontextu planetární hranice integrity biosféry se mezi jednotlivými národními případovými studii značně liší. Nykvist a kol. (2013) kvůli metodologickým problémům národní PB biodiverzity nezkoumali, nicméně navrhli tři indikátory, které by pro tuto práci bylo v budoucnu možné využít:

- (1) počet ohrožených druhů na území na milion kusů (teritoriální indikátor), s využitím dat od Lenzena a kol. (2012);
- (2) globální počet ohrožených druhů v důsledku spotřeby, včetně mezinárodního obchodu (indikátor založený na spotřebě), s využitím dat od Lenzena a kol. (2012);
- (3) procento chráněných mořských a suchozemských oblastí, s využitím dat ze světové databáze chráněných území (IUCN a UNEP). (Nykvist a kol., 2013)

Dao a kol. (2018) tyto indikátory dle rozdělení DPSIR zařadili do kategorie „reakčních“ (*response*), přičemž vhodnější by dle jejich závěrů bylo použít indikátory „stavu“ (*state*). Z toho důvodu Dao a kol. (2018) v případové studii Švýcarska zvolili jako kontrolní proměnnou indikátor potenciálu poškození biologické rozmanitosti (*Biodiversity Damage Potential*, BDP). (Frischknecht a Büsser Knöpfel, 2014; de Baan a kol., 2013)

Vzhledem k dostupnosti dat a relativně blízkému vztahu k původnímu indikátoru PB byla jako kontrolní proměnná pro určení globálního a národního limitu v této disertační práci vybrána průměrná početnost druhů (*Mean Species Abundance*, MSA). Tento indikátor byl zvolen také v případové studii Nizozemska zaměřené na využití konceptu PB pro implementaci SDGs. (Lucas a Wilting, 2018) MSA hodnotí stav biodiverzity prostřednictvím odhadu zbývajících průměrného počtu původních druhů v ekosystému vzhledem k jejich počtu v primární vegetaci, (Alkemade a kol., 2009; Schipper a kol., 2016) podobně jako BII (Scholes a Biggs, 2015). Hlavní rozdíl mezi MSA a BII spočívá v tom, že v MSA má každý hektar území stejnou váhu, zatímco BII dává větší váhu oblastem s větší druhovou rozmanitostí. (Alkemade a kol., 2009) Oproti BII nicméně MSA nezahrnuje zvýšení počtu druhů oproti původnímu stavu (tj. stavu v nenarušených

podmínkách) a snížení počtu určitého druhu v něm nemůže být kompenzováno navýšením počtu jiných druhů. Právě proto ho nicméně lze považovat spíše za indikátor „včasného varování“. Výhodou MSA je, že prostřednictvím tzv. modelu GLOBIO (Alkemade a kol., 2009; Schipper a kol., 2016) dokáže zohlednit několik různých hnacích sil (driverů, viz obr. č. 12), zatímco BII se soustředí pouze na ztrátu biodiverzity v souvislosti s využitím půdy. Index MSA se pohybuje od 0 do 1, kde 1 znamená, že je struktura druhů zcela neporušena, a 0 znamená, že všechny původní druhy jsou lokálně vyhynulé. V této práci je hodnota MSA převedena na ztrátu MSA v hektarech (MSA násobená rozlohou území bez ledu).

Model GLOBIO byl vyžit v různých regionálních a globálních studiích (např. Van der Esch a kol., 2017) k předpovědím budoucího vývoje globální ztráty biodiverzity, k hodnocení dosavadního historického vývoje či ke kvantifikaci ztráty biodiverzity související se spotřebou občanů a jednotlivých zemí. (Lucas a Wilting, 2018) Struktura GLOBIO modelu stojí na šesti klíčových komponentech (antropogenních hnacích silách): využití půdy, narušení silnic, fragmentace území, lov, ukládání dusíku, změna klimatu. Dopady těchto hnacích sil zachycují komponenty indikátoru MSA. Upravený tzv. GLOBIO3 model byl v nedávné době aplikován také na případovou studii zranitelnosti přírodních stanovišť a ztráty přirozenosti České republiky (Pechanec a kol., 2021).

Globální planetární hranice pro kontrolní proměnnou BII byla autory konceptu PB stanovena na 90 %, s širokou zónou nejistoty (90–30 %). (Steffen a kol., 2015) V této disertační práci bude při využití této hodnoty dále pracováno s výpočtem Lucase a Wiltinga (2018), kteří hraniční hodnotu BII převedli na globální hranici pro MSA s výslednou hodnotou 72 % a výše. Maximální globální ztráta biodiverzity dle MSA tak vychází na 28 %. Uvedenou hodnotu lze vyjádřit také jako průměrnou globální roční ztrátu 0,5 MSA ha na osobu, popř. 3 696 MSA mil. ha celkem.

Současná globální úroveň ztráty biologické rozmanitosti dle MSA je odhadována přibližně na 34 %, v rámci západní a střední Evropy dokonce až 63 %, což je nejvyšší podíl ze všech regionů.¹⁰ (Van der Esch a kol., 2017) I průměrná globální hodnota nicméně překračuje stanovenou planetární hranici pro danou kontrolní proměnnou. Uvedenou ztrátu

¹⁰ Údaj za rok 2010

34 % lze dle výše zmíněného převodu také vyjádřit jako průměrnou roční globální ztrátu 0,6 MSA hektaru na osobu, popř. 4 488 MSA mil. ha celkem.

Pro výpočet národního limitu distribuční metodou rovného podílu na osobu byla použita následující rovnice, v níž je globální limit distribuován jednotlivým zemím dle počtu obyvatel:

$$MSA_{CZ} = \frac{POP_{CZ2010}}{POP_{W2010}} \times MSA$$

Tabulka č. 13 Použité proměnné pro výpočet národní alokace globálního limitu MSA

MSA_{CZ}	Maximální roční ztráta průměrné početnosti druhů pro Českou republiku
POP_{CZ2010}	Počet obyvatel ČR v roce 2010
POP_{W2010}	Světová populace v roce 2010
MSA	Maximální globální roční ztráta průměrné početnosti druhů

Výsledné hodnoty pro PB biodiverzity při zohlednění distribučního mechanismu rovného podílu na osobu jsou shrnuty v tabulce č. 14. Maximální roční ztráta průměrné početnosti druhů je přitom zafixována v čase a roční podíl na osobu je určen na základě počtu obyvatel v daném roce. Pro ČR byl jako referenční rok zvolen rok 2018.

Tabulka č. 14 Globální a národní limit MSA

	Globální	Národní (Česká republika)
Roční limit ztráty MSA	3 696 MSA mil. ha	5,6 MSA mil. ha
Roční limit ztráty MSA na osobu	0,5 ha	0,5 ha

Data pro stopu biodiverzity ČR jsou dostupná pouze za rok 2007, kdy ztráta MSA tvořila 12,5 MSA mil. ha za rok a 1,2 MSA ha na osobu. (Wilting a kol., 2017) Průměrnou celkovou početnost druhů ČR ve výši 62 % vypočítali také Pechanec a kol. (2021) na základě tzv. GLOBIO3 modelu. Ztráta MSA ČR by v takovém případě odpovídala 38 %,

což je, stejně jako v případě výše zmíněných hodnot, rovněž úroveň překračující národní limit, který je v souladu s „bezpečným operačním prostorem pro lidské aktivity“.

Hlavním národním koncepčním dokumentem v souvislosti s PB integrity biosféry je Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky 2016–2025 (dále jen „Strategie ochrany biodiverzity“). (MŽP, 2016) Ta byla v roce 2020 předmětem střednědobého vyhodnocení, jehož výsledky vzala vláda ČR na vědomí v květnu 2021.

Zákonná ochrana druhové rozmanitosti v ČR se v současnosti vztahuje především na populace či jedince druhů. Ochrana jejich biotopů je z legislativního i praktického hlediska omezená. Dle Strategie ochrany biodiverzity je toto omezení významným faktorem, přispívajícím k tomu, že je třetina druhů v ČR hodnocena v rámci červených seznamů jako „ohrožené“. (MŽP, 2016) Tyto seznamy jsou nicméně v ČR dle metodiky IUCN vytvářeny až od roku 2017, jejich trend je proto obtížné vyhodnotit. Na základě Strategie měl proto být zaveden systém pravidelného sledování a vyhodnocování stavu druhů prostřednictvím červených seznamů, toto opatření doposud ale splněno nebylo. Do roku 2017 měla zároveň vzniknout Analýza efektivity druhové ochrany v ČR za období 1993–2015, která by objektivně posoudila účinnost druhové ochrany. (MŽP, 2016)

Vzhledem k nedostatečnému úsilí v oblasti genetické i funkční biodiverzity (MŽP, 2016), a především nedostatku dat pro komplexní hodnocení a monitoring, prozatím nejsou v rámci národní politiky formulovány žádné kvantitativní cíle, které by bylo možné porovnat s výsledky výzkumu v oblasti národní PB integrity biosféry.

5.4 Biochemické toky dusíku a fosforu

V souvislosti se zemědělstvím, managementem odpadních vod a spalováním fosilních paliv se v průběhu minulého století značně zvýšila biologická dostupnost dusíku (N) a fosforu (P) v prostředí. (Liu a kol., 2011) Biologická dostupnost dusíku se zdvojnásobila, a biologická dostupnost fosforu se za toto období dokonce ztrojnásobila. (Howarth a kol., 2005; Dao a kol., 2018) Nárůst úniku těchto látek do vodních systémů a související antropogenní (nepřirozená) eutrofizace představují vážnou hrozbu pro kvalitu jak sladké vody, tak i vody v pobřežních oblastech. (Selman a kol., 2008) V následující

části této disertační práce bude vybrán indikátor a následně spočítána národní hranice pro (1) biochemické toky N a (2) biochemické toky P. Přestože jsou oba cykly zahrnuty do jedné podkapitoly, bude s nimi zacházeno jako se dvěma rozdílnými planetárními hranicemi, z nichž každá je hodnocena prostřednictvím samostatné kontrolní proměnné.

5.4.1 Dusík

Přestože byly doposud změny způsobené zvýšením biochemického působení N v životním prostředí považovány spíše za regionální záležitost, současný stav výzkumu poukazuje na to, že přeměna atmosférického biologicky nedostupného dusíku (N_2) na reaktivní sloučeniny způsobuje významné změny v globálním cyklu tohoto prvku. (Rockström a kol., 2009) Mezi reaktivní sloučeniny dusíku patří oxid dusný (N_2O), oxidy dusíku (NO_x), dusičnany (NO_3^-), amoniak (NH_3) a amonium (NH_4^+), z nichž všechny mají potenciální dopad na globální změnu klimatu, tvorbu troposférického ozonu a eutrofizaci a okyselování ekosystémů vedoucí ke ztrátě biologické rozmanitosti. (Dao a kol., 2018)

N je v důsledku svého použití jako hnojiva klíčovým prvkem především v souvislosti se zemědělstvím a globální potravinovou bezpečností. Uvádí se, že jeho používání umožňuje výživu přibližně poloviny světové populace. Vedle zemědělství je zdrojem reaktivních forem dusíku také spalování fosilních paliv v rámci průmyslu a dopravy. (Sutton a kol., 2011)

Práci s globální PB cyklu dusíku, a především výběr vhodného distribučního mechanismu zbývající environmentální zátěže mezi jednotlivé země komplikuje fakt, že je aktuální zatížení nerovnoměrně geograficky rozloženo. Zatímco země globálního severu mají zpravidla v rámci tzv. bilance živin (*nutrients balance*) problém s přebytky dusíku, rozvojovým regionům naopak dusík chybí pro produkci potravin. (Sutton a kol., 2011) Původní hranice stanovená na 35 Tg N za rok (Rockström a kol., 2009) byla předmětem relativně široké kritiky, mimo jiné také proto, že dle závěrů některých studií je překročení této hranice nezbytné k zajištění produkce potravin pro světovou populaci. (Bouwman a kol., 2013) Limit pro N byl v nejaktuálnější studii PB prozatím stanoven pouze na globální úrovni hodnotou 62 Tg N za rok z průmyslových a jiných záměrných biologických fixací dusíku. (Steffen a kol., 2015)

První komplexní pokus vypočítat dusíkový rozpočet pro Evropu provedli Sutton a kol. (2011) v rámci tzv. evropského dusíkového hodnocení (*European Nitrogen Assessment*, ENA). Jejich srovnání cyklu dusíku v Evropě v roce 1900 a 2000 dokládá několikanásobné navýšení záměrných i nezáměrných toků. (Sutton a kol., 2011)

Přestože některé studie doporučují pro výpočet PB na globální a národní úrovni využít stejný indikátor záměrné fixace N (Lucas a Wilting, 2018), tato disagregace není z pravidelně reportované bilance živin ČR dostupná. Jednodušší alternativou by mohl být indikátor použití dusíkatých hnojiv (Nykvist a kol., 2013), který byl nicméně kritizován za svůj nelineární vztah k fixaci N_2 , a tudíž malou vypovídací hodnotu pro zkoumanou problematiku. Z tohoto důvodu bude v rámci této disertační práce dále pracováno s indikátorem ztráty (přebytku) N, který je rovněž některými autory upřednostňován (např. Dao a kol., 2018). Na rozdíl od případové studie Švýcarska jsou nicméně v rámci této práce do indikátoru zahrnuty veškeré ztráty, nikoliv pouze zemědělské ztráty N z dusíkatých hnojiv. Z hlediska klasifikace DPSIR je indikátor ztrát N indikátorem tlaku (*pressure*).

Jeden z prvních pokusů výpočtu lokálních limitů pro fixaci a ztrátu dusíku provedli de Vries a kol. (2013) na základě průměrného překročení lokálních hranic koncentrace NH_3 a úniku dusíku do povrchových vod. Dále autoři spočítali také globální limit pro oxid dusný na základě radiačního působení. (de Vries a kol., 2013) Tyto pokusy nicméně probíhaly ještě před zveřejněním poslední studie PB (Steffen a kol., 2015), která globální limit pro dusíkový cyklus revidovala. Dao et al. (2018) prostřednictvím vlastního výpočtu založeného na dosavadním stavu výzkumu došli ke globální hraniční hodnotě zemědělských ztrát dusíku ve výši 47,6 Tg. (Dao a kol., 2018) Vzhledem k nedostupným průměrným datům pro ČR v oblasti průmyslové a jiné záměrné fixace N (v této konkrétní disagregaci) bude v této disertační práci dále jako globální rozpočet využita tato převzatá hodnota a dále pracováno s indikátorem zemědělských ztrát, resp. přebytků.

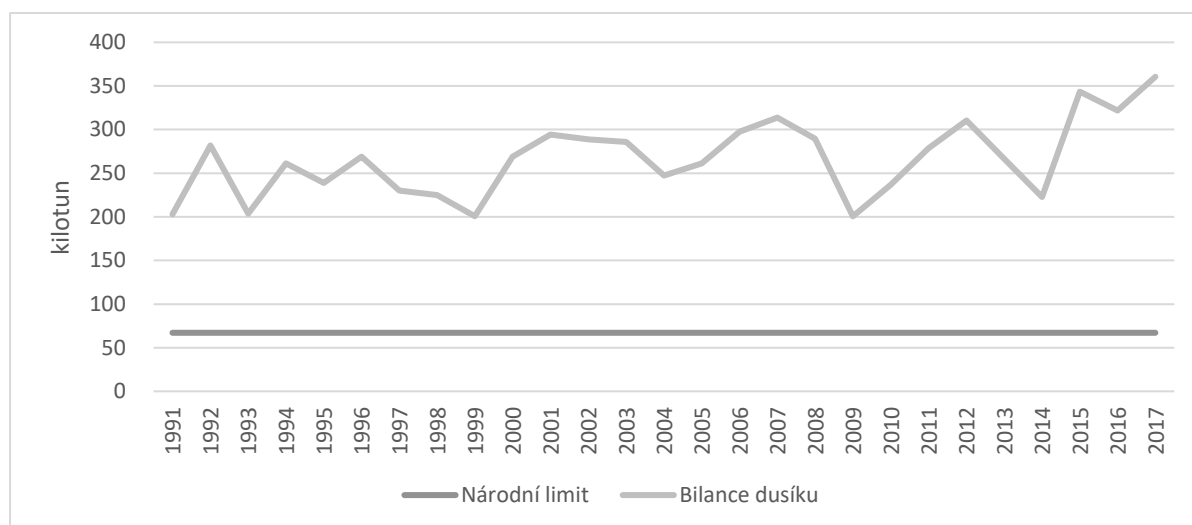
Informace o ztrátách N jsou získány na základě indikátoru hrubé bilance dusíku, který se počítá jako rozdíl mezi celkovým množstvím živin vstupujících do zemědělského systému (především hnojiva a hnůj hospodářských zvířat) a množstvím živin opouštějících systém (hlavně příjem živin plodinami, loukami a pastvinami). Hrubá bilance živin se vyjadřuje v tunách přebytku živin (je-li pozitivní) nebo deficitu živin (je-li záporná). Tento

indikátor lze použít jako proxy indikátor k odhalení stavu environmentálních tlaků. Těmito tlaky může být např. pokles úrodnosti půdy v případě nedostatku živin nebo riziko kontaminace půdy, vody a vzduchu při přebytku živin. (OECD, 2021)

Jako referenční rok pro výpočet národního limitu byl zvolen rok 2017, pro nějž jsou dostupná nejaktuálnější data. Globální rozpočet je pro účely výpočtu národního limitu rozdělen dle podílu populace ČR na světové populaci v daném roce (0,14 %). Výslednou národní hranicí pro ztrátu dusíku je 67 kilotun N. Národní hranici na osobu tvoří 6,3kg ztráta N.

Dle dat OECD k dusíkové bilanci byl národní limit pro ztrátu dusíku v roce 2017 překročen více než pětkrát (hodnota pro rok 2017 dosáhla 360 kilotun). Vývoj přebytku N v ČR od roku 1990 je zobrazen v grafu č. 13.

Graf č. 13 Hrubá bilance dusíku v ČR od roku 1990 do roku 2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat bilance dusíku: OECD.stats

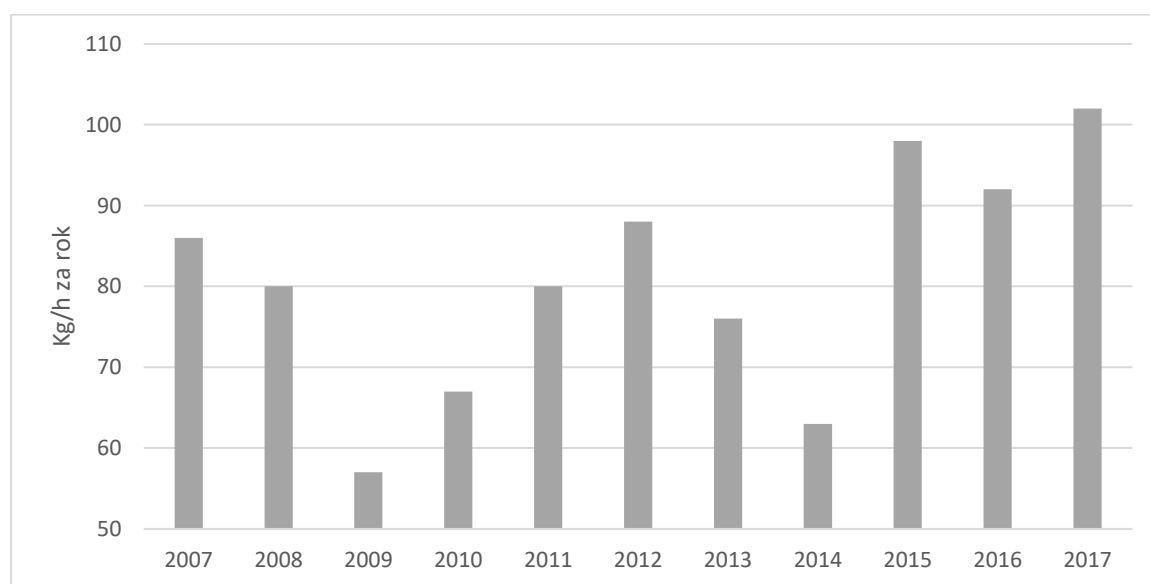
Omezení ztrát dusíku vyplavením dusičnanů do povrchových a podzemních vod ve zranitelných oblastech je v ČR řešeno tzv. nitrátovou směrnicí pro období 2020–2024 a aktuálně opatřeními jejího 5. akčního programu. Nitrátová směrnice je předpisem

Evropské unie (Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů), který je v ČR prováděn prostřednictvím tří zákonů:

- (1) zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů,
- (2) nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu,
- (3) zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Akční program pracuje s údaji o bilanci dusíku a udává, že „*průměrný roční bilanční přebytek dusíku za zemědělský závod v jednom hospodářském roce nebo za víceletý osevní postup by neměl být větší než 70 kg N/ha zemědělské půdy*“. (VÚRV, 2020, str. 58) I tento limit je v ČR překračován, neboť průměrný roční přebytek N na hektar zemědělské půdy za období 2007–2017 činil 80 kg N/ha. Nárůst byl přitom zaznamenán zejména v posledních třech sledovaných letech (viz graf č. 14). Povinnost vykazovat bilanci dusíku mají zemědělské závody od roku 2020/2021, s termínem zpracování první bilance do konce roku 2021. (VÚRV, 2020)

Graf č. 14 Dusíková bilance na hektar zemědělské půdy ČR



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat: OECD.stats

Plnění nitrátové směrnice je povinné ve zranitelných oblastech, které jsou definovány výskytem vody znečištěné dusičnany ze zemědělských zdrojů. Tyto oblasti jsou vymezeny v hranicích katastrálních území. Dle 4. revize vymezení zranitelných oblastí z roku 2019 tvoří podíl plochy zranitelných oblastí na ploše ČR 42 %. Ve zranitelných oblastech se nachází přibližně polovina veškeré zemědělské půdy ČR. (eAGRI, c2021)

V roce 2019 byly ukazateli znečištění podzemních vod s vysokým podílem překročení prahových hodnot (stanovených vyhláškou MŽP a MZe č. 5/2011 Sb.) amonné ionty (12,7 % nadlimitních vzorků) a dusičnany (9,8 % nadlimitních vzorků). (MŽP, 2021b)

5.4.2 Fosfor

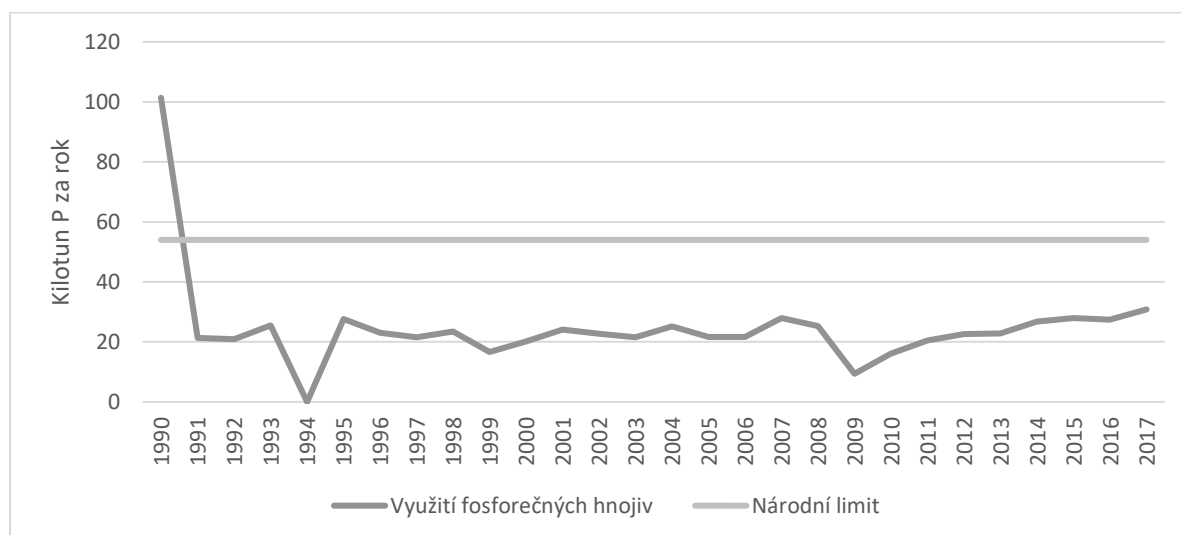
Globální nárůst využití fosforečných hnojiv zdokumentovali Bouwman a kol. (2013). Dle jejich odhadu činilo jejich využití 3 Tg v roce 1950 a 14 Tg v roce 2000, dle projekcí by dále mohlo dosáhnout 18–24 Tg v roce 2050. (Bouwman a kol., 2013)

Oproti původní studii PB, v níž byla planetární hranice související s cyklem fosforu (P) založena pouze na jeho vyplavování do světového oceánu (Rockström a kol., 2009), autoři revize z roku 2015 stanovili regionální hranici pro odvádění fosforu z hnojiv do půd ohrožených erozí. Touto hranicí je 6,2 Tg P za rok (Steffen a kol., 2015), přičemž všechna orná půda je v tomto kontextu považována za v podstatě ohroženou erozí. (Lucas a Wilting, 2018)

Globální hranice pro tuto kontrolní proměnnou je v rámci této disertační práce stanovena na základě vytyčené hranice pro odtok fosforu ze sladké vody do oceánů (11 Tg P za rok) dle Steffen a kol. (2015). Tento přístup využili také Dao a kol. (2018), kteří dle dat Bouwmana a kol. (2013) vytvořili model využití fosforečných hnojiv a odtoků fosforu pro roky 2000 a 2050 na základě různých scénářů s výsledkem mezi 3,5–3,83. Na základě nižší hodnoty vynásobené hranicí 11 Tg P za rok byl následně roční globální rozpočet pro spotřebu fosforečných hnojiv stanoven na 38,5 Tg P za rok. V rámci této disertační práce bude dále využita tato hodnota.

Stejně jako v případě N je roční národní limit stanoven na základě podílu ČR na světové populaci v roce 2017. Výsledná hodnota je 54 kilotun fosforu, což odpovídá 5,1 kg P na osobu.

Graf č. 15 Využití fosforečných hnojiv v ČR v období 1990–2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat využití fosforečných hnojiv: OECD.stats

Graf č. 15 dokládá, že s výjimkou roku 1990 nebyl národní limit využití fosforečných hnojiv překročen. Totéž platí pro limity na osobu v jednotlivých letech, při zohlednění aktuálního podílu populace ČR na světové populaci.

ČR nemá samostatnou regulaci využití fosforečných hnojiv. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech, pomocných půdních látkách jsou ustanoveny vyhláškou č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva. Emisní standardy (v ukazatelích znečištění celkový dusík a sloučeniny dusíku a celkový fosfor) pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových upravuje nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Z hlediska dopadů použití fosforečných hnojiv v ČR se dále v poslední době diskutuje nárůst podílu kadmia v půdě, na který upozornila zpráva Evropské agentury pro životní prostředí. Zvýšená koncentrace tohoto karcinogenního těžkého kovu je problematická zejména z důvodu dlouhodobé a těžko odbouratelné kontaminace půdy. (EEA, 2019)

5.5 Změny v systému využívání území

Planetární hranice změn v systému využívání území je hodnocena prostřednictvím proměnné zaměřené na rozsah zbývajících lesního porostu, a to jak na globální, tak na regionální úrovni. Prakticky nicméně tato PB sleduje především změny ve využití půdy (*land use*). Tyto změny jsou primárně způsobeny rozšiřováním zemědělské půdy, poptávkou po lesních zdrojích a urbanizací. (Foley a kol., 2005) Z globálního hlediska jsou změny významné zejména pro změnu klimatu a ztrátu biologické rozmanitosti. (Steffen a kol., 2015)

S ohledem na dostupnost dat je pro hodnocení této PB na globální i národní úrovni v rámci této disertační práce zvolen indikátor využití půdy, zahrnující ornou půdu a trvalé plodiny jako podíl celkové rozlohy. Indikátor nezahrnuje vnitrozemské vodní útvary (řeky a jezera). Obdobný indikátor je pro stanovení národní hranice využit i v jiných studiích (Nykvist a kol., 2013; Dao a kol., 2018; Lucas a Wilting, 2018), které ji s ohledem na původní publikaci k PB stanovují ve výši maximálně 15 % území. Tato hranice dle autorů konceptu PB představuje využití nejproduktivnější orné půdy planety. Přeměna lesů a jiných ekosystémů na zemědělskou půdu probíhala v posledních 40–50 letech průměrným tempem 0,8 % za rok a je hlavním globálním hnacím motorem ztráty fungování ekosystémů a jejich služeb. Další expanze zemědělské půdy v celosvětovém měřítku může vážně ohrozit biologickou rozmanitost a podkopat regulační kapacity zemského systému (ovlivněním klimatického systému a hydrologického cyklu). (Rockström a kol., 2009)

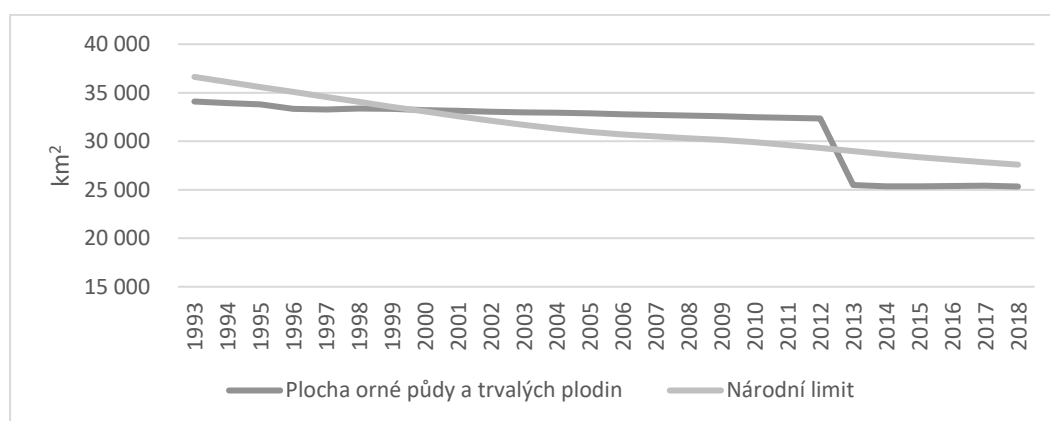
Celosvětová rozloha zemědělské půdy tvoří přibližně pět miliard hektarů, což je 38 % celosvětového povrchu půdy. Zhruba jedna třetina z toho se používá jako orná půda, zatímco zbývajících dvě třetiny tvoří louky a pastviny pro hospodářská zvířata. (FAO, 2020) Orná půda v tomto vyjádření tedy tvoří přibližně 12,7 % povrchu půdy, a globální stav tedy nepřekračuje planetární hranici.

Stejně jako v případě ostatních PB, národní hranice je vypočítána na základě podílu populace ČR na světové populaci z globální hranice. Globální hranice stanovená na 15 % povrchu půdy odpovídá 19,8 mil. km². Pro rok 2017 lze tuto hodnotu převést na přibližně 2 615 m² na osobu. V referenčním roce 2017 tvořila populace ČR 0,14 % světové

populace. Roční limit lze na základě tohoto podílu stanovit na 27 825 km², popř. (stejně jako v případě globálního podílu per capita) 2 615 m².

Pro daný rok tvořila plocha orné půdy a trvalých plodin ČR 25 430 km². (OECD, c2021) Hodnota v kontextu planetárních hranic tedy stále odpovídá bezpečnému operačnímu prostoru.

Graf č. 16 Plocha orné půdy a trvalých plodin ČR a národní roční limit

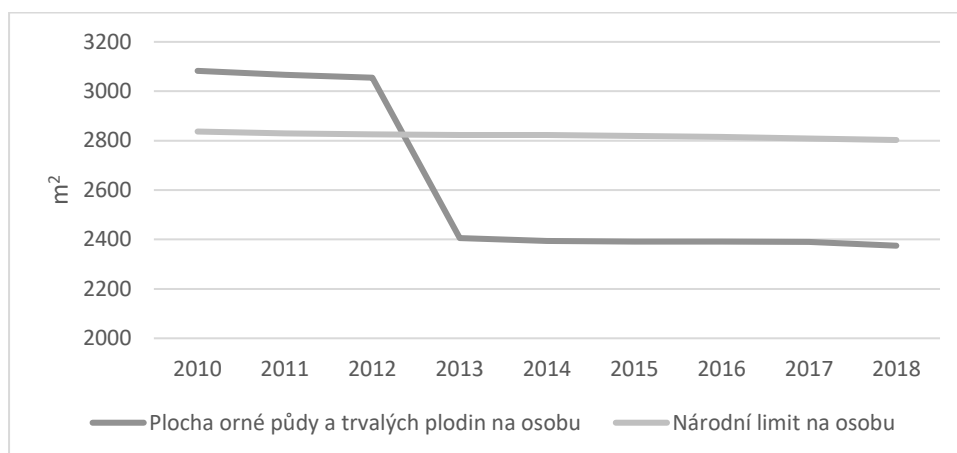


Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat plochy orné půdy a trvalých plodin: OECD.stats

Z grafu č. 16 je patrné mírné postupné zmenšování plochy orné půdy v období od roku 1993 do roku 2012 a relativně prudký úbytek od roku 2013. Národní limit se v čase snižuje v souvislosti se stále nižším podílem populace ČR na světové populaci v důsledku globálního populačního růstu. Na základě podílu na světové populaci stanovený roční limit pro ČR byl překračován mezi lety 2000 a 2012.

Druhým způsobem alokace spravedlivého národního podílu na globálním limitu je zafixování národního ročního rozpočtu ve vybraném referenčním roce v minulosti. Pro účely této práce byl zvolen rok 2010 z důvodu částečné možnosti porovnání výsledků s jinými národními studiemi. Národní limit na osobu v takovém případě závisí na počtu obyvatel v konkrétním roce. Z grafu č. 17 vyplývá, že byl v případě této alokace národní limit překračován rovněž pouze do roku 2012.

Graf č. 17 Plocha orné půdy a trvalých plodin ČR a národní roční limit na osobu



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat plochy orné půdy a trvalých plodin: OECD.stats

Na úkor orné půdy vzrostla plocha trvalých travních porostů podporovaných dotační politikou státu. Negativním trendem je přitom doposud zabírání kvalitní zemědělské půdy pro účely urbanizace a zástavby. Největší nárůst zastavěných a ostatních ploch na úkor orné půdy byl v období bezprostředně po roce 2013 zaznamenán ve Středočeském kraji, zejména v okolí Prahy, a ve Zlínském kraji. (Lhotská, 2014)

Komplexní zhodnocení využití půdy a jeho změn na území dnešní České republiky provedli Bičík a kol. (2010). Jejich závěry jsou rozčleněny do jednotlivých historických období a charakterizovány na základě průměrného ročního indexu změny. Mezi nejzásadnější hlavní hybné faktory těchto změn v souvislosti s hodnotou indexu od roku 1845 patřil poválečný odsun Němců z Československa a ekonomický rozvoj v období 1948–1961. (Bičík a kol., 2010)

Regulace záborů a zástavby půdy v ČR souvisí především s ochranou zemědělského půdního fondu. Jejimi hlavními nástroji jsou územní plány a zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Rozloha zemědělské a orné půdy ve smyslu zachování přírodních stanovišť a lesních ekosystémů (s výjimkou chráněných území) není v ČR regulována.

5.6 Využití sladké vody

Nykvist a kol. (2013) navrhli dva způsoby, jimiž je možné na základě globální PB stanovit národní hranici využití sladké vody:

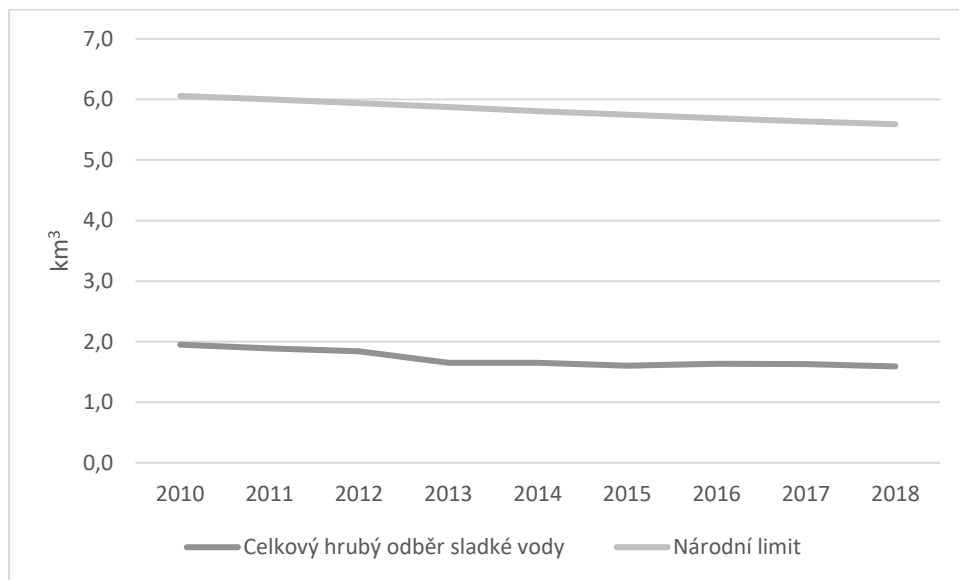
- (1) „bezpečné množství“ sladké vody, které mohou lidé spotřebovat globálně (tj. 40 % z celkových globálních vodních obnovitelných zdrojů, což odpovídá 4 000 km³), rozdělit jednotlivým zemím dle jejich podílu na světové populaci;
- (2) „bezpečné množství“ sladké vody, které lidé mohou spotřebovat na národní úrovni (tj. 40 % z celonárodních dostupných zdrojů sladké vody).

První přístup sami autoři nedoporučují z toho důvodu, že zcela opomíjí regionální dostupnost vodních zdrojů, problémy s nedostatkem vody a také rozdíly v její potřebě. Druhý přístup je pro účely výpočtu národní PB relevantnější, nicméně taky opomíjí některé skutečnosti, např. fakt, že sladkovodní zdroje jsou často sdíleny přes hranice států a že kritické hodnoty pro odběr se mohou lišit mezi jednotlivými regiony, zeměmi i povodími. (Nykvist a kol., 2013) Podobným způsobem k hodnocení této PB přistupují autoři dalších národních studií, do kterých byla zahrnuta (EEA a FOEN, 2020; Hongwei Huang a kol., 2020).

Limitujícím faktorem zvoleného indikátoru a obou způsobů výpočtu národního limitu je jeho teritoriální povaha. Indikátor na základě spotřeby, který by udával množství sladké vody extrahované globálně pro účely národní spotřeby, by lépe odpovídal celkové environmentální stopě ČR.

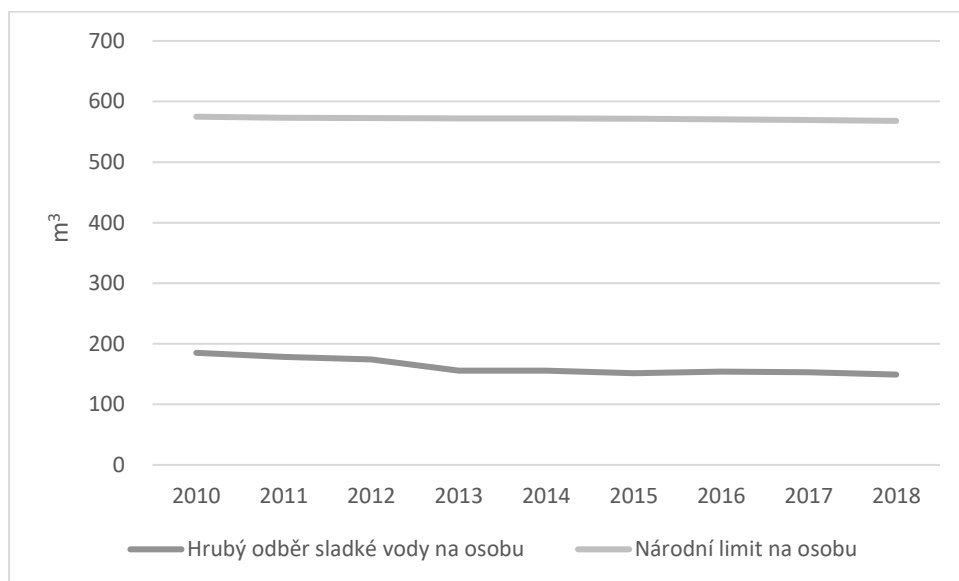
Pro účely této práce budeme nejprve vycházet z planetární hranice vyčíslené Steffenem a kol. (2015) jako maximální globální odběr sladké vody ve výši 4 000 km³ za rok (viz výše způsob (1)). Pro rok 2018 tak tvořil maximální průměrný objem odběru na osobu 524 m³ za rok. Výsledný limit pro ČR při zohlednění populace v roce 2018 vychází na 5,6 km³ nebo 530 m³ na obyvatele na rok. Tato hranice není překročena, v roce 2018 tvořil celkový hrubý odběr sladké vody v ČR 1,6 km³ a 149 m³ na osobu. Roční národní limity a národní limity na osobu (při zafixovaném národním limitu v referenčním roce 2010) jsou porovnány s reálným odběrem sladké vody v grafech č. 18 a 19.

Graf č. 18 Celkový hrubý odběr sladké vody a národní limit



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat celkového hrubého odběru sladké vody: OECD.stats

Graf č. 19 Hrubý odběr sladké vody na osobu a národní limit na osobu



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat hrubého odběru sladké vody na osobu: OECD.stats

Celkové národní vodní zdroje tvoří 15,7 km³. Pokud bychom stanovili limit odběru na 40 % celonárodních dostupných zdrojů sladké vody (viz výše způsob (2)), národní limit

by odpovídal 6,28 km³ nebo 590 m³ na osobu. I takto stanovený národní limit tedy odpovídá „bezpečnému množství“ na základě konceptu planetárních hranic.

Relativně optimistický obrázek nicméně přináší i zohlednění tzv. národní vodní stopy neboli indikátoru odběrů vody založeném na spotřebě. Na základě závěrů Jia a kol. (2019) tvořila národní vodní stopa ČR na osobu v roce 2017 8,25 m³ (při zohlednění zpětného vypouštění vody). Tato stopa dosahuje 95,5 m³ na obyvatele za rok bez zohlednění zpětného vypouštění vody. Celková národní stopa na základě vybraných komodit tvořila 87 400 000 m³ (0,087 km³). (Jia a kol., 2019)

Chapagain a Hoekstra (2007) odhadovali národní vodní stopu ČR na 636 000 000 m³ (0,636 km³). Odhad stopy v dřívější studii je podstatně vyšší, neboť její autoři nezohlednili vypouštění vody zpět do přírodních zásobíšť, které kompenzuje část vodní stopy, a do výpočtu zahrnuli jiné produkty mezinárodního obchodu.

Odběr povrchových a podzemních vod je v ČR regulován prostřednictvím plánů jednotlivých povodí a částečně také novelou tzv. vodního zákona z roku 2020 (zákon č. 544/2020 Sb.). Žádná z těchto regulací nicméně neupravuje celkový národní odběr sladké vody ani maximální odběr sladké vody na osobu.

5.7 Shrnutí výsledků výzkumu

V této podkapitole budou na základě výše popsaných poznatků shrnuty odpovědi na tři hlavní výzkumné otázky této disertační práce. Tabulka č. 15 shrnuje na základě aktuálních vědeckých poznatků a literární rešerše, národních specifik a dostupnosti a kvality dat vybrané kontrolní proměnné pro zkoumané planetární hranice na národní úrovni. Tyto proměnné jsou klasifikovány dle rámce DPSIR.

RQ 1 Výběr vhodného indikátoru

Tabulka č. 15 Vybrané kontrolní proměnné a jejich klasifikace

Planetární proces	Kontrolní proměnná	DPSIR klasifikace
Změna klimatu	Zbývající kumulativní emise oxidu uhličitého (CO ₂) pro více než 66% pravděpodobnost	Tlak

	teplotního nárůstu do 2 °C do roku 2100 oproti předindustriální úrovni	
Okyselování oceánu	Zbývající kumulativní emise oxidu uhličitého (CO ₂) z lidské činnosti k udržení přijatelného stavu nasycení uhličitánem vápenatým Ω	Tlak
Integrita biosféry	Průměrná početnost druhů (<i>Mean Species Abundance, MSA</i>) vzhledem k zachování 90 % BII	Stav
Biochemické toky	Dusík: Ztráta N dle hrubé bilance dusíku	Tlak
	Fosfor: Spotřeba P hnojiv	Hnací síla
Změny v systému využívání území	Využití půdy (orná půda a trvalé plodiny jako % území)	Stav
Využití sladké vody	Množství sladké vody, které lidé mohou spotřebovat na národní úrovni	Hnací síla

RQ 2 Určení národního limitu pro danou planetární hranici

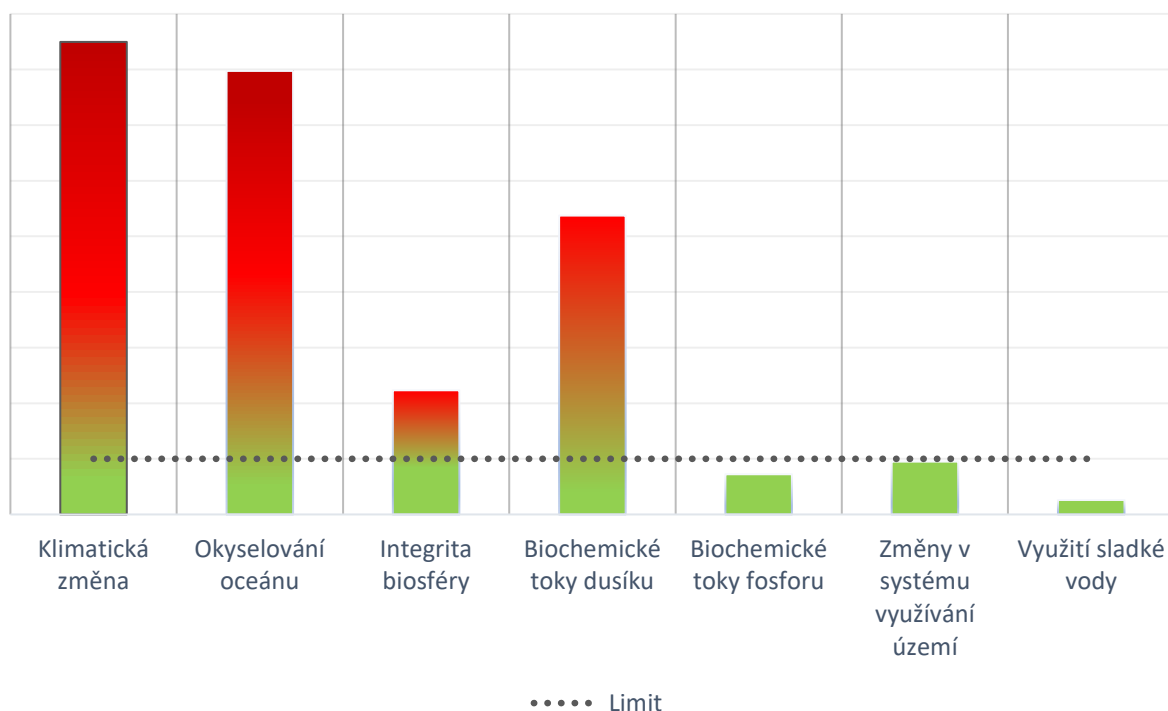
Tabulka č. 16 shrnuje výpočty globálních a národních limitů pro jednotlivé planetární hranice. Limity jsou následně porovnány s reálnými hodnotami kontrolních proměnných v roce 2017, což je referenční rok vybraný z důvodu dostupnosti nejnovějších dat pro většinu zkoumaných procesů.

Tabulka č. 16 Globální a národní limity pro danou planetární hranici

Planetární proces	Globální limit	Národní limit
Změna klimatu	7,6 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂ (2017)
Okyselování oceánu	7,9 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂ (2017)
Integrita biosféry	3 696 MSA mil. ha	5,6 MSA mil. ha
Biochemické toky	Dusík: 47,6 Tg	67 kt N
	Fosfor: 38,5 Tg	54 kt F
Změny v systému využívání území	19,8 mil. km ²	27 825 km ²
Využití sladké vody	4 000 km ³	6,28 km ³

Jak znázorňuje graf č. 20, národní limity stanovené pro jednotlivé planetární hranice byly překročeny v případě PB změny klimatu, okyselování oceánu, integrity biosféry a cyklu dusíku. Blízko k překročení hranice (z 95 %) je hodnota kontrolní proměnné pro PB změny v systému využívání území. V případě PB změny klimatu a okyselování oceánů byl v grafu použit limit vypočítaný dle rovného podílu per capita.

Graf č. 20 Národní limity v porovnání s hodnotami kontrolních proměnných v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 17 shrnuje hodnocení skóre ČR vypočítaného jako podíl mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem. Čtyři z šesti posuzovaných PB jsou hodnoceny jako „jasně nebezpečné“ (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku). Toky fosforu a změny v systému využívání území jsou prozatím bezpečné, přestože druhá jmenovaná PB se překročení bezpečné úrovně blíží. Jedinou PB, která je v případě ČR hodnocena jako „jasně bezpečná“, je využití sladké vody.

Tabulka č. 17 Hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem

Planetární proces	Hodnocení skóre ČR
Změna klimatu	Jasně nebezpečné
Okyselování oceánu	Jasně nebezpečné
Integrita biosféry	Jasně nebezpečné
Biochemické toky dusíku	Jasně nebezpečné
Biochemické toky fosforu	Bezpečné
Změny v systému využívání území	Bezpečné
Využití sladké vody	Jasně bezpečné

RQ 3 Porovnání výsledků s cíli příslušné národní politiky

Přestože ČR disponuje strategickými dokumenty a legislativou ve všech oblastech, které se dotýkají problematiky planetárních hranic, relevantní cíle v souvislosti se zvolenými kontrolními proměnnými lze nalézt pouze v případě emisí oxidu uhličitého v rámci Politiky ochrany klimatu (PB změny klimatu a okyselování oceánů).

Národní limit pro emise CO₂ související s planetární hranicí změny klimatu bude i při respektování cílů POK v roce 2050 překročen, a to minimálně více než dvakrát při aplikaci alokačního mechanismu rovného podílu na obyvatele. Při zohlednění tohoto kritéria a historické environmentální zátěže bude limit v daném roce překročen více než osmkrát a při zohlednění předchozích kritérií a HDP na obyvatele více než 46krát.

Podobné výsledky lze konstatovat i pro PB okyselování oceánů, kde budou dle výše zmíněných mechanismů národní limity překročeny v roce 2050 téměř dvakrát, respektive více než šestkrát a více než devětatřicetkrát.

Z hlediska plnění Agendy 2030 a Cílů udržitelného rozvoje s planetárními hranicemi souvisí zejména cíle č. 2, 6, 13, 14 a 15. Tři z těchto šesti SDGs (2, 6 a 14) jsou v rámci Zprávy o naplňování Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj v České republice hodnoceny jako plněné (zelená barva), dva (13 a 15) jako částečně plněné (oranžová barva). (MŽP, 2021a)

V rámci plnění klimatických cílů a cílů udržitelného rozvoje ČR tedy vykazuje relativně pozitivní výsledky, přestože v oblastech souvisejících s globálními procesy změny klimatu, okyselování oceánů, integrity biosféry a biochemických toků dusíku překračuje vymezený „bezpečný operační prostor pro lidské aktivity“. Na základě těchto závěrů proto můžeme konstatovat potvrzení hypotézy této disertační práce.

6 Diskuse

Tato práce reflektuje současný stav výzkumu v oblasti národních environmentálních limitů při využití konceptu planetárních hranic. V rámci případové studie ČR je aplikována upravená metoda distribuce globální environmentální zátěže a na základě národních ekonomických a environmentálních charakteristik jsou vybrány vhodné kontrolní proměnné. Od jiných dosud publikovaných národních případových studií se tato práce liší především svým rozsahem, posuzuje totiž šest ze sedmi v rámci původních studií (Rockstrom a kol., 2009; Steffen a kol., 2015) kvantifikovaných planetárních hranic. Dále usiluje o vytvoření komplexní metodologie výpočtu národních limitů, uplatnitelné pro většinu zemí. Prostřednictvím zohlednění proměnné HDP na osobu a environmentální zátěže vyprodukované v minulosti se snaží vytvořit spravedlivější schéma distribuce globálních rozpočtů stanovených pro jednotlivé PB a rozšířit tak praktickou aplikaci etického principu rovnosti, se kterým pracuje většina národních studií PB.

Výsledky práce potvrzují relevanci a aplikovatelnost daného konceptu na národní úrovni v zamýšleném rozsahu šesti planetárních procesů (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry, biochemické toky dusíku a fosforu, změny v systému využívání území a využití sladké vody). Pro všechny tyto procesy byly vybrány vhodné národní indikátory, které dle klasifikace DPSIR spadají do kategorií tlaku, stavu a hnacích sil. Pro tyto indikátory následně byly vypočítány národní limity a jejich výsledné hodnoty posouzeny dle aktuálních dat a souvisejících environmentálních politik a jejich cílů. V tomto kontextu lze v úvodní části stanovené cíle a výzkumné otázky považovat za splněné a zodpovězené.

S rozšířením distribučního modelu o HDP na osobu se nicméně pojí řada výzev. V první řadě je tato proměnná uplatněna pouze experimentálně, neboť výsledné národní limity vyspělých zemí výrazně snižuje a tyto země se tak již dnes v řadě případů dostávají do environmentálního dluhu. Jejich limity jsou v takovém případě buď záporné, nebo tak malé, že budou vyčerpány v nejbližších měsících či letech. V tomto kontextu je nicméně nutné poznamenat, že i limity vypočítané metodou rovné zátěže na osobu či rovné zátěže na osobu se zohledněním historické environmentální stopy pro PB změny klimatu, okyselování oceánu, integrity biosféry či biochemického cyklu dusíku jsou ve většině citovaných případových studií, včetně studie ČR, již překračovány. Model zohledňující

HDP nicméně může být aplikován pouze u těch PB, které mají v rámci zvolené kontrolní proměnné dostupná data pro všechny, či alespoň většinu zemí světa.

Samotný výpočet národních limitů udržitelnosti je také výzvou, neboť v kontextu definice udržitelného rozvoje by měli mít jednotlivci napříč všemi zeměmi v minulosti, současnosti i budoucnosti rovnou zodpovědnost za environmentální dopady. Rozšířený model „rovného podílu na osobu“ v kontextu PB změny klimatu zohledňuje historické emise od roku 1990 a distribuuje zbývající globální emisní rozpočet pro omezení globálního teplotního růstu na 2 °C na základě počtu obyvatel země v daném roce. Pokud aplikujeme daný distribuční model na emise CO₂ založené na produkci všech zemí světa, 25¹¹ ze 176 zemí s dostupnými daty bude mít stanovený limit již vyčerpaný v roce 2017. To je největší nevýhodou daného modelu, neboť mezi 25 zeměmi jsou nejen rozvinuté státy, ale i řada zemí globálního jihu, které při alokaci negativního emisního rozpočtu ztrácejí příležitosti pro ekonomický rozvoj. Tento závěr vychází z předpokladu, že rozvojové země nemají dostatek prostředků na rychlou nízkouhlíkovou tranzici a jejich budoucí populace zároveň při aplikaci tohoto modelu nezíská rovný emisní podíl. Přidáním HDP do modelu emisní dluh těmto zemím zůstane, nicméně se u zemí s podprůměrnou výší HDP na osobu významně sníží. Model upravený o HDP tak redistribuuje stejný globální emisní rozpočet dle úrovně ekonomického rozvoje a země s větší populací a menším HDP na osobu v něm získají větší rozpočet CO₂. Přestože má své limity, je tento přístup ve větším souladu s definicí udržitelného rozvoje, která garantuje stejné příležitosti k rozvoji jak současným, tak i budoucím generacím.

Přestože se ekonomický růst ČR graduálně odděluje od emisí CO₂, tento proces (tzv. *decoupling*) neprobíhá rovnoměrně ve všech zemích. Národní emise skleníkových plynů na osobu v ČR jsou mezi nejvyššími v EU. V roce 2018 dosáhly v EU průměrně 8,7 tCO₂ekv., zatímco v ČR 12,2 tCO₂ekv. (EEA, 2019) Emisní intenzita ekonomiky ČR dosáhla 455 g na EUR v roce 2018 v porovnání s průměrem EU-28 ve výši 199 g na EUR. (Eurostat, 2020) HDP na osobu je proto důležitým faktorem v analýze, přestože se při jeho zohlednění sníží emisní rozpočet ČR a dalších vyspělých zemí.

¹¹ Libérie, Zambie, Papua Nová Guinea, Belize, Bolívie, Mongolsko, Guyana, Paraguay, Turkmenistán, Surinam, Botswana, Rovnicková Guinea, Trinidad a Tobago, Omán, Izrael, Saúdská Arábie, Bahrajn, Kanada, Austrálie, Spojené státy, Brunej, Spojené arabské emiráty, Katar, Singapur, Lucembursko

Koncept PB je v nejnovější literatuře často využíván pro hodnocení absolutní environmentální udržitelnosti (*Absolute Environmental Sustainability Assessment*, AESA). V AESA musí být „bezpečný operační prostor“ rozdělen mezi lidské činnosti tak, aby všechny s nimi spojené dopady nepřekračovaly planetární hranice či jimi vymezený globální environmentální rozpočet. Jen v takovém případě je možné aktivitu považovat za absolutně udržitelnou. V rámci výzkumu porovnávajícího 18 studií AESA bylo identifikováno 34 různých distribučních mechanismů pro maximální globální environmentální zátěž. Nejčastěji využívaný je mechanismus „rovného rozdělení per capita“ mezi země nebo jednotlivce (Ryberg a kol., 2020), který je základem analýzy také v této disertační práci.

Řada autorů se aktuálně také zabývá vazbou mezi PB a analýzou životního cyklu, jejímž prostřednictvím lze hodnotit absolutní environmentální dopady související se spotřebou na úrovni jednotlivců, států, regionů či průmyslových sektorů. (Bjørn a kol., 2015; Sala a kol., 2020; Hjalsted a kol., 2020) Závěry těchto studií představují dílčí kroky směrem k nalezení způsobu spravedlivé distribuce maximální globální environmentální zátěže. Zohledňování proměnných vypočítaných na základě LCA je pak relevantní zejména pro země s vysokou mírou dovozu, a tudíž také silnějšími přeshraničními environmentálními dopady spojenými s národní spotřebou.

6.1 Mezinárodní srovnání

Výsledky, k nimž dochází případová studie ČR, jsou alarmující, nicméně nikoliv překvapivé. Např. dle studie zkoumající PB převedené na národní úroveň u 150 států žádná země nenaplnuje základní potřeby svých občanů na globálně udržitelné úrovni z hlediska využívání přírodních zdrojů. Fyzické potřeby (např. výživa, hygiena, přístup k elektřině či odstranění extrémní chudoby) všech sedmi miliard lidí na světě by bez překračování planetárních hranic mohly být naplněny. Univerzální dosažení kvalitativních cílů (např. životní spokojenosti) by však vyžadovalo mnohem efektivnější využívání zdrojů. (O'Neill a kol., 2018) Pokud globální společnost bude dále pokračovat v současných trendech, do roku 2030 dosáhne pouze 10 ze 17 Cílů udržitelného rozvoje a překročí 5 z 9 planetárních hranic. Do roku 2050 je z hlediska PB očekáván propad hlouběji do vysoce rizikové zóny. (Randers a kol., 2018)

Na základě všech doposud publikovaných národních či regionálních studií lze konstatovat, že rozvinuté země mají obecně na globálním překračování PB nepoměrně větší podíl než země globálního jihu. (např. Hickel, 2020) Tyto závěry představují silný argument pro tvorbu spravedlivějších distribučních mechanismů a jejich aplikaci na rozvinuté země.

Skóre ČR, které je výsledkem této práce, je možné částečně srovnat se závěry studie na úrovni EU, která se zaměřila na PB spojené s biochemickými toky, změnami v systému využití území a využití sladké vody. (EEA a FOEN, 2020) ČR stejně jako v souhrnném hodnocení EU překračuje PB toků dusíku, oproti environmentálním stopám EU v roce 2011 však nepřekračuje PB spojenou s toky fosforu a změnami v systému využití území. Studie EU nicméně s výjimkou PB využití sladké vody pracuje s rozdílnými kontrolními proměnnými (ztráty N, ztráty P a antropizace půdy).

Jak již bylo zmíněno, doposud publikované případové studie aplikace PB na národní úrovni nemají jednotnou metodologii ve smyslu posuzovaných indikátorů a použitých alokačních mechanismů. Jejich výsledky proto nejsou porovnatelné či jsou porovnatelné jen částečně. V této části práce budou v kontextu posuzovaných PB diskutovány především ty studie, které využívají stejné či podobné kontrolní proměnné. Přestože výsledky nelze plně srovnávat, je přínosné porozumět důvodům jejich rozdílnosti. Tyto poznatky mohou zároveň dodat vlastním výsledkům legitimitu a doložit jejich relevanci, především v kontextu evropských zemí s obdobným počtem obyvatel jako ČR. Všechny v této podkapitole zmíněné studie a jejich kontrolní proměnné jsou zahrnuty v tabulce č. 1 (kapitola č. 3).

Nykvist a kol. (2013) převzali globální bezpečný limit v souvislosti s PB změny klimatu ve výši 2 tCO₂ na osobu za rok ze závěrů UNEP (2007) s doplněním, že pokud globální populace dále poroste, bude třeba tento limit nadále snižovat. Na základě limitu na osobu a počtu obyvatel autoři stanovili národní švédský limit emisí oxidu uhličitého pro rok 2007 ve výši 18 MtCO₂. Dao a kol. (2018) došli k průměrnému emisnímu limitu na osobu ve výši 1,7 tCO₂ekv. Oproti dříve zmíněné studii zahrnuli nicméně do výpočtu národního limitu emise všech skleníkových plynů včetně změn ve využití území a zohlednili emise vyprodukované v minulosti. Výsledný národní roční limit na osobu pro

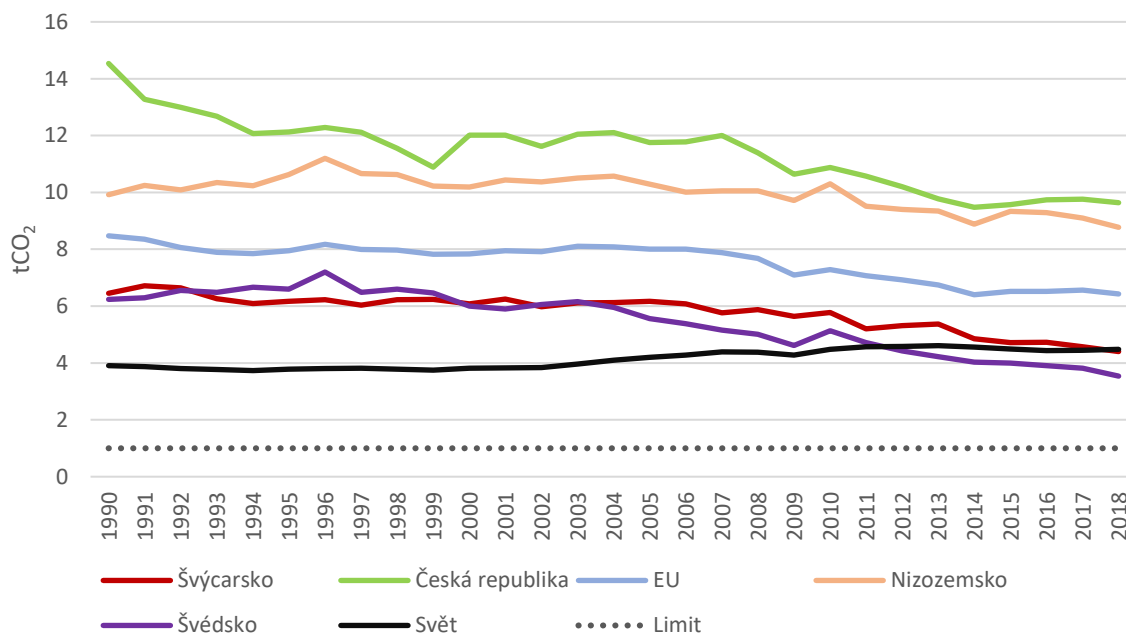
Švýcarsko byl v tomto případě 0,6 tCO₂ekv. Z této hodnoty odvozený celkový národní limit pro rok 2015 dosahoval 4,8 MtCO₂ekv.

K zajímavým výsledkům v této oblasti došli také Lucas a Wilting (2018), kteří na základě sedmi různých alokačních mechanismů dospěli k různým hodnotám nizozemského národního limitu na osobu v rozsahu -6,8–1,9 tCO₂ekv. a průměrnému ročnímu globálnímu limitu 0,7 tCO₂ekv. Záporné hodnoty v tomto kontextu vyšly u alokačních mechanismů AP a GRD. (Lucas a Wilting, 2018) Zatímco studie Nizozemska porovnává výsledky pro indikátory založené na spotřebě i produkci, Dao a kol. (2018) pracují výhradně s indikátory založenými na spotřebě. Hongwei Huang a kol. (2020) určili pouze tchajwanskou hranici pro národní kumulativní emise pro období 2016–2050 ve výši 5 082 MtCO₂ekv., resp. 4 492 MtCO₂.

Metodami popsány v této disertační práci byl pro účely výpočtu národního limitu stanoven průměrný globální limit emisí oxidu uhličitého na osobu ve výši 1 tCO₂ na rok. Národní průměrný limit na osobu pro ČR ve výši 0,3 tCO₂ byl stanoven na základě alokačního přístupu rovné zátěže per capita zohledňujícího historickou odpovědnost za danou environmentální stopu. Při zohlednění HDP na osobu se národní průměrný limit na osobu snížil na 0,06 tCO₂. Všechny národní emisní limity (pro CO₂ i ostatní GHG) stanovené v souvislosti s PB změny klimatu ve výše zmíněných případových studiích i v rámci této studie ČR jsou překračovány (viz graf č. 21).

Dokonce i pokud bychom konečný termín pro vyčerpání národního rozpočtu v čase posunuli na rok 2050, národní roční limit bude stále významně překračován. Limit (1) v takovém případě vychází na 1,5 MtCO₂ za rok, limit (2) na 8,5 MtCO₂ a limit (3) na 26,9 MtCO₂.

Graf č. 21 Emise CO₂ (v tCO₂) na osobu



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat: data.worldbank.org

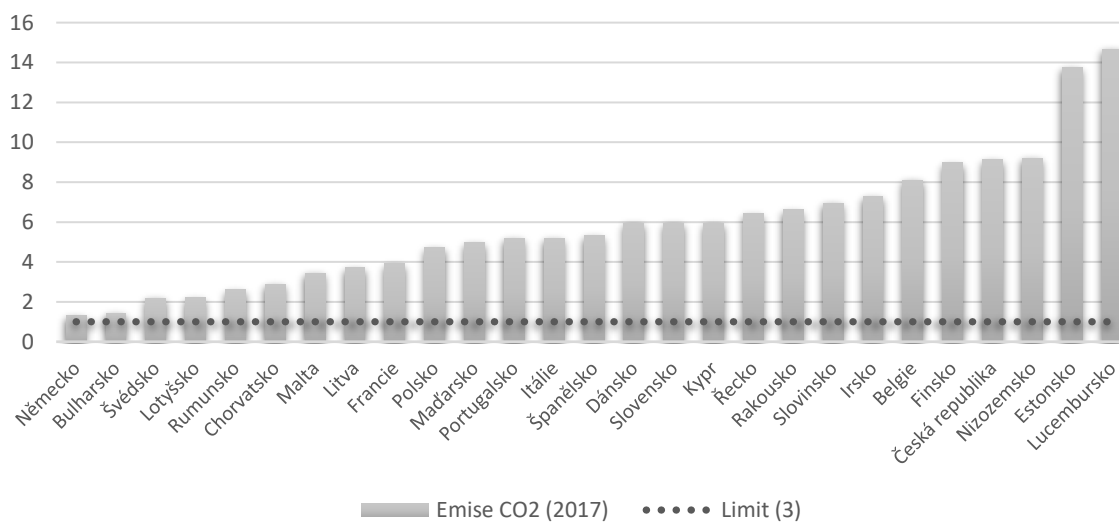
Globální rozpočet emisí CO₂ pro rok 2017, který byl stanoven na 7,6 GtCO₂, byl překročen o více než 400 % (reálný objem vyprodukovaných emisí byl 37,1 GtCO₂). Národní emisní rozpočet ČR ve výši 0,6 MtCO₂ byl ve stejném roce překročen více než 150krát (reálný objem emisí byl 90,9 MtCO₂). Jak globální, tak národní skóre lze na dříve popsané čtyřstupňové škále hodnotit jako „jasně nebezpečné“. Národní cíle v oblasti redukce emisí CO₂ jsou nedostatečné pro dosažení globálního cíle udržení nárůstu globální teploty pod 2 °C. Zbývající rozpočet ve výši 48,7 MtCO₂ do roku 2100 by v případě ČR vydržel pouze několik měsíců od referenčního roku 2017 a byl by již plně vyčerpán v roce 2018. V případě použití alokačního mechanismu zahrnujícího HDP na osobu tudíž nelze počítat s žádnou variabilitou z hlediska rozdělení rozpočtu na jednotlivé roky či postupného snižování emisí. Výsledky jasně poukazují na potřebu okamžitého zahájení procesu dekarbonizace a posílení mezinárodní spolupráce, která by alespoň částečně kompenzovala rostoucí emisní dluh.

Roční limit emisí CO₂ (rok 2017), který byl pro ČR v rámci této práce stanoven, je při aplikaci stejné metodologie nejnižší ze zemí Visegradské čtyřky. Důvodem je větší

HDP na osobu a větší objem emisí vyprodukovaných v minulosti. Zatímco všechny čtyři země zjevně překračují své limity, Česká republika v roce 2017 překročila svůj limit stanovený na základě modelu zohledňujícího HDP více než stopadesátkrát. Polsko oproti svému limitu v daném roce vyprodukovalo dvacetkrát více emisí CO₂, Slovensko jedenáctkrát a Maďarsko osmkrát.

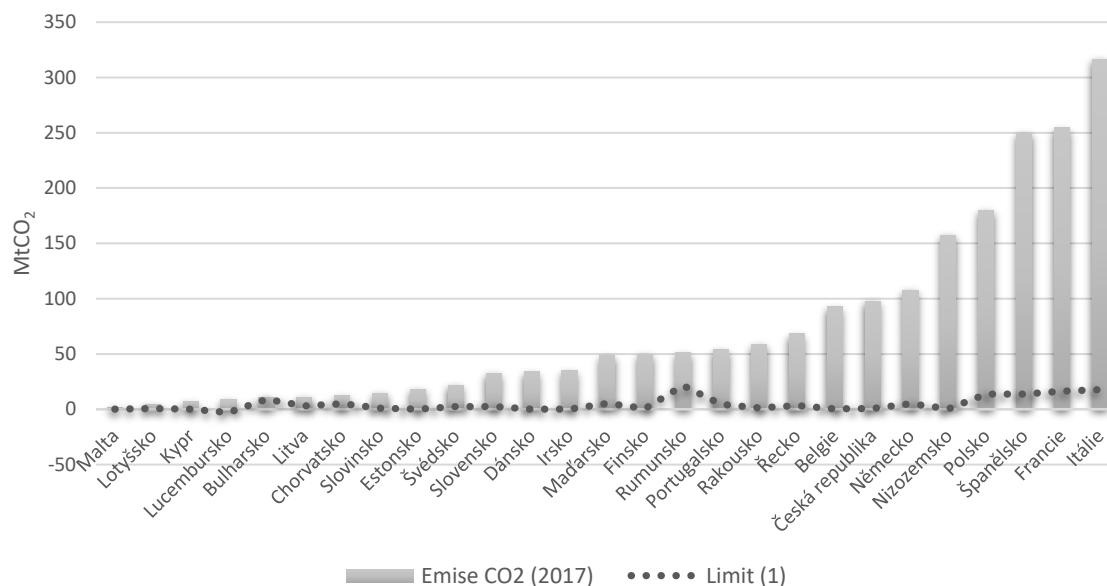
Při srovnání výsledků zemí EU-27 s použitím všech tří zmíněných distribučních mechanismů lze konstatovat, že v roce 2017 překročily stanovený limit všechny země, a to i při uplatnění nejméně ambiciózního schématu „rovného podílu per capita“ (viz graf č. 22). V souvislosti s takto stanoveným limitem se mu nejvíce přiblížily emise vyprodukované Německem, Bulharskem a Švédskem. Nejhorší skóre se týká Lucemburska a Estonska, které svůj limit překročily více než čtrnáctkrát a více než třináctkrát. Při zohlednění HDP per capita a historické environmentální zátěže se Estonsko a Lucembursko přesunuly do skupiny zemí, které svůj limit sice překročily, nicméně se mu přibližují. Naopak Německo si v rámci tohoto distribučního mechanismu významně pohoršilo (viz graf č. 23).

Graf č. 22 Národní limit dle „rovného podílu na osobu“ v porovnání s objemem emisí CO₂ v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat pro emise CO₂: CAIT, climatewatchdata.org

Graf č. 23 Národní limit dle distribučního mechanismu zohledňujícího HDP na osobu a historické emise v porovnání s objemem emisí CO₂ v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat pro emise CO₂: CAIT, climatewatchdata.org

K podobným závěrům dospějeme i při srovnání výsledků národních studií pro PB okyselování oceánu, která nicméně byla posuzována jen v případě Švýcarska a Tchaj-wanu. Dao a kol. (2018) určili globální průměrný limit emisí CO₂ na osobu ve výši 1 tCO₂ a švýcarský roční limit ve výši 0,5 tCO₂. Jako referenční rok pro reflexi historické environmentální zátěže zvolili autoři rok 2004, protože před tímto rokem bylo povědomí o problematice okyselování oceánu nízké. Hongwei Huang a kol. (2020) použili stejnou metodologii pro výpočet národního limitu v kontextu této PB jako u změny klimatu.

Globální limit ve výši 1 tCO₂ a národní průměrný roční limit pro ČR ve výši 0,4 tCO₂, které jsou výsledkem této disertační práce, jsou srovnatelné s výsledky švýcarské případové studie, přestože metodologie výpočtu se částečně liší (v případě ČR je např. využíván referenční rok 1990 stejně jako v případě PB změny klimatu). Při zohlednění HDP se limit ČR na osobu snížil na 0,06 tCO₂, což je hodnota odpovídající národnímu limitu v souvislosti s PB změny klimatu. Globální limit pro okyselování oceánu je

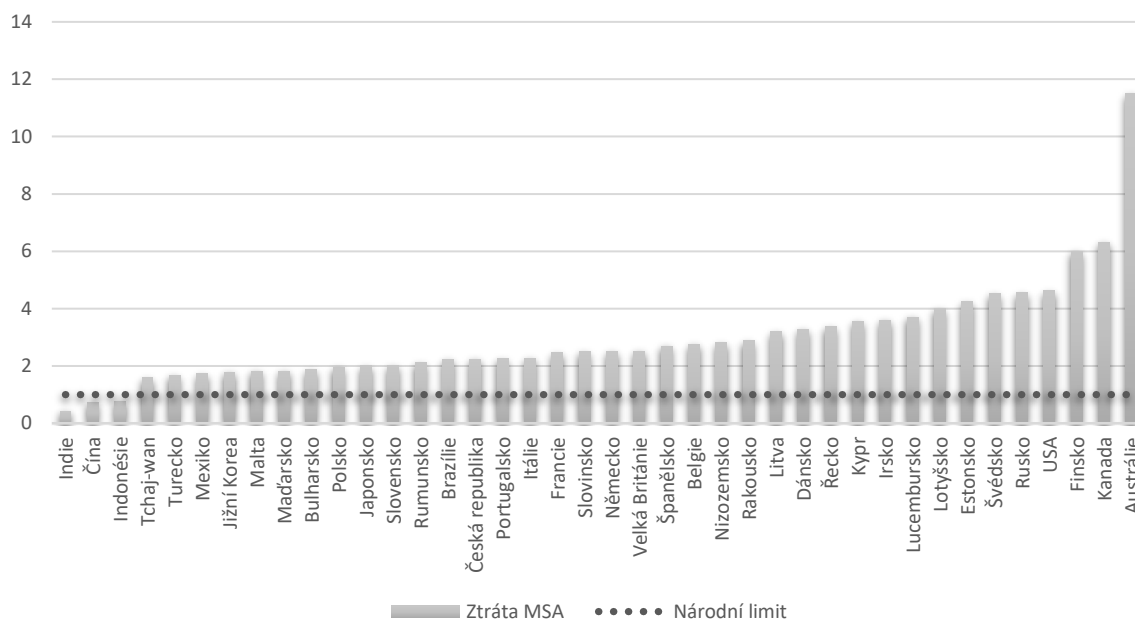
z důvodu rozdílné metody jeho výpočtu o necelých 40 GtCO₂ vyšší než v případě PB změny klimatu.

Jedinou národní studií, která využívá pro hodnocení PB integrity biosféry srovnatelného indikátoru ztráty průměrné početnosti druhů (MSA) je studie Lucase a Wiltinga (2018). Nizozemská národní hranice pro indikátor roční ztráty MSA založený na produkci byla v tomto kontextu v závislosti na použitém alokačním mechanismu stanovena v rozmezí -0,5–0,5 MSA ha na osobu. Maximální národní stopa biodiverzity dle rovného podílu per capita byla stanovena na 0,5 MSA ha na osobu za rok, stejně jako globální průměrný roční limit ztráty MSA na osobu. Jak globální, tak národní limit stanovený v dané případové studii byly překročeny.

V této disertační práci byl roční globální limit stanoven na 0,5 MSA ha na osobu a 3 696 MSA mil. ha celkem. Limit pro ČR v tomto kontextu vychází rovněž na 0,5 MSA ha na osobu a 5,6 MSA mil. ha celkem. Z výsledků této práce vyplývá překročení jak globálního, tak národního limitu ztráty MSA.

Hodnoty ztráty MSA v porovnání s národním limitem jsou zobrazeny na grafu č. 24. Ze 40 posuzovaných zemí splňují národní limit pouze Čína, Indie a Indonésie. Nejhorší skóre v rámci tohoto srovnání vykazují Austrálie, Kanada, Finsko, USA a Rusko. ČR je v žebříčku zemí dle největší ztráty MSA vzhledem k národnímu limitu na 26. místě.

Graf č. 24 Národní limit pro ztrátu MSA v porovnání s reálnou ztrátou MSA



Zdroj: vlastní zpracování, zdroj dat ztráty MSA: Wilting a kol. (2017)

V případě biochemických toků dusíku a fosforu jsou výsledky případové studie ČR s výsledky jiných studií částečně porovnatelné. Indikátor ztráty N dle hrubé bilance dusíku je s drobnými rozdíly v jeho struktuře využit také ve studii Dao a kol. (2018). Z dané studie byla také převzata globální hraniční hodnota zemědělských ztrát dusíku ve výši 47,6 Tg pro účely této disertační práce. Národní hranice pro Švýcarsko byla autory stanovena na maximální roční ztrátu 53,8 kt N a maximální ztrátu na osobu ve výši 6,8 kg N v roce 2011. Globální i národní hranice byly hodnoceny jako překročené (Dao a kol., 2018), stejně jako v rámci této práce vypočítaná národní hranice pro ČR ve výši 67 kt N za rok.

Indikátor spotřeby fosforečných hnojiv využívají jak Dao a kol. (2018), tak také např. Lucas a Wilting (2018). Stejně jako v případě N byl maximální globální roční limit ve výši 38,5 Tg P převzat z první zmiňované studie. V ní byl dále roční limit pro Švýcarsko vyčíslen na 43,6 kt P a roční limit na osobu na 5,5 kg P v roce 2011. Tyto limity nejsou překročeny (Dao a kol., 2018), opět stejně jako v případě v rámci této práce vypočítané národní hranice ČR, která byla stanovena na 54 kt F. Lucas a Wilting (2018)

stanovili maximální globální roční spotřebu fosforečných hnojiv na osobu na 0,9 kg P a národní roční limit na osobu v rozmezí -0,6–0,9 kg P v závislosti na použitém distribučním mechanismu. I limit 0,9 kg P na osobu je v případě Nizozemska překročen při použití na spotřebě založeného indikátoru. Na rozdíl od výpočtů pro ČR jsou na spotřebě založené indikátory pro oba komponenty této PB využity i v případové studii Švýcarska (Dao a kol., 2018).

U zbývajících dvou planetárních hranic (změny v systému využívání území a využití sladké vody) je v rámci této disertační práce využit globální limit, který vychází přímo z původní studie PB (Rockstrom a kol., 2009). V případě systému využívání půdy se jedná o $\leq 15\%$ globálního nezaledněného území přeměněného na ornou půdu a v případě využití sladké vody o maximální odběr ve výši 4000 km³ za rok z globálních obnovitelných zdrojů. Obdobných indikátorů využívají např. Nykvist a kol. (2013), kteří při zohlednění distribučního mechanismu rovného podílu per capita také docházejí k obdobným výsledkům (švédský národní limit pro odběr sladké vody byl stanoven na 5,5 km³ za rok a využití půdy na 2,7 Mha).

6.2 Limity výzkumu

Hlavní limity výzkumu lze na základě výsledků pro národní limity České republiky související s šesti vybranými planetárními hranicemi rozdělit do čtyř základních bodů:

Za prvé, výsledné hodnoty limitů pro jednotlivé PB mohou být citlivé na vstupní data (např. u PB změny klimatu může výsledky ovlivnit zvolený scénář změny klimatu a s ním spojený teplotní nárůst, vybraný referenční rok pro výpočet historických emisí či zvolené intervaly spolehlivosti). Rozsah této citlivosti by měl být předmětem dalšího výzkumu.

Za druhé, nedostatek dat na národní úrovni může v některých případech ovlivnit možnosti mezinárodního srovnání výsledků. Např. v případě využití teritoriálních indikátorů namísto indikátorů zaměřených na spotřebu nemusejí být výsledky relevantní pro všechny země. Některá data jsou zároveň převzata z dílčích studií zaměřených na dané téma (např. indikátor MSA v rámci PB integrity biosféry), tudíž jsou závislá na metodologii dané studie a nejsou dostupná v konzistentní časové řadě.

Za třetí, trendy v oblasti životního prostředí mohou být v budoucnu ovlivněny řadou neočekávaných událostí. Např. skleníkové plyny uvolňované z tajícího permafrostu a mokřadů mohou ovlivnit zbývající globální objem emisí, který je v souladu s vybraným scénářem změny klimatu. (Knoblauch a kol., 2018) Zmenšení budoucího globálního rozpočtu by se poté logicky projevilo také na výsledných limitech národních emisí. Výsledky dále také nezohledňují předpoklad, že některé země dosáhnou ve zkoumaných proměnných environmentální neutrality do roku 2050, a nevyužijí tedy svůj rozpočet ve druhé polovině 21. století. Tyto a další podobné faktory by mohly být předmětem dalšího výzkumu, aby se zlepšily prognostické vlastnosti využitého modelu.

Za čtvrté, distribuční mechanismus zohledňující HDP na osobu byl využit pouze u těch PB, pro jejichž zvolený národní indikátor lze vypočítat rozpočet v čase. Druhým omezujícím faktorem pro zahrnutí HDP do modelu je nutnost jeho aplikace na globální dataset. Ty národní PB, u nichž je stanoven pouze rozpočet na rok či nemají dané indikátory dostupné pro globální dataset, jsou stanoveny metodou (2) zohledňující „rovný podíl na osobu“ a částečně také zátěž pro životní prostředí vyprodukovanou v minulosti.

Problematika planetárních hranic je relativně široká a rozsáhlá. Přestože ve spojení s ní běžně vznikají monografické studie a vědecké práce zpracované úzkým kolektivem autorů, jejich výsledky jsou vždy určitým způsobem limitovány znalostmi a schopnostmi daného autora či kolektivu. Značná část vstupních předpokladů a dat je proto závislá na kvalitě literární rešerše a v určitých případech nelze jednotlivé problematiky pokrýt do stejné hloubky jako v případě studií zaměřených na jednotlivé PB. Výsledky je proto v tomto kontextu nutné vnímat jako preliminární, s nutností dalšího výzkumu a kritického zhodnocení. Přínosné z hlediska navazujícího výzkumu by byly širší konzultace s experty na jednotlivá témata. Výzvou pro zpracování zvoleného tématu byla dále také neexistující česká terminologie pro řadu zmiňovaných pojmů, proměnných a problémů.

Planetární hranice zabývající se ztenčováním ozonové vrstvy je jedinou již kvantifikovanou PB, která nebyla zahrnuta do případové studie ČR v souvislosti s úspěšným plněním Montrealského protokolu. V rámci navazujícího výzkumu by mohla být i tato PB na národní úrovni zkoumána, především v kontextu environmentální zátěže vyprodukované v minulosti.

7 Závěr

Tato práce přináší první komplexní analýzu využití konceptu planetárních hranic pro výpočet národních limitů a hodnocení environmentálních politik České republiky. Její výsledky poukazují na naléhavou potřebu změny dosavadních trendů zejména v oblastech mitigace změny klimatu, ochrany biodiverzity a regulace toků některých chemických látek, pokud má ČR přispívat k zachování stavu planety Země jako na počátku geologického období holocénu.

Čtyři z šesti zkoumaných planetárních hranic (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku) jsou v ČR překračovány a jejich skóre je hodnoceno jako „jasně nebezpečné“. Skóre u změn v systému využívání území se překročení blíží, přestože je zatím hodnoceno jako „bezpečné“, stejně jako biochemické toky fosforu. Jedinou v této práci posuzovanou PB, jejíž skóre je hodnoceno jako „jasně bezpečné“, je PB využití sladké vody. Tyto relativně alarmující výsledky poukazují na značné rezervy ČR v oblasti udržitelného rozvoje a na potenciální dopady jejích politik na jiné země a celkový stav planety. Mohou být využity pro hodnocení a případnou revizi národních environmentálních cílů či jejich prioritizaci. Zvolené indikátory a stanovené národní limity je nicméně nutné vnímat jako preliminární a měly by být předmětem dalšího výzkumu a širší odborné diskuse.

Z hlediska PB změny klimatu a okyselování oceánu překračuje ČR svůj stanovený environmentální rozpočet (v tomto případě rozpočet emisí CO₂) nejvýznamněji. Limit pro rok 2017 stanovený se zohledněním stavu ekonomického rozvoje dle HDP na osobu byl překročen více než stopadesátkrát. Národní limit pro stejný rok stanovený metodou rovného podílu na osobu byl překročen více než osmkrát. Dvacet pět zemí již vyčerpalo svůj emisní rozpočet pro období 2017–2100 v roce 2017 a většina zemí s vysokými příjmy ho vyčerpá do roku 2030. To platí i pro Českou republiku, která svůj limit pro dané období vyčerpala již v roce 2018.

Národní limit pro PB integrity biosféry s využitím kontrolní proměnné ztráty MSA byl překročen o 123 %. V rámci posuzovaného datasetu zemí se jedná o průměrný výsledek. Ze čtyřiceti posuzovaných zemí pouze tři svůj limit nepřekročily (Čína, Indie a Indonésie). Limit ČR pro ztrátu dusíku byl v roce 2017 překročen více než pětkrát.

Použitá metodologie a model distribuce globálních environmentálních rozpočtů jsou univerzálně aplikovatelné. Jejich prostřednictvím lze zkoumat národní limity v mezinárodním kontextu a srovnávat je s jinými zeměmi. Zohlednění proměnné HDP na osobu je klíčové pro stanovení národních limitů spravedlivějším způsobem s ohledem na rozvojové země, pro jejichž rozvoj a s ním související environmentální zátěž by při použití standardních modelů již nezbyla kapacita Země. Použité distribuční mechanismy navíc berou ohled i na minulou, současnou i budoucí populaci a zohledňují historickou environmentální stopu.

Stanovování vhodných národních cílů je zároveň i jedním z předpokladů plnění globální Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj. Přestože ČR v rámci výkaznictví formálně tuto agendu naplňuje relativně úspěšně, překračování limitů planetárních hranic je s definicí udržitelného rozvoje v přímém rozporu. Poznatky plynoucí z této práce proto mohou být i důležitým kontrolním mechanismem podporujícím naplňování SDGs a dalších mezinárodních závazků.

Seznam použitých zdrojů a literatury

Achrer, J. (2007) *Ochrana ozonové vrstvy v České republice: 20 let od podepsání Montrealského protokolu* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, [cit. 2021-10-19] Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ochrana_vrstvy/\\$FILE/OOVZvCR-20letMP.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ochrana_vrstvy/$FILE/OOVZvCR-20letMP.pdf).

Alkemade, R.; van Oorschot, M.; Miles L. a kol. (2009) GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. [online] *Ecosystems* 12(3), s. 374–390. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10021-009-9229-5>.

Allen, C.; Metternicht, G.; Wiedmann, T.; Pedercini, M. (2021). Modelling national transformations to achieve the SDGs within planetary boundaries in small island developing states. [online] *Global Sustainability*, 4, e15. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/sus.2021.13>.

Allen, M. (2009) Planetary boundaries: Tangible targets are critical. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 114–115. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.95>.

Baer, P.; Athanasiou, T.; Kartha, S. a kol. (2008) *The Greenhouse Development Rights Framework: The Right to Development in a Climate Constrained World. Revised 2 ed. Publication Series on Ecology—Vol. 1.* Berlin: Heinrich Boll Foundation, Christian Aid, EcoEquity and the Stockholm Environment Institute.

Barnosky, A. D.; Matzke, N.; Tomiya, S. a kol. (2011) Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? [online] *Nature* 471, s. 51–57. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature09678>.

Bass, S. (2009) Planetary boundaries: Keep off the grass. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 113–114. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.94>.

Berger, A.; Loutre, M. F. (2002) An exceptionally long interglacial ahead? [online] *Science* 297:1287–1288. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.science.org/lookup/doi/10.1126/science.1076120>.

Bičík, I. a kol. (2010) *Změny využití ploch v Česku 1845–2000*, Praha: Nakladatelství ČGS.

Bierman, F.; Kim, R. E. (2020) The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to Define a “Safe Operating Space” for Humanity. [online] *Annual Review of Environment and Resources* 45, s. 497–521; [cit. 2021-10-19]

Dostupné z: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-012320-080337>

Bishop, R. C. (1978) Endangered species and uncertainty: the economics of a safe minimum standard. [online] *American Journal of Agricultural Economics* 61:10–18. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/1240156>.

Bjørn, A. ; Diamond, M., Owsianiak, M. a kol. (2015) Strengthening the link between life cycle assessment and indicators for absolute sustainability to support development within planetary boundaries. [online] *Environmental Science Technology* 49, s. 6370–1 [cit. 2021-10-19] Dostupné z : <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02106>

Boulding, K. (1966) The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett, H., Ed., *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future*/Johns Hopkins University Press, Baltimore, s. 3-14.

Bouwman, L.; Goldewijk, K. K.; Hoek, K. a kol. (2013) Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. [online] *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, s. 20882–20887. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878110>.

Brewer, P. (2009) Planetary boundaries: Consider all consequences. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 117–118. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.98>.

Brook, B. W.; Ellis, E. C.; Perring, M. P. a kol. (2013) Does the terrestrial biosphere have planetary tipping points? [online] *Trends in Ecology & Evolution*, 28(7), s. 396–401. ISSN 0169-5347, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.01.016>.

Brundtland, G. H. (1987) *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427.

Butchart, S. H. M.; Akçakaya H. R.; Chanson, J. a kol. (2007) Improvements to the Red List Index. [online] *PLoS ONE* 2(1): e140. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000140>.

Butchart, S. H. M.; Walpole, M.; Collen, B. a kol. (2010) Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. [online] *Science*, 328 (5982), s. 1164-1168. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1187512>.

CAIT data: Climate Watch (2019) GHG Emissions. [online] Washington, DC: World Resources Institute. [cit. 2021-03-13] Dostupné z: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.

Cardinale, B.; Duffy, J.; Gonzalez, A. a kol. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. [online] *Nature* 486, s. 59–67. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature11148>.

Chen, W; Kang, J-N; Han, M. S. (2021) Global environmental inequality: Evidence from embodied land and virtual water trade. [online] *Science of The Total Environment*, Volume 783, 146992, ISSN 0048-9697, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146992>

Cherlet, M.; Hutchinson, C.; Reynolds, J., a kol. (2018) World Atlas of Desertification, [online] Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2018. Dostupné z: https://wad.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/atlas_pdf/JRC_WAD_fullVersion.pdf.

Ciriacy-Wantrup, S. V. (1952) *Resource conservation: economics and policies*. University of California Press, Berkeley, California, USA.

Clark, W. C.; Mun, R. E. (1986) *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Cole, M.; Bailey, R.; New, M. (2014) Tracking sustainable development with a national barometer for South Africa using a downscaled “safe and just space” framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, e4399–e4408.

Cooper, P. (2013) Socio-ecological accounting: DPSWR, a Modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems. *Ecological Economics*, 94, str. 106-115. ISSN 0921-8009, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.010>.

Cornell, S. (2012) On the system properties of the planetary boundaries. [online] *Ecology and Society* 17(1): r2. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04731-1701r02>.

Costanza, R. (1991) *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

Crowards, T. (1998) Safe minimum standards: costs and opportunities. [online] *Ecological Economics* 25, s. 303–314. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00041-4).

Crutzen, P. J. ; Stoermer, E. F. (2000) The Anthropocene. *Global Change Newsletter* [online]. IGBP, 2000(41), s. 17-18 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf#page=17>.

Dao, H.; Peduzzi, P.; Friot, D. (2018) National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. [online] *Global*

Environmental Change, 52, s. 49–57. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.06.005>.

de Baan, L.; Alkemade, R.; Koellner, T. (2013) Land use impacts on biodiversity in LCA: a global approach. [online] *International Journal of Life Cycle Assessment* 18, s. 1216–1230. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0412-0>.

de Vries, W.; Kros, J.; Kroeze, C. a kol. (2013) Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. [online] *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Open issue 5, s. 392–402. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.004>.

Dearing, J. A.; Wang, R.; Zhang, K. a kol. (2014) Safe and just operating spaces for regional social-ecological systems. [online] *Global Environmental Change* 28, s. 227–238. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.012>.

Duarte, C. M.; Hendriks, I. E.; Moore, T. S. a kol. (2013) Is Ocean Acidification an Open-Ocean Syndrome? Understanding Anthropogenic Impacts on Seawater pH. [online] *Estuaries and Coasts* 36, s. 221–236. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12237-013-9594-3>.

eAGRI (c2021) Nitrátová směrnice (Životní prostředí, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 31.08.2021]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/nitratova-smernice/>

EEA (1999) *Environmental indicators: Typology and overview*. [online] European Environment Agency, Technical report No 25, Copenhagen, [cit. 2021-10-16] Dostupné z : <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>.

EEA (2005) Sustainable use and management of natural resources. [online] EEA Report No 9/2005, Copenhagen: European Environment Agency. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2005_9.

EEA (2019) Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 and inventory report 2019: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. [online] Olivier, J.; Fernandez, R.; Mandel, N.; Rigler, E. (ed.) EEA/PUBL/2019/051, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2019/european-union-greenhouse-gas-inventory-2019/viewfile>.

EEA (2020) *Ozone-depleting substances 2020*. [online]. Copenhagen: European Environment Agency [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/ozone-depleting-substances-2020>.

EEA a FOEN (2020) *Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries*. [online] Joint EEA/FOEN Report, EEA Report No 01/2020 [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/is-europe-living-within-the-planets-limits>.

EPI (2012) World Forest Area Still on the Decline [online] Adams, E. E., Eco-Economy Indicators: Forest Cover, Earth Policy Institute. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: http://www.earth-policy.org/indicators/C56/forests_2012.

Eurostat (2020) Air emissions intensities by NACE Rev. 2 activity. [online] [Data set] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_aeint_r2/default/table?lang=en.

Fang, K.; Heijungs, R.; De Snoo, G. R. (2015b) Understanding the complementary linkages between environmental footprints and planetary boundaries in a footprint-boundary environmental sustainability assessment framework. [online] *Ecological Economics*, 114, s. 218–226. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.008>.

Fang, K.; Heijungs, R.; Duan, Z.; De Snoo, G. (2015a) The environmental sustainability of nations: Benchmarking the carbon, water and land footprints against allocated planetary boundaries. *Sustainability*, 7, 11285–11305.

FAO (2020) Global Forest Resources Assessment 2020. [online] Rome, Italy. ISBN: 978-92-5-132974-0. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9825en>.

Foley, J. A. ; DeFries, R.; Asner G., P. a kol. (2005) Global Consequences of Land Use. [online] *Science* 309(5734), s. 570–574. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1111772>.

Folke, C.; Carpenter, S. R.; Walker, B. a kol. (2004) Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management. [online] *Annual Review in Ecology, Evolution and Systematics* 35, s. 557–581. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>

Franzen, A., Mader, S. (2018) Consumption-based versus production-based accounting of CO₂ emissions: Is there evidence for carbon leakage? [online] *Environmental Science & Policy*. Volume 84, June 2018, s. 34-40. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.009>.

French, D.; Kotzé, L. J. (2021) *Research Handbook on Law, Governance and Planetary Boundaries: Research Handbooks in Environmental Law series*. [online] Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK. ISBN: 9781789902730. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.4337/9781789902747>.

Frischknecht, R.; Büsler Knöpfel, S. (2014) Ecological scarcity 2013—new features and its application in industry and administration—54th LCA forum, Ittigen/Berne, Switzerland, December 5, 2013. [online] *International Journal of Life Cycle Assessment* 19, s. 1361–1366. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0744-z>.

Global Carbon Project (2019) Supplemental data of Global Carbon Budget 2019 (Version 1.0) [online] [Data set]. [cit. 2021-03-13] Dostupné z: <https://doi.org/10.18160/gcp-2019>.

Goyal, R.; England, M. H.; Gupta, A. S.; Jucker, M. (2019) Reduction in surface climate change achieved by the 1987 Montreal Protocol. [online] *Environmental Research Letters* 14 (12), 124041 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab4874>.

Hansen, J.; Kharecha, P. ; Sato, M. a kol. (2013) Assessing “Dangerous Climate Change”: Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, [online] *Future Generations and Nature*. PLoS ONE 8, e81648. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081648>.

Häyhä, T.; Cornell, S. E.; Hoff, H. a kol. (2018) *Operationalizing the concept of a safe operating space at the EU level – first steps and explorations*. Stockholm Resilience Centre Technical Report, prepared in collaboration with Stockholm Environment Institute (SEI) and PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Stockholm Resilience Centre, Stockholm University.

Häyhä, T.; Lucas, P.; van Vuuren, D.; Cornell, S.E.; Hoff, H. (2016) From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space — How can the scales be bridged? *Global Environmental Change*, 40, s. 60–72.

Hickel, J. (2020) Quantifying national responsibility for climate breakdown: An equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *Lancet Planet Health*, 4, e399–e404.

Hickel, J. (2018) Is it possible to achieve a good life for all within planetary boundaries? [online] *Third World Quarterly*, 40(1), s. 18–35, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01436597.2018.1535895>.

Hjalsted, A. W.; Laurent, A.; Marchman Andersen, M. a kol. (2020) Sharing the safe operating space: Exploring ethical allocation principles to operationalize the planetary boundaries and assess absolute sustainability at individual and industrial sector levels [online] *Journal of Industrial Ecology*, 25 (1), s. 9-15. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jiec.13050>.

Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K. (2007) Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. [online] *Water Resource Management* 21, s. 35–48 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>.

Hoekstra, A. Y; Wiedmann, T. O. (2014) Humanity's unsustainable environmental footprint, [online] *Science*, 344, 1114-1117, [cit. 2021-10-16], Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1248365>.

Hoff, H. ; Lobos Alva, I. (2017) *How the Planetary Boundaries framework can support national implementation of the 2030 Agenda*. SEI Policy Brief. Stockholm Environment Institute. Stockholm. 2017 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-2017-PB-Hoff-HowthePlanetary.pdf>.

Hoff, H.; Nykvist, B.; Carson, M. (2014) *Living Well, within the Limits of Our Planet? Measuring Europe's Growing External Footprint*. [online] SEI Working Paper 2014–05, Stockholm Environment Institute. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://www.sei.org/publications/living-well-within-the-limits-of-our-planet-measuring-europes-growing-external-footprint/>.

Höhne, N.; den Elzen, M.; Escalante, D. (2014) Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies [online] *Climate Policy*, 14:1, s. 122-147, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.849452>.

Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1–23.

Hongwei Huang, L.; Hu, A. H.; Kuo, Ch-H. (2020) Planetary boundary downscaling for absolute environmental sustainability assessment — Case study of Taiwan, [online] *Ecological Indicators*, Volume 114, 106339, ISSN 1470-160X, [cit. 2021-10-16], Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106339>.

Howarth, R.; Ramakrishna, K.; Choi, E. (2005) Nutrient Management, Responses Assessment. *Ecosystems and Human Well-being 3*, Policy Responses. The Millennium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington, D.C. s. 295–311.

Hughes, T. P.; Carpenter, S.; Rockström, J. a kol. (2013) Multiscale regime shifts and planetary boundaries. [online] *Trends in Ecology & Evolution* 28(7), s. 389-395. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.019>.

IPBES (2019) *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. S. Díaz, S.; Settele, J.; Brondízio, E. S. a kol. [online] IPBES secretariat, Bonn, Germany. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.

IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [online] Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M. a kol. (ed.) Cambridge University

Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf.

IPCC (2012) *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of Working Groups I and II of the IPCC*. Field, C. B. a kol. [online] Cambridge University Press, Cambridge, UK. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi:10.1017/CBO9781139177245>.

IPCC (2013) *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [online], Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K. a kol. (ed.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC (2018) Summary for Policymakers. *Global Warming of 1.5 °C* [online] Masson-Delmotte, V. P.; Zhai, H.-O.; Pörtner, D. a kol. (ed.) World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf

IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P.; Zhai, A.; Pirani, S. L. a kol. (eds.)]. Cambridge University Press.

Isbell, F.; Gonzalez, A.; Loreau, M. a kol. (2017) Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. [online] *Nature* 546(7656), s. 65–72. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature22899>.

Janoušková, S.; Hák, T.; Moldan, B. (2018) Global SDGs Assessments: Helping or Confusing Indicators? [online] *Sustainability*. 10, 1540. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi:10.3390/su10051540>.

Jia, X.; Varbanov, P. S.; Klemeš, J. J.; Wan Alwi, S. R. (2019) Blue Water Footprint of the Czech Republic. [online] *Chemical Engineering Transactions* 76, 1063-1068. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.3303/CET1976178>.

Kahiluoto, H.; Kuisma, M.; Kuokkanen, A. (2015) Local and social facets of planetary boundaries: Right to nutrients. [online] *Environmental Research Letters* 10 (10), 104013. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/104013>.

Kaufmann, S. A. (1993) *Origins of order*. Oxford University Press, New York, New York, USA. ISBN 978-0-19-507951-7.

Knoblauch, C.; Beer, C.; Liebner, S. a kol. (2018) Methane production as key to the greenhouse gas budget of thawing permafrost. [online] *Nature Climate Change*, 8, s. 309–312. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0095-z>.

Kok, T. J.; Alkemade, R.; Bakkenes, M. a kol. (2018) Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario-study. [online] *Biological Conservation* 221, s. 137-150, ISSN 0006-3207. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003>.

Lafortune, G.; Fuller, G.; Schmidt-Traub, G.; Kroll, C. (2020) How Is Progress towards the Sustainable Development Goals Measured? Comparing Four Approaches for the EU. [online] *Sustainability*, 12, 7675. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su12187675>.

Latham, J.; Cumani, R.; Rosati, I.; Bloise, M. (2014) Global Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1.0 Database, Land and Water Division. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <http://www.fao.org/uploads/media/glc-share-doc.pdf>.

Lenzen, M.; Moran, D.; Kanemoto, K. a kol. (2012) International trade drives biodiversity threats in developing nations. [online] *Nature* 486, s. 109–112. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature11145>.

Lewis, S. (2012) We must set planetary boundaries wisely. [online] *Nature* 485, 417 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/485417a>.

Lhotská, D. (2014) Snížil se podíl orné půdy, zlepšila se užitkovost. Statistika a my [online] [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2014/07/25/snizil-se-podil-orne-pudy-zlepsila-se-uzitkovost/>.

Liu, W.-J.; Zeng, F.-X.; Jiang, H. a kol. (2011) Total recovery of nitrogen and phosphorus from three wetland plants by fast pyrolysis technology [online] *Bioresource Technology* 102 (3) s. 471-3479, ISSN 0960-8524. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.135>.

Loh, J.; Green, R. E.; Ricketts, T. a kol. (2005) The Living Planet Index: using species population time series to track trends in biodiversity. [online] *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360 (1454), 289-295. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1584>.

Lucas, P.; Wilting, H. (2018) *Using Planetary Boundaries to Support National Implementation of Environment-Related Sustainable Development Goals* [online]. PBI; Netherlands Environmental Assessment Agency: Hague, The Netherlands [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/328654952_Using_planetary_boundaries_to_support_national_implementation_of_environment-related_Sustainable_Development_Goals.

Mace, G. M.; Reyers, B., Alkemade, R. a kol. (2014) Approaches to defining a planetary boundary for biodiversity. [online] *Global Environmental Change* 28, s. 289–97, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.07.009>.

McCollum, D. L.; Zhou, W.; Bertram, C. a kol. (2018) Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. [online] *Nature Energy* 3 (7), s. 589–599. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://db1.ene.iiasa.ac.at/CDLINKSDB/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>.

McNeil, B. I.; Matear, R. J. (2008) Southern Ocean acidification: A tipping point at 450-ppm atmospheric CO₂. [online] *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (48), 18860–18864. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0806318105.

McNeill J. R.; Engelke, P. (2016) *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge: Harvard University Press. ISBN 978-0-67454-503-8.

McRae, L.; Deinet, S.; Freeman, R. (2017) The Diversity-Weighted Living Planet Index: Controlling for Taxonomic Bias in a Global Biodiversity Indicator. [online] *PLoS ONE*. E 12(1): e0169156. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi:10.1371/journal.pone.0169156>.

Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens, W. W. (1972) *The limits to growth*. Universe Books, New York, New York, USA.

Molden, D. (2009) Planetary boundaries: The devil is in the detail. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 116–117. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.97>.

Molina, M. J. (2009) Planetary boundaries: Identifying abrupt change. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 115–116. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.96>.

Molina, M. J.; Sherwood Rowland, F. (1974) Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone, [online] 249 (5460) *Nature* 249, s. 810–812. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/249810a0>.

MŽP (2016) *Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky 2016-2025*. [online] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/4A46CA81084E521FC1258050002DAE0C/\\$file/SOBR_CR_2016-2025.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/4A46CA81084E521FC1258050002DAE0C/$file/SOBR_CR_2016-2025.pdf).

MŽP (2017) Politika ochrany klimatu. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/\\$FILE/OEO-K-POK-20170329.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/$FILE/OEO-K-POK-20170329.pdf)

MŽP (2021a) Zpráva o naplňování Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj v České republice. [online] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.cr2030.cz/zavazky/wp-content/uploads/sites/4/2021/01/IIIId_materi%C3%A1l_Zpr%C3%A1va-Agenda-2030.pdf

MŽP (2021b) Zpráva o životním prostředí České republiky. [online] ISBN 978-80-87770-99-3. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/05/Zprava_o_ZP_CR_2019_web.pdf.

NASA (1986) *Earth System Science: Overview: A Program for Global Change*. [online] National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.17226/19210>.

Nash, K. L.; Cvitanovic, C.; Fulton, E. A. a kol. (2017) Planetary boundaries for a blue planet. [online] *Nature Ecology & Evolution* 1, s. 1625–1634. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0319-z>.

Nature (2009) Earth's boundaries? [online] 461, s. 447–448. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/461447b>.

Newbold, T.; Hudson, L. N.; Adnrew, P. A. a kol. (2016) Has Land Use Pushed Terrestrial Biodiversity Beyond Planetary Boundary? A Global Assessment, [online] *Science* 353 (6296) s. 288-91, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://10.1126/science.aaf2201>.

Nykvist, B.; Persson, Å.; Moberg, F.; Persson, L.; Cornell, S.; Rockström, J. (2013) *National Environmental Performance on Planetary Boundaries: A Study for the Swedish Environmental Protection Agency*, [online] Report 6576, Naturvårdsverket. str.. 122. ISBN 978-91-620-6576-8.. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6576-8/>

O'Neill, D. W.; Fanning, A. L.; Lamb, W. F. a kol. (2018) A good life for all within planetary boundaries. [online] *Nature Sustainability* 1, s. 88–95. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.

Odum, E. P. (1989) *Ecology and our endangered life-support systems*. Sinauer Associates Inc., Mass. 283 str., ISBN 0-87893-635-1.

OECD (2021) OECD Agriculture and Food Policy Reviews. [online] ISSN: 27102610 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1787/f061e50b-en>.

OECD.stats [online]. c2021 [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://stats.oecd.org/>.

OSN (2015) Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, Valné shromáždění OSN, 21. října 2015, A/RES/70/1. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

OSN (2019) *World Population Prospects 2019: Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/423 [cit. 2021-02-15] Dostupné z: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf.

Parsonsová, A.; Machar, I. (2021) National Limits of Sustainability: The Czech Republic's CO₂ Emissions in the Perspective of Planetary Boundaries [online] *Sustainability*, 13, 2164. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13042164>.

Pechanec, V.; Cudlín, O.; Zapletal, M. a kol. (2021) Assessing Habitat Vulnerability and Loss of Naturalness: Applying the GLOBIO3 Model in the Czech Republic. [online] *Sustainability* 13, 5355. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13105355>.

Perkins, S. E.; Alexander, L. V.; Nairn, J. (2012) Increasing frequency, intensity and duration of observed global heat waves and warm spells. [online] *Geographical Research Letters*. 39, L20714. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi:10.1029/2012GL053361>.

Petschel-Held, G.; Schellnhuber, H.-J.; Bruckner, T. a kol. (1999) The tolerable windows approach: theoretical and methodological foundations. [online] *Climatic Change* 41:303–331. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1023/A:1005487123751>.

Popovski, V. (2020) *The Implementation of the Paris Agreement on Climate Change*, Routledge, 316 str., ISBN 9780367481483.

Pozo, C.; Galán-Martín, A.; Cortés-Borda, D. a kol. (2020) Reducing global environmental inequality: Determining regional quotas for environmental burdens through systems optimisation, [online] *Journal of Cleaner Production*, Volume 270, 2020, 121828, ISSN 0959-6526, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121828>.

Raffensperger, C.; Tickner, W. (1999) *Protecting public health and the environment: implementing the precautionary principle*. Island Press, Washington, D.C., USA.

Randers, J. ; Rockström, J. ; Stoknes P. E. (2018) *Transformation is feasible: How to achieve the Sustainable Development Goals within Planetary Boundaries* [online]. Stockholm: Stockholm Resilience Centre and BI Norwegian Business School. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.stockholmresilience.org/download/18.51d83659166367a9a16353/1539675518425/Report_Achieving%20the%20Sustainable%20Development%20Goals_WEB.pdf.

Randers, J.; Rockström, J.; Stoknes, P. E. (2019) *Achieving the 17 Sustainable Development Goals within 9 planetary boundaries*. [online] Preprint pro EarthArXiv. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/sus.2019.22>.

Raworth, K. (2012) *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live Within the Doughnut?* [online] Oxfam Discussion Paper (Oxfam, 2012); [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <http://go.nature.com/HrU9hi>.

Raworth, K. (2012) Living in the doughnut. *Nature Climate Change* 2(4), str. 225–226.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; a kol. (2009) Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* [online]. 14(2) [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; a kol. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* [online]. 2009, (461), 472–475 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/461472a#citeas>.

Rowland, F. S. (1991) Stratospheric Ozone Depletion. [online] *Annual Review of Physical Chemistry* 42, s. 731-768. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.pc.42.100191.003503>.

Running, S. W. (2012) A measurable planetary boundary for the biosphere. [online] *Science* 337(6101), s. 1458–1459. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1227620>.

Ryberg, M. W.; Andersen, M. M.; Owsianiak, M.; Hauschild, M. Z. (2020) Downscaling the planetary boundaries in absolute environmental sustainability assessments – A review. [online] *Journal of Cleaner Production* 276, 123287. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123287>.

S. R. Carpenter, S. R.; Brock, W. A. (2006) Rising variance: A leading indicator of ecological transition. [online] *Ecology Letters* 9, s. 311–318, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00877.x>.

Sabag-Munoz, O.; Gladek, E. (2017). One Planet Approaches – Methodology Mapping and Pathways Forward. [online] WWF, Swiss Federal Office for the Environment, Metabolic. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.metabolic.nl/publications/one-planet-approaches-methodology-mapping-and-pathways-forward/>.

Sala, S.; Crenna, E.; Secchi, M. (2020) Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries [online] *Journal of Environmental Management* 269, 110686, ISSN 0301-4797, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110686>.

Samper, C. (2009) Planetary boundaries: Rethinking biodiversity. [online] *Nature Climate Change* 3, s. 118–119. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://10.1038/climate.2009.99>.

Samper, C. (2009) Planetary boundaries: Rethinking biodiversity. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 118–119. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.99>.

Scheffer, M. (2009) *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. ISBN 978-0691122045.

Scheffer, M.; Bascompte, J.; Brock, W. A. a kol. (2009) Early-warning signals for critical transitions. [online] *Nature* 461, s. 53–59, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature08227>.

Scheffer, M.; Carpenter, S. R.; Lenton, T. a kol. (2012) Anticipating critical transitions. [online] *Science* 338, s. 344–348 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi:10.1126/science.1225244>.

Schellnhuber, H. (1999) Earth system' analysis and the second Copernican revolution. [online] *Nature* 402, C19–C23 (1999). [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/35011515>

Schipper, A.; Bakkenes, M.; Meijer, J. a kol. (2016). *The GLOBIO model. A technical description of version 3.5*. [online] PBL Netherlands Environmental. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl_publication_2369.pdf.

Schlesinger, W. H. (2009) Planetary boundaries: Thresholds risk prolonged degradation. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 112–13. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.93>.

Schmeller, D. S.; Weatherdon, L. V.; Loyau, A. a kol. (2017) A suite of essential biodiversity variables for detecting critical biodiversity change. [online] *Biological Reviews* 93, s. 55–71. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi: 10.1111/brv.12332>.

Schmidt, F. (2013) Governing planetary boundaries: Limiting or enabling conditions for transitions towards sustainability? In *Transgovernance Advancing Sustainability Governance*, ed. Meuleman, L., s. 215–34. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-28009-2.

Scholes, R. J.; Biggs, R. (2015) A biodiversity intactness. [online] *Nature* 434, s. 45–49 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature03289>.

See, L.; Fritz, S.; You, L. a kol. (2015) Improved global cropland data as an essential ingredient for food security. [online] *Global Food Security*, Volume 4, 2015, s. 37-45, ISSN 2211-9124, Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.10.004>.

Selman, M.; Greenhalgh, S.; Diaz, R. a kol. (2008) *Eutrophication and hypoxia in coastal areas: a global assessment of the state of knowledge*. WRI Policy Note 1, 6.

Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. New York: Alfred Knopf. ISBN 0-375-40619-0.

Sinclair, L. (2002) The Science of Ozone Depletion: From Theory to Certainty. In Andersen, S. O. ; Madhava Sarma, K. (eds) *Protecting the Ozone Layer: The United Nations History*, Routledge, ISBN: 9781844071722.

Steffen, W., A.; Sanderson, J.; Jäger, P. D. a kol. (2004) *Global change and the Earth system: a planet under pressure: A planet under pressure*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN 3-540-40800-2.

Steffen, W.; Crutzen, P. J.; McNeill, J. R. (2007) The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? [online] *Ambio* 36:614–621. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/25547826>.

Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; de Vries, W.; de Wit, C.A.; a kol. (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223) [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>.

Steinbrecht, W.; Hegglin, M. I.; Harris, N.; Weber, M. (2018) Is global ozone recovering? [online] *Comptes Rendus Geoscience* 350 (7), s. 368-375, ISSN 1631-0713 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.07.012>.

Stiglitz, J.; Sen, A.; Fitoussi, J.-P. (2009) Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. [online] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf>

Sutton, M. A.; Howard, C. M.; Erisman, J. W. (2011) *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-00612-6.

The Royal Society (2015) *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*. [online] Policy document 12/05, London, ISBN 0 85403 617 2, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://royalsociety.org/-/media/Royal_Society_Content/policy/publications/2005/9634.pdf.

Tsigaridis, K.; Krol, M.; Dentener, F. J. (2006) Change in global aerosol composition since preindustrial times. [online] *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 5143–5162, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/acp-6-5143-2006>.

Turner (2008) A comparison of *The Limits to Growth* with 30 years of reality. [online] *Global Environmental Change* 18, s. 397–411. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001>.

van den Berg, N. J.; van Soest, H. L.; Hof, A. F. a kol. (2019). Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. [online] *Climatic Change*. 162, s. 1805–1822, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02368-y>.

Van der Esch, S.; Ten Brink, B.; Stehfest, E. a kol. (2017) *Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. [online] PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b_1.pdf

Vitousek, P. M.; Mooney H. A.; Lubchenco, J.; Melillo, J. M. (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. [online] *Science* 277(5325) [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_1

VÚRV (2020) 5. akční program nitrátové směrnice (2020—2024) [online] ISBN 978-80-7427-325-4 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.vurv.cz/wp-content/uploads/2021/01/5APNS_na_web.pdf.

Wang, R.; Dearing, J. A.; Langdon, P. G. a kol. (2012) Flickering gives early warning signals of a critical transition to a eutrophic lake state. [online] *Nature* 492, s. 419–422. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi:10.1038/nature11655>.

WHO (2014) Public Health, Environmental and Social Determinants of Health (PHE) : Health Environments, Healthy People. Issue 63/March 2014, [cit. 2021-10-19] Dostupné z : https://www.who.int/phe/eNews_63.pdf.

WHO (c2021) Exposure & health impacts of air pollution. [cit. 2021-10-19] Dostupné z : <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/exposure-air-pollution>.

Wilson, E. O. (2016) *Half-Earth: Our Planet's Fight for Life*. New York, London, Liveright Publishing Corporation, ISBN 9781631490828.

Wilting, H. C.; Schipper, A. M.; Bakkenes, M. a kol. (2017) Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption: A Global-Scale Footprint Analysis. [online] *Environmental Science Technology* [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b05296>.

WMO (2019) WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 16: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019. [online], [cit. 2021-10-19] Dostupné z:

WMO (2021) *2021 State of Climate Services*. [online] (WMO-No. 1278) ISBN: 978-92-63-11278-1. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21963#.YXNQS_rP02z.

NÁRODNÍ LIMITY UDRŽITELNOSTI V PERSPEKTIVĚ PLANETÁRNÍCH HRANIC

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Studijní program: P1314 Geografie
Obor: Mezinárodní rozvojová studia
Školitel: prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Katedra rozvojových a environmentálních studií
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Mgr. et Mgr. Aneta Parsonsová

NATIONAL LIMITS OF SUSTAINABILITY IN THE PERSPECTIVE OF PLANETARY BOUNDARIES

Ph.D. THESIS SUMMARY

Study Programme: P1314 Geography
Specialisation: International Development Studies
Supervisor: prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Department of Development and Environmental Studies
Faculty of Science, Palacký University in Olomouc

Olomouc 2021

Tato disertační práce byla vypracována v rámci doktorského studia na Katedře rozvojových a environmentálních studií Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

This dissertation thesis was compiled within Ph.D. study at the Department of Development and Environmental Studies, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc.

Předkladatel / Submitter:

Mgr. et Mgr. Aneta Parsonsová
Katedra rozvojových a environmetálních studií
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
17. listopadu 12
771 47 Olomouc

Školitel / Supervisor:

prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.
Katedra rozvojových a environmetálních studií
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
17. listopadu 12
771 47 Olomouc

Oponenti / Opponents:

prof. RNDr. Bedřich Moldan, CSc.
doc. Mgr. Zdeněk Opršal, Ph.D.
prof. RNDr. Vladimír Ira, CSc.

Obhajoba disertační práce se koná dne 10. února 2022 před komisí pro obhajoby disertačních prací doktorského studia v oboru P1314 Geografie, studijním oboru Mezinárodní rozvojová studia, v prostorách Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 47 Olomouc.

The defence of the dissertation thesis will be held on 10th February 2022 at the commission for the defence of dissertation thesis of Ph.D. degree in study programme P1314 Geography, specialization International Development Studies, in the premises of the Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 17. listopadu 12, 771 47 Olomouc.

S disertační prací je možno se seznámit na studijním oddělení Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 77 46 Olomouc.

The dissertation thesis is available at the Study Department, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc.

Obsah

Úvod.....	4
Přehled aktuálního stavu problematiky.....	7
Formulování teoretických východisek.....	16
Cíle disertační práce.....	20
Popis vlastního řešení	22
Původní výsledky a jejich uplatnění zejména ve veřejně oponovaných publikacích a projektech.....	26
RQ 1 Výběr vhodného indikátoru	26
RQ 2 Určení národního limitu pro danou planetární hranici	27
RQ 3 Porovnání výsledků s cíli příslušné národní politiky.....	29
Zhodnocení výsledků pro vědní obor nebo praxi	30
Seznam použitých zdrojů a literatury	31
Abstrakt.....	37
Abstract.....	38
Životopis autorky.....	39

Úvod

V kontextu historie lidské civilizace je otázka udržitelnosti spjata především se sílícími dopady antropogenních aktivit na životní prostředí v období od průmyslové revoluce, které je charakteristické zejména rostoucí spotřebou fosilních paliv. Epochu počínající koncem 18. století z tohoto důvodu někteří autoři nazývají jako antropocén neboli období, v němž je stav planety významně ovlivňován lidskou činností. (Crutzen a Stoermer, 2000) Přestože v lokálním či regionálním měřítku zasahoval člověk do ekosystémů či klíčových biochemických cyklů v průběhu celé své historie, o globálních dopadech lze hovořit až v souvislosti s antropocénem. Jeho poslední část, období od roku 1945 dodnes, je dále v literatuře označováno jako velké zrychlení (*Great Acceleration*) a spojováno vedle nárůstu spotřeby energií také s rychlým populačním růstem. (McNeill a Engelke, 2016)

Zatímco v roce 1780 obývalo planetu 800 až 900 milionů lidí, do roku 2020 dosáhl jejich počet 7,7 miliardy. Od roku 1945 do současnosti se počet obyvatel Země ztrojnásobil. V následujících třiceti letech je očekáván nárůst o 2 miliardy a do konce století pak může globální populace dosáhnout téměř 11 miliard. (OSN, 2019) Tlak na životní prostředí, který vytváří takto rychlý populační růst a globální ekonomický rozvoj, je již dnes v některých ohledech hraniční. (Rockström a Klum, 2015) Současně s přetrvávajícími sociálními a ekonomickými výzvami jednotlivých států a jejich nároky na rozvoj roste i potřeba konceptualizovat environmentální limity planety, při jejichž překročení může docházet k dlouhodobým či nevratným globálním změnám.

Snaha o tuto konceptualizaci provázela celou druhou polovinu 20. století. K nejnovějším přístupům v tomto kontextu patří koncept planetárních hranic¹ (*Planetary Boundaries*, PB), který bude podrobně popsán a využíván v této disertační práci. Koncept PB se zaměřuje na klíčové biofyzikální procesy, které ovlivňují samoregulační kapacitu planety Země. Prozatím bylo identifikováno devět takových procesů (změna klimatu, okyselování oceánu, stratosférický ozon, biochemické toky dusíku a fosforu, integrita biosféry, změny v systému využití území, využití sladké vody, atmosférický aerosol a nové entity). Dvě doposud publikované originální studie PB (Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015) poukazují na mezní hodnoty v rámci těchto procesů, jejichž překročení může vyvolat nelineární a nevratné změny ve fungování celkového environmentálního systému planety a může ohrozit sociálně-ekologickou odolnost v regionálním až globálním měřítku. Koncept PB tak prakticky vymezuje „bezpečný operační prostor“ pro veškeré lidské aktivity. (Steffen a kol., 2015) Toto vymezení lze využít jak při tvorbě mezinárodních politik v oblasti udržitelného rozvoje, tak i při zkoumání národních environmentálních limitů v globálním kontextu.

Ačkoliv nepřímě, výzkum planetárních hranic ovlivnil také současnou mezinárodní agendu udržitelného rozvoje. Ta byla přijata Organizací spojených národů (OSN) v roce

¹ V českém prostředí překládáno také jako „planetární meze“

2015 prostřednictvím dokumentu Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030, dále jen „Agenda 2030“ (OSN, 2015). Všech devět planetárních procesů je na určité úrovni řešeno v rámci globálních Cílů udržitelného rozvoje (*Sustainable Development Goals*, SDGs) či jejich podcílů. Hlavní odpovědnost za dosažení SDGs do roku 2030 leží na členských státech OSN, respektive jejich vládách. V důsledku toho má výzkum planetárních hranic svůj aktuální význam i v národním kontextu.

Krátký *policy brief* ke vztahu mezi PB a Agendou 2030 ve smyslu stanovování cílů na vnitrostátní úrovni vydal Stockholmský institut pro životní prostředí (Hoff a kol., 2017) a technickou zprávu k využití PB pro národní implementaci environmentálních SDGs zpracovala také Nizozemská agentura pro hodnocení životního prostředí (Lucas a Wilting, 2018). O něco hlubší porozumění provazbám mezi oběma koncepty na globální úrovni poskytl report pro Římský klub publikovaný v roce 2018, který představil tzv. *Earth3 model*, v němž propojuje socioekonomické a biofyzikální procesy klíčové v oblasti udržitelného rozvoje. (Randers a kol., 2018) Další výzkum je nicméně nutný pro hlubší porozumění významu a využití planetárních hranic na regionální a národní úrovni, k čemuž by tato disertační práce měla přispět.

Globální indikátory pro měření pokroku v naplňování SDGs tvoří robustní monitorovací rámec s důsledky pro vnitrostátní procesy v oblasti statistiky a sledování stavu udržitelného rozvoje. Plnění Agendy 2030 je v současné době sledováno prostřednictvím 231 ukazatelů, které jsou doplněny dalšími relevantními údaji v rámci mezinárodních či regionálních hodnocení (např. pravidelných hodnocení prováděných Evropskou unií, Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj nebo mezinárodními think-tanky) a národních hodnocení. Vzhledem k velkému počtu indikátorů, nedostatku dat pro všechny země a nekonzistentním datovým sadám nejsou nicméně monitorovací zprávy o naplňování SDGs často navzájem srovnatelné a vedou k nejednoznačným výsledkům. (Janoušková a kol., 2018; Lafortune a kol., 2020) Některé globální cíle (např. SDG 8 Důstojná práce a ekonomický růst a SDG 13 Klimatická opatření) mohou zároveň být při zachování současných trendů ve vzájemném rozporu. Řada zemí tak např. může vykazovat významné pokroky směrem k udržitelnosti, přestože jejich dopad na klíčové globální biofyzikální procesy překračuje planetární hranice. Environmentální zátěž by tak byla produkována na úkor méně rozvinutých zemí, pro jejichž rozvoj by již nezbyvala kapacita Země. Tyto obavy zároveň tvoří základ pro hypotézu, která bude ověřována v této disertační práci.

V českém prostředí je koncept planetárních hranic doposud málo využíváný, přestože byl domácím publiku představen již krátce po publikaci první studie na toto téma v roce 2010. Na pozvání profesora Bedřicha Moldana tehdy jeden z jeho hlavních autorů, profesor Johan Rockström, vystoupil na Akademii věd ČR s přednáškou s podtitulem „Planetární hranice: bezpečný operační prostor pro lidstvo“. Kromě této přednášky nicméně české odborné veřejnosti koncept PB detailněji představen nebyl a pro některé jeho komponenty prozatím ani neexistuje ustálená česká terminologie. Stejně tak nebyl koncept

doposud využít ani v kontextu stanovování nových nebo posuzování stávajících národních environmentálních politik či limitů.

Jednotná metodika pro určení národního udržitelného a bezpečného operačního prostoru založeného na PB dosud nebyla vytvořena, přestože byla již na toto téma publikována řada případových studií (např. Nykvist a kol., 2013; Cole a kol., 2014; Dao a kol., 2018; Lucas a Wilting, 2018). Podobně doposud nebyla zpracována ani konzistentní metodologie umožňující výběr vhodných národních ukazatelů pro jednotlivé PB a distribučních mechanismů reflektujících rozdíly mezi zeměmi i jejich specifické výzvy a potřeby. Dílčí studie zabývající se touto problematikou budou dále přiblíženy v samostatné kapitole této disertační práce, věnované současnému stavu výzkumu dané problematiky. Jejich poznatky budou využity pro vytvoření návrhu vhodné metodiky pro národní případovou studii České republiky.

Tato disertační práce navazuje na dosavadní výzkum v dané oblasti a stanovuje národní environmentální limity ČR související s planetárními hranicemi s ohledem na národní specifika. Zbývající nejvyšší možná globální environmentální zátěž v rámci vybraných PB je distribuována na národní úroveň s ohledem na velikost populace, historickou environmentální stopu a další lokální charakteristiky, např. současný stav ekonomického rozvoje. Tento přístup oproti předchozím studiím na toto téma aplikuje spravedlivější distribuční mechanismus, který zohledňuje klíčové strukturální nerovnosti mezi státy. Distribuční metoda pro určení národního limitu je v této disertační práci navíc aplikována na šest ze sedmi oficiálně kvantifikovaných planetárních hranic, což je nejširší spektrum PB v rámci doposud publikovaných národních případových studií.

Výsledky této práce by měly být využitelné a přínosné jak pro další výzkum planetárních hranic a uplatnění tohoto konceptu na národní úrovni, tak i pro tvorbu politik a posuzování národních environmentálních cílů či vymezení prioritních oblastí a indikátorů udržitelného rozvoje.

Přehled aktuálního stavu problematiky

Hlavní vědecké proudy 20. století, které podnítily hlubší výzkum planetárních hranic a ovlivnily současné konceptuální pojetí environmentálních limitů planety, lze rozdělit do tří kategorií. První je oblast environmentální ekonomie, která se zaměřuje na rozsah lidské činnosti a jeho udržitelnost ve vztahu ke kapacitě Země. Jeden z prvních klíčových článků v této oblasti vyšel pod titulkem „*The Economics of the Coming Spaceship Earth*“ v roce 1966 z díla ekonoma Kennetha Bouldinga, který kritizoval exponenciální ekonomický růst a poukazoval na omezené environmentální zdroje pro další ekonomickou expanzi. (Boulding, 1966) Řada dalších autorů se pak zabývala např. otázkou role životního prostředí pro kvalitu lidského života (Odum, 1989; Vitousek a kol., 1997) či udržitelností lidského působení na planetě (Costanza, 1991).

Druhou kategorií jsou přírodní vědy a studium fundamentálních planetárních procesů. Jeden ze základních kamenů komplexního porozumění vlivu člověka na tyto procesy položil tzv. Brethertonův report z roku 1988, který zároveň zahájil současný vědecký program NASA o systému Země (*NASA Earth System Science*). Brethertonův diagram konceptualizuje fungování zemského systému prostřednictvím jeho rozdělení na jednotlivé subsystémy a znázornění jejich interakcí. Lidské činnosti jsou na něm v souvislosti se stavem poznání v době, kdy vznikl, znázorněny jako jeden prvek, který ovlivňuje využití území, vody a vypouštění znečišťujících látek. Zároveň na ně v rámci diagramu zpětně působí především změna klimatu a změny v suchozemských ekosystémech. (NASA, 1986)

Brethertonův report ovlivnil další výzkum změny klimatu a přispěl k porozumění přírodním a antropogenním změnám na zemském povrchu, v oceánech a biosféře, které ovlivňují všechny aspekty života. Posléze na něj navázala řada dalších autorů zabývajících se planetárními procesy (např. Schellnhuber, 1999; Steffen a kol., 2004) a jejich interakcemi s antropogenními procesy (např. Clark a Munn, 1986).

Třetí kategorií je výzkum odolnosti a stability ekologických systémů. Témata odolnosti a stability do environmentálních věd přinesl Crawford S. Holling, který v 70. letech minulého století definoval stabilitu jako teoretický koncept rovnováhy, který lze matematicky analyzovat v ideálních systémech. Přírodní systémy však mohou dle Hollinga být vysoce odolné právě díky své nestabilitě a schopnosti adaptace. (Holling, 1973) Významným odvětvím výzkumu odolnosti ve vztahu k vývoji konceptu planetárních hranic je pak také její vztah ke komplexním dynamikám a seberegulaci u živých systémů (např. Kaufmann, 1993; Folke a kol., 2004; Scheffer, 2009).

Na základě těchto a dalších navazujících studií vzniklo v druhé polovině 20. století několik přístupů reflektujících omezenou kapacitu a odolnost planetárních systémů ve vztahu k antropogenním aktivitách. Mezi ně patří např. pro Římský klub zpracovaná publikace *Meze růstu*, která poukázala na environmentální dopady exponenciálního

ekonomického růstu ve spojení s populačním růstem a při zachování současné úrovně spotřeby předpověděla ekonomický kolaps do roku 2030. (Meadows a kol., 1972) Není bez zajímavosti, že průměrný scénář představený autory *Mezi růstu*, který předpokládal pokračování dosavadních trendů, byl po více než třiceti letech přezkoumán a potvrzen na reálných historických datech za období 1970–2000. (Turner, 2008)

Nejnovější koncept planetárních hranic byl poprvé představen v roce 2009 skupinou vědců vedenou Johanem Rockströmem ze Stockholmského centra odolnosti a Willem Steffenem z Australské národní univerzity. Rockström a kol. (2009) v rámci něj využili vědecké poznatky z výše zmíněných studií a identifikovali devět biofyzikálních procesů, které regulují stabilitu a odolnost planetárního systému. Tyto procesy lze členit do čtyř kategorií:

- (1) globální biogeochemické cykly dusíku, fosforu, uhlíku a vody;
- (2) hlavní cirkulační systémy planety (podnebí, stratosféra, oceánské systémy);
- (3) biofyzikální vlastnosti Země, které zajišťují odolnost a samoregulaci (mořská a suchozemská biologická rozmanitost, půdní systém);
- (4) kritické procesy spojené s antropogenními globálními dopady (zatížení aerosolem a chemické znečištění).

Pro sedm z těchto procesů autoři identifikovali kontrolní proměnné a na základě kompilace aktuálních vědeckých poznatků kvantifikovali planetární hranici (viz tabulka č. 1).

Všech devět planetárních procesů má klíčovou roli v zachování systému planety Země ve stavu jako na počátku geologického období holocénu před 10 000 lety.² Z hlediska biofyzikálních procesů relativně stabilní holocén a současné interglaciální období umožnilo vznik zemědělství a rozvoj společnosti. Nenarušení této stability dopady antropogenních aktivit je proto z hlediska udržitelnosti lidské civilizace klíčové. (Rockström a kol., 2009) Přestože činnost člověka měla i před obdobím antropocénu dopady na životní prostředí v regionálním měřítku (např. vyhynutí megafauny, požáry atd.), důkazy o zásadním vlivu člověka na ekologické systémy v globálním měřítku před průmyslovou revolucí neexistují. (Steffen a kol., 2007) Studie navíc naznačují, že bez antropogenních tlaků by mohl stav holocénu přetrvávat po další tisíce let. (Berger a Loutre, 2002)

Z terminologického hlediska rozlišují autoři konceptu mezi planetárními mezemi (*thresholds*), hranicemi (*boundaries*) a jejich kontrolními proměnnými (*control variables*).

² Vědecké názory na počátek holocénu se různí. Někteří autoři za něj považují konec poslední doby ledové a přechod do současného interglaciálního období, který nastal přibližně před 11 700 lety. Rockström a kol. (2009) počátek stabilního období holocénu stanovují před 10 000 lety.

Planetární meze jsou definovány jako nelineární přechody ve fungování systému mezi člověkem a životním prostředím, např. náhlý ústup arktického mořského ledu způsobený antropogenním globálním oteplováním. Tyto hodnoty nejsou na globální úrovni známe pro všechny výše zmíněné planetární procesy, např. z hlediska využití území je možné identifikovat pouze regionální mezní hodnoty. Jejich překračování na více úrovních může nicméně rovněž vést k nevratným globálním změnám, popř. k překročení mezí v jiných procesech, v tomto případě např. u změny klimatu. Planetárními hranicemi jsou rozuměny hodnoty kontrolních proměnných, které jsou v bezpečné vzdálenosti od planetárních mezních hodnot či jiné, prostřednictvím vědeckého konsensu stanovené, „nebezpečné úrovně“. Tyto hranice jsou autory stanoveny na spodní úrovni tzv. zóny nejistoty (*zone of uncertainty*), která je spojena s každou kvantifikovanou planetární mezí. Pokud se hodnoty kontrolních proměnných pohybují v zóně nejistoty, je stav hodnocen jako zvyšující se riziko. V případě, kdy hodnoty překračují horní hranici zóny nejistoty, tedy planetární mez, je stav hodnocen jako vysoké riziko. (Rockström a kol., 2009)

V rámci aktualizované studie z roku 2015 byly některé planetární hranice oproti původní publikaci redefinovány.³ Steffen a kol. (2015) dále identifikovali pět regionálních, resp. subglobálních hranic, jejichž překračování může mít globální význam (integrita biosféry, biochemické toky, využití území, využití sladké vody a atmosférický aerosol), a zdůraznili význam jejich výzkumu ve vztahu k porozumění fungování systému Země jako celku.

Tabulka č. 1 Planetární procesy a hranice

Planetární proces	Kontrolní proměnná	Planetární hranice (zóna nejistoty)
Změna klimatu	Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře	Atmosférická koncentrace CO ₂ 350 ppm (350–450 ppm)
	Energetická nerovnováha v horních vrstvách atmosféry	Změna v radiačním působení +1 W na m ² (+1,0–+1,5 W na m ²)
Okyselování oceánu	Stav nasycení povrchové mořské vody aragonitem	Udržet průměrný stav nasycení povrchové mořské vody aragonitem na 80 a více % předindustriální úrovně (≥ 80 % – ≥ 70 %)
Stratosférický ozon	Stratosférická koncentrace O ₃ (Dobsonovy jednotky)	Menší než 5% snížení koncentrace O ₃ oproti předindustriální úrovni (5%–10%)

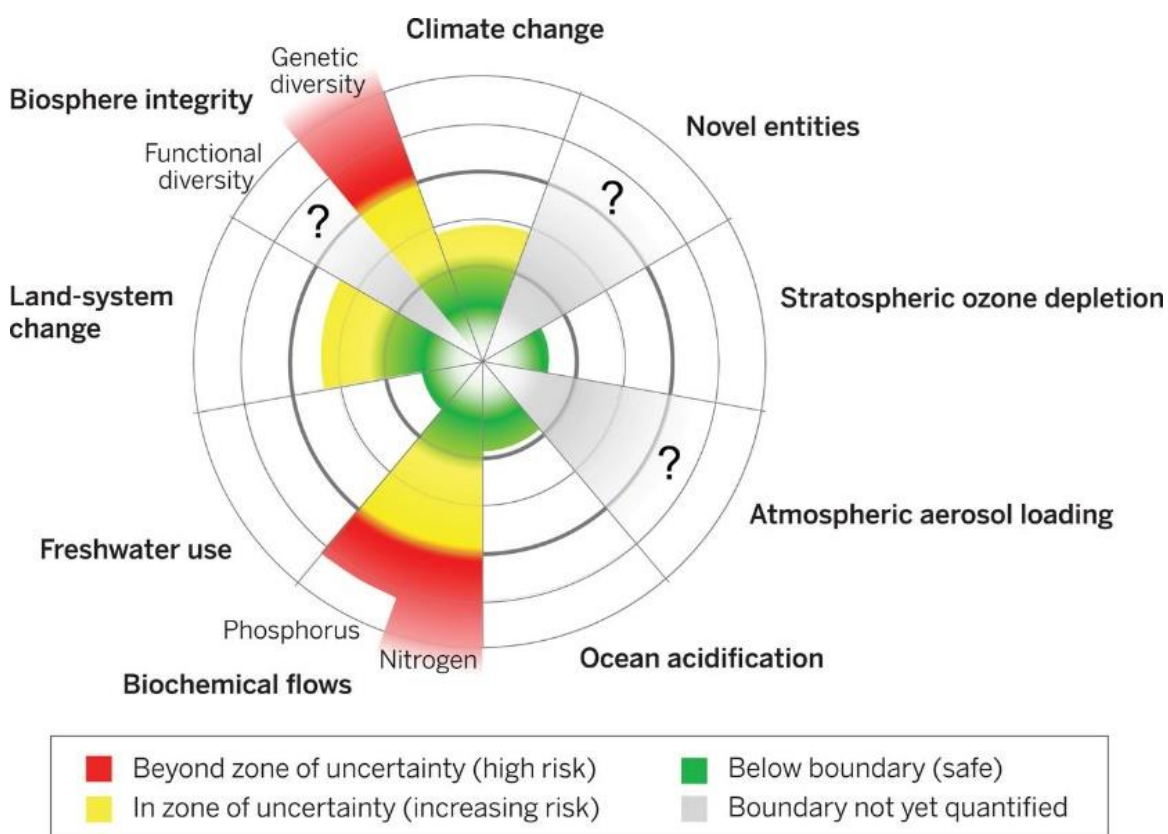
³ PB pro procesy změny klimatu, okyselování oceánů a stratosférický ozon zůstaly nezměněny; pro proces chemického znečištění (v nejaktuálnější studii pod obecným názvem „nové entity“) dosud nebyla identifikována kontrolní proměnná.

Změny v integritě biosféry	(<i>genetická diverzita</i>) míra vymírání, počet druhů na milion druhů za rok (E/MSY)	< 10 E/MSY (10–100 E/MSY)
	(<i>funkční diverzita</i>) Index neporušenosti biodiverzity (BII)	> 90 % BII (90–30 %)
Biochemické toky	Fosfor (<i>globální</i>): Odtok fosforu ze sladké vody do oceánů	11 Tg P za rok (11–100 Tg P za rok)
	Fosfor (<i>regionální</i>): Odvádění fosforu z hnojiv do půd ohrožených erozí	6,2 Tg za rok do zemědělských půd ohrožených erozí (6,2–11,2 Tg za rok)
	Dusík (<i>globální</i>): Průmyslová a záměrná biologická fixace N	Omezení průmyslové a záměrné fixace N ₂ na 62 Tg N za rok (62–82 Tg N za rok)
Využití sladké vody	(<i>globální</i>) Maximální množství spotřebního využití modré vody	< 4000 km ³ za rok (4000–6000 km ³ za rok)
	(<i>povodí</i>) Maximum měsíčního odběru vody vzhledem k podílu průměrného měsíčního toku řeky	Pro měsíce s nízkým průtokem 25 % (25–55 %) Pro měsíce se středím průtokem 30 % (30–60 %) Pro měsíce s vysokým průtokem 55 % (55–85 %)
Změna v systému využití území	(<i>globální</i>) Plocha zalesněné půdy jako % původního lesního porostu	75 % (75–54 %)
	(<i>biom</i>) Plocha zalesněné půdy jako % potenciálního lesního porostu	85 % (85–60 %) tropického 50 % (50–30 %) mírného 85 % (85–60 %) boreálního
Atmosférický aerosol	(<i>globální</i>) Optická hloubka aerosolu (AOD)	-
	(<i>regionální</i>) AOD jako sezónní průměr nad regionem	AOD nad indickým subkontinentem 0,25 (0,25–0,50) (pouze pro jihoasijský monzun)
Nové entity	-	-

Zdroj: Steffen a kol. (2015)

Stanovené planetární hranice, v nichž je lidské působení na životní prostředí bezpečné, byly k danému roku překročeny již ve čtyřech z planetárních procesů (biochemické toky, integrita biosféry, využití území a změna klimatu) (viz obrázek č. 2). Za nejdůležitější PB, které mají při významném a trvalém překračování potenciál přivést systém Země do nového stavu a ovlivnit další planetární procesy, jsou autory této aktualizované studie považovány změna klimatu a integrita biosféry. (Steffen a kol., 2015)

Obrázek č. 2 Současné hodnoty kontrolních proměnných pro sedm planetárních hranic



Zdroj: Steffen a kol. (2015)

Od první publikace zabývající se planetárními hranicemi byl tento koncept hojně citován a využíván, byl nicméně také vystaven široké škále kritiky z řad přírodních i společenských vědců, širší veřejnosti a politické komunity. Kritické ohlasy cílí jak na samotný rámec, tak i na jeho implementaci.

První obecná vlna kritiky PB publikovaná v odborném časopise *Nature Climate Change* zpochybňovala příliš dlouhý časový rámec konceptu (Schlesinger, 2009; Allen, 2009), přílišnou velkorysost některých globálních limitů (Molina, 2009; Molden, 2009) nebo definici některých planetárních hranic (Bass, 2009; Brewer, 2009; Samper, 2009). Samotný

časopis *Nature* v souvislosti s první publikací studie věnované PB ve svém editoriale vyjádřil obavu, že by hranice mohly být využity policymakery k obhájení degradace životního prostředí až do bodu, ze kterého nebude návratu. (*Nature*, 2009)

Někteří autoři upozornili na chybějící komponenty a k devíti planetárním hranicím považovali za vhodné doplnit další planetární procesy. Např. Nash a kol. (2017) navrhli zohlednění dna oceánů v systému využití území a změn ve vertikálním míšení a cirkulaci mořských vod. Running (2012) doporučil zobecnění planetárních hranic využití území, využití sladké vody, ztráty biodiverzity a globálních cyklů dusíku a fosforu do nadřazené PB označené jako „čistá primární produkce“ (*net primary production*) rostlin, která tvoří základ potravinových řetězců a je člověkem silně ovlivněna např. při výrobě potravin, biopaliv či zpracování dřeva.

Další vlna kritiky poukazovala na zohlednění nelineárních či subglobálních procesů, které nemají jasnou planetární mez (změny v systému využití území, využití sladké vody a ztráta biodiverzity) a překročení regionálních hranic nemá jasné planetární důsledky (Cornell, 2012; Lewis, 2012; Hughes a kol., 2013). Obecně používaný termín planetární mez (*threshold*) byl na základě této kritiky v revidované studii z roku 2015 specifikován jako horní hranice zóny nejistoty, která je spojena s každou planetární hranicí. Zároveň bylo doplněno, že ne všechny planetární procesy mají jednotnou planetární mez na globální či subglobální úrovni. (Steffen a kol., 2015)

Přestože jsou planetární hranice relativně novým konceptem, navázala na něj již řada dalších studií. Tyto studie lze rozdělit na dva hlavní pracovní proudy, které se nicméně v mnoha ohledech navzájem prolínají. První se zaměřuje na rozšiřování konceptu PB, přičemž se zpravidla jedná o jeho doplnění o socioekonomickou dimenzi udržitelného rozvoje. Druhý zkoumá uplatnění PB na národní, popř. regionální nebo subnárodní úrovni.

Jedna z nejčastěji citovaných definic udržitelného rozvoje (UR), ze které vychází i současná globální politika v dané oblasti, je uvedena ve zprávě *Naše společná budoucnost* Světové komise pro životní prostředí a rozvoj. Popisuje ho jako „takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích“. (Brundtland, 1987) Současné vnímání problematiky UR má v této definici tři neoddelitelné dimenze – environmentální, sociální a ekonomickou. (OSN, 2015) Na aktuální globální výzvy v oblasti UR reaguje Agenda 2030 pro udržitelný rozvoj přijatá Valným shromážděním OSN v roce 2015. Přestože je environmentální dimenze v globálním rámci UR a SDGs pojata širěji, planetární hranice jsou jejím základním stavebním kamenem a zároveň předpokladem pro plnění ostatních cílů v sociální a ekonomické oblasti.

Z porovnání PB a globálních cílů UR je zřejmé, že některé planetární hranice jsou v rámci SDGs pokryty konkrétněji (např. integrita biosféry a podcíl 15.5), zatímco jiné pokrývají danou problematiku spíše obecně. Zároveň je také patrné, že samotné naplnění SDGs nezajistí návrat do „bezpečného operačního prostoru“ u všech planetárních hranic

(např. změna klimatu a podcíl 13.2, který se zaměřuje pouze na institucionálně-strategickou stránku problematiky, necílí však konkrétně na snížení emisí skleníkových plynů).

Schopnost lidstva naplnit SDGs při respektování planetárních hranic zhodnotili Randers a kol. (2019) prostřednictvím tzv. Earth3 modelu. Ten spojuje socioekonomické a biofyzikální procesy a odhaduje pravděpodobnost naplnění SDGs při zohlednění různých scénářů a trajektorií světového vývoje do roku 2030 a 2050. Do modelu je zahrnuto všech devět planetárních hranic. Dle tohoto modelu se při pokračování dosavadních trendů („*business as usual*“) SDGs v rámci PB nepodaří do roku 2050 dosáhnout. Ještě více alarmující je nicméně zjištění, že jakýkoliv úspěch v plnění socioekonomických cílů bude mít zásadní negativní dopad na životní prostředí. (Randers a kol., 2019) O neslučitelnosti konvenčního ekonomického růstu, plnění SDGs a respektování planetárních hranic hovořila již např. také zpráva Římského klubu z roku 2018. (Randers a kol., 2018)

Řada dalších studií proto staví na konceptu PB a o zbývající dimenze ho dále rozšiřuje. Většina směrů přitom využívá současného rozšířeného pojetí rozvoje nad rámec vymýcení chudoby a ekonomického růstu. To má základ v přístupech zaměřujících se na konceptualizaci kvality lidského života, mezi něž patří např. pojetí rozvoje jako svobody a rozšířených příležitostí (Sen, 1999) či Zpráva Komise o pro měření ekonomického a sociálního pokroku (Stiglitz, Sen a Fitoussi, 2009).

Často odkazovaným přístupem, který využívá a dále rozšiřuje PB, je „rámec pro spravedlivý a bezpečný inkluzivní rozvoj“ (Raworth, 2012), který doplnil PB o vybrané indikátory kvality života (jídlo, voda, zdraví, příjem, vzdělání, odolnost, politický hlas, práce, energie, sociální rovnost, rovnost mezi pohlavími). Tento rámec měl být jakýmsi „kompasem“ pro globální socioekonomický rozvoj a řešení problémů chudoby, hladu a nedostatečného přístupu k základním službám ve 21. století, za současného respektování již konceptualizovaných globálních environmentálních limitů.

Tento koncept tzv. „ekonomie koblihy“ (*Doughnut Economics*) dále využívá řada autorů, kteří prostřednictvím modelů zahrnujících biofyzikální i sociální ukazatele ověřili, zda je možné na globální úrovni dosáhnout minimální úrovně kvality života při dodržení planetárních hranic. Dle výsledků některých z nich je teoreticky možné tohoto stavu dosáhnout ve všech zemích světa za předpokladu, že budou aplikovány spravedlivější globální distribuční politiky. Bohaté státy by však přitom musely svoje biofyzikální stopy dramaticky snížit až o 50 %. (Hickel, 2018)

Jak nicméně dokládá studie z roku 2018, která metodologicky navazuje na model Kate Raworth (2012), žádná země aktuálně nenaplnuje základní potřeby svých občanů na globálně udržitelné úrovni využívání zdrojů. Fyzické potřeby, jako jsou výživa, hygiena, přístup k elektřině a odstranění extrémní chudoby, by přitom dle závěrů této studie pravděpodobně mohly být splněny pro všechny lidi bez překračování planetárních hranic. Nicméně univerzální dosažení kvalitativních cílů (např. vysoké životní spokojenosti) by

vyžadovalo úroveň využívání zdrojů, která je 2–6krát udržitelnější, než je současný trend. (O’Neill a kol., 2018)

Tato disertační práce staví na těchto závěrech a klade si za cíl definovat vhodný distribuční model globální environmentální zátěže a aplikovat ho na případovou studii České republiky.

První studie o vztahu planetárních hranic a národních environmentálních cílů byla publikována ve Švédsku (Nykvist a kol., 2013). Její autoři identifikovali vhodné indikátory související s vybranými PB, které mohou být hodnoceny na globální a národní úrovni. Dále také rozlišili dvě kategorie indikátorů, respektive hodnocení: (1) teritoriální indikátory (založené na výrobě); a (2) stopy (indikátory založené na spotřebě). Navíc zohlednili téma rovnosti a spravedlnosti mezi zeměmi s přihlédnutím k jejich právu na rozvoj. Toto právo na rozvoj, které je v národních studiích PB uplatňováno prostřednictvím zkoumání environmentálních limitů (např. environmentální stopy) na osobu, bylo také nedávno identifikováno jako nejčastěji používaný distribuční mechanismus při aplikaci spravedlivého rozdělení globální environmentální zátěže pro „bezpečný operační prostor“. (Ryberg a kol., 2020)

Většina přístupů ke zkoumání PB na národní úrovni upřednostňuje indikátory založené na spotřebě, které jsou považovány za spolehlivější ukazatele environmentálních tlaků vytvářených jednotlivými zeměmi. Např. Heokstra a Wiedmann (2014) jmenovitě zdůrazňovali komplementaritu environmentálních stop a konceptu planetárních hranic. Fang a kol. (2015b) zkoumali vztah mezi stopami a indikátory PB dále a navrhli používat kombinovaný přístup (tzv. *footprint-boundary environmental sustainability assessment*). Data pro indikátory založené na spotřebě nicméně často nejsou na národní úrovni dostupná a teritoriální indikátory stále mají svoji roli při zkoumání národních PB. (Hongwei Huang a kol., 2020)

Autoři některých studií se pokusili zahrnout koncept planetárních hranic do současného třípířového pojetí udržitelného rozvoje a rozšířit PB o jeho socioekonomickou dimenzi. Cole a kol. (2014) představili „barometr“ kombinující 20 environmentálních limitů a indikátorů sociální deprivace a aplikovali ho na případovou studii Jihoafrické republiky, přičemž jejich primárním cílem bylo identifikovat prioritní oblasti pro národní politiku. V další klíčové studii byly dále např. porovnány jednotlivé hranice s uhlíkovou stopou a dalšími indikátory spotřeby (např. pro PB vody a využití území) ve 28 zemích. Rozdíly mezi bezpečnými hodnotami a hodnotami přesahujícími kritické hranice (*sustainability gap*) byly měřeny pomocí tzv. podílu environmentální udržitelnosti (*environmental sustainability ration*, ESR). ESR se počítá jako podíl mezi stopou a relevantní planetární hranicí. (Fang a kol., 2015b)

Významný pokrok ve smyslu spravedlivější distribuce zbývajících globálního environmentálního rozpočtu založeného na planetárních hranicích mezi jednotlivé země a jednotlivce přinesla studie Švýcarska (Dao a kol., 2018). Její autoři vybrali indikátory pro

pět PB a zohlednili historickou zodpovědnost za s nimi související environmentální stopy (např. historické emise skleníkových plynů při výpočtu národního limitu pro planetární hranici změny klimatu). Indikátory vybrané pro hodnocení byly v této studii klasifikovány do dvou kategorií: (1) indikátory stavu (např. koncentrace CO₂ v atmosféře); a (2) indikátory tlaku (např. emise CO₂) dle tzv. DPSIR kauzálního řetězce (viz EEA, 2005). Podobnou metodologii, se zahrnutím také indikátorů založených na výrobě, aplikoval Hickel (2020) na širší dataset 202 zemí a planetární hranici změny klimatu.

Několik dalších studií se zaměřilo spíše na regionální či subregionální hodnocení, např. na implementaci Sedmého akčního programu pro životní prostředí EU (2012–2020) s názvem Spokojený život v mezích naší planety (*Living Well, within the Limits of our Planet*), prostřednictvím hodnocení dopadu překračování jednotlivých planetárních hranic (Hoff a kol., 2014). Evropská environmentální agentura nedávno publikovala komplexní aktualizaci zahrnující širší rozsah politik EU v oblasti životního prostředí a případovou studii Švýcarska v kontextu PB biodiverzity (EEA a FOEN, 2020). Dearing a kol. (2014) dále aplikovali integrovaný přístup zohledňující biofyzické i sociální dimenze udržitelného rozvoje na dva nízkopříjmové regiony v Číně. Další studie se zaměřily pouze na vybrané planetární hranice či země, např. na biochemický cyklus dusíku v Etiopii a Finsku (Kahiluoto a kol., 2015) nebo klimatickou změnu v České republice (Parsonsová a Machar, 2021).

První pokus o ustanovení komplexní operacionalizace planetárních hranic a jejich využití v národních cílech a politikách přinesli Häyhä a kol. (2016), kteří představili třístupňový přístup spočívající v graduální transformaci globálních biofyzikálních, socioekonomických a etických dimenzí PB na indikátory relevantní na národní úrovni. Autoři vytvořili set analytických a integračních nástrojů pro každou z těchto dimenzí a zohlednili i provazby mezi nimi. (Häyhä et al., 2016) Tyto nástroje je nicméně prozatím nutné brát jako příklady možného hodnocení, nikoliv systematickou metodologii pro výběr národních cílů a priorit.

Formulování teoretických východisek

Hlavním teoretickým východiskem této disertační práce je samotný koncept planetárních hranic, který odkazuje k omezené ekologické kapacitě planety Země ve vztahu k zesíleným antropogenním tlakům, jež mají potenciál způsobit nelineární a nevratné změny v klíčových planetárních systémech. (Rockström a kol., 2019; Steffen a kol., 2015) Dílčími východisky jsou dále závěry navazujících studií představených v předchozí části autoreferátu.

Proces transformace planetárních hranic z globální na národní úroveň vyžaduje aplikaci spravedlivého distribučního mechanismu, který alokuje maximální environmentální zátěž spojenou s danou hranicí jednotlivým zemím, resp. všem osobám na světě. Studie publikovaná v roce 2014 porovnála přes 40 výzkumů, které představily nejrůznější distribuční schémata zbývajících emisních rozpočtů. Van den Berg a kol. (2019) rozdělili alokační mechanismy, které lze použít při výpočtu národních limitů v rámci implementace Pařížské klimatické dohody, do šesti kategorií dle různých principů rovnosti. Jejich přístup vychází z kategorizace Höhneho a kol. (2014), kterou doplňují o tzv. dědečkovský přístup (*grandfathering*), založený na principu svrchovanosti:

- (1) přístup konvergence na obyvatele (*per capita convergence*, PCC),
- (2) přístup rovných kumulativních emisí na obyvatele (*equal cumulative per capita emissions*, ECPC),
- (3) schopnost platit (*ability to pay*, AP),
- (4) skleníková rozvojová práva (*greenhouse development rights*, GDR),
- (5) tzv. „dědečkovský přístup“ (*grandfathering*, GF),
- (6) nákladově optimální alokace (*cost-optimal allocation*, CO).

Vedle těchto přístupů lze v literatuře nalézt ještě dva další alokační mechanismy:

- (7) přístup rovné zátěže per capita zohledňující historickou odpovědnost za danou environmentální stopu (Dao a kol., 2018),
- (8) přístup založený na efektivitě zdrojů (*resource effectiveness*, RE) (Lucas a Wilting, 2018).

Všechny tyto principy jsou stručně představeny v předložené disertační práci. Vlastní metoda alokace environmentálního rozpočtu jednotlivým zemím staví především na přístupech PCC, ECPC, AP, GDR a přístupu rovné zátěže per capita zohledňujícímu historickou odpovědnost.

Koncept PB je v nejnovější literatuře často využíván pro hodnocení absolutní environmentální udržitelnosti (*Absolute Environmental Sustainability Assessment*, AESA). V AESA musí být „bezpečný operační prostor“ rozdělen mezi lidské činnosti tak, aby všechny s nimi spojené dopady nepřekračovaly planetární hranice či jimi vymezený globální environmentální rozpočet. Jen v takovém případě je možné aktivitu považovat za absolutně

udržitelnou. V rámci výzkumu porovnávacího 18 studií AESA bylo identifikováno 34 různých distribučních mechanismů pro maximální globální environmentální zátěž. Nejčastěji využívaný je mechanismus „rovného rozdělení per capita“ mezi země nebo jednotlivce (Ryberg a kol., 2020), který je základem analýzy také v této disertační práci.

Na globální úrovni byly již k roku 2015 překročeny čtyři ze sedmi kvantifikovaných planetárních hranic (klimatická změna, integrita biosféry, biochemické toky a změny v systému využití území). Nejnovější verze studie PB identifikovala pět planetárních procesů se silným regionálním operačním rozsahem (integrita biosféry, biochemické toky, změny v systému využití území, využití sladké vody a atmosférický aerosol). Překročení jakékoliv z vytyčených hranic v těchto procesech na regionální úrovni může ovlivnit systém planety Země i na globální úrovni (Steffen a kol., 2015) Národní případové studie stejně tak poukazují na to, že některé planetární hranice již byly překročeny na národní úrovni (např. Nykvist a kol., 2013; Dao a kol., 2018; Hongwei Huang a kol., 2020; Parsonsová a Machar, 2021) a agregovaný antropogenní environmentální tlak jednotlivých zemí na planetární systém tedy může způsobit nelineární změny v jeho dalším vývoji. V důsledku toho se hodnoty pro stabilitu planetárního systému klíčových proměnných pohybují směrem od relativně stabilního období holocénu a ohrožují již tak limitovanou kapacitu uspokojit rozvojové potřeby všech obyvatel planety. (Steffen a kol., 2015)

Abychom mohli zhodnotit národní limity pro jednotlivé planetární hranice, některý z distribučních mechanismů musí být aplikován na vhodně zvolené kontrolní proměnné. Globální kontrolní proměnné použité v původních studiích PB (Rockström a kol., 2019; Steffen a kol., 2015) nejsou vždy relevantní pro výpočet národních planetárních hranic, protože často nemohou být přiřazeny k jednotlivým zemím (např. u PB změny klimatu jsou globálními proměnnými atmosférická koncentrace CO₂ a radiační působení, které nelze hodnotit na národní úrovni).

Nykvist a kol. (2013), autoři první národní studie PB, rozlišili mezi indikátory založenými na spotřebě (tzv. stopy) a indikátory založenými na výrobě (tzv. teritoriální indikátory) (viz obrázek č. 2). Toto rozdělení lze nadále v kontextu národních studií PB nalézt i u dalších autorů (např. Dao a kol., 2018; Lucas a Wilting, 2018), z nichž většina upřednostňuje využití indikátorů založených na spotřebě. Ty především u vyspělých zemí s vysokou mírou dovozu (u zemí EU-27 jde především o dovoz ze třetích zemí) poskytují přesnější informace o environmentálních dopadech spojených s národní spotřebou, a to jak na vlastním území, tak i v zahraničí v rámci dodavatelských řetězců. (Hoekstra a Wiedmann, 2014)

Stopy mohou být počítány prostřednictvím (1) tzv. analýzy životního cyklu (*Life Cycle Analysis*, LCA), která představuje přístup zdola nahoru (*bottom-up approach*); nebo (2) analýzy vstupů a výstupů (*input-output analysis*), která je naopak založena na přístupu shora dolů (*top-down approach*). LCA se zaměřuje na posouzení environmentálního dopadu produktů či služeb během celého jejich životního cyklu.

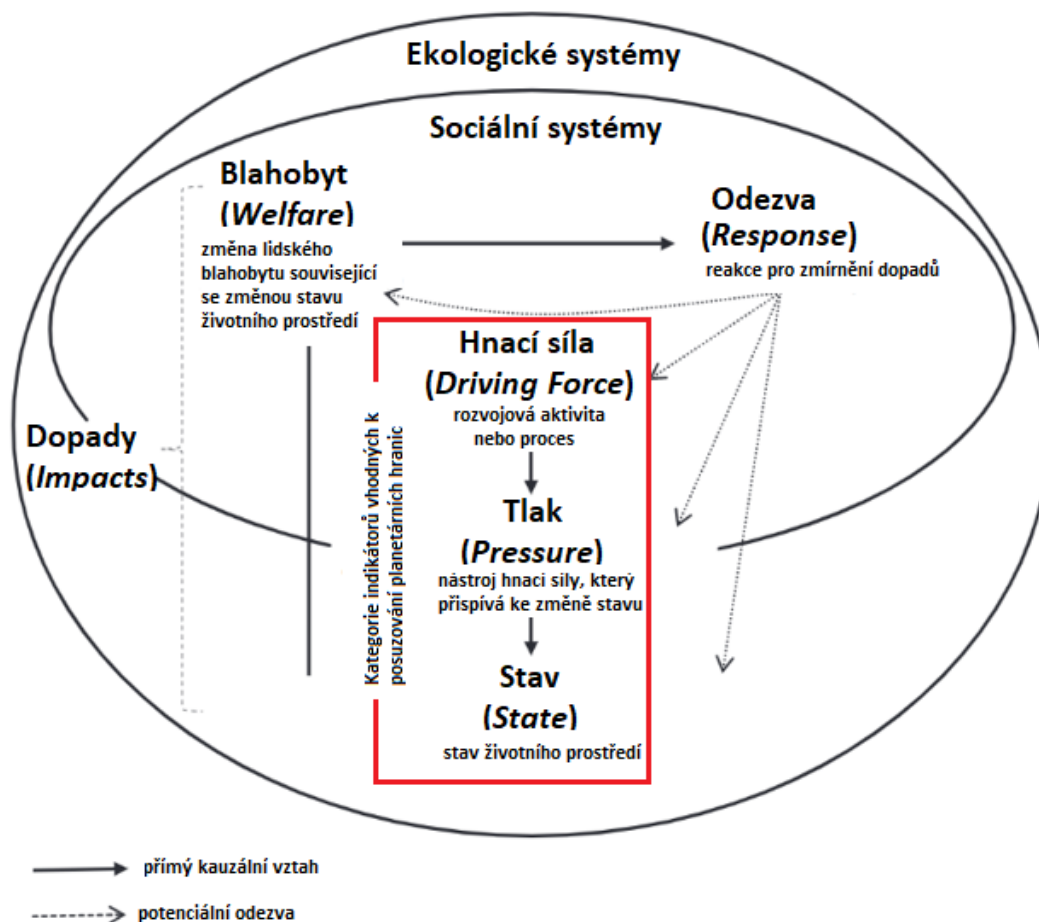
Stopy stanovené prostřednictvím LCA i analýzy vstupů a výstupů jsou v národních případových studiích zpravidla přebírány od národních statistických úřadů (např. Nizozemský statistický úřad počítá a pravidelně publikuje na spotřebě založené indikátory). I v rámci EU-27 je nicméně dostupnost těchto dat spíše výjimkou, v ČR tato data standardně publikována nejsou. Někteří autoři proto využívají také data z dílčích ad hoc studií zaměřených na jednotlivé národní stopy (uhlíková stopa, vodní stopa, stopa biodiverzity atd.) (např. Dao a kol., 2015, pro národní studii Švýcarska). Vzhledem ke složitosti a komplexnosti výpočtu jednotlivých stop a poměrně širokému tematickému záběru problematiky planetárních hranic není možné provést kalkulace všech stop (na globální i národní úrovni) pro účely národních případových studií PB.

Teritoriální indikátory založené na produkci jsou oproti tomu ve většině vyspělých zemí běžnou součástí statistiky národních (environmentálních) účtů. Vzhledem ke své dostupnosti jsou rovněž upřednostňovány některými autory (Hongwei Huang a kol., 2020), a to především u zemí, jejichž ekonomické charakteristiky vedou ke srovnatelným datům teritoriálních i na spotřebě založených indikátorů (např. ČR v případě emisí CO₂).

Národní a regionální studie představené v této disertační práci poskytují uspokojivý základní přehled pro výběr vhodných indikátorů k jednotlivým planetárním hranicím na národní úrovni. Další výzkum je nicméně nutný pro ustanovení komplexní metodologie využití PB pro národní účely či tvorbu a hodnocení národních politik. Tento výzkum by měl obsahovat zařazení dalších proměnných do alokačních modelů, aby byla zaručena rovnější a spravedlivější distribuce environmentálních rozpočtů s přihlédnutím k potřebám všech jednotlivců teď i v budoucnu a jejich schopnosti platit za mitigaci. Národní kontext a národně či regionálně specifické environmentální stropy by měly být taktéž dále zkoumány. Zároveň je třeba vyvinout další nástroje umožňující mainstreaming konceptu planetárních hranic do národních environmentálních politik.

Užitečná kategorizace indikátorů, která je v literatuře často citována v souvislosti s výběrem vhodných národních proměnných v kontextu PB, byla vytvořena Evropskou agenturou pro životní prostředí (EEA, 1999). Jedná se o tzv. DPSIR hodnotící rámec, který vychází z předpokladu existence kauzálního řetězce postupujícího od hnacích sil (*Driving forces*) přes tlaky (*Pressures*), stavy (*States*) a dopady (*Impacts*) až k „reakčním“ indikátorům či politickým odezvám (*Responses*). Cooper (2013) tento rámec dále doplnil o blahobyt (*Welfare*). Jednotlivé komponenty klasifikace DPSWR jsou znázorněny na obrázku č. 3.

Obrázek č. 1 Klasifikace DPSWR



Zdroj: upraveno dle Cooper (2013)

Na základě doposud publikovaných národních či regionálních studií lze konstatovat, že rozvinuté země mají obecně na globálním překračování PB nepoměrně větší podíl než země globálního jihu. (např. Hickel, 2020) Tyto závěry představují silný argument pro tvorbu spravedlivějších distribučních mechanismů a jejich aplikaci na rozvinuté země.

Kolektivní mezinárodní snaha o udržení environmentálních tlaků v mezích planetárních hranic by měla představovat klíč k prioritizaci široké škály globálních problémů pokrytých v rámci současné agendy udržitelného rozvoje. Koncept planetárních hranic, který je oproti Agendě 2030 spíše nepolitickým a na vědeckých důkazech postaveným vymezením žádoucího stavu rozvoje, může být v tomto smyslu užitečným nástrojem ke stanovení normativních globálních i národních cílů.

Cíle disertační práce

Primárním cílem této disertační práce je ověřit hypotézu, která tvrdí, že řada vyspělých zemí, včetně České republiky, formálně vykazuje významné pokroky směrem k udržitelnosti, přestože jejich dopad na životní prostředí v kontextu planetárních hranic překračuje jimi vymezený „bezpečný operační prostor pro lidské aktivity“. Národní environmentální zátěž by tak přispívala ke zvyšujícím se rizikům nelineárních a nevratných změn v klíčových systémech planety Země, které by mohly v konečném důsledku ohrožit lidstvo samotné. Vedle toho by také zátěž byla produkována na úkor méně rozvinutých zemí, pro jejichž rozvoj by již kapacita planety nezbývala.

Existence tohoto problému je na agregované globální úrovni do značné míry prokázána již samotnými studii PB a dalšími výzkumy a zprávami (např. IPCC 2021; Randers a kol., 2019), není však známo, do jaké míry se na překračování PB jednotlivé země podílejí. Informace lze v tomto ohledu získat pouze z několika národních případových studií (např. Švédsko, Švýcarsko, Nizozemsko či Tchaj-wan), které nicméně nemají jednotnou metodologii, a nejsou tudíž vzájemně porovnatelné. V případě ČR ani jiných zemí Visegrádské skupiny, střední či východní Evropy nebyla podobná analýza doposud provedena.

V návaznosti na výše formulovanou hypotézu jsou proto hlavním zkoumaným tématem národní environmentální limity České republiky v kontextu vybraných globálních planetárních hranic. Limity (národními i globálními) jsou myšleny hraniční hodnoty kontrolních proměnných pro jednotlivé planetární procesy, které jsou součástí původního konceptu PB (dle Rockström a kol., 2009; Steffen a kol., 2015).

Záměrem této práce je dále také podrobně představit koncept PB a prozkoumat možnosti jeho využití na národní úrovni, především ve smyslu stanovování nových či posuzování stávajících environmentálních politik a jejich cílů. V tomto ohledu si práce klade za dílčí cíl vybrat vhodné distribuční mechanismy a indikátory pro alokaci hraniční národní environmentální zátěže na základě globálních environmentálních hranic. U vybraných PB budou v rámci této disertační práce zároveň rozvinuty metody výpočtu národních environmentálních limitů v kontextu PB s ohledem na aktuální stav poznání v dané oblasti a bude představeno spravedlivější schéma distribuce globální environmentální zátěže mezi jednotlivé země s přihlédnutím k jejich národním specifikům. Výsledné limity vybraných proměnných pro jednotlivé planetární hranice budou následně porovnávány s národními politikami v oblasti životního prostředí s cílem posoudit, zda jsou národní cíle dostatečné a odpovídají „bezpečnému operačnímu prostoru“.

Pro ověření či vyvrácení hypotézy a naplnění výše stanovených cílů jsou formulovány tři základní výzkumné otázky (*research questions*, RQ). Dle těchto otázek jsou textově strukturovány jak tematické podkapitoly věnující se jednotlivým planetárním procesům, tak i výsledky výzkumu, které jsou následně shrnuty v samostatné části.

RQ 1: Jaké jsou faktory pro výběr proměnných k výpočtu národních limitů v kontextu vybraných planetárních hranic?

RQ 2: Jaké jsou hodnoty těchto limitů v České republice?

RQ 3: Korespondují tyto limity s národními politikami a cíli v oblasti životního prostředí?

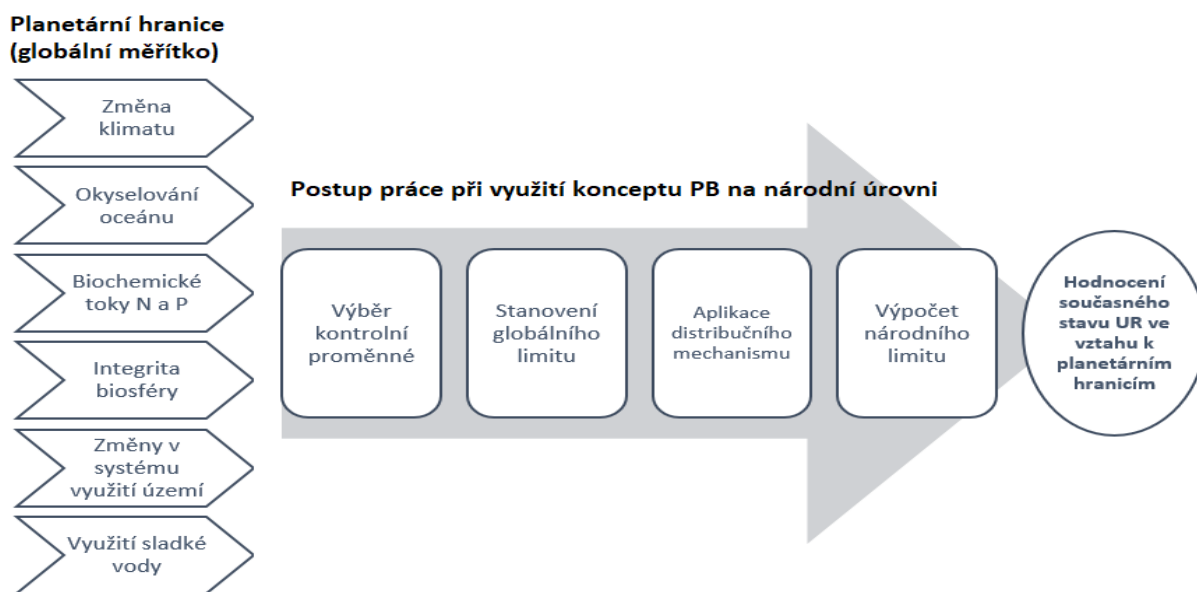
Popis vlastního řešení

Teoretická část této disertační práce je zpracována rešeršně-kompilační metodou a vychází primárně z databází EBSCO, Web of Science a Scopus. Zaměřuje se na současný stav poznání v dané oblasti a z něj vyplývající teoretická východiska, která jsou dále základem pro vlastní analýzu.

V empirické části práce jsou aplikovány a dále rozvinuty metody výpočtu národních environmentálních limitů v kontextu vybraných planetárních hranic (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry, biochemické toky dusíku a fosforu, změny v systému využívání území a využití sladké vody). Zvolený přístup staví především na metodě „rovné distribuce per capita“ (Hoff a kol., 2014; Fang a kol., 2015a) a metodách zohledňujících také environmentální zátěž vyprodukovanou jednotlivými zeměmi v minulosti (Dao a kol., 2018; Hickel, 2020) a dále je rozšiřuje. Koncept PB je v této disertační práci na národní úroveň převeden prostřednictvím čtyřstupňového procesu zahrnujícího:

- (1) výběr kontrolní proměnné,
- (2) stanovení globálního limitu,
- (3) aplikaci distribučního mechanismu a výpočet národního limitu,
- (4) hodnocení současného stavu.

Obrázek č. 2 Schéma převodu konceptu PB na národní úroveň



Zdroj: vlastní zpracování

Z hlediska typu indikátorů je v této práci s ohledem na dostupnost dat a charakter ekonomiky ČR pracováno téměř výhradně s teritoriálními indikátory, které zohledňují environmentální dopady spojené s národní produkcí (pro národní spotřebu a pro export). Výjimkou je PB integrity biosféry, v níž jsou pro zvolený indikátor dostupná mezinárodně srovnatelná data založená na spotřebě.

Pro posuzování národních PB jsou dle kategorizace DPSIR relevantní především indikátory řazené do kategorií hnacích sil (např. hospodářské sektory, lidské aktivity), tlaků (např. emise, odpady) a stavu (např. fyzický, chemický či biologický stav). Kritérium těchto kategorií je spolu s dostupností a kvalitou dat aplikováno při výběru jednotlivých kontrolních proměnných v této disertační práci.

Globální limit je s ohledem na zvolenou kontrolní proměnnou a stav výzkumu v dané oblasti vždy stanoven v co nejužší souvislosti s původní planetární hranicí (spodní hranicí zóny nejistoty). V případech, kdy např. z důvodu rozdílné kontrolní proměnné nemohly být hodnoty globálního limitu přímo přejaty z originálních studií PB, jsou tyto hodnoty stanoveny na základě literární rešerše a aktuálního vědeckého konsensu.

Nejvhodnějšími distribučními mechanismy pro splnění cílů a posouzení hypotézy této disertační práce jsou takové přístupy, které pracují s globálním environmentálním rozpočtem. Způsob jeho distribuce je součástí tzv. etické dimenze práce s konceptem planetárních hranic (např. Raworth, 2012; Häyhä a kol., 2016). Tato dimenze řeší problém různého stavu rozvoje v jednotlivých zemích a jejich rozdílných sociálně-ekonomických potřeb, které souvisejí i s rozdílnými nároky na přírodní zdroje a dopady na globální environmentální procesy. Jak dokládá řada studií (např. Chen a kol., 2021; Pozo a kol., 2020), země, které nejvíce přispívají ke globální degradaci životního prostředí, obecně nejsou zeměmi, které pocítují nejhorší negativní dopady této degradace. Nerovnosti v oblasti životního prostředí poukazují na nutnost aplikace spravedlivějších systémů distribuce globální environmentální zátěže s ohledem na odpovědnost za stav životního prostředí a schopnost environmentální problémy řešit.

Distribuční model použitý v této disertační práci je proto založen na třech kritériích:

- (1) kritériu „rovné distribuce per capita“, které alokuje rovný objem emisí všem osobám na světě v minulosti (od roku 1990), přítomnosti i budoucnosti (do roku 2100);
- (2) kritériu zohledňujícím environmentální zátěž vyprodukovanou danou zemí od roku 1990;
- (3) kritériu zohledňujícím současný stav ekonomického rozvoje (HDP per capita).

Výsledný podíl globálního rozpočtu alokovaný jednotlivým zemím (v případě této práce ČR) může být porovnán s národními cíli v oblasti životního prostředí, popř. využit pro

jejich stanovování či revizi. Zároveň je prostřednictvím těchto přístupů možné zhodnotit, jakou mírou se daná země podílí na překračování (či respektování) planetární hranice.

Prostřednictvím těchto mechanismů lze dospět k maximálnímu environmentálnímu rozpočtu jednotlivých zemí pro konkrétní kontrolní proměnné v rámci vybraných komponentů planetárních hranic. Tyto rozpočty lze dle dané kontrolní proměnné dělit do dvou skupin:

- (1) Rozpočet v čase
- (2) Roční rozpočet

Rozpočet v čase je relevantní pro limit emisí CO₂ (popř. obecně skleníkových plynů) v kontextu PB změny klimatu a okyselování oceánů. Při jeho aplikaci tohoto typu rozpočtu je zvoleno časové období, během něhož může být vyčerpán (např. od současnosti do roku 2100). Národní rozpočet pro jednotlivé roky je v tomto případě závislý na počtu obyvatel země v daném roce, popř. na populačních odhadech, neboť se v rámci jeho výpočtu zohledňuje kumulativní budoucí populace. Alokační mechanismus zohledňující úroveň rozvoje (dle HDP na osobu) bude v této práci aplikován na tyto PB, u nichž je alokován rozpočet v čase.

Roční národní rozpočet, který je relevantní u všech ostatních PB, je naopak pro jednotlivé roky fixní. Hodnoty se v souvislosti se změnami v počtu obyvatel liší pouze u národního ročního rozpočtu per capita.

Pokud model zhodnotíme na příkladu PB změny klimatu, třetí kritérium je možné aplikovat pouze při zohlednění maximálního objemu emisí a HDP všech zemí světa. V případě této PB bude v této disertační práci metoda aplikována na datový soubor pokrývající 176 zemí. Distribučním faktorem bude podíl mezi národním HDP per capita a průměrným světovým HDP per capita.

Přidáním proměnné HDP na obyvatele do modelu jsou zbývající globální emise přerozděleny dle současného stavu ekonomického rozvoje a země s nízkými příjmy získávají vyšší podíl na globálním emisním rozpočtu. Jinými slovy, země, ve kterých historické emise nepřispěly k odpovídajícímu ekonomickému růstu, mají vyšší rozpočet než země, které již dosáhly určité úrovně ekonomického rozvoje. Tento přístup staví na předpokladu, že ekonomicky rozvinuté země mají dostatečné kapacity na to, aby svou environmentální zátěž snížily rychlejším tempem než rozvojové země. I když ekonomický rozvoj teoreticky nemusí nutně souviset s vyššími emisemi, na světě není mnoho vyspělých ekonomik, které by vykazovaly skutečný *decoupling* ekonomického růstu od environmentální (v tomto případě emisní) zátěže. Méně rozvinuté země by proto měly mít právo emitovat relativně více, pokud by měly v budoucnu uplatnit své právo na rozvoj. Tato perspektiva vychází z konceptu *Greenhouse Development Rights*, který zavádí „úroveň rozvoje, pod níž se neočekává, že by lidé sdíleli náklady na změnu klimatu“. (Baer a kol., 2008)

Hodnocení výsledného stavu v kontextu „bezpečného operačního prostoru“ je v této práci částečně postaveno na metodologii autorů Dao a kol. (2018). Ti pro každou PB vypočítali podíl mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem, dle nějž národní skóre rozdělili do tří kategorií (vysoce překročená hranice, málo či středně překročená hranice a nepřekročená hranice). Vedle tohoto podílu na základě vlastního úsudku a konzultace s experty vyhodnotili dále také nejistotu, resp. míru spolehlivosti a budoucí trend globální stopy. Na základě těchto kritérií pak danou planetární hranici vyhodnotili jako „jasně bezpečnou“, „bezpečnou“, „nebezpečnou“ a „jasně nebezpečnou“. (Dao a kol., 2018) Tuto metodologii převzali pro účely národní případové studie Nizozemska např. také Lucas a Wilting (2018). V této disertační práci bude výsledný stav hodnocen dle podílu mezi roční vyprodukovanou zátěží a ročním limitem na této čtyřstupňové škále dle skóre v kontextu dané PB (viz tabulka č. 2).

Tabulka č. 1 Škála hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem

Hodnocení	Podíl mezi roční vyprodukovanou zátěží a ročním limitem
Jasně bezpečné	< 0,5
Bezpečné	0,5–1
Nebezpečné	1–2
Jasně nebezpečné	> 2

Původní výsledky a jejich uplatnění zejména ve veřejně oponovaných publikacích a projektech

Dílčí výsledky této disertační práce v souvislosti planetární hranicí změny klimatu byly publikovány v odborném časopise *Sustainability* (Parsonsová a Machar, 2021). Přehled dosavadních poznatků o možnosti převodu konceptu PB na národní úroveň byl publikován v časopise *Journal of Landscape Ecology* (Parsonsová, 2021).

V této podkapitole budou dále na základě výše popsanych poznatků shrnuty odpovědi na tři hlavní výzkumné otázky této disertační práce. Tabulka č. 3 shrnuje vybrané kontrolní proměnné pro zkoumané planetární hranice na národní úrovni. Tyto proměnné byly identifikovány na základě aktuálních vědeckých poznatků a literární rešerše, národních specifik a dostupnosti a kvality dat. Jsou klasifikovány dle rámce DPSIR.

RQ 1 Výběr vhodného indikátoru

Tabulka č. 3 Vybrané kontrolní proměnné a jejich klasifikace

Planetární proces	Kontrolní proměnná	DPSIR klasifikace
Změna klimatu	Zbývající kumulativní emise oxidu uhličitého (CO ₂) pro více než 66% pravděpodobnost teplotního nárůstu do 2 °C do roku 2100 oproti předindustriální úrovni	Tlak
Okyselování oceánu	Zbývající kumulativní emise oxidu uhličitého (CO ₂) z lidské činnosti k udržení přijatelného stavu nasycení uhličitánem vápenatým Ω	Tlak
Integrita biosféry	Průměrná početnost druhů (<i>Mean Species Abundance</i> , MSA) vzhledem k zachování 90 % BII	Stav
Biochemické toky	Dusík: Ztráta N dle hrubé bilance dusíku	Tlak
	Fosfor: Spotřeba P hnojiv	Hnací síla
Změny v systému využívání území	Využití půdy (orná půda a trvalé plodiny jako % území)	Stav
Využití sladké vody	Množství sladké vody, které lidé mohou spotřebovat na národní úrovni	Hnací síla

RQ 2 Určení národního limitu pro danou planetární hranici

Tabulka č. 4 shrnuje výpočty globálních a národních limitů pro jednotlivé planetární hranice. Limity jsou následně porovnány s reálnými hodnotami kontrolních proměnných v roce 2017, což je referenční rok vybraný z důvodu dostupnosti nejnovějších dat pro většinu zkoumaných procesů.

Tabulka č. 4 Globální a národní limity pro danou planetární hranici

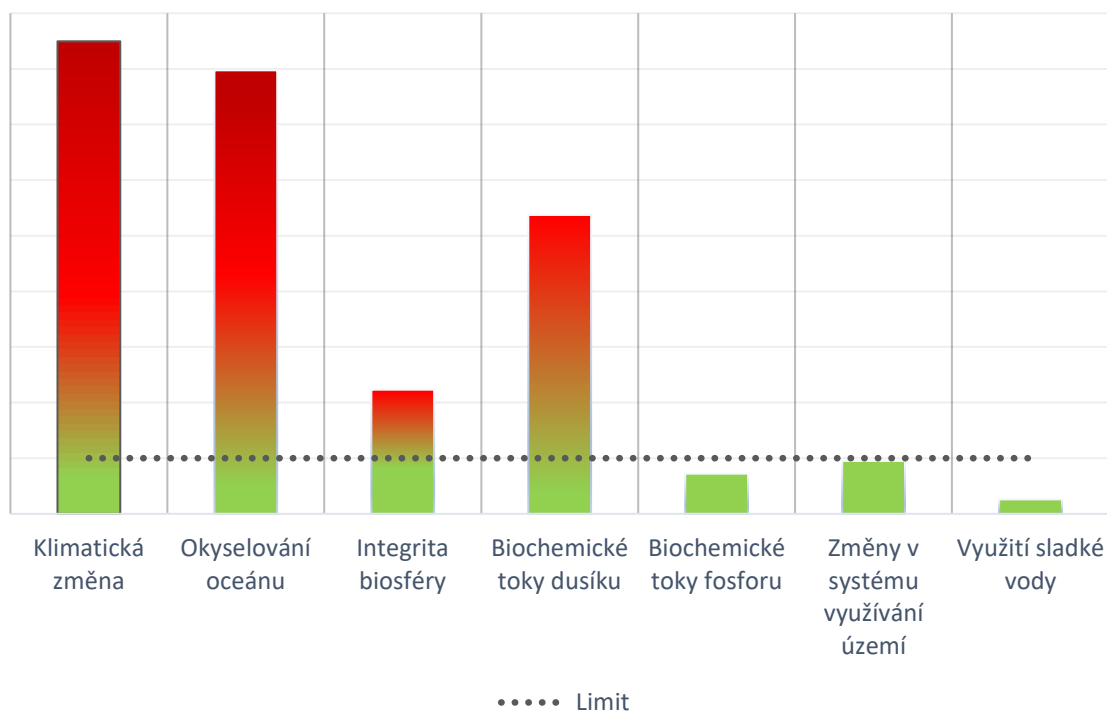
Planetární proces	Globální limit	Národní limit
Změna klimatu	7,6 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂ (2017)
Okyselování oceánu	7,9 GtCO ₂	0,6 MtCO ₂ (2017)
Integrita biosféry	3 696 MSA mil. ha	5,6 MSA mil. ha
Biochemické toky	Dusík: 47,6 Tg	67 kt N
	Fosfor: 38,5 Tg	54 kt F
Změny v systému využívání území	19,8 mil. km ²	27 825 km ²
Využití sladké vody	4 000 km ³	6,28 km ³

Jak znázorňuje graf č. 1, národní limity stanovené pro jednotlivé planetární hranice byly překročeny v případě PB změny klimatu, okyselování oceánu, integrity biosféry a cyklu dusíku. Blízko k překročení hranice (z 95 %) je hodnota kontrolní proměnné pro PB změny v systému využívání území. V případě PB změny klimatu a okyselování oceánů byl v grafu použit limit vypočítaný dle rovného podílu per capita.

Z hlediska PB změny klimatu a okyselování oceánu překračuje ČR svůj stanovený environmentální rozpočet (v tomto případě rozpočet emisí CO₂) nejvýznamněji. Limit pro rok 2017 stanovený se zohledněním stavu ekonomického rozvoje dle HDP na osobu byl překročen více než stopadesátkrát. Národní limit pro stejný rok stanovený metodou rovného podílu na osobu byl překročen více než osmkrát. Dvacet pět zemí ze zkoumaného globálního datasetu již vyčerpalo svůj emisní rozpočet pro období 2017–2100 v roce 2017 a většina zemí s vysokými příjmy ho vyčerpá do roku 2030. To platí i pro Českou republiku, která svůj limit pro dané období vyčerpala již v roce 2018.

Národní limit pro PB integrity biosféry s využitím kontrolní proměnné ztráty MSA byl překročen o 123 %. V rámci posuzovaného datasetu zemí se jedná o průměrný výsledek. Ze 40 posuzovaných zemí pouze 3 svůj limit nepřekročily (Čína, Indie, Indonésie). Limit ČR pro ztrátu dusíku byl v roce 2017 překročen více než pětkrát.

Graf č. 1 Národní limity v porovnání s hodnotami kontrolních proměnných v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 5 shrnuje hodnocení skóre ČR vypočítaného jako podíl mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem. Čtyři z šesti posuzovaných PB jsou hodnoceny jako „jasně nebezpečné“ (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku). Toky fosforu a změny v systému využívání území jsou prozatím bezpečné, přestože druhá jmenovaná PB se překročení bezpečné úrovně blíží. Jedinou PB, která je v případě ČR hodnocena jako „jasně bezpečná“, je využití sladké vody.

Tabulka č. 5 Hodnocení skóre ČR dle podílu mezi roční vyprodukovanou environmentální zátěží a ročním limitem

Planetární proces	Hodnocení skóre ČR
Změna klimatu	Jasně nebezpečné
Okyselování oceánu	Jasně nebezpečné
Integrita biosféry	Jasně nebezpečné
Biochemické toky dusíku	Jasně nebezpečné
Biochemické toky fosforu	Bezpečné
Změny v systému využívání území	Bezpečné
Využití sladké vody	Jasně bezpečné

RQ 3 Porovnání výsledků s cíli příslušné národní politiky

Přestože ČR disponuje strategickými dokumenty a legislativou ve všech oblastech, které se dotýkají problematiky planetárních hranic, relevantní cíle v souvislosti se zvolenými kontrolními proměnnými lze nalézt pouze v případě emisí oxidu uhličitého v rámci Politiky ochrany klimatu (PB změny klimatu a okyselování oceánů).

Národní limit pro emise CO₂ související s planetární hranicí změny klimatu bude i při respektování cílů POK v roce 2050 překročen, a to minimálně více než dvakrát při aplikaci alokačního mechanismu rovného podílu na obyvatele. Při zohlednění tohoto kritéria a historické environmentální zátěže bude limit v daném roce překročen více než osmkrát a při zohlednění předchozích kritérií a HDP na obyvatele více než 46krát.

Podobné výsledky lze konstatovat i pro PB okyselování oceánů, kde budou dle výše zmíněných mechanismů národní limity překročeny v roce 2050 téměř dvakrát, respektive více než šestkrát a více než devětatřicetkrát.

Z hlediska plnění Agendy 2030 a Cílů udržitelného rozvoje s planetárními hranicemi souvisí zejména cíle č. 2, 6, 13, 14 a 15. Tři z těchto šesti SDGs (2, 6 a 14) jsou v rámci Zprávy o naplňování Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj v České republice hodnoceny jako plněné (zelená barva), dva (13 a 15) jako částečně plněné (oranžová barva). (MŽP, 2021a)

V rámci plnění klimatických cílů a Cílů udržitelného rozvoje ČR tedy vykazuje relativně pozitivní výsledky, přestože v oblastech souvisejících s globálními procesy změny klimatu, okyselování oceánů, integrity biosféry a biochemických toků dusíku překračuje vymezený „bezpečný operační prostor“ pro lidské aktivity. Na základě těchto závěrů proto můžeme konstatovat potvrzení hypotézy této disertační práce.

Zhodnocení výsledků pro vědní obor nebo praxi

Tato práce přináší první komplexní analýzu využití konceptu planetárních hranic pro výpočet národních limitů a hodnocení environmentálních politik České republiky. Její výsledky poukazují na naléhavou potřebu změny dosavadních trendů zejména v oblastech mitigace změny klimatu, ochrany biodiverzity a regulace toků některých chemických látek, pokud má ČR přispívat k zachování stavu planety Země jako na počátku geologického období holocénu.

Čtyři z šesti zkoumaných planetárních hranic (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku) jsou v ČR překračovány a jejich skóre je hodnoceno jako „jasně nebezpečné“. Skóre u změn v systému využívání území se překročení blíží, přestože je zatím hodnoceno jako „bezpečné“, stejně jako biochemické toky fosforu. Jedinou v této práci posuzovanou PB, jejíž skóre je hodnoceno jako „jasně bezpečné“, je PB využití sladké vody. Tyto relativně alarmující výsledky poukazují na značné rezervy ČR v oblasti udržitelného rozvoje a na potenciální dopady jejich politik na jiné země a celkový stav planety. Mohou být využity pro hodnocení a případnou revizi národních environmentálních cílů či jejich prioritizaci. Zvolené indikátory a stanovené národní limity je nicméně nutné vnímat jako preliminární a měly by být předmětem dalšího výzkumu a širší odborné diskuse.

Použitá metodologie a model distribuce globálních environmentálních rozpočtů jsou univerzálně aplikovatelné. Jejich prostřednictvím lze zkoumat národní limity v mezinárodním kontextu a srovnávat je s jinými zeměmi. Zohlednění proměnné HDP na osobu je klíčové pro stanovení národních limitů spravedlivějším způsobem s ohledem na rozvojové země, pro jejichž rozvoj a s ním související environmentální zátěž by při použití standardních modelů již nezbyla kapacita Země. Použité distribuční mechanismy navíc berou ohled i na minulou, současnou i budoucí populaci a zohledňují historickou environmentální stopu.

Stanovování vhodných národních cílů je zároveň i jedním z předpokladů plnění globální Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj. Přestože ČR v rámci výkaznictví formálně tuto agendu naplňuje relativně úspěšně, překračování limitů planetárních hranic je s definicí udržitelného rozvoje v přímém rozporu. Poznatky plynoucí z této práce proto mohou být i důležitým kontrolním mechanismem podporujícím naplňování SDGs a dalších mezinárodních závazků.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- Allen, M. (2009) Planetary boundaries: Tangible targets are critical. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 114–115. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.95>.
- Baer, P.; Athanasiou, T.; Kartha, S. a kol. (2008) The Greenhouse Development Rights Framework: The Right to Development in a Climate Constrained World. Revised 2 ed. *Publication Series on Ecology—Vol. 1*. Berlin: Heinrich Boll Foundation, Christian Aid, EcoEquity and the Stockholm Environment Institute.
- Bass, S. (2009) Planetary boundaries: Keep off the grass. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 113–114. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.94>.
- Berger, A.; Loutre, M. F. (2002) An exceptionally long interglacial ahead? [online] *Science* 297:1287–1288. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.science.org/lookup/doi/10.1126/science.1076120>.
- Boulding, K. (1966) The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett, H., Ed., *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future*/Johns Hopkins University Press, Baltimore, s. 3-14.
- Brewer, P. (2009) Planetary boundaries: Consider all consequences. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 117–118. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.98>.
- Brundtland, G. H. (1987) *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427.
- Chen, W; Kang, J-N; Han, M. S. (2021) Global environmental inequality: Evidence from embodied land and virtual water trade. [online] *Science of The Total Environment*, Volume 783, 2021, 146992, ISSN 0048-9697, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146992>
- Clark, W. C.; Mun, R. E. (1986) *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Cole, M.; Bailey, R.; New, M. (2014) Tracking sustainable development with a national barometer for South Africa using a downscaled “safe and just space” framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111, e4399–e4408.
- Cooper, P. (2013) Socio-ecological accounting: DPSWR, a Modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems. *Ecological Economics*, 94, str. 106-115. ISSN 0921-8009, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.010>.
- Cornell, S. (2012) On the system properties of the planetary boundaries. [online] *Ecology and Society* 17(1): r2. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04731-1701r02>.

Costanza, R. (1991) *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

Crutzen, P. J. ; Stoermer, E. F. (2000) The Anthropocene. *Global Change Newsletter* [online]. IGBP, 2000(41), 17-18 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf#page=17>.

Dao, H.; Peduzzi, P.; Friot, D. (2018) National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. [online] *Global Environmental Change*, 52, s. 49–57. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.06.005>.

Dearing, J. A.; Wang, R.; Zhang, K. a kol. (2014) Safe and just operating spaces for regional social-ecological systems. [online] *Global Environmental Change* 28, s. 227–238. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.012>.

EEA (1999) *Environmental indicators: Typology and overview*. [online] European Environment Agency, Technical report No 25, Copenhagen, [cit. 2021-10-16] Dostupné z : <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>.

EEA (2005) Sustainable use and management of natural resources. [online] EEA Report No 9/2005, Copenhagen: European Environment Agency. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2005_9.

EEA a FOEN (2020) *Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries*. [online] Joint EEA/FOEN Report, EEA Report No 01/2020 [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/is-europe-living-within-the-planets-limits>.

Fang, K.; Heijungs, R.; De Snoo, G. R. (2015b) Understanding the complementary linkages between environmental footprints and planetary boundaries in a footprint-boundary environmental sustainability assessment framework. [online] *Ecological Economics*., 114, s. 218–226. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.008>.

Fang, K.; Heijungs, R.; Duan, Z.; De Snoo, G. (2015a) The environmental sustainability of nations: Benchmarking the carbon, water and land footprints against allocated planetary boundaries. *Sustainability*, 7, 11285–11305.

Folke, C.; Carpenter, S. R.; Walker, B. a kol. (2004) Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management. [online] *Annual Review in Ecology, Evolution and Systematics* 35:557–581. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>

Häyhä, T.; Lucas, P.; van Vuuren, D.; Cornell, S.E.; Hoff, H. (2016) From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space — How can the scales be bridged? *Global Environmental Change*, 40, str. 60–72.

Hickel, J. (2020) Quantifying national responsibility for climate breakdown: An equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *Lancet Planet Health*, 4, e399–e404.

Hickel, J. (2018) Is it possible to achieve a good life for all within planetary boundaries? [online] *Third World Quarterly*, 40(1), s. 18–35, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01436597.2018.1535895>.

Hoekstra, A. Y; Wiedmann, T. O. (2014) Humanity's unsustainable environmental footprint, [online] *Science*, 344 (2014), str. 1114-1117, [cit. 2021-10-16], Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1248365>.

Hoff, H. ; Lobos Alva, I. (2017) *How the Planetary Boundaries framework can support national implementation of the 2030 Agenda*. SEI Policy Brief. Stockholm Environment Institute. Stockholm. 2017 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-2017-PB-Hoff-HowthePlanetary.pdf>.

Hoff, H.; Nykvist, B.; Carson, M. (2014) *Living Well, within the Limits of Our Planet? Measuring Europe's Growing External Footprint*. [online] SEI Working Paper 2014–05, Stockholm Environment Institute. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://www.sei.org/publications/living-well-within-the-limits-of-our-planet-measuring-europes-growing-external-footprint/>.

Höhne, N.; den Elzen, M.; Escalante, D. (2014) Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies [online] *Climate Policy*, 14:1, s. 122-147, [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.849452>.

Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1–23.

Hongwei Huang, L.; Hu, A. H.; Kuo, Ch-H. (2020) Planetary boundary downscaling for absolute environmental sustainability assessment — Case study of Taiwan, [online] *Ecological Indicators*, Volume 114, 2020, 106339, ISSN 1470-160X, [cit. 2021-10-16], Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106339>.

Hughes, T. P.; Carpenter, S.; Rockström, J. a kol. (2013) Multiscale regime shifts and planetary boundaries. [online] *Trends in Ecology & Evolution* 28(7), s. 389-395. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.019>.

Janoušková, S.; Hák, T.; Moldan, B. (2018) Global SDGs Assessments: Helping or Confusing Indicators? [online] *Sustainability*. 10, 1540. [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi:10.3390/su10051540>.

Kahiluoto, H.; Kuisma, M.; Kuokkanen, A. (2015) Local and social facets of planetary boundaries: Right to nutrients. [online] *Environmental Research Letters* 10 (10), 104013. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/104013>.

Kaufmann, S. A. (1993) *Origins of order*. Oxford University Press, New York, New York, USA. ISBN 978-0-19-507951-7.

Lafortune, G.; Fuller, G.; Schmidt-Traub, G.; Kroll, C. (2020) How Is Progress towards the Sustainable Development Goals Measured? Comparing Four Approaches for the

EU. [online] *Sustainability*, 12, 7675. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su12187675>.

Lewis, S. (2012) We must set planetary boundaries wisely. [online] *Nature* 485, 417 [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/485417a>.

Lucas, P.; Wilting, H. (2018) *Using Planetary Boundaries to Support National Implementation of Environment-Related Sustainable Development Goals* [online]. PBI; Netherlands Environmental Assessment Agency: Hague, The Netherlands [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/328654952_Using_planetary_boundaries_to_support_national_implementation_of_environment-related_Sustainable_Development_Goals.

McNeill J. R; Engelke, P. (2016) *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge: Harvard University Press. ISBN 978-0-67454-503-8.

Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens, W. W. (1972) *The limits to growth*. Universe Books, New York, New York, USA.

Molden, D. (2009) Planetary boundaries: The devil is in the detail. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 116–117. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.97>.

Molina, M. J. (2009) Planetary boundaries: Identifying abrupt change. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 115–116. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.96>.

MŽP (2021a) Zpráva o naplňování Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj v České republice. [online] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://www.cr2030.cz/zavazky/wp-content/uploads/sites/4/2021/01/IIIId_materi%C3%A1l_Zpr%C3%A1va-Agenda-2030.pdf

NASA (1986) *Earth System Science: Overview: A Program for Global Change*. [online] National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.17226/19210>.

Nash, K. L.; Cvitanovic, C.; Fulton, E. A. a kol. (2017) Planetary boundaries for a blue planet. [online] *Nature Ecology & Evolution* 1, s. 1625–1634. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0319-z>.

Nature (2009) Earth's boundaries? [online] 461, s. 447–448. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/461447b>.

Nykvist, B.; Persson, Å.; Moberg, F.; Persson, L.; Cornell, S.; Rockström, J. (2013) *National Environmental Performance on Planetary Boundaries: A Study for the Swedish Environmental Protection Agency*, [online] Report 6576, Naturvårdsverket. str.. 122. ISBN 978-91-620-6576-8.. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6576-8/>.

O'Neill, D. W.; Fanning, A. L.; Lamb, W. F. a kol. (2018) A good life for all within planetary boundaries. [online] *Nature Sustainability* 1, s. 88–95. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.

Odum, E. P. (1989) *Ecology and our endangered life-support systems*. Sinauer Associates Inc., Mass. 283 str., ISBN 0-87893-635-1.

OSN (2015) Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, Valné shromáždění OSN, 21. října 2015, A/RES/70/1. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

OSN (2019) *World Population Prospects 2019: Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/423 [cit. 2021-02-15] Dostupné z: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf.

Parsonsová A. (2021) Downscaling Planetary Boundaries to the National Level: A Review of Methods and Indicators. [online] *Journal of Landscape Ecology* 14 (2), s. 39-45. [cit. 2021-02-15] Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0011>.

Parsonsová, A. a I. Machar (2021) National Limits of Sustainability: The Czech Republic's CO₂ Emissions in the Perspective of Planetary Boundaries. [online] *Sustainability* 13 (4), 2164. [cit. 2021-02-15] Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13042164>

Pozo, C.; Galán-Martín, A.; Cortés-Borda, D. a kol. (2020) Reducing global environmental inequality: Determining regional quotas for environmental burdens through systems optimisation, [online] *Journal of Cleaner Production*, Volume 270, 2020, 121828, ISSN 0959-6526, [cit. 2021-10-16] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121828>.

Randers, J. ; Rockström, J. ; Stoknes P. E. (2018) *Transformation is feasible: How to achieve the Sustainable Development Goals within Planetary Boundaries* [online]. Stockholm: Stockholm Resilience Centre and BI Norwegian Business School. [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: https://www.stockholmresilience.org/download/18.51d83659166367a9a16353/1539675518425/Report_Achieving%20the%20Sustainable%20Development%20Goals_WEB.pdf.

Randers, J.; Rockström, J.; Stoknes, P. E. (2019) Achieving the 17 Sustainable Development Goals within 9 planetary boundaries. [online] Preprint pro EarthArXiv. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/sus.2019.22>.

Raworth, K. (2012) A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live Within the Doughnut? [online] Oxfam Discussion Paper (Oxfam, 2012); [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <http://go.nature.com/HrU9hi>.

Rockström, J.; Klum, M. (2015) *Big World, Small Planet: Abundance within Planetary Boundaries*. Max Strom Publishing, Stockholm, 208 str., ISBN 978-91-7126-334-6.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; a kol. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* [online]. 2009, (461), 472–475 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/461472a#citeas>.

- Running, S. W. (2012) A measurable planetary boundary for the biosphere. [online] *Science* 337(6101), s. 1458–1459. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.1227620>.
- Ryberg, M. W.; Andersen, M. M.; Owsianiak, M.; Hauschild, M. Z. (2020) Downscaling the planetary boundaries in absolute environmental sustainability assessments – A review. [online] *Journal of Cleaner Production* 276, 123287. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123287>.
- Samper, C. (2009) Planetary boundaries: Rethinking biodiversity. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 118–119. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.99>.
- Scheffer, M. (2009) *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. ISBN 978-0691122045.
- Schellnhuber, H. (1999) Earth system' analysis and the second Copernican revolution. [online] *Nature* 402, C19–C23 (1999). [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/35011515>
- Schlesinger, W. H. (2009) Planetary boundaries: Thresholds risk prolonged degradation. [online] *Nature Climate Change* 1, s. 112–113. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/climate.2009.93>.
- Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. New York: Alfred Knopf. ISBN 0-375-40619-0.
- Steffen, W., A.; Sanderson, J.; Jäger, P. D. a kol. (2004) *Global change and the Earth system: a planet under pressure: A planet under pressure*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN 3-540-40800-2.
- Steffen, W.; Crutzen, P. J.; McNeill, J. R. (2007) The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? [online] *Ambio* 36:614–621. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/25547826>.
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; de Vries, W.; de Wit, C.A.; a kol. (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223) [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>.
- Stiglitz, J.; Sen, A.; Fitoussi, J.-P. (2009) Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. [online] [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf>
- Turner (2008) A comparison of *The Limits to Growth* with 30 years of reality. [online] *Global Environmental Change* 18, s. 397–411. [cit. 2021-10-19] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001>.
- Vitousek, P. M.; Mooney H. A.; Lubchenco, J.; Melillo, J. M. (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. [online] *Science* 277(5325) [cit. 2021-10-19] Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_1.

Abstrakt

Tato disertační práce využívá konceptu planetárních hranic (PB) k vymezení národního „bezpečného operačního prostoru“ pro lidské aktivity. V návaznosti na nejnovější studie v oblasti aplikace PB na národní úrovni stanovuje environmentální limity a posuzuje vybrané politiky v oblasti životního prostředí České republiky. Národní limity udržitelnosti v kontextu PB jsou stanoveny metodou distribuce maximální globální environmentální zátěže s ohledem na počet obyvatel, environmentální stopu vyprodukovanou v minulosti a současný stav ekonomického rozvoje.

Čtyři z šesti zkoumaných PB (změna klimatu, okyselování oceánu, integrita biosféry a biochemické toky dusíku) jsou v ČR překračovány a jejich skóre je hodnoceno jako „jasně nebezpečné“. Maximální národní objem emisí CO₂ stanovený v kontextu PB změny klimatu a okyselování oceánu pro období od roku 2017 do roku 2100 byl již vyčerpán v roce 2018. Limit PB změn v systému využívání území se překročení blíží, přestože je její skóre zatím hodnoceno jako „bezpečné“. Jako „bezpečné“ je hodnoceno také skóre PB biochemických toků fosforu. Jedinou v této práci posuzovanou PB, jejíž skóre je hodnoceno jako „jasně bezpečné“, je využití sladké vody.

Tyto relativně alarmující výsledky poukazují na značné rezervy ČR v oblasti udržitelného rozvoje a na potenciálně negativní dopady jejích politik na jiné země a celkový environmentální stav planety.

Abstract

This dissertation thesis uses the concept of planetary boundaries (PB) to determine national “safe operating space” for human activities. Building on the recent studies on assessing the PB at the national level, it sets environmental limits and assesses selected environmental policies of the Czech Republic. National limits of sustainability in the context of PB are set by distributing the maximum global environmental budgets on the basis of population size, historical environmental performance and current state of economic development.

Four out of the six assessed PB (climate change, ocean acidification, biosphere integrity and nitrogen biochemical flows) have been transgressed in the Czech Republic and their score is considered “clearly unsafe”. The maximum national volume of CO₂ emissions set in the context of the climate change and ocean acidification PB has already been exhausted in 2018. The score of PB land-system change is close to being transgressed although it is still considered “safe”. As “safe” is also considered the score for phosphorus biochemical flows. The only PB with a score considered as “clearly safe” is freshwater use.

These relatively alarming results point at the unsatisfactory performance in terms of sustainable development and negative impacts of the Czech policies on other countries and overall state of the planet.

Životopis autorky

Mgr. et Mgr. ANETA PARSONSOVÁ (roz. HAIMANNOVÁ)

PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

Analytička v oblasti udržitelného rozvoje

5/2018 – dosud	MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ Oddělení udržitelného rozvoje
2/2020–12/2020	TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČR Program BETA2
4/2018–12/2019	ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD Oddělení statistiky zemědělství, lesnictví a životního prostředí
8/2016–3/2018	ÚŘAD VLÁDY ČR Odbor pro udržitelný rozvoj

ODBORNÉ STÁŽE

9/2018–11/2018	National Expert Secondment, OECD (Paříž) Direktorát pro data a statistiku
3/2016–7/2016	BlueBook Trainee, EVROPSKÁ KOMISE (Brusel) DG ECHO – Generální ředitelství pro humanitární pomoc a civilní ochranu
8/2015–2/2016	Projektová asistentka, CONCORD Europe (Brusel)
1/2015–7/2015	ALDA The European Association for Local Democracy (Brusel)

VZDĚLÁNÍ

	DOKTORSKÉ STUDIUM
9/2017–dosud	<i>Mezinárodní rozvojová studia</i> , Univerzita Palackého v Olomouci
	MAGISTERSKÉ STUDIUM
9/2013–8/2015	<i>Mezinárodní rozvojová studia</i> , Univerzita Palackého v Olomouci
9/2013–6/2015	<i>Politologie – africká studia</i> , Univerzita Hradec Králové
8/2014–12/2014	studijní pobyt na University of Ghana
	BAKALÁŘSKÉ STUDIUM
9/2011–5/2014	<i>Mezinárodní rozvojová studia</i> , Univerzita Palackého v Olomouci
9/2009–6/2012	<i>Žurnalistika – Uměnovědná studia</i> , Univerzita Palackého v Olomouci
1/2013–6/2013	studijní pobyt (ERASMUS) na Malmö University, Švédsko

DOBROVOLNICTVÍ A JINÉ ZKUŠENOSTI

4/2018–12/2018	INEX, Sdružení dobrovolných aktivit , Praha Zástupkyně ředitele
02/2016–7/2016	Oxfam Solidarité , Brusel, Belgie Administrativní koordinátorka
08/2014–12/2014	New Horizon Special School , Accra, Ghana Lektorka
02/2011–01/2014	Člověk v tísni , Olomouc Lektorka, Programy sociální integrace
08/2013–09/2013	Amnesty International , Praha Team-leader, oddělení fundraisingu

JAZYKY

Angličtina	úroveň C1	
Francouzština	úroveň B2	DELTA (2015)

PUBLIKAČNÍ ČINNOST

Parsonsová, A. a I. Machar (2021) National Limits of Sustainability: The Czech Republic's CO₂ Emissions in the Perspective of Planetary Boundaries. *Sustainability* 13 (4), 2164. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13042164>.

Parsonsová A. (2021) Downscaling Planetary Boundaries to the National Level: A Review of Methods and Indicators. *Journal of Landscape Ecology* 14 (2), s. 39-45. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0011>.

Parsonsová A. (2021) Defining sustainable tourism within planetary boundaries. In *Public Recreation and Landscape Protection – With Sense Hand in Hand!* Brno: Czech Society of Landscape Engineers, Mendel University in Brno, s. 136-140, ISBN 978-80-7509-780-4. Dostupné z: http://www.cski-cr.cz/wp-content/uploads/2021/01/RaOP-2021_sbornik.pdf.

OECD (2019), *Measuring Distance to SDG Targets 2019: An Assessment of Where OECD Countries Stand*, OECD Publishing, Paris, Dostupné z: <https://doi.org/10.1787/a8caf3fa-en>.

Haimannová A. (2018) McNeill, J. R., Engelke, P.: The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945. *Journal of Landscape Ecology* 11 (2), s. 92-93.