

Planetaarsete piiride kontseptsioon

Ülevaade ja rakendamise väljavaated Eestis

SEI aruanne
Jaanuar 2024

Kaidi Tamm

Tiiu Pedusaar



Funded by



'The RegENERate project has received funding from the LIFE Programme of the European Union.'



Stockholm Environment Institute
Linnégatan 87D 115 23 Stockholm, Sweden
Tel: +46 8 30 80 44 www.sei.org

Autori kontakt:

Kaidi Tamm (kaidi.tamm@sei.org)

Tiiia Pedusaar (tiiia.pedusaar@sei.org)

Toimetaja: Johanna Lehtmets / Anette Parksepp

Kujundus: Richard Clay

Graafika: SEI

Kaanefoto: Aerial view of farm fields in summer © fotoVoyager / Getty

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes, without special permission from the copyright holder(s) provided acknowledgement of the source is made. No use of this publication may be made for resale or other commercial purpose, without the written permission of the copyright holder(s).

Copyright © January 2024 by Stockholm Environment Institute

DOI: <https://doi.org/10.51414/sei2024.004>

Stockholm Environment Institute is an international non-profit research and policy organization that tackles environment and development challenges. We connect science and decision-making to develop solutions for a sustainable future for all. Our approach is highly collaborative: stakeholder involvement is at the heart of our efforts to build capacity, strengthen institutions, and equip partners for the long term. Our work spans climate, water, air, and land-use issues, and integrates evidence and perspectives on governance, the economy, gender and human health. Across our eight centres in Europe, Asia, Africa and the Americas, we engage with policy processes, development action and business practice throughout the world.

Contents

Sissejuhatus	4
Planetaarsete piiride kontseptsioon	5
Kontseptsiooni edasiarendused.....	6
Planetaarsed piirid, mis on praeguseks künnisväärtuse ületanud.....	8
Planetaarsed piirid riigi või regiooni tasandil – jaotusprintsipi valimine	9
Planetaarseid piire kirjeldavate biofüüsikaliste indikaatorite valimine.....	12
Andmed ja andmebaasid biofüüsikaliste indikaatorite arvutamiseks.....	14
Kontseptsiooni populaarsus maailmas ning poliitikasse integreerimise katsed	15
Sõõrik-majandus: katse määratleda turvalist tegutsemisruumi	17
Andmed ja andmebaasid sotsiaalsete indikaatorite arvutamiseks.....	19
Kas eestlased mahuvad planeedi piiridesse?	19
Kokkuvõte	21
Kasutatud kirjandus	22
Summary	25
Lisa 1.....	26
Lisa 2.....	29

Sissejuhatus

Käesoleva töö ajendiks oli Eesti Rohelise Liikumise initsiatiiv uurida võimalusi Eesti planeaarsete piiride arvutamiseks. Kuna planeaarsete piiride ehk Maa taluvuspiiride kontseptsioon on Eestis seni küllalt vähe tähelepanu leidnud, nii ühiskonnas tervikuna kui ka akadeemilisel tasandil, siis käesoleva töö peamiseks eesmärgiks ongi luua ülevaade selle raamistikuga seotud olulisematest teemadest ja anda esialgne kommentaar Eesti taluvuspiiride väljaarvutamise võimaluse kohta.

Raport toetub osaliselt tööle, mida SEI Tallinn tegi aastatel 2022-2023 Euroopa jätkusuutlikkusele ülemineku teemakeskuses (*The European Topic Centre on Sustainable Transitions*, ETC ST). Seal nõustas SEI Tallinn Euroopa Keskkonnaagentuuri 2025. aastal ilmuva Euroopa keskkonnaraporti (SOER 2025) lähenemise ja materjalide ettevalmistamisel, uurides muuhulgas planeaarsete piiride raamistiku rakendamise väljavaateid Euroopa Liidu tasandil ja liikmesriikide lõikes.

Käesolev ülevaade on eeluurimus Eesti taluvuspiiride panuse ehk “oma osa” arvutamise meetodika väljatöötamiseks juhul, kui tulevikus on akadeemiline, ühiskondlik ja poliitiline huvi selle raamistikuga jätkata ning seda rakendada Eesti keskkonnapoliitika kujundamisel.

Raport on sisuliselt üles ehitatud järgmiselt:

- Lühike ülevaade planeaarsete piiride kontseptsioonist ning selle edasiarendustest.
- Näited planeaarsete piiride tõlgendamisest riigi või regiooni tasandil ning jaotusprintsipiide valikutest.
- Planeaarseid piire iseloomustavad biofüüsikalised indikaatorid ja nende valiku dilemmad.
- Potentsiaalsed andmed ja andmebaasid biofüüsikaliste indikaatorite arvutamiseks.
- Kontseptsiooni populaarsus maailmas ja poliitikasse integreerimise katsed.
- Sõõrikmajandus – katse integreerida taluvuspiiride raamistik ja sotsiaal-majanduslik mõõde.
- Sotsiaalsed indikaatorid ja nende potentsiaalsed andmeallikad.
- Millest alustada, et liikuda Eesti taluvuspiiride “oma osa” väljaarvutamise suunas?
- Planeaarsete piiride kontseptsiooni puudutava olulise kirjanduse loetelu.

Käesolevas raportis on planeaarsete piiride ja Maa taluvuspiiride mõisteid kasutatud sünonüümidenä. Mõlemad tõlkevariandid viitavad samale raamistikule, mida esitles 2009. aastal Johan Rockströmi juhitud rahvusvaheline teadlaste tiim. Raamistik määratleb üheksa Maa taluvuspiiri ja inimkonna jaoks turvalise tegutsemisruumi nende piiride raames (Rockström *et al.*, 2009).

Planetaarsete piiride kontseptsioon

Johan Rockströmi juhitud rahvusvaheline teadlaste grupp esitles planetaarsete piiride raamistikku 2009. aastal (Rockström *et al.* 2009). Planetaarsete piiride kontseptsiooni loomise tõukejõuks sai teadlaste jõudmine arusaamisele, et planeet Maa biofüüsikalised süsteemid ehk keskkonnaressursid ei suuda toetada ehk taluda eksponentsiaalselt kasvava rahvastiku survet ja inimtegevuse tagajärgi. Planeedil Maa on taluvuspiirid, mille ületamine võib tuua kaasa järsud ja pöördumatud muutused keskkonnas, mis võivad omakorda tugevalt häirida inimese kui liigi heaolu ja muuta võimatuks senise eluviisiga jätkamise.

Rockström koos koos rahvusvahelise teadlasterühmaga pakkus välja üheksa planetaarset piiri koos piire kirjeldavate indikaatorite (*control variables*) ja nende künnisväärtustega (*thresholds*):

- elurikkus
- kliimamuutused
- stratosfääri osoonikihi hõrenemine
- keemiline saastatus
- ookeanide hapestumine
- magevee tarbimine
- maakasutuse muutus
- lämmastiku- ja fosforiringe (edaspidi N ja P ringe)
- atmosfääri aerosoolid.

Neist üheksast piirist seitsmele pakkusid uurijad ka kohe välja indikaatori koos globaalse künnisväärtusega. Andmete vähesuse tõttu anti künnisväärtustele ka (mõõte)määramatused. Kui indikaatori väärtus on väiksem kui künnisväärtus, siis inimkond toimetab jätkusuutlikult ehk turvalises tegutsemisalas (*within the safe operating zone*).

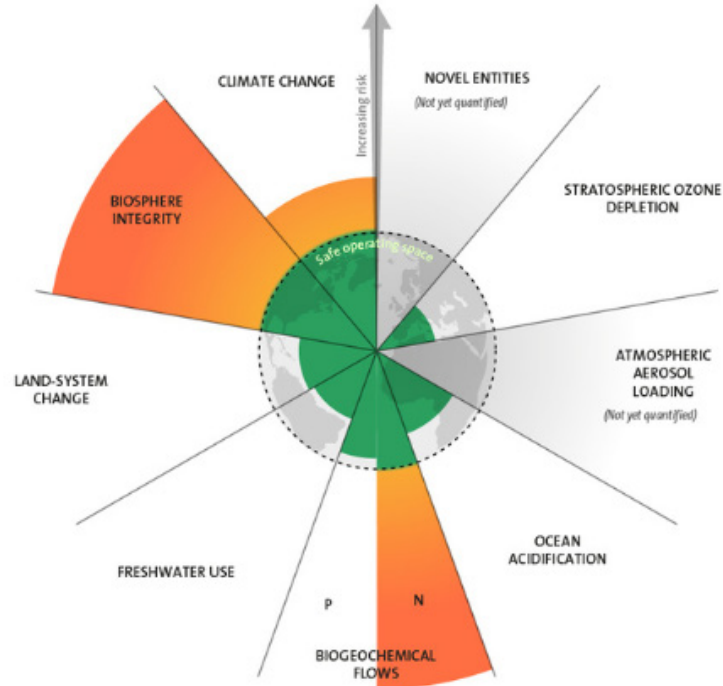
Kontseptsiooniga välja tulemise ajaks oli künnisväärtuse ületanud juba kolm planetaarset piiri: lämmastikuringe, kliimamuutused ja elurikkus. Andmete vähesuse tõttu jäi künnisväärtus määramata aerosoolidele ja keemilisele saastatusele.

Milles seisnes kontseptsiooni uudsus? 2009. aastaks oli palju räägitud kliimasoojenemisest ja stratosfääri osoonikihi hõrenemisest. Kliimamuutused on tänini kõige enam teadvustatud ja uuritud planetaarne piir, kuid kaugelki mitte ainuke. Planetaarsete piiride kontseptsioon aitab mõista terviklikumalt planeedi ülejäänud biofüüsikalisi protsesse, mis pole inimkonna eksisteerimise seisukohast vähem olulised kui kliimamuutused ning mis on omavahel seotud.

Üheksa planetaarse piiri skaalad on erinevad: kaks neist on selgelt globaalse iseloomuga: kliimamuutused ja ookeanide hapestumine. Viiel planetaarsel piiril on nii globaalseid kui ka lokaalseid/regionaalseid tunnuseid: stratosfääri osoonikiht, P ja N ringe, aerosooli koormus, magevee tarbimine ja maakasutus. Elurikkusel ja keemilisel saastatusel on vaid lokaalne/regionaalne iseloom.

Planetaarsete piiride kontseptsiooni illustreeriv algupärasest artiklist pärinev joonis on hästi õnnestunud, mis on aidanud kaasa raamistiku levikule, arusaadavusele ja jätkuvalle populaarsusele (Joonis 1).

Joonis 1. Planetaarsete piiride raamistiku pildiline kujutis



Allikas: Rockström et al. 2009

Esialgsete arvutuste järgi ületas oma künnisväärtust kolm üheksast planetaarsest piirist: elurikkus, kliimamuutused ja lämmastikuringe (punased kiilud).

Kõik üheksa planetaarset piiri on omavahel tihedalt seotud (Chrysafi 2022; Lade 2019, Steffen et al. 2015). Näiteks maakasutuse muutus põllumajanduseks kasutatava maa laiendamise toob kaasa veerežiimi muutused ja metsaga kaetud maade vähenemise, mis panustab elurikkuse vähenemisse. See omakorda aitab kaasa CO₂ heite kasvule ning kliimamuutuste kiirenemisele. Lisaks soodustavad põllumajanduses aktiivselt kasutusel olevad P ja N väetised veekogude eutrofeerumist, mis vähendab omakorda kvaliteetse vee kättesaadavust. Selles näites on omavahel väga tihedalt seotud juba viis planetaarset piiri. Kui üks planetaarne piir ületab oma künnisväärtuse, siis on suur risk, et varem või hiljem teevad seda ka teised.

Kontseptsiooni edasiarendused

Planetaarsete piiride kontseptsiooni on ka kritiseeritud (nt Lewis 2012), aga enam on see leidnud heakskiitu ja edasiarendamist. Näiteks on erinevad autorid täiendanud seda uute indikaatoritega ja otsinud tõesemaid¹ globaalseid künnisväärtuseid. Samuti on erinevaid planetaarseid piire arendatud ja täpsustatud: näiteks veetarbimisega seotud planetaarne piir on jagatud rohelineks ja siniseks veeks. Sinine vesi on see osa veeringest, mis on jõgedes ja järvedes, lisaks põhjavesi ja külmunud vesi (liustikud). Roheline vesi on aga see osa veeringest, mis on taimedes ning pinnases ja vihmavesi.

Toome mõned näited algse kontseptsiooni edasiarendustest. Lisa 1 on loetelu teiste autorite täiendustest Rökströmi esialgu väljapakutud biofüüsikalistele indikaatoritele. Indikaatorid koos ühiku ja künnisväärtusega on esitatud viie planetaarse piiri kohta: N ja P ringe, maakasutuse muutus, magevee kasutus, elurikkus ja kliimamuutused. Viimases tulbas on viide andmete allikale. Valisime need viis planetaarset piiri, sest neid on käsitletud kõige sagedamini. Lisas toodud näited pole täielik loetelu, vaid peegeldavad kasutatud indikaatorite paljusust planetaarsete piiride kirjeldamiseks.

¹ Viide teadlaste püüdlusele leida üha täpsemad globaalseid künnisväärtusi indikaatoritele, mille reaalsel väärtust on väga raske hinnata.

Nii N kui ka P ringe puhul on hilisemad autorid pakkunud erinevalt Rökströmi algsest indikaatorist (N sidumine ja P koormus maismaalt ookeani) pigem N ja P väetiste kasutamise – olgu vastavalt väetiste tootmisele või tarbimisele. Ilmselt on täienduse põhjus andmete parem kättesaadavus ja suurem usaldusväärsus.

Maakasutuse muutuse indikaatoriks valis Rockström “põllumaaks muudetud maa osakaalu globaalsest maakattest”. See näitaja aitas keskenduda elurikkuse kaitsele ja ökosüsteemide toimimisele. Raamistiku kaasautor Will Steffen asendas selle indikaatori aga uuega: “metsaga kaetud maa osakaal algsest metsaga kaetusest”, viies fookuse biofüüsikalistele protsessidele (Steffen *et al.* 2015). Samuti pakkus Steffen välja teise indikaatori. Kui esimene oli globaalsel skaalal, siis teine bioomi tasandil: “metsamaa osakaal potentsiaalsest metsaga kaetud alast”, kusjuures troopilistele, parasvöötme ja boreaalsetele metsadele oli antud erinev osakaal, kus troopilisi ja boreaalseid metsi peetakse kõige väärtuslikumateks (vt Lisa 1).

Dao lisas Rockströmi loogikat järgides maakasutusele omakorda uue indikaatori “urbaniseerunud maa” (Dao *et al.* 2018). Näitaja hõlmab põllumajandusmaad ja linnastunud alasid, kuid jätab välja karjamaad ja luhad. O’Neill ja kolleegid (2018) ning Fanning ja kolleegid (2021) pakkusid välja tarbimisel põhineva indikaatori eHANPP (*the human appropriation of net primary production*), mis hõlmab bioproduksiooni, nagu toitu, bioenergiat ja looduslikku kiudu ning nende tarneahelaid.

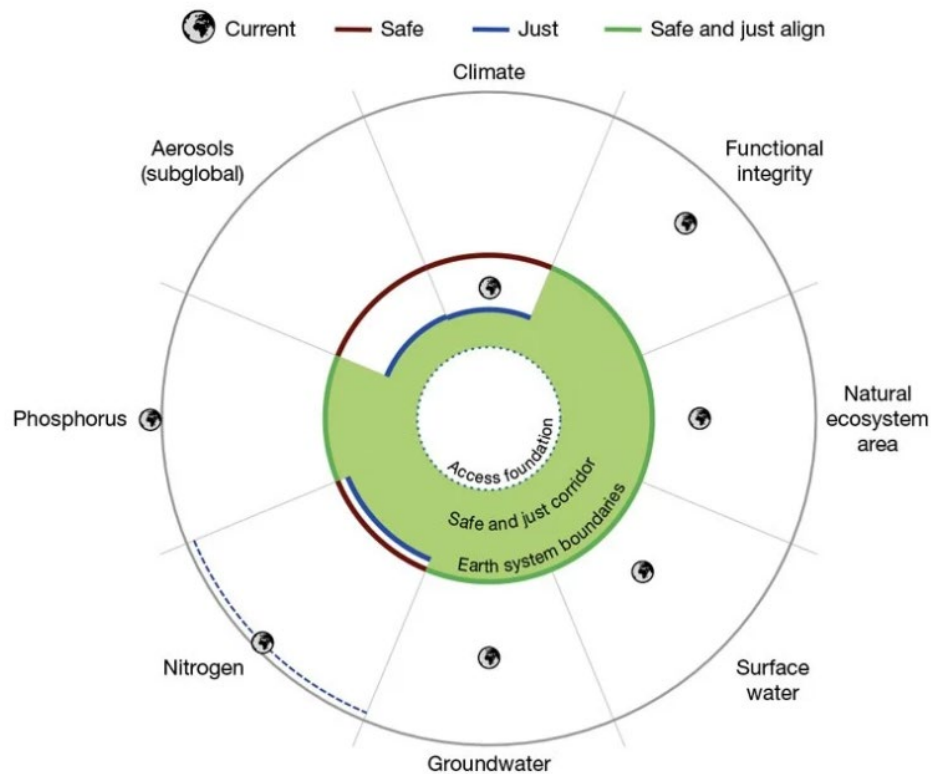
Kahe planetaarse piiri, magevee tarbimise ja elurikkuse indikaatorid on olnud viimastel aastatel kõige enam tähelepanu keskmes ning neid on kõige enam edasi arendatud. Elurikkuse indikaatorina käis Rockström välja “liikide väljasuremise kiiruse” ehk mitu liiki miljoni liigi kohta sureb välja ühes aastas. Steffen ja kolleegid (2015) pakkusid sellele lisaks välja teise näitaja: “mitmekesisuse puutumatus indeks”, mis sarnaneb veidi Lucase ja Wiltingu 2018. aasta indikaatoriga “keskmine liikide ohtruse kadu” (Lucas & Wilting 2018). Väljapakutud mitmekesisuse indikaatoreid on veel, igaühel neist on omad head ja vead, ükski neist pole ideaalne, kuid nad on kasutatavad kuni parema leidmiseni (Lucas & Wilting 2018).

Magevee kasutuse indikaatoriks pakkus Rockström “veevõtt tarbimiseks”. See näitaja on saanud väga palju kriitikat, kuna ei peegelda ajalis-ruumilist varieeruvust. Steffen pakkus välja indikaatori, mis on valglopõhine ning võtab arvesse ajalis-ruumilist muutust: “veevõtt (protsentides) kuu keskmisest äravoolust”. Ta lisas protsendi erinevateks perioodideks (veevaene, veerohke ja paljuaastate keskmine äravool). Esimese põhjalikuma täienduse tegid aga magevee kasutuse indikaatoritele Gerten ja kolleegid (2013) kui lisasid juurde ökoloogilise vooluhulga, mis on sõltuv kohalikest tingimustest. O’Neill ja kolleegid arvutasid vee jalajälje (2018). Nimetatud loetelu ei ole lõplik – veega seotud planetaarse piiri indikaatoreid on viimastel aastatel välja pakutud veel.

Mõnede kriitikute arvates puudus kontseptsiooni esimeses versioonis keskkonnaõigluse ja võrdsuse mõõde. Kriitikute arvates oleks tulnud arvesse võtta asjaolu, et kõigil, ka kõige haavatavamatel, on absoluutne õigus veele, toidule, energiale ja tervisele ning puhtale keskkonnale (Gupta *et al.* 2023). Viidatud on põlvkondadeülele ja -vahelise õigluse põhimõttele, mis on üks kestliku arengu aluspõhimõtteid alates selle defineerimisest 1987. aastal Brundtlandi raportis.

Planetaarsete piiride kontseptsiooni teine, edasiarendatud versioon ilmus 2023. aasta mais (Rockström *et al.* 2023). Sotsiaalteadlased uuendasid planetaarsete piiride kontseptsiooni ning lisasid biofüüsikalistele piiridele “õigluse” mõõtme. Täpsemalt töötati välja *earth system justice* mõiste ehk *Maa süsteemi õigluse* kontseptsiooni, kuna õiglase ja jätkusuutlikku tulevikku saavutamiseks tuleb leida vastus ja konsensus ka selles osas, et mida õiglus Maa süsteemis tähendab ja kuidas selle järgimist praktikas rakendada. Maa süsteemi õigluse osadeks on vajaduste võrdne ja õiglane arvestamine praegu elavate rahvaste, kogukondade ja üksikisikute vahel ning tulevaste põlvkondade vahel, samuti muude elusolendite heaolu ning Maa süsteemi stabiilsus. Joonis 2 näitab, et kaheksast piirist seitsme puhul on ohutuse ja õigluse piir ületatud.

Joonis 2. Sotsiaalteadlaste täiendatud planetaarsete piiride kontseptsioon



Allikas: Rockström et al, 2023

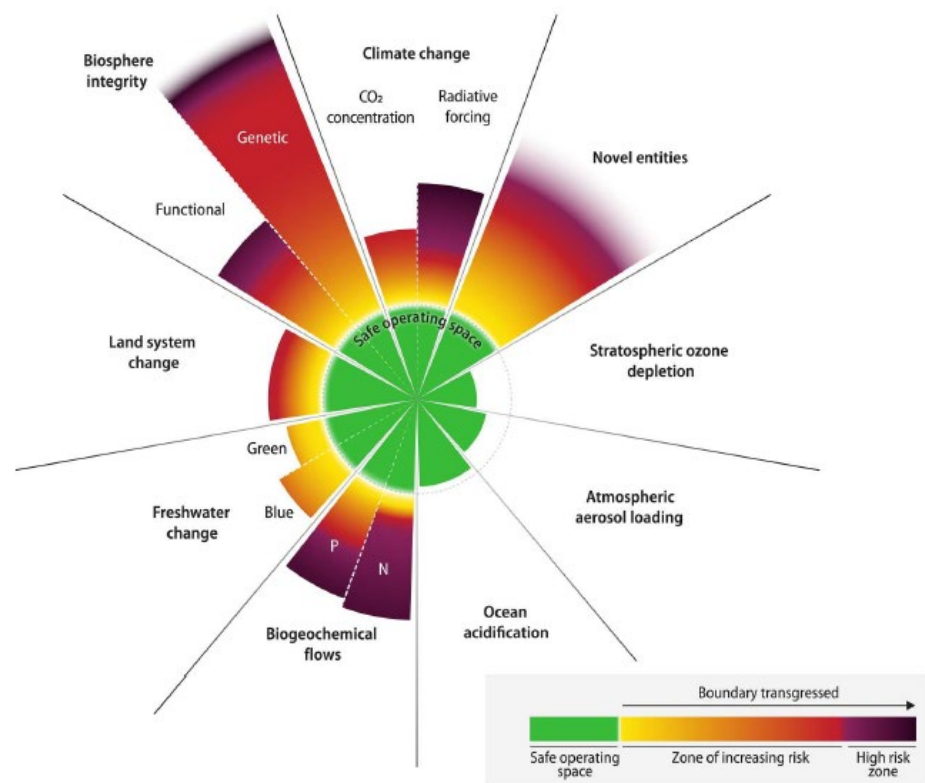
Punased jooned tähistavad piiri, mis on planeedile "ohutu". Ajakohastatud kontseptsioonile lisati roheala, et tähistada künnist, mis on ohutu planeedile ja kaitseb maailma kõige haavatavamaid inimrühmi ("ohutu ja õiglane", inglise k. safe and just). Maa-kujulised ikoonid näitavad, kuidas kaheksast piirist seitsmel on ohutuse ja õigluse piir juba ületatud.

Planetaarsed piirid, mis on praeguseks künnisväärtuse ületanud

Kontseptsiooniga välja tulemise ajal 2009. aastal oli globaalse künnisväärtuse ületanud kolm planetaarset piiri. 2023. aasta sügisel ilmunud artikli autorid (Richardson, et al., 2023) näitavad, et praeguseks on üheksast planetaarsest piirist künnisväärtuse ületanud juba kuus (Joonis 3).

Richardson ja kolleegid pakuvad oma artiklis esimest korda välja piirväärtused kõigile planetaarsetele piiridele (2023). Holotseeni ajastut kasutavad nad kui võrdlust, et hinnata inimtegevuse tagajärgede ulatust iga üksiku planetaarse piiri kirjeldamisel. Richardson ja kolleegid uuendasid ka funktsionaalse biosfääri terviklikkuse ja aerosoolide künnisväärtusi, kirjeldades ära vajamineva meetodika. Hiljutised analüüsid olid aluseks magevee ja uute keemiliste ühendite piiride ajakohastamisele. Lisaks illustreerivad autorid artiklis modelleerimise olulisust, et võtta arvesse inimõju bio- ja geosfäärile.

Joonis 3. Planetaarsed piirid 2023. aasta sügise seisuga



Allikas: Richardson et al, 2023

Üheksast planetaarsest piirist ületab künnisväärtuse kuus.

Planetaarsed piirid riigi või regiooni tasandil – jaotusprintsibi valimine

Teatavasti on planetaarsete piiride kontseptsioonis toodud piiride künnisväärtused globaalsed. Kontseptsiooni ilmumisest alates on palju arutletud, kuidas tõlkida piiri künnisväärtus iga üksiku riigi tasandile ehk kuidas jagada globaalne väärtus riikide vahel nii, et see oleks õiglane (*fair share of allocation*).

Mitmed tööd on kontseptsiooni kasutanud põhimõttel, et kõik inimesed on planeedil Maa võrdsete õigustega. See lähenemisviis tähendab, et "õiglane osa" on arvatud sõltuvalt riigi rahvastiku osakaalust kogu maailma rahvastikus. Sellist lähenemisviisi on kasutatud näiteks Rootsis (Nykqvist et al., 2013), Šveitsis (Dao et al., 2015, 2018), Prantsusmaal (Lesueur et al., 2019) ja Saksamaal (Lucht et al., 2021). O'Neill ja kolleegid on oma töös kasutanud seda lähenemist paljude riikide puhul (O'Neill et al., 2018).

Võrdsuse printsiibil põhinevad arvutused annavad väärtuslikku esialgset teavet planeedi taluvuspiiride jaotuse kohta, kuid puudu on õigluse mõõde. Piirkonnale või rahvale eraldatava õiglase osa üle otsustamine hõlmab normatiivset hinnangut õiglusele ja nõuab selle kindlaksmääramist. Õiglane jaotus on poliitiline otsus, mille jaoks puudub ülemaailmselt kokku lepitud põhimõte. Kliimamuutusi käsitlevad läbirääkimised ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni (UNFCCC) kontekstis pakuvad aga palju näiteid selle kohta, kuidas saaks kasutada võrdsuse ja õigluse mõisteid rahvusvahelises keskkonnapoliitikas. Teadlased uurivad samas ka alternatiivseid põhimõtteid, mis toetuvad riiklikule suveräänsusele või keskkonnamõju vähendamise võimele.

Vaatame kaht erinevat tööd, kus on peale võrdsuse kasutatud ka muid jaotusprintsippe. Euroopa Keskkonnaagentuuri ja Šveitsi Keskkonnaameti raport hõlmab Euroopa territooriumi koos 27 EL liikmesriigiga ning kaasab lisaks Suurbritannia, Islandi, Liechtensteini, Norra, Šveitsi ja Türgi (EEA/FOEN, 2020). Analüüsis on kasutatud viit jaotusprintsipi:

- võrdsus,
- vajadused,
- õigus areneda,
- suveräänsus,
- maksevõime.

Iga jaotusprintsipi puhul on valitud vähemalt kaks arvutusmeetodit, kokku 13 arvutusmeetodit (vt Tabel 1).

Tabel 1. Viis jaotusprintsipi (võrdsus, vajadused, õigus areneda, suveräänsus ja maksevõime), arutamiseks kasutatud indikaatorid-meetodid (13) ning Euroopa osa 2011.a. (miinimum, keskmine, mediaan ja maksimum) globaalsest väärtusest

Jaotusprintsibid ja arvutusmeetodid	Kalkulatsioonide arv	Miinimum	Keskmine	Mediaan	Maksimum
A. Võrdsus	9	6.2%	8.1%	8.1%	10.2%
1. Võrdne osakaal elaniku kohta	3	8.4%	9.3%	9.2%	10.2%
2. Võrdne osakaal elaniku kohta ajas	6	6.2%	7.0%	6.9%	7.8%
B. Vajadused	4	3.3%	7.1%	7.3%	9.2%
3. Lapse/täiskasvanu samaväärsus (<i>Child/adult equivalence</i>)	1	Pole teada	Pole teada	9.2%	Pole teada
4. Kätesaadavus	2	3.3%	5.0%	5.0	6.7%
5. Toitumine	1	Pole teada	Pole teada	7.3%	Pole teada
C. Õigus areneda	3	2.7%	4.1%	4.1%	5.1%
6. Vaesuspiir	1	Pole teada	Pole teada	5.1%	Pole teada
7. Arengutase	2	2.7%	3.2%	3.2%	3.6%
D. Suveräänsus	5	4.3%	11.4%	12.5%	21%
8. Maakasutus	1	Pole teada	Pole teada	4.3%	Pole teada
9. Eluslooduse kande võime	1	Pole teada	Pole teada	10.6%	Pole teada
10. Majanduse suutlikkus	2	11.2%	16.1%	16.1%	21%
11. Pärandatavus (<i>grandfathering</i>)	1	14.4%	14.4%	14.4%	14.4%
E. Maksevõime	6	3.8%	5.9%	6.2%	7.5%
12. Sissetulek	3	3.8%	5.4%	5.7%	6.5%
13. Kumulatiivne sissetulek	3	5.0%	6.4%	6.7%	7.5%
KÕIK	27	2.7%	7.3%	7.3%	21%

Allikas: EEA/FOEN, 2020

Märkus : Arvutusmeetodid 8 (Maa) ja 9 (Eluslooduse kande võime) viitavad vastavalt aastatele 2010 ja 2013.

Viie jaotusprintsiiibi üheskoos rakendamine näitas, et Euroopa osa (mediaan) globaalsest künnisväärtusest on 7,5%. Kui analüüsida eraldi iga jaotusprintsiiibi mediaane, siis Euroopa osakaal on suurim suveräänsuse korral (12,5%). Euroopa suured osakaalud (eriti eluslooduse kandevõime (*biocapacity*), majanduse suutlikkus (*economic throughput*) ja pärand (*grandfathering*) peegeldavad eeldust, et Euroopa suhteline majanduslik tugevus nõuab globaalse ühisvara proportsionaalselt suuremat kasutamist. Euroopa osa globaalsest on väikseim jaotusprintsiiibi “õigus areneda” korral (mediaan 4,1%) (Tabel 1). Ilmselt on põhjus selles, et Euroopa arengutase on vaesuspiiri ja inimarengu indeksi (*Human Development Index*) järgi mõõdetuna kõrgem kui ülejäänud maailmas.

Teises näites hindasid Hollandi teadlased, kuidas erinevate jaotusprintsiiipide rakendamine mõjutab Hollandi turvalise tegutsemisruumi määratlust (*safe operating space*) (Lucas & Wilting, 2018). Autorid tõdesid, et Holland ületab enamiku planetaarsete piiride künnisväärtusi enamiku jaotusprintsiiipide korral, mis tähendab, et Holland ei ela jätkusuutlikult.

Tabel 2. Tabelis on Hollandi nn “õiglane osa” inimese kohta globaalsest piirväärtusest, kui kasutatud on 6 jaotusprintsiiipi (pärand, võrdsus elaniku kohta, kumulatiivne võrdsus elaniku kohta, võime maksta, õigus areneda, ressursitõhusus).

	CO ₂ heide (tCO ₂ /in)	Põllumaa kasutus(ha/in)	Bioloogiline lämmastiku sidumine (kgN/in)	Fosforväetiste kasutus (kgP/in)	Bioloogilise mitmekesisuse kadu (MSA) (ha/in)
Tarbimisel põhinev					
Pärandatavus (<i>grandfathering</i>)	1.9	0.5	16.8	1.4	0.9
Võrdsus elaniku kohta	0.7(0.5-0.7)	0.3(0.2-0.3)	9.0(5.9-9)	0.9(0.6-0.9)	0.5 (0.4-0.5)
Kumulatiivne võrdsus elaniku kohta	0.6(0.6-0.6)	0.3 (0.2-0.3)	8.1 (7.3-8.5)	0.8 (0.7-0.8)	0.5 (0.4-0.5)
Maksevõime	-1.7 (-3.1-0.9)		9(5.4-14.3)	0.2(-0.4-1)	0.8(0.7-0.9)
Õigus areneda	-6.6		-10.8	-3.7	0.1
Ressursitõhusus			19.3	2.2	
Koguvahemik	-6.6-1.9	0.1-0.5	-10.8-19.3	-3.7-2.2	0.1-0.9
Tootmisel põhinev					
Koguvahemik	-6.8-1.9	0.1-0.5	-30.0-9.0	-6.6-0.9	-0.5-0.5
Globaalne keskmine	0.7	0.3	9.0	0.9	0.5

Allikas: Lucas ja Wilting (2018). Hollandi osa on väljendatud nii tarbimise jalajäljena (*consumption based*) kui ka territoriaalse indikaatorina (*production based*)

Märkus: Sulgudes on vahemik, mis tuleneb erinevate parameetrite seadistusest

Tabelist 2 nähtub, et jaotusprintsiiipide “pärandatavus” ja “ressursitõhusus” arvestamisel on Hollandi panus globaalsesse väärtusse suur. Kolme jaotusprintsiiipi arvesse võttes (suhteliselt kõrge SKP, võime maksta ja õigus areneda) on Hollandi osa jällegi globaalsest keskmisest madalam.

Mõlema näite puhul leiab detaile kirjelduse jaotusprintsiiipide valiku ja arvutuste kohta vastavast artiklist (EEA/FOEN 2020; Lucas & Wilting 2018).

Need näited demonstreerivad ilmekalt kuivõrd keeruline on üheselt määratleda üksiku riigi või regiooni n-õ jätkusuutlikkuse piire ehk turvalist tegutsemisruumi (*safe operating space*).

Üldiselt on lähenemisviiside erinevused seotud võrdsuse põhimõttega (nt suveräänsus, võrdsus, suutlikkus (*capacity*), kas ja kuidas võetakse arvesse tulevase põlvkondi ja majandusarengut (nt kasutades 2030. aasta elanike arvu 2010. aasta asemel) ning kas lähenemisviis jagab ülemaailmset ressursiruumi (varem kehtinud nõuete täitmine, ressursside eraldamine elaniku kohta ja ressursitõhusus) või vähendamiseesmärki (maksevõime ja õigus areneda).

Erinevused riikide vahel on seotud nende survega keskkonnale, rahvastiku ja sissetulekute kasvamisega praegu ja tulevikus (nt kasutades erinevaid eeldusi tulevaste sotsiaalmajanduslike arengute kohta) ning ressursitõhususe praeguse tasemega. Erinevused Maa taluvuspiiride vahel sõltuvad sellest, mil määral on iga üksik piir juba üleilmselt ületatud - ehk kas keskkonnasurve suurendamiseks on veel ruumi või tuleb globaalset mõju vähendada.

Tuleb veel märkida, et iga üksiku riigi "oma osa" ehk panuse leidmine ei ole lihtsalt globaalse künnisväärtuse jagamise küsimus. Kohalikud tingimused, sealhulgas ajaline varieeruvus, mängivad olulist rolli, kui määratakse kindlaks ressursside säästva kasutamise või lubatud heite taset. Seetõttu võib osutada vajalikuks mitmemõõtmeline süsteemne lähenemine (Steffen & Stafford Smith 2013). Kasutatavad meetodid ei võta arvesse ruumilist heterogeensust, mis on omane enamikule planeedi piiridele. Arvutused on lihtsad ainult kliimamuutuste puhul, kuna tegemist on ülemaailmse probleemiga, mida põhjustab üsna ühtlane surve (kasvuhoonegaaside heitkogused). Teiste planeedi taluvuspiiride puhul on arvutamine raskem. Näiteks põllumaa kasutamise puhul erineb oluliselt põllumaa kättesaadavus maailma eri paigus, aga ka selle kvaliteet, mis mõjutab oluliselt, kui tõhusalt saab maad kasutada. Põllumaa kasutus elaniku kohta on Austraalias palju suurem kui Euroopas, kuna maa kvaliteet on madalam (Van Vuuren & Bouwman 2005). Sama kehtib N ja P ringe kohta, kus lämmastik- ja fosforväetiste kasutamine sõltub suuresti kohalikest vajadustest.

Väljaarvutatud „oma osa“ riiklike või piirkondlik taluvuspiiride ületamise tuleks tõlgendada ettevaatlikult, samas annab detailsem lähenemisviis asjakohast teavet riiklike eesmärkide seadmiseks, mis hõlmavad keskkonnamõju kogu tarneahela ulatuses. See kehtib eriti väikeste riikide kohta, kus majandus on väike ja avatud ning suur osa ökoloogilisest jalajäljest tekib välismaal. Näiteks Rootsi puhul leidsid Dawkins ja kolleegid, et Rootsi tarbijatel on ebaoproportsionaalselt suur süsiniku jalajalg elaniku kohta, kusjuures suurem osa keskkonnamõjust jääb Rootsis tarbitavate toodete tootmise ja transportimisega seotud protsesside kaudu väljaspoole Rootsi territooriumi (Dawkins et al. 2019).

Lisaks jaotusprintsibi või printsipiide valimisele on praktilisest seisukohast ka palju küsitud, kas "oma osa" leidmisel tuleks võtta arvesse kõiki üheksat planetaarset piiri või sobib ka see, kui arvutada ainult osa – ja kui, siis millised. Küsimus lähtub sageli raha- ja ajakulust, mida riigid peaksid oma panuse arvutamiseks investeerima. Samas on oluline pidada silmas, et planetaarsed piirid on omavahel tihedalt seotud ja soodsamate või muul moel mugavamate piiride väljaarvutamine annab vaid osa tervikpildist.

Planetaarseid piire kirjeldavate biofüüsikaliste indikaatorite valimine

Tõhusaks keskkonnapoliitikaks on vaja usaldusväärseid ja ajakohaseid indikaatoreid, mis näitaksid kui tõhusad on keskkonnakaitseks tehtud jõupingutused. Siiani kasutatavad näitajad (sh planetaarsete piiride kontseptsioonis) põhinevad tootmisel, millega riigid opereerivad oma territooriumi piires. Samas ei toodeta suurt osa tänapäeva toodetest ega teenustest enam ühes riigis (Baldwin 2011; Los et al. 2015; Timmer et al. 2014). Riigid impordivad vahekaupu ja tooraineid, lisades neile ühe või mitu väärtuskihti, ja müüvad saadud toote lõpptarbimiseks või järgmisele tootjale (sageli teises riigis), kes lisab järgmise väärtuskihi (Tukker & Dietzenbacher 2013). Kõigis neis etappides tekib keskkonnasurve loodusvarade kasutamise, heitmete või jäätmetena. Selleks, et saaks võtta arvesse üleilmseid tarneahelaid ning tarbimist, on soovitatud täiendada

traditsioonilist tootmisest lähtuvat lähenemist (Peters & Hertwich 2008). See laseb hinnata riigi kumulatiivset keskkonnamõju tarbimisele, sealhulgas riigi tekitatud keskkonnamõjusid väljaspool oma piire ja teistele riikidele. Tarbimise mõjusid võtab arvesse jalajälje arvutus.

1992. aastal avaldas William Rees esimese ökoloogilist jalajälge kirjeldava kirjutise (Rees 1992). Ökoloogilise jalajälje kontseptsiooni ja arvutusmeetodid töötas välja professor Mathis Wackernagel väitekirja jaoks Reesi juhendamisel Kanadas Briti Columbia Ülikoolis aastatel 1990–1994 (Wackernagel 2004).

Praeguseks on Maa taluvuspiiridega seotud töodes kasutatud palju erinevaid jalajälje kontseptsioone lisaks ökoloogilisele jalajäljele (vt Tabel 3). Jalajälje arvutamine algas enne taluvuspiiride raamistiku tutvustamist, kuid taluvuspiiride tulek nihutas paika jalajälje arvutamise mõtte ja vajaduse (Andreas Hauser, FOEN, suuline kommentaar).

Tabel 3. Näide jalajälgedest, mida võiks kasutada “oma osa” väljaarvutamisel.

Planeedi taluvuspiirid	Jalajäljed
Kliimamuutused	Süsiniku jalajalg (Wiedmann ja Minx, 2008), ökoloogiline jalajalg (Wackernael jt, 1999)
Ookeanide hapestumine	Süsiniku jalajalg (Wiedmann ja Minx, 2008)
Stratosfääri osoonikihi hõrenemine	Keemiline jalajalg (Sala ja Goralczyk, 2013)
Keemiline saastatus (Uudsed ained)	Keemiline jalajalg (Sala ja Goralczyk, 2013)
Lämmastikuringe	Lämmastiku jalajalg (Leach jt, 2012), halli vee jalajalg (Hoekstra ja Mekonnen, 2012)
Fosforiringe	Fosfori jalajalg (Wang jt, 2011), halli vee jalajalg (Hoekstra ja Mekonnen, 2012)
Elurikkus	Bioloogilise mitmekesisuse jalajalg (Lenzen jt, 2012)
Maakasutuse muutus	Maakasutuse jalajalg (Weinzettel jt, 2013), ökoloogiline jalajalg (Wackernael jt, 1999)
Magavee tarbimine	Sinise ja rohelse vee jalajalg (Hoekstra ja Mekonnen, 2012)
Aerosoolide kontsentratsioon atmosfääris	PM10 osakeste jalajalg (Moran jt, 2013)

Allikas: Häyhä et al. 2016.

Mida aeg edasi, seda enam on hakatud planetaarsete piiride kirjeldamiseks kasutama jalajälje arvutusi. Samas pole taluvuspiiride kontseptsiooniga töötavate teadlaste seas üksmeelt, millist tüüpi indikaatoreid valida. On neid, kes pooldavad ainult jalajälje arvutamist ja on neid, kes kombineeriksid tarbimisel ja tootmisel põhinevaid indikaatoreid.

Seega, üks olulisemaid otsustuskohti, kui riigid hakkavad arvutama n-õ oma osa globaalsest künnisväärtusest, on otsustada millised indikaatorid valida. Vastutustundlik ja jätkusuutlikku poliitikat oluliseks pidav riik peaks arvestama ka enda tekitatud (keskkonna)kahjudega teistele riikidele. ÜRO Keskkonnaprogrammi rahvusvaheline ressursside töörühm (IRP) rõhutas 2019. aasta raportis jalajälje analüüsi tähtsust eriti Euroopa Liidus, kus on ülejäänud maailmaga võrreldes valdavalt keskmisest suurema sissetulekuga riigid. EL-i riigid tarbivad sageli “allhankena” või kaubavahetuse tõttu madalama sissetulekuga riikide loodusressursse, jättes teistesse riikidesse maha suure ökoloogilise jalajälje. Näiteks Gabernard ja Pfister (2021), näitasid, et 2015. aastal oli 28% EL-i riikide veejalajäljest seotud EL-i jaoks toidu tootmisega Egiptuses. Egiptusest impordivad EL-i riigid (peamiselt Saksamaa, Prantsusmaa, Itaalia, Holland ja Hispaania)

juurvilju, puuvilju, pähkleid, nisu ja puuvilla. Eriti suur on Hollandi veejalajalg Egiptuses: Holland tekitab enam kui pool oma riigi veejalajäljest Egiptuses. Samuti põhjustab Euroopa Liidus aset leidev tarbimine metsade raadamist, eeskätt Lõuna-Ameerikas. Maailma Loodusfondi raporti kohaselt oli EL 2017. aastal läbi rahvusvahelise kaubanduse vastutav 16% metsade raadamise eest, kasutades 203 000 hektarit maad ning tootes seeläbi 116 miljonit tonni CO₂ (Wedeux ja Schulmeister-Oldenhove 2021). Seeläbi on EL Hiina järel metsade raadamise osas teine suurima mõjuga piirkond maailmas.

“Oma osa” väljaarvutamisel on tootmisel põhinevaid indikaatoreid samuti kasutatud. Motivatsioon on eri riikidel olnud erinev – täpsema ülevaate sellest saab tabelist 4.

Tabel 4. Indikaatorite tüübid ja valiku ajendid riikides, kes on “oma osa” välja arvanud.

Riik/regioon	Indikaatorite tüüp	Indikaatorite valiku ajend
EL (EEA-FOEN, 2020)	Tarbimisel põhinevad	Gloaalne majandus ja rahvusvahelise kaubanduse kasv
Rootsi (Eriksson, 2022)	Tarbimisel põhinevad	Poliitika eesmärk: lahendada koduseid keskkonnaprobleeme teisi riike koormamata
Holland (Lucas & Wilting, 2018)	Tarbimisel ja tootmisel põhinevad	Mõlemat tüüpi indikaatorid on olulised: jalajälje arvutused annavad ülevaate tarbimise mõjudest, samas kui tootmisel põhinevad indikaatorid aitavad viidata kodustele keskkonnaprobleemidele
Prantsusmaa (Lesueur et al., 2019)	Sõltus indikaatorist, kas tarbimisel või tootmisel põhinev	Sõltus andmete kättesaadavusest
Põhja-Rein-Vestfaali liidumaa, Saksamaa (Lucht et al., 2021)	Tootmisel põhinevad	Tarbimisel põhinevad indikaatorid on liiga keerukad

Allikas: SEI

Andmed ja andmebaasid biofüüsikaliste indikaatorite arvutamiseks

Biofüüsikaliste indikaatorite arvutamise peamine takistus on andmete olemasolu ja kättesaadavus. Sageli määravadki kättesaadavad andmed ära selle, millised indikaatorid valitakse (Lucas & Wilting 2018). Reeglina viitab planetaarsete piiridega seotud artiklites kasutatud andmebaasidele ja andmetele põhiartikli juurde kuuluv artikkel “Täiendav informatsioon” (*supplementary information*).

Keerulisem on tarbimisel põhinev lähenemine ehk siis jalajälje arvutus. Jalajälje arvutamisel kasutatakse multiregionaalseid sisend-väljund analüüse ja andmebaase (MRIO). Kuna paljude riikide kohta sisend-väljund tabelid puuduvad või on vähese infoga, siis arvutustulemustes võib olla suur määramatus. Siiski, keskkonnaandmetega laiendatud multiregionaalne sisend-väljund analüüs (*multi-regional input-output, MRIO analysis*) on kujunenud sobivaks meetodiliseks raamistikuks jalajälgede arvutamisel (Tukker et al. 2020; Wiedmann 2009). See kontseptsioon koondab maailmamajanduse andmed erinevatest piirkondadest ja sektoritest, registreerides tehinguvood ja keskkonnamõjud mingis konkreetses aastas või ajavahemiku kohta. Lihtsa matemaatika abil on võimalik hinnata tarbimise ja keskkonnamõju vahelist seost.

MRIO andmebaasidest on planetaarsete piiridega seotud töodes kasutatud kõige sagedamini järgmisi andmebaase: Eora ja Eora26 (Lenzen et al. 2012, 2013), EXIOBASE3 (Stadler et al. 2018), GTAP (Aguiar et al. 2016), WIOD (Timmer et al. 2015), OECD-ICIO (Yamano & Webb 2018) ja GRAM (Wiebe et al. 2012). Hetkel on Exiobase3 ja Eora26 ainukesed avalikult kättesaadavad andmebaasid kus andmed on riigi ja sektori kaupa koos keskkonnaandmetega ning aegrida on ajaperioodi kohta 1995-2015.

Hiljuti on aga lisandunud uus andmebaas - REX3 (Cabernard & Pfister 2021). See on MRIO andmebaas, mis hõlbustab tarneahela mõjude kaardistamist suure piirkondliku, valdkondliku ja ajalise täpsusega ning põhjaliku keskkonnamõju hindamisega. REX3 hõlmab 189 riiki, 163 sektorit, ajavahemikku 1995–2022 ning näitajate kogumit, mille eesmärk on käsitleda ÜRO tegevuskavas kirjeldatud peamisi keskkonnaprobleeme. REX3 andmebaas moodustati Eora26 ja Exiobase3 ühendamisel ning integreeriti juurde FAOSTAT põllumajanduse, toidu ja metsanduse sektori andmed. Hetkel REX3 juurdepääsu ei ole, kuid lähemal ajal on see plaanis (Cabernard et al., under review).

Nimetame veel mõned kõige enam kasutatud andmebaasid lisaks MRIO andmebaasidele, mida taluvuspiiride kontseptsiooni käsitletud teadusartiklites on kasutatud või millel on potentsiaali kasutamiseks: FAOSTAT-Aquastat, Global Footprint Network, Water Footprint Network, Global Material Flows, Eurostat, Copernicus Marine Service, IUCN Red list jt.

Lisaks on kasutatud palju erinevaid mudeleid. Mõned näited: global terrestrial biodiversity model (GLOBIO), Image-Global Nutrient Model (GNM), the dynamic global vegetation and water balance model (LPJmL Model) jt.

Kindlasti on oluline andmeallikas iga riigi statistikaamet, ehkki sealt ei pruugi sageli keskkonnaga seotud täpseid andmeid leida. Planetaarsete piiride globaalsete väärtuste arvutamisel on palju kasutatud ka teadustöö tulemusel tekkinud andmebaase, ehkki need on enamjaolt piiratud ligipääsuga.

Enamikel juhtudel ei ole andmed rahvusvahelistes andmebaasides vabalt kättesaadavad. Näiteks EXIOBASE3 ja Eora26 kasutamiseks on tarvis litsentsi. Eora pakub tasuta litsentsi ainult akadeemiliseks kasutamiseks, ülejäänud kasutajatele on saadaval Eora kommerts litsents. EXIOBASE3 andmebaasi pakutakse kasutajatele tasuta, kuid tasuta abi andmete tõlgendamisel ei ole saadaval. Lisaks on ülioluline andmetöötlaste automatiseerimine nende andmebaaside kasutamisel, mis tuleb endal ära teha. Üks nõrk koht on suurtes rahvusvahelistes andmebaasides veel: andmed uuenevad aeglaselt. Nii on enamikus andmebaasides kõige uuemad andmed sageli juba neli-viis aastat vanad.

Kontseptsiooni populaarsus maailmas ning poliitikasse integreerimise katsed

Planetaarsete piiride kontseptsioon on alates selle ilmumisest pälvinud palju tähelepanu nii akadeemilistes artiklites kui ka jätkusuutlikkuse poliitikate kujundamisel. Chen ja kolleegid tegid bibliomeetrilise analüüsi Maa taluvuspiiride kontseptsioonile hõlmates 530 akadeemilist artiklit ja neis sisaldunud 1784 viidet ajaperioodist 2009-2021 (Chen et al. 2021). Analüüsi tulemused näitasid kontseptsiooni populaarsuse selget kasvu 12 aasta jooksul. Kui kontseptsiooniga väljatulemise paaril järgneval aastal ilmus 2-5 artiklit, siis 2021. a. juba enam kui 100 artiklit.

Planetaarsete piiride raamistik on interdistsiplinaarne, pakkudes huvi nii loodus- kui sotsiaalteadlastele. Kõige enam on avaldanud planetaarsete piiride mõistega seotud töid teadlased Inglismaalt, USA-st, Saksamaalt ja Rootsist. Mõistega seotud artiklid on ilmunud peamiselt ajakirjades, mille fookuses on ökoloogia, Maa süsteemid, okeanoloogia, veterinaaria, zooloogia, majandusteadus ja politoloogia.

Kolm peamist uurimissuunda seoses planetaarsete piiride raamistikuga on:

- üksiku planetaarse piiri nüüdsväärtuse ja globaalse piirväärtuse arvutamine,
- raamistiku integreerimine elutsükli teooriaga ja jalajälje arvutamisega,
- planeedi piiride globaalsete künnisväärtuste tõlgendamine igale üksikule riigile (*downscaling of planetary boundaries*) ja laiendamine majandus- ja sotsiaalvaldkondadesse.

Kuigi planetaarsete piiride mõiste on viimase kümnendi jooksul saanud palju tähelepanu ja sellega seotud teadusartikliite hulk on järjest kasvanud, pole raamistiku keskkonnapoliitikasse integreerimine väga edenenud. Paljud Maa taluvuspiire käsitlevad artiklid rõhutavad küll saadud tulemuste väärtuslikkust riigi keskkonnapoliitika kujundamisel, aga selle fakti nentimisega ka piirdutakse.

Poliitikute jaoks hägustab olukorda ehk ka algatuste paljusus. Planetaarsete piiride kontseptsioon "konkureerib" kontseptuaalselt teiste globaalsete raamistikega, näiteks kestliku arengu eesmärkidega (Sustainable Development Goals, SDG), ja erinevate Euroopa Liidu algatustega (nt The European Green Deal, 7th EU Environment Action Programme, Farm to Fork Strategy jne), mis peaksid tegelikult üksteist toetama ja täiendama. Lisaks on suur hulk EL-i eri valdkondade direktiive liikmesriikidele kohustuslikud ning peaksid aitama kaasa kestlikule arengule.

Toome siinkohal kaks näidet, ühe Rootsist ja teise Hollandist, ning seejärel vaatame EL-i viimast keskkonnaraportit (SOER 2020) koos pilguheiduga lähitulevikku.

Rootsi, kus planetaarsete piiride kontseptsiooniga välja tuldi, on sõnastanud omale eesmärgi: Rootsi keskkonnapoliitika üldine eesmärk on anda järgmisele põlvkonnale üle ühiskond, kus Rootsi suured keskkonnaprobleemid on lahendatud, suurendamata keskkonna- ja terviseprobleeme väljaspool Rootsi piire. Rootsi Keskkonnakaitse Agentuuri (Swedish Environmental Protection Agency) hiljutine töö näitas, et Rootsi ei mahu planetaarsetesse piiridesse, s.t riigi areng ei ole jätkusuutlik (Eriksson, 2022). Hinnang põhineb jalajäljearuvoortel. Rootslased rõhutavad põllumajanduse (toidutootmise) tähtsust, mis mõjutab paljude planetaarsete piiride künnisväärtusi: kliimamuutused, elurikkus, P ja N ringe ja maakasutus. Seega on planetaarsete piiride kontseptsiooni rakendamisel ja keskkonnapoliitikasse viimisel võtmetähtsus põllumajandusel (toidutootmisel). Põllumajandus on suur keskkonnaressursside tarbija, mistap on põllumajanduse ja keskkonnapoliitika integreerimine hädavajalik.

Hollandlased ei ela samuti jätkusuutlikult, nagu näitasid Lucas ja Wilting (Luca & Wilting 2018). Autorid tõdesid, et väljaarvutatud planetaarsed piirid Hollandile aitaksid mõtestada riigi keskkonnaprobleeme, survetegureid ja nende mõju. Ühtlasi aitaksid väljaarvutatud piirid sõnastada poliitilisi eesmärke, mille abil vähendada survet keskkonnaressurssidele nii riigi sees kui väljaspool.

Euroopa Keskkonnaagentuuri poolt iga viie aasta järel kokku pandav Euroopa keskkonnaraport (SOER 2020, SOER 2025 on ettevalmistamisel) on kõige põhjalikum keskkonnamõju hindamine, mis viimastel aastatel Euroopas läbi viidud. Selles antakse selge ülevaade, milline on Euroopa seis 2020. ja 2030. aasta poliitiliste eesmärkide ning 2050. aasta eesmärkide ja ambitsioonide saavutamisel, et liikuda kestliku ja vähese CO₂ heitega tuleviku suunas (SOER 2020). Aruande autorid märgivad, et Euroopa on viimase kahekümne aasta jooksul teinud märkimisväärsed edusamme kliimamuutuste leevendamisel, aga ka muudes valdkondades (vesi, õhk, jäätmed jm).

Samas nendivad nad, et kuigi senised saavutused on märkimisväärsed, ei saavuta Euroopa oma jätkusuutlikkuse visiooni "elada hästi planeedi võimaluste piires" (*Living well within the limits of the planet*), kui jätkab majanduskasvu edendamist ning püüab samal ajal ohjata keskkonna- ja sotsiaalseid mõjusid. Raport kutsub Euroopa riike üles haarama võimalusest ning kasutama järgmist kümnendit meetmete radikaalseks laiendamiseks ja kiirendamiseks.

ETC ST töögrupp töötas Euroopa Keskkonnaagentuuri juhendamisel kaks aastat planetaarsete piiride kontseptsiooniga, mille käigus ilmnisid mitmed meetodilised piirangud ja dilemmad, mis vajavad edasi liikumiseks lahendamist. Järgmistel aastatel (2024–2026) keskendutakse töögrupis jalajälje arvutamise seotud teemadele, mis aitab ühtlasi kaasa planetaarsete piiride raamistiku kasutuselevõtule ning toetab selle integreerimist EL-i keskkonnapoliitikasse.

Seni, kuni planetaarsete piiride kontseptsioon ei ole toodud iga üksiku riigi tasandile, jääb see aga suhteliselt kaugeks ja abstraktseks ning on vähe lootust, et see saab integreeritud riikide keskkonnapoliitikatesse.

Sõõrik-majandus: katse määratleda turvalist tegutsemisruumi

Globaalne põhi on jõudnud suhtelise sotsiaalse heaoluni planeerid biofüüsikaliste taluvuspiiride ületamise hinnaga, mis ei ole pikas perspektiivis jätkusuutlik. Praegused suundumused ainult süvendavad ökoloogilist kriisi, suutmata samas kõrvaldada sotsiaalseid probleeme ja ebavõrdsust. Ometi on põlvkondadeülene ja -vaheline õiglus olnud üks keskseid kestliku arengu arengueesmärke alates mõiste määratlemisest 1987. aastal. Mudelprognoosid aastani 2050 viitavad, et inimeste ja planeedi tervise kaitsmiseks on vaja põhjalikke muutusi inimeste eluviisis ja tarbimises.

Majandusteadlane Kate Raworth avaldas sõõrik-majanduse (*doughnut economics*) kontseptsiooni esimest korda 2012. aastal Oxfami aruandes “Turvaline ja õiglane tegutsemisruum inimkonnale: kas suudame elada sõõrikus?” (Raworth 2012). Kontseptsioon sai kiiresti rahvusvaheliselt tuntuks, kuna täiendas Maa taluvuspiiride raamistikku sotsiaalse mõõtmega, pakkudes välja võimaluse kahanemiseks turvalisse tegutsemisruumi (*safe operating space*). Raworth lähtus Rio+20 konverentsi eel ilmunud raportis ideest, et inimkonna suurim sotsiaalne väljakutse sel sajandil on vaesuse kaotamine ja kõigile inimestele heaolu tagamine planeedi piiratud loodusressursside tingimustes. 2017. aastal ilmunud raamatus “Sõõrik-majandus: seitse moodust mõelda nagu 21. sajandi majandusteadlane” (*Doughnut Economics: seven ways to think like a 21st century economist*) jätkab ta uue elu-, majandus- ja mõtteviisi kirjeldamist, mis võimaldaks inimkonnal tõmbuda 21. sajandil turvalisse tegutsemisruumi ja luua suurem võrdsus nii riikide sees kui riikide vahel. Infot hilisemate edasiarenduste ja sõõrik-majanduse lahenduste kohta erinevates kontekstides, sealhulgas ka põhimõtete rakendamise kohta linnade ja regioonide tasandil, leiab Doughnut Economics Action Lab´i leheküljelt, (Doughnut Economics Action Lab 2020).

Sõõrik kujutab endast turvalist tegutsemis- ja majandamisruumi inimkonnale, mis jääb sotsiaalse baasi ja ökoloogiliste taluvuspiiride vahele (Joonis 5). Sõõrik-majanduse kontseptsioon täiendab planetaarsete piiride raamistikku sotsiaalsete piiride ja arengueesmärkidega (eluga rahulolu ja hea tervis, inimväärne sissetulek ja töökohad, kvaliteetne haridus, sotsiaalne ja sooline võrdsus, kestlik toitumine, puhas vesi ja energia), millest allapoole langemine tähendab inimühiskonna jaoks kannatamist vastuvõetamatute puuduste käes (nälg, vaesus, tervisehäädad jm). Sel moel pakub sõõrik-majandus uut viisi kestliku arengu mõtestamiseks ja visualiseerimiseks, mida Domazet ja kolleegid on nimetanud jätkusuutlikkuse mentaalseks mudeliks (Domazet *et al.* 2020).

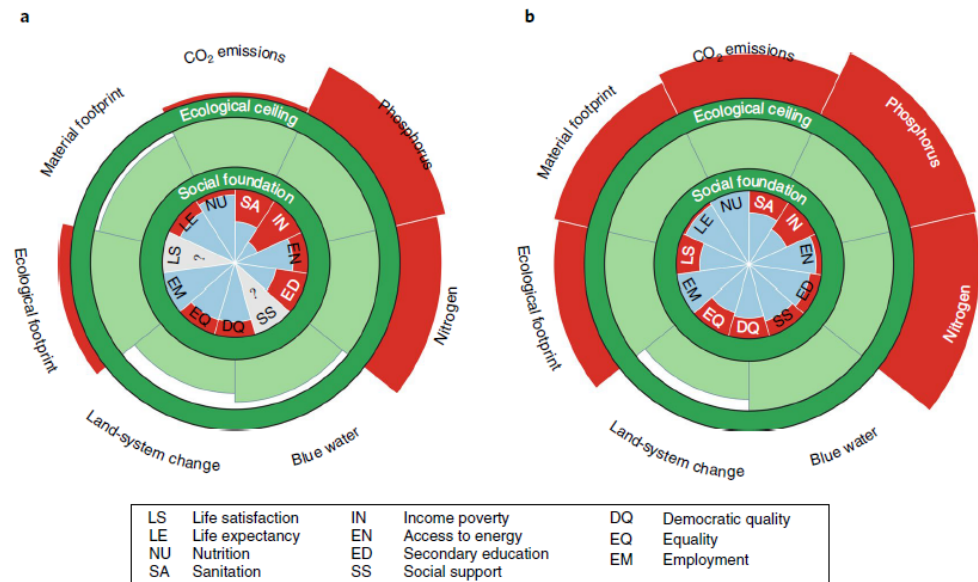
Planetaarsete ja sotsiaalsete piiride vaheline ala moodustab kujundlikult sõõriku, keskkonnale ohutu ja sotsiaalselt õiglase ruumi ühiskonna täisväärtuslikuks toimimiseks ja majandamiseks, mille välimisest ja sisemisest ringist väljaspool elamine ei ole kestlik.

Vahepealsetel aastatel on loodud erinevaid lähenemisi sõõrik-majanduse rakendamiseks riiklikul ning regionaalsel tasandil (nt Turner ja Wills 2022; Fanning *et al.* 2022; Schlüter *et al.* 2022). Turner ja Wills leidsid, et ehkki sõõriku lähenemine on paljulubav, on selle kohalikule tasandile toomiseks tehtud seni liiga vähe uuringuid. Nad tõid esile väljakutseid, mis puudutavad keeruliste süsteemide mõistmist ja juhtimist, eesmärkide sidususe tagamist tasandite lõikes ning keerukate otsuste ja kompromisside langetamist (2022). Et vastata kestliku arengu väljakutsetele ja eesmärkidele, analüüsisid Schlüter ja kolleegid sõõrik-majanduse rakendatavust Saksamaal, keskendudes Bad Neuheimi ja Krefeldi linnadele. Nad jõudsid järeldusele, et sõõrik-majanduse idee, mis ühendab planetaarsed ja sotsiaalsed taluvuspiirid, on kestliku arengu toetamiseks kohalikul tasandil hästi rakendatav (Schlüter *et al.* 2022).

Sõõrik-majanduses on viimastel aastatel nähtud ka võimalust tulla tugevamana välja Covid-19 kriisist. Näiteks on koostatud tegevusplaan Suurbritanniale (The UK's Path to a Doughnut-Shaped Recovery; Stratford & O'Neill 2020), aga ka Amsterdami linnale (Amsterdam Doughnut Coalition, s.a.; The Amsterdam City Doughnut 2020). Covidist sõltumata on sõõrik-lahendus arvatud välja veel näiteks Taile (Luukkanen *et al.* 2020).

Uuringud on näidanud, et ükski riik ei vasta praegu oma elanike põhivajadustele sellisel ressursikasutuse tasemel, mida saaks jätkusuutlikult laiendada kõigile inimestele kogu maailmas (Fanning *et al.* 2022). Fanning analüüsis 11 sotsiaalse ja kuue biofüüsikalise näitaja ajaloolist dünaamikat enam kui 140 riigis aastatel 1992–2015 ning leidis, et riigid kalduvad ületama biofüüsikalisi piire kiiremini, kui nad saavutavad sotsiaalsed künnised (Joonis 4).

Joonis 4. Sõõrikupõhine lähenemine: kuue biofüüsikalise indikaatori ja 11 sotsiaalse indikaatori abil (analüüs hõlmab 140 riiki) kirjeldatud piirid 1992 (a) ja 2015 (b) aastal.



Allikas: Fanning *et al.* 2022

Tumerohelised ringid näitavad ökoloogilist lage (ecological ceiling) ja/või sotsiaalset baasi (social foundation). Näiteks materjali jalajälg ei olnud 1990. aastal jõudnud oma laeni ehk ei ületanud globaalset künnisväärtust, kuid 2015. aastaks ületas piiri. Sinised kiilud näitavad sotsiaalset sooritust iga sotsiaalse indikaatori korral (kokku 11). Rohelised kiilud näitavad kogu ressursikasutust iga globaalse biofüüsikalise piiri korral, alustades sotsiaalse baasi väliservast. Punased kiilud näitavad puudujääke allpool sotsiaalseid künniseid või ületavad biofüüsikalisi piire.

Fanning'i ja kolleegide artikkel on üks uuematest katsetest planeetaarsete piiride ja sõõrik-majanduse kontseptsiooni ühendamiseks (Fanning *et al.* 2022). Tema tiim Leedsi Ülikoolis tegi lisaks artiklile interaktiivse kodulehe *A good life for all within planetary boundaries* graafikutega planeetaarsete ja sotsiaalsete piiride ületamise või mitteületamise kohta, kus on toodud ka arvutused Eesti kohta, kuid andmed ulatuvad vaid aastasse 2015 (A good life... 2022).

Sõõrik-majandus on tasaarengu kõrval kindlasti üks tähelepanuväärseid alternatiivseid lähenemisi majanduse kehtlikumaks muutmisele, mida tasub rohkem uurida.

Andmed ja andmebaasid sotsiaalsete indikaatorite arvutamiseks

Võrreldes biofüüsikaliste indikaatoritega on sotsiaalsed indikaatorid lihtsamini arvutatavad või leitavad, ehkki ka siin leidub olulisi lünki. Enamik riike kogub sotsiaalse osa välja arvutamiseks vajalikku statistikat ja andmed on leitavad ka suurtes rahvusvahelistes andmebaasides.

Lisas 2 on info üheteistkümne sotsiaalse näitaja kohta, mida kasutasid ka Fanning koos kolleegidega: eluga rahulolu, oodatav eluiga, toitumine, kanalisatsioon, palgavaesus, juurdepääs energiale, haridus, sotsiaalne toetus, demokraatia kvaliteet, võrdsus ja tööhõive (Fanning et al 2022).

Tabel lisas 2 annab ettekujutuse andmebaasidest, kust oleks võimalik neid sotsiaalseid näitajaid leida.

Kas eestlased mahuvad planeedi piiridesse?

Eesti ühiskonnas ei ole Maa taluvuspiiride raamistik seni laialdaselt levinud. 2016. aastal avaldas kirjastus Tänapäev küll eesti keelde tõlgitud raamatu "Suur maailm, väike planeet. Küllus planetaarsete piiride raames" (Rockström & Klum 2016), kuid taluvuspiiride olemust ja tähtsust selgitavaid artikleid on ilmunud vähe (Tamm 2022). Rohkem leidis 2023. aasta sügisel kajastust uudis, et juba kuus üheksast planetaarsest piirist on ületatud (Kolk 2023; Kallas 2023).

Vähesel määral võib ka Eesti poliitikas kohata planetaarsete piiride mõiste kasutust. Planetaarsetest piiridest kinnipidamisele viitas Riigikantselei 2022. aastal valminud rohepoliitika ekspertgrupi raport (Riigikantselei 2022). Majanduse vajadusele mahtuda looduse piiridesse on korduvalt viidanud ka praegune kliimaminister Kristen Michal (Kontro 2023). Samas on planeedi taluvuspiirid kasutuses vaid üldmõistena. Selleks, et mõistet täpsemalt sisustada, on vaja saada täpselt teada, milline on meie roll globaalses protsessis. Selle teadmise saamiseks oleks riigil kasulik arvutada välja taluvuspiiride n-ö „oma osa“. See annab konkreetse teaduspõhise aluse otsuste ja valikute tegemiseks. Samas pole need riigid, kes on osakaalu välja arvanud, seda teadmist seni keskkonnapoliitikasse integreerinud ega praktiliselt rakendanud. Eestil on väikse ja paindliku riigina potentsiaal raamistikku keskkonnapoliitika meetmena esimeste seas rakendada.

Milline on Maa taluvuspiiride tähtsus Eesti praeguses kliimapoliitikas?

Kliimamuutused oli üks esimesi planetaarseid piire, mis ületas oma künniväärtuse ja see on ka globaalselt enim tähelepanu pälvinud taluvuspiir. Ometi ei ole meil praegu tõendeid, et kliimamuutuste piiri ületamisel oleksid suuremad teadaolevad negatiivsed mõjud kui ühejäänud kaheksa piiri puhul. Eesti taluvuspiiride väljaarvutamine ei toetaks üksnes kitsalt kliimaeesmärkide saavutamist, vaid laiemalt kestliku arengu eesmärkide saavutamist. Kliimaeesmärgid on Eestil juba sõnastatud ja nende täitmiseks on olemas nii poliitiline tahe kui teatav avalik huvi ja surve, mistõttu oleks planetaarsete piiride mõiste ümber käiva arutelu suurem väärtus ülejäänud kaheksa piiri olulisuse ja omavahelise seotuse selgem mõtestamine ja teadvustamine.

Millest alustada, et liikuda Eesti taluvuspiiride "oma osa" väljaarvutamise suunas?

Nagu raporti eelmistes peatükkides välja toodud, ei ole planetaarsete piiride Eesti osa välja arvutamine lihtne ülesanne. Esmalt tuleb arutada ekspertide vahel läbi hulk mõisteid ja küsimusi, et jõuda kokkuleppele nende täpses tähenduses. Seejärel on vaja laialdast ja kaasavat ühiskondlikku arutelu selle üle, millist lisaväärtust taluvuspiiride Eesti osa välja arvutamine täpselt annaks, sh kuidas oleksid tulemused keskkonnapoliitikasse integreeritavad ning millised on sellega seotud kulud, võimalused ja riskid.

Oluline on kaasata Eesti teadlaskond taluvuspiiride "oma osa" väljaarvutamisse. Tuleb teha selgeks, kui palju on Eesti ülikoolides huvi ja kompetentsi planetaarsete piiride ja söörik-majanduse mõistetega tegelemiseks. Optimaalne oleks ühendada loodus- ja sotsiaalteaduslik lähenemine, et

tõlgendada kontseptsiooni ja aidata töötada välja olemasoleva informatsiooni alusel Eesti konteksti sobiv metoodika. Metoodika valikul saab kasutada antud raportis toodud ülevaadet ja viiteid erinevate riikide lähenemistele.

Käesolev raport on välja toonud olulised küsimused ja otsustuskohad “oma osa” väljaarvutamisel:

- Millised biofüüsikalised indikaatorid valida – kas tootmisel või tarbimisel põhinevad või mõlemad?
- Millist jaotusprintsipi rakendada?
- Kas hõlmata kõik piirid või osa neist? Kui osa, siis milliseid?

Eesti saaks kasutada “oma osa” välja arvutamiseks erinevate riikide eeskujusid. Kõigepealt on vaja otsustada, kas kasutada indikaatoreid, mis põhinevad tootmisel, tarbimisel või mõlemal. Rootsised arvutasid “oma osa” tarbimisel põhinevate indikaatorite alusel, mis on ilmselt lihtsamini kohaldatav kui Hollandi mudel, mis arvestas nii tootmise kui tarbimisega. Seejärel saab valida näidismudeli. Näidismudeli olemasolu aitaks tõenäoliselt kiirendada nii ühiskondlikke arutelusid kui poliitilisi otsuseid.

Alustada võib mõne üksiku planetaarse piiriga (nt elurikkus, magevee tarbimine, kliimamuutused või maakasutus), kuna neis on võrreldes teiste piiridega pikemalt andmeid kogutud ning mainitud sektorites (nt LULUCF ehk maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus) on juba katsetatud erinevate arvutusmetoodikatega, millest õppida. Sidudes mainitud valdkondades seni erinevate organisatsioonide poolt tehtud pingutused, oleks võimalik luua mitmetahuline ülevaade. Seejärel saaks tulemusi koos kasutatud metoodikate ja andmetega avalikkusele tutvustada, et luua suuremat huvi ja kandepinda nii teadlaskonnas, avalikkuses kui poliitikute seas. Kui selline lähenemine sidusgrupe kõnetab ja leitakse ka rahastus, võib minna edasi taluvuspiiride omaosaluse täieliku väljaarvutamisele.

Kontseptsiooni rakendamise arutelud peaks hõlmama ka praktilist vaadet sellele, mida see annab juurde Eesti riigile ja keskkonnapoliitikale. Väikese riigina (8 miljarit planeedi elanikku versus miljon Eesti inimest) peame kaaluma iga uue algatusega tegelemiseks vajamineva inimressursi ja ajakulu mõistlikkust. Teisalt on Eesti väiksus ka meie tugevuseks. Õppides teiste riikide kogemustest, on Eesti paindlik riik, kus olemasolevaid metoodilisi lahendusi katsetada. Õnnestumise korral on hiljem võimalik lahendust mõningate muudatustega skaleerida ka teistele (Euroopa) riikidele.

Lisaks sisaldab Maa taluvuspiiride kontseptsioon mõisteid (nt *safe and just operating space* ehk turvaline ja õiglane tegevusruum), mis tuleks keeleteadlaste abiga eestindada, et leida suupärasemad vasted ja sellega debatti lihtsustada. Läbi tuleb viia ka eetiline diskussioon õiglase jaotamise teemal. See diskussioon peaks teadlaste ringist liikuma edasi ühiskondlikku arutellu ja saama vormistatud poliitilise otsusena.

Akadeemilise huvi olemasolu aitaks luua ühiskonnas laiemat kandepinda Maa taluvuspiiride mõistele ja tõsta teema olulisust ka poliitikute seas.

Kriitilised küsimused

Eesti keskkonna- ja kliimapoliitika lähtub väga suurel määral Euroopa Liidu keskkonna- ja kliimapoliitikast. Ka planetaarsete piiride kasutuselevõtt ja selle põhjal poliitikaloo ümber kujundamine tuleb viia EL-i tasemele. See tähendab, et Eesti kujundatav lähenemine peab juba algusest peale toimuma koostöös teiste EL-i riikidega, eriti Põhjamaadega, et kontseptsioon tuleks võimalikult laiapõhjaline, rakendatav mitmetes riikides ja lähtuks EL-i poliitikast. SEI osales aastatel 2022-2023 Euroopa Keskkonnaagentuuri loodud ekspertgrupis, mis uuris võimalust arvutada välja nii EL-i kui liikmesriikide “oma osa” planetaarsetest piiridest. Arutelude käigus tuvastati mitmeid lahtisi küsimusi, mis vajavad veel otsustamist ning lepiti kokku, et edasi minnakse jalajälgede arvutamisele, mis toetab ka taluvuspiiride arvutamist. Seega ei ole EL-ist lähiaastatel suure tõenäosusega suunamuutust oodata.

Puudusena toome välja, et täna pole võimalik riike, kes on proovinud “oma osa” välja arvutada omavahel võrrelda, kuna iga riik, piirkond ja linn on piire arvanud eri viisidel. Vaja oleks meetodika harmoniseerida, mis on aga aja- ja ressursimahukas ning poliitilist toetust ja taht nõudev protsess. Sellegipoolest saaks Eesti piisava huvi korral katsetada riigi tasandil erinevaid lähenemisi Maa taluvuspiiride väljaarvutamisele ja nende tulemuste põhjal anda sisendit teistele liikmesriikidele ja EL-i tasandile.

Arvestada tuleb ka sellega, et taluvuspiiride väljaarvutamise kaasnivad eetilised küsimused, mh kas ja kuidas tuleks hüvitada keskkonnakahju riikidele, kes kannatavad meie tarbimisharjumuste tõttu negatiivset keskkonnamõju.

Planetaarsete piiride omaosaluse väljaarvutamine annaks väärtuslikku teaduspõhist sisendit riigi majandus- ja keskkonnapoliitika kujundamisel. Samas, nagu eelpool mainitud, tuleb kaaluda kasutegurit arvutusteks vajaliku suuremasse teadusprojekti investeerimisel ja arvestada ka sellega, et EL-i tasandil pole seni langetatud poliitilist otsust meetodika harmoniseerimiseks

Kokkuvõte

Planetaarsete piiride ehk Maa taluvuspiiride raamistik loodi pea viisteist aastat tagasi ja selle aja jooksul on kontseptsiooniga seotud lähenemiste ja teadusartiklite hulk iga aastaga maailmas kasvanud. Globaalsed arvutused, nagu ka Euroopa riikide “oma osa” arvutused näitavad, et me ei ela jätkusuutlikult – enamiku planetaarsete piiride künnisväärtused on praeguseks ületatud.

Eestis on planetaarsete piiride kontseptsioon pälvinud seni väga vähe tähelepanu nii ühiskonnas laiemalt kui ka akadeemilistes ringkondades. Eesti taluvuspiiride “oma osa” väljaarvutamine eeldab ühiskondlikku ja poliitilist huvi, avatud ja asjatundlikku dialoogi ning kokkulepet. Huvi korral on tarvis leida uurimisprojektiks vajalikud ressursid ja kaasata erinevaid teadlasi, kuivõrd kontseptsioon on interdistsiplinaarne.

Käesolev aruanne sisaldab ülevaadet olemasolevatest meetodikatest ja viiteid asjakohastele materjalidele. Vaatamata mõiste kasvavale populaarsusele pole kontseptsiooni integreerimine keskkonnapoliitikasse edenenud märkimisväärselt ka neis riikides, kus piirid on välja arvatud. Osaliselt on takistuseks andmete puudus. Kui riigid hakkavad “oma osa” globaalsest künnisväärtusest välja arvutama, tuleb valida välja indikaatorid. Biofüüsikaliste ja sotsiaalsete indikaatorite valimine ja arvutamine nõuab head ülevaadet andmete olemasolust ja kättesaadavusest ning pädevaid erialaeksperte. Samuti võib takistuseks saada sobiva jaotusprintsipi leidmine. Riigile eraldatava õiglase osa üle otsustamine hõlmab lisaks õigluse normatiivset hindamist. Mida peetakse õiglaseks jaotamiseks, tuleks kokku leppida ühiskondliku arutelu käigus ja vormistada poliitilise otsusena. Praegu pole selleks üleilmselt kokkulepitud põhimõtteid, millele toetuda. Samuti tuleb taluvuspiiride väljaarvutamisel olla valmis ebamugavateks küsimusteks. Vastutustundlik ja jätkusuutlik poliitikat ajav riik peaks arvestama enda tekitatud (keskkonna)kahjudega teistele riikidele, millel on oma hind.

Väljaarvutatud “oma osa” Maa taluvuspiiridest annaks asjakohast ja teaduspõhist teavet riiklike ja regionaalsete eesmärkide seadmiseks, mis jalajälje arvutamise korral hõlmaks keskkonnamõju kogu tarneahela ulatuses. Väikese ja avatud majandusega riigi puhul nagu Eesti, oleks see väärtuslik informatsioon nii tulevikuvisionide kui praktiliste otsuste tegemiseks. Seda enam, et see võimaldaks tõmmata enam tähelepanu ülejäänud kriitilise tähtsusega taluvuspiiridele, nagu näiteks elurikkuse kadu ja maakasutuse muutus, mis on seni jäänud teatud määral kliimapoliitika varju. Samas tuleb arvestada ka asjaoluga, et harmoniseeritud metodoloogia taluvuspiiride arvutamiseks praegu EL-s puudub, mistõttu tuleks Eestil endal investeerida arvestatav hulk aega ja raha, et töötada välja meetodika.

Kasutatud kirjandus

- Aguiar, A., Narayanan, B., McDougall, R., 2016. An overview of the GTAP 9 data base. *Journal of Global Economic Analysis* 1, 181–208.
- A good life for all within planetary boundaries. (s.a.). Good Life. University of Leeds. <https://goodlife.leeds.ac.uk>
- A good life for all within planetary boundaries. (2022). Country trends. University of Leeds. <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#EST>
- Amsterdam Doughnut Coalition. (s.a.). Donut pioneers at work. <https://amsterdamdonutcoalitie.nl/>
- Baldwin, R., 2011. Trade and Industrialisation after globalisation's 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain Are Different and why it Matters. National Bureau of Economic Research.
- Cabernard, L. and Pfister, S. 2021. A highly resolved MRIO database for analyzing environmental footprints and Green Economy Progress. *Science of the Total Environment*, 142587.
- Cabernard, L., Pfister, S. & Hellweg, S. 90% of global biodiversity loss from land-use change embodied in agri-food imports. *Nature Sustainability* (under review).
- Chen, S., Chen, D., Tan, Z. and Han, J., 2022. Knowledge mapping of planetary boundaries based on bibliometrics analysis. *Environ Sci Pollut Res* 29, 67728–67750.
- Chrysafi, A., Virkki, V., Jalava, M., Sandström, V., Piipponen, J., Porkka, M., Lade, S.J., La Mere, K., Wang-Erlandsson, L., Scherer, L. and Andersen, L.S., 2022. Quantifying Earth system interactions for sustainable food production via expert elicitation. *Nature Sustainability*, 5 (10), pp.830–842.
- Dao, H., Peduzzi, P., Chatenoux, B., De bOmo, A., Schwarzer, S., Friot, D., 2015. Environmental limits and Swiss footprints based on planetary boundaries, a study commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), FOEN, Geneva, Switzerland.
- Dao, H., Peduzzi, P. and Friot, D., 2018. National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. *Global environmental change*, 52, pp.49–57.
- Dawkins, E., Moran, D., Palm, V., Wood, R. and Björk, I. 2019. The Swedish footprint: A multi-model comparison. *Journal of Cleaner Production*, 209. 1578–92. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.023
- Domazet, R.M.A., Ančić, B., Andersen, R.B.L., Brajdić Vuković, M., Pungas, L., Medak, T., 2020. Mental Models of Sustainability: The Degrowth Doughnut Model. In: *Encyclopedia of the World's Biomes*, 5:276–286.
- Doughnut Economics Action Lab (DEAL). (s.a.). About Doughnut Economics. <https://doughnuteconomics.org/about-doughnut-economics>
- Doughnut Economics Action Lab (DEAL). (2020). Exploring National Doughnuts. <https://doughnuteconomics.org/tools/22>
- Euroopa Keskkonnaagentuur (2019). The European environment — state and outlook 2020: knowledge for transition to a sustainable Europe (SOER 2020), <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>
- European Environment Agency/Federal Office for the Environment FOEN (2020). Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries. European Environment Agency (EEA), Copenhagen, and Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, EEA Report No 01/2020. <https://www.eea.europa.eu/publications/is-europe-living-within-the-planets-limits>
- Eriksson, L., 2022. Living within the limits of our planet – a Swedish perspective. <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/7000/978-91-620-7092-2/>
- Fanning, A.L., O'Neill, D.W., Hickel, J. and Roux, N., 2022. The social shortfall and ecological overshoot of nations. *Nature Sustainability*, 5(1), pp.26–36.
- Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M. and Pastor, A.V., 2013. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: role of environmental flow requirements. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), pp.551–558.
- Giljum, S., Lutz, C., Jungnitz, A., 2008. The global resource accounting model (GRAM). A methodological concept paper. *SERI Studies* 8.
- Gupta, J., Liverman, D., Prodani, K. et al. Earth system justice needed to identify and live within Earth system boundaries. *Nat Sustain* 6, 630–638 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01064-1>
- Häyhä, T., Lucas, P.L., van Vuuren D.P., 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, 60–72.

- IRP, 2019. Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want. Oberle B, Bringezu S, Hatfield-Dodds S, Hellweg S, Schandl H, Clement J, and Cabernard L, Che N, Chen D, Droz-Georget H, Ekins P, Fischer-Kowalski M, Flörke M, Frank S, Froemelt A, Geschke A, Haupt M, Havlik P, Hüfner R, Lenzen M, Lieber M, Liu B, Lu Y, Lutter S, Mehr J, Miatto A, Newth D, Oberschelp C, Obersteiner M, Pfister S, Piccoli E, Schaldach R, Schüngel J, Sonderegger T, Sudheshwar A, Tanikawa H, van der Voet E, Walker C, West J, Wang Z, Zhu B. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- Kallas, K. 2023. Uuring: inimkond olevat ületanud Maa taluvuspiiri kuues valdkonnas. Objektiiv 16.10.2023, <https://objektiiv.ee/uuring-inimkond-olevat-uletanud-maa-taluvuspiiri-kuues-valdkonnas/>
- Kontro, K. 2023. Kliiminister Michal: tossavate ja saastavate äride lõpp paistab, Eesti Päevalehe Roheportaal 26. aprill 2023, <https://roheportaal.delfi.ee/artikkel/120177234/kliiminister-michal-tossavate-ja-saastavate-aride-lopp-paistab>
- Kolk, M 2023. Uuring: pea kõik Maa taluvuspiirid on ületatud. Postimees 14. september 2023, <https://teadus.postimees.ee/7854930/uuring-pea-koik-maa-taluvuspiirid-on-uletatud>
- Lade, S. J., Norberg, J., Anderies, J. M., Beer, C., Cornell, S. E., Donges, J. F., Fetzer, I., Gasser, T., Richardson, K., Rockström, J. and Steffen, W., 2019. Potential feedbacks between loss of biosphere integrity and climate change. *Global Sustainability*. Cambridge University Press, 2, p. e21. doi: 10.1017/sus.2019.18.
- Lenzen, M., Kanemoto, K., Moran, D., Geschke, A., 2012. Mapping the structure of the world economy. *Environ. Sci. Technol.* 46, 8374–8381.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Geschke, A., 2013. Building Eora: a global multiregion input–output database at high country and sector resolution. *Econ. Syst. Res.* 25, 20–49.
- Lesueur, T., Larrieu, C., Morard, V., Joassard, I., Albizzati, C., Irz, P., Janvier, F., Kraszewski, M., Lodirot, A., Quintelier, C., Rossi, E., Ricaud, E., Moreau, S., Bourges, B., Eumont, D., Guzmova, L., Colas, S., Lamprea, K., Cerisier-Auger, A., Leveque, A., Antoni, V., Magnier, C., Baude, M., Eumont, D., Gauche, M., Parisse, S., Scribe, C., Margontier, S., Nauroy, F., Guilhen, J.-M., Mauge, J., Pasquier, J.-L., Parisse, S., Dossat-Thauvin, V., Margontier, S., Pautard, E. and Venus, S., 2019. The environment in France - Edition 2019 Synthesis report (INIS-FR--21-1319). France.
- Lewis, S., 2012. We must set planetary boundaries wisely. *Nature* 485, 417 <https://doi.org/10.1038/485417a>
- Los, B., Timmer, M.P., de Vries, G.J., 2015. How global are global value chains? A new approach to measure international fragmentation. *J. Reg. Sci.* 55, 66–92.
- Lucas, P. and Wilting, H., 2018. Using planetary boundaries to support national implementation of environment-related Sustainable Development Goals, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Lucht, W., Werner, C., Gerten, D., 2021. Planetare ökologische Grenzen einhalten: Nordrhein-Westfalen in der Klima- und Umweltkrise. <https://www.umwelt.nrw.de/extern/broschuerenbestellung/#15583>
- Luukkanen, Jyrki, Jarmo Vehmas, and Jari Kaivo-oja. 2021. "Quantification of Doughnut Economy with the Sustainability Window Method: Analysis of Development in Thailand" *Sustainability* 13, no. 2: 847. <https://doi.org/10.3390/su13020847>
- Nykvist, B., Persson, A., Moberg, F., Persson, L., Cornell, S., Rockström, J., 2013. National environmental performance on planetary boundaries — a study for the Swedish Environmental Protection Agency, Report No 6576, Stockholm Resilience Centre and Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden https://www.stockholmresilience.org/download/18.416c425f13e06f977b118b5/1459560243445/National%20Environmental%20Performance%20on%20Planetary%20Boundaries_Rapport%206576_NV_2013.pdf
- O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F. and Steinberger, J.K., 2018. A good life for all within planetary boundaries. *Nature sustainability*, 1(2), 88–95.
- Peters, G.P., Hertwich, E.G., 2008. CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. ACS Publications.
- Raworth, K. 2012. A safe and just space for humanity: Can we live within the doughnut? Oxfam Discussion Papers. https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en_5.pdf
- Raworth, K. 2017. Doughnut economics: seven ways to think like a 21st century economist. White River Junction, Vermont, Chelsea Green Publishing
- Rees, W.E., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4, 2, 121–130.
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W. and Feulner, G., 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), p.eadh2458.
- Riigikantselei 2022. Rohepoliitika ekspertrühma raport. <https://www.valitsus.ee/media/4870/download>
- Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S.J., Abrams, J.F., Andersen, L.S., Armstrong McKay, D.I., Bai, X., Bala, G., Bunn, S.E. and Ciobanu, D., 2023. Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, pp.1–10.

- Rockström, J. and Klum, M., 2015. *Big World, Small Planet: Abundance within Planetary Boundaries*. New Haven: Yale University Press: <https://doi.org/10.12987/9780300219319> (eesti keeles: Suur maailm, väike planeet. Küllus planetaarsete piiride raames. Tänapäev, 2016)
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J. and Nykvist, B., 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Schlüter, K. et al 2022. Doughnut Economics as a Strategic Compass: How municipal strategists can use doughnut economics for impact-oriented transformation. PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH, accessible: https://www.pd-g.de/assets/PD-Impulse/220811_PD-Impulse_Doughnut_Economics__English.pdf
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., et al., 2018. EXIOBASE 3: developing a time series of detailed environmentally extended multiregional input-output tables. *J. Ind. Ecol.* 22, 502–515.
- 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. and Folke, C., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), p.1259855.
- Steffen, W. and Stafford Smith M., 2013. Planetary boundaries, equity and global sustainability: why wealthy countries could benefit from more equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(3), 403–408.
- Stratford, B. and O'Neill, D.W. (2020). *The UK's Path to a Doughnut-Shaped Recovery*. University of Leeds, Leeds, UK. <https://goodlife.leeds.ac.uk/doughnut-shaped-recovery>
- Tamm, K. 2022. Süsihappegaasist on tehtud võluvõtmeke kõigi probleemide lahendamiseks, aga see lahendab vaid mõned. Postimees 23.11.2022. <https://arvamus.postimees.ee/7655168/kaidi-tamm-susihappegaasist-on-tehtud-volvotmeke-koigi-probleemide-lahendamiseks-aga-see-lahendab-vaid-moned>
- The Amsterdam City Doughnut: A tool for transformative action. (2020). <https://doughnuteconomics.org/amsterdam-portrait.pdf>
- Timmer, M.P., Erumban, A.A., Los, B., Stehrer, R., De Vries, G.J., 2014. Slicing up global value chains. *J. Econ. Perspect.* 28, 99–118.
- Timmer, M.P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., De Vries, G.J., 2015. An illustrated user guide to the world input–output database: the case of global automotive production. *Rev. Int. Econ.* 23, 575–605.
- Tukker, A., Dietzenbacher, E., 2013. Global multiregional input–output frameworks: an introduction and outlook. *Econ. Syst. Res.* 25, 1–19.
- Tukker, A., Pollitt, H., Henkemans, M., 2020. *Consumption-based Carbon Accounting: Sense and Sensibility*. Taylor & Francis.
- Turner, A.R., Wills, J. 2022. Downscaling doughnut economics for sustainability governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. DOI: 10.1016/j.cosust.2022.101180
- Van Vuuren D.P. and Bouwman L.F., 2005. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions. *Ecological Economics* 52(1), 43–62.
- Wackernagel, M., 2004. *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability*.
- Wedoux, B., Schulmeister-Oldenhove, A. 2021. *Stepping up? The continuing impact of EU consumption on nature worldwide*. WWF European Policy Office.
- Wiebe, K.S., Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C., 2012. Calculating energy-related CO2 emissions embodied in international trade using a global input–output model. *Econ. Syst. Res.* 24, 113–139.
- Wiedmann, T., 2009. A review of recent multi-region input–output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecol. Econ.* 69, 211–222.
- Yamano, N., Webb, C., 2018. Future development of the inter-country input-output (ICIO) database for global value chain (GVC) and environmental analyses. *J. Ind. Ecol.* 22, 487–488.

Summary

Planetary boundary concept: Overview and prospects for the implementation of the concept in Estonia

Tiiu Pedusaar and Kaidi Tamm

The concept of planetary boundaries is almost fifteen years old, and during this time the number of scientific articles related to the concept has grown year by year in the world. Global calculations, as well as calculations of the “own contribution” of European countries, show that we are not living sustainably – the thresholds of most planetary boundaries have now been exceeded.

Despite its growing popularity the integration of the concept into environmental policy has not made significant progress even in countries that have calculated their share. In part, the resistance may be due to the difficulty of finding a suitable distribution principle. Also deciding on the fair share allocated to each state involves normative assessment of fairness, which can be difficult to determine and agree upon. What is considered a fair distribution is a political decision that does not have a globally agreed principle. Furthermore, the selection and calculation of biophysical indicators requires a good overview of the presence and availability of data, as well as the knowledge of an expert with a relevant specialty.

So far, the concept of planetary boundaries has gained little attention in Estonia, both among the general population, in the academic circles as well as in the politics. The calculation of tolerance limits (own share) for Estonia would require a social and political debate and an agreement, as well as the involvement of researchers from various fields, since the concept is interdisciplinary.

The calculated own share would provide relevant information for setting national targets that would include environmental impacts throughout the supply chain if the footprint is calculated. In the case of a country with a small and open economy, such as Estonia, this would be valuable information for visioning the future and making science-based decisions. Also, starting a discussion on planetary boundaries would enable to draw some much-needed attention to the other 8 planetary boundaries next to the climate change boundary, raising awareness and informing decision-making. However, there are also other factors to consider, including the fact the planetary boundaries are not among the priority topics on the EU level and that Estonian environmental policy is aligned with the EU policy. As there is no harmonized approach for calculating its own national share, Estonia would need to invest significantly in research to develop a sound methodology. On a positive note, Estonia would have a chance to be a forerunner in this area.

Lisa 1

Planetaarne piir	Autor	Indikaator	Ühik	Künnisväärtus	Andmeallikas
Nitrogen cycle	Röckström et al 2009; Supplementary Information	Amount of N ₂ removed from atmosphere for human use	Mt N/ year	35	Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B. and Cosby, B.J. The nitrogen cascade. <i>BioScience</i> 53, 341-356 (2003). Galloway, J.N., Townsend, A.R., Erisman, J.W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J.R., Martinelli, L.A., Seitzinger, S.P. and Sutton, M.A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. <i>Science</i> 320, 889-892 (2008).
	Steffen et al 2015; Supplementary Information; Lucas et al 2018	Global: industrial and intentional biological fixation of N	TgN/year	62	W. de Vries, J. Kros, C. Kroeze, S. P. Seitzinger, Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. <i>Curr. Opinion Environ. Sust.</i> 5, 392-402 (2013). 10.1016/j.cosust.2013.07.004 doi:10.1016/j.cosust.2013.07.004
	Dao et al 2018; Supplementary material	N losses (agricultural N losses from N-fertilisers and manure)	TgN/year	47.60	Hy Dao, Pascal Peduzzia, Damien Friot. National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. <i>Global Environmental Change Volume 52</i> , 49-57 (2018). Supplementary Information.; N footprint calculation is based on FOEN database; 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 (No. 6576).
	O' Neill et al 2018; Supplementary information	Nitrogen (Consumption-based allocation of nitrogen from applied fertilizer);	TgN/year	62	Eora MRIO database; SEDAC; Potter, P., Ramankutty, N., Bennett, E. M. & Donner, S. D. Global Fertilizer and Manure, Version 1: Phosphorus Fertilizer Application (NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), 2011). <http://dx.doi.org/10.7927/H4FQ9TJR>.
	Fanning et al 2021; Supplementary information	Nitrogen (Consumption-based allocation of nitrogen from applied fertilizer);	TgN/year	62	Bouwman, A. F. et al. Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. <i>Sci. Rep.</i> 7, 40366 (2017). Oita, A. et al. Substantial nitrogen pollution embedded in international trade. <i>Nat. Geosci.</i> 9, 111-115 (2016).
Phosphorus cycle	Röckström et al 2009; Supplementary Information	Inflow of phosphorus to ocean, increase compared with natural background weathering	Mt P/ year	11	Mackenzie, F. T., L. M. Ver, and A. Lerman. 2002. Century-scale nitrogen and phosphorus controls of the carbon cycle. <i>Chemical Geology</i> 190:13-32.
	Steffen et al 2015; Supplementary Information	Global: P flow from freshwater systems into the ocean	TgP/year	11	Mackenzie, F. T., L. M. Ver, and A. Lerman. 2002. Century-scale nitrogen and phosphorus controls of the carbon cycle. <i>Chemical Geology</i> 190:13-32.
		Regional: P flow from fertilizers to erodible soils (cropland soils)	TgP/year	6.2	S. R. Carpenter, E. M. Bennett, Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. <i>Environ. Res. Lett.</i> 6, 014009 (2011). 10.1088/1748-9326/6/1/014009 doi:10.1088/1748-9326/6/1/014009
	Dao et al 2018; Supplementary material	P losses (the consumption of P-fertilisers)	TgP/year	38.5	Hy Dao, Pascal Peduzzia, Damien Friot. National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. <i>Global Environmental Change Volume 52</i> , 49-57 (2018). Supplementary Information. Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Billen, G., 2009. Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970-2050. <i>Glob. Biogeochem. Cycles</i> 23, GB0A04. https://doi.org/10.1029/2009GB003576 Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Hoek, K.W.V.D., Beusen, A.H.W., Vuuren, D.P.V., Willems, J., Rufino, M.C., Stehfest, E., 2013. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-2050 period. <i>Proc. Natl. Acad. Sci.</i> 110, 20882-20887. https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108
	Lucas et al 2018	P fertiliser use	TgP/year	6.2	S. R. Carpenter, E. M. Bennett, Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. <i>Environ. Res. Lett.</i> 6, 014009 (2011). 10.1088/1748-9326/6/1/014009 doi:10.1088/1748-9326/6/1/014009; Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., Fetzer I., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. <i>Science</i> 347(6223).
	O' Neill et al 2018; Supplementary information	Phosphorus (Consumption-based allocation of phosphorus from applied fertilizer)	TgP/year	6.2	Eora MRIO database; SEDAC; Potter et al 2010
	Fanning et al 2021; Supplementary information	Phosphorus (Consumption-based allocation of phosphorus from applied fertilizer)	TgP/year	6.2	Bouwman, A. F. et al. Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. <i>Sci. Rep.</i> 7, 40366 (2017). Oita, A. et al. Substantial nitrogen pollution embedded in international trade. <i>Nat. Geosci.</i> 9, 111-115 (2016). Eora MRIO database.

Land system change	Röckström et al 2009; Supplementary Information; Lucas et al 2018	Percentage of global land cover converted to cropland	%	15	Klein, Goldewijk., K. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database. <i>Global Biogeochemical Cycles</i> 15:417-434 (2001). Ramankutty, N., A. T. Evan, C. Monfreda, and J. A. Foley. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. <i>Global Biogeochemical Cycles</i> 22:GB1003.doi:10.1029/2007GB002952.;FAO (2008)
	Steffen et al 2015; Supplementary Information	Global: area of forested land as % of original forest cover	%	75	P. K. Snyder, C. Delire, J. A. Foley, Evaluating the influence of different vegetation biomes on the global climate. <i>Clim. Dyn.</i> 23, 279–302 (2004). doi:10.1007/s00382-004-0430-0
		Biome: area of forested land as % of potential forest	%	tropical 85; temperate 50;boreal 85	P. K. Snyder, C. Delire, J. A. Foley, Evaluating the influence of different vegetation biomes on the global climate. <i>Clim. Dyn.</i> 23, 279–302 (2004). doi:10.1007/s00382-004-0430-0. O. Arino et al., Global Land Cover Map for 2009 (GlobCover 2009). (European Space Agency & Université Catholique de Louvain, 2012); doi:10.1594/PANGAEA.787668; P. C. West, G. T. Narisma, C. C. Barford, C. J. Kucharik, J. A. Foley, An alternative approach for quantifying climate regulation by ecosystems. <i>Front. Ecol. Environ</i> 9, 126–133 (2010). doi:10.1890/090015. M. D. Oyama, C. A. Nobre, C.A., A new climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. <i>Geophys. Res. Lett.</i> 30, 2199 (2003). 10.1029/2003GL018600 doi:10.1029/2003GL018600. P. Good, C. Jones, J. Lowe, R. Betts, N. Gedney, Comparing tropical forest projections from two generations of Hadley Centre Earth System Models, HadGEM2-ES and HadCM3LC. <i>J. Clim.</i> 26, 495–511 (2013). 10.1175/JCLI-D-11-00366.1 doi:10.1175/JCLI-D-11-00366.1. M. Hirota, M. Holmgren, E. H. Van Nes, M. Scheffer, Global resilience of tropical forest and savanna to critical transitions. <i>Science</i> 334, 232–235 (2011). 10.1126/science.1210657 Medline doi:10.1126/science.1210657. J. A. Foley, G. P. Asner, M. H. Costa, M. T. Coe, R. DeFries, H. K. Gibbs, E. A. Howard, S. Olson, J. Patz, N. Ramankutty, P. Snyder, Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. <i>Front. Ecol. Environ</i> 5, 25–32 (2007). doi:10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2
	Dao et al 2018; Supplementary information	Anthropised land area , agricultural and urbanised (sealed) land	million km ²	1,936,200	FAOSTAT, GlobCover portal, MODIS map, Frischknecht, R., Itten, R., Büsser Knöpfel, S., 2013. Tracking Important Environmental Impacts Related to Domestic Consumption. Federal Office for the Environment FOEN, Bern, Switzerland.
	O' Neill et al 2018; Supplementary information	eHANPP (Consumption-based allocation of the human appropriation of net primary production embodied in final biomass products)	Gt C/ year	18.2	Kastner, T., Erb, K.-H. & Haberl, H. Global Human Appropriation of Net Primary Production for Biomass Consumption in the European Union, 1986–2007. <i>J. Ind. Ecol.</i> 19, 825–836 (2015).
	Fanning et al 2021; Supplementary information	HANPP (Consumption-based allocation of the human appropriation of net primary production embodied in final biomass products)	Gt C/ year	18.2	Roux, N., Kastner, T., Erb, K.-H. & Haberl, H. Does agricultural trade reduce pressure on land ecosystems? Decomposing drivers of the embodied human appropriation of net primary production. <i>Ecol. Econ.</i> 181, 106915 (2021).Kastner, T., Erb, K.-H. & Haberl, H. Global Human Appropriation of Net Primary Production for Biomass Consumption in the European Union, 1986–2007. <i>J. Ind. Ecol.</i> 19, 825–836 (2015).
Freshwater use	Röckström et al 2009; Supplementary Information	Consumptive use of withdrawn runoff	km ³ /year	4000	Shiklomanov, I.A. World water use and water availability. In: <i>World Water Resources in the Beginning of the 21st Century</i> (Eds. Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C.) (Cambridge University Press, Cambridge, pp. 369-384, 2003). Gleick, P.H. Water use. <i>Annu. Rev. Environ. Resour.</i> 28, 275-314 (2003).
	Gerten et al 2013	Global consumptive anthropogenic freshwater use	km ³ /year	2800	Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., et al., 2013. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: role of environmental flow requirements. <i>Curr. Opin. Environ. Sustain.</i> 5, 551–558. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.001
	Steffen et al 2015; Supplementary Information	Global:Maximum amount of consumptive blue water use	km ³ /year	4000	Shiklomanov, I.A. World water use and water availability. In: <i>World Water Resources in the Beginning of the 21st Century</i> (Eds. Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C.) (Cambridge University Press, Cambridge, pp. 369-384, 2003). Gleick, P.H. Water use. <i>Annu. Rev. Environ. Resour.</i> 28, 275-314 (2003).
		Basin: blue water withdrawal as % of mean monthly river flow	%	for low-flow months 25; for intermediate-flow months 40; for high-flow months 55	A. V. Pastor, F. Ludwig, H. Biemans, H. Hoff, P. Kabat, Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. <i>Hydrol. Earth Syst. Sci.</i> 18, 5041–5059 (2014). doi:10.5194/hess-18-5041-2014
	O' Neill 2018; Supplementary information	Blue water	km ³ /year	4000	Water Footprint Network
	Gleeson et al 2020	Not specified		not specified	Gleeson et al 2020 The Water Planetary Boundary: Interrogation and Revision. <i>One Earth</i> , 2, 3, 223-234.

Biodiversity loss	Röckström et al 2009; Supplementary Information	Extinction rate	E/MSY (extinctions per million species per year)	10	Pimm, S. L., P. Raven, A. Peterson, Ç. H.Sekercioglu, and P. Ehrlich. 2006. Human impacts on the rates of recent, present and future bird extinctions. Proceedings of the National Academy of Sciences 103(29):10941–10946. Mace, G., H. Masundire, J. Baillie, . 2005. Biodiversity. Pages 79–115 in H. Hassan, R. Scholes, and N. J. Ash, editors. Ecosystems and human wellbeing: current state and trends. Island Press, Washington, D.C., USA.
	Steffen et al 2015; Supplementary information	Extinction rate	E/MSY	10	Pimm, S. L., P. Raven, A. Peterson, Ç. H.Sekercioglu, and P. Ehrlich. 2006. Human impacts on the rates of recent, present and future bird extinctions. Proceedings of the National Academy of Sciences 103(29):10941–10946. Mace, G., H. Masundire, J. Baillie, . 2005. Biodiversity. Pages 79–115 in H. Hassan, R. Scholes, and N. J. Ash, editors. Ecosystems and human wellbeing: current state and trends. Island Press, Washington, D.C., USA.
		Biodiversity intactness index	%	90	R. J. Scholes, R. Biggs, A biodiversity intactness index. Nature 434, 45–49 (2005). 10.1038/nature03289 Medline doi:10.1038/nature03289
	Lucas et al 2018	Mean species abundance loss	%	28	Alkemede R., Van Oorschot M., Miles L., Nellemann C., Bakkenes M. and Ten Brink B. (2009). GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. Ecosystems 12(3), pp. 374–390.Schipper A., Bakkenes M., Meijer J., Alkemede R. and Huijbregts M. (2016). The GLOBIO model. A technical description of version 3.5. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
	Dao et al 2018; Supplementary information	The potential damages to biodiversity per land cover types accounting for the level of biodiversity per biome (BDP)	unitless	0.16	Baan, L. de, Alkemede, R., Koellner, T., 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: a global approach. Int. J. Life Cycle Assess. 18, 1216–1230. https://doi.org/10.1007/s11367-012-0412-0 . Frischknecht, R., Itten, R., Büsser Knöpfel, S., 2013. Tracking Important Environmental Impacts Related to Domestic Consumption. Federal Office for the Environment FOEN, Bern, Switzerland.
Climate change	Röckström et al 2009; Supplementary Information	Atmospheric CO ₂ concentration	ppm	350	NOAA (2009) NOAA database (Mauna Loa Observatory), Database 0065. Accessed July 2009. URL: http://www.mlo.noaa.gov/ ; J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. Foley, Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecol.Soc. 14, 32 (2009). http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ ; Hansen, J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M.Raymo, D. L. Royer, and J. C. Zachos. 2008.Target atmospheric CO ₂ : where should humanity aim? Open Atmospheric Science Journal 2:217–231. doi:10.2174/1874282300802010217; IPCC 2007
		Energy imbalance at top of atmosphere	W m ⁻²	1	NOAA (2009) NOAA database (Mauna Loa Observatory), Database 0065. Accessed July 2009. URL: http://www.mlo.noaa.gov/ ; J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. Foley, Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecol.Soc. 14, 32 (2009). http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ ; Hansen, J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M.Raymo, D. L. Royer, and J. C. Zachos. 2008.Target atmospheric CO ₂ : where should humanity aim? Open Atmospheric Science Journal 2:217–231. doi:10.2174/1874282300802010217; IPCC 2007
	Steffen et al 2015	Atmospheric CO ₂ concentration	ppm	350	J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. Foley, Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecol. Soc. 14, 32 (2009). http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
		Energy imbalance at top of atmosphere	W m ⁻²	1	J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. Foley, Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecol. Soc. 14, 32 (2009). http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
	Dao et al 2018; Supplementary information	CO ₂ emissions per capita (for 2015)	Gt CO ₂ e/year	12.3	Hy Dao, Pascal Peduzia, Damien Friot. National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. Global Environmental Change Volume 52 , 49-57 (2018). Supplementary Information.
	Lucas et al 2018	CO ₂ emissions	Gt CO ₂	400	Van Vuuren D.P., Boot P., Ros J., Hof A.F. and Den Elzen M.G.J. (2017). The implications of the Paris climate Agreement for the Dutch climate policy objectives. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.Lucas and Wiltng (2018), Using planetary boundaries to support national implementation of environment-related Sustainable Development Goals, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. www.pbl.nl/en/ ; IPCC 2014
	O'Neill et al 2018; Supplementary information	Atmospheric CO ₂ concentration per capita (Consumption based allocation of CO ₂ emissions from energy and cement production)	t CO ₂ /year	1.61	Eora MRIO database
	Fanning et al 2021; Supplementary information	CO ₂ emissions (Consumption-based allocation of CO ₂ emissions from energy and cement production)	Gt CO ₂ /year	770	Lenzen, M., Kanemoto, K., Moran, D. & Geschke, A. Mapping the Structure of the World Economy. Environ. Sci. Technol. 46, 8374–8381 (2012). Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K. & Geschke, A. Building Eora: A Global Multi-Region Input–Output Database at High Country and Sector Resolution. Econ. Syst. Res. 25, 20–49 (2013).Gütschow, J. et al. The PRIMAP-hist national historical emissions time series. Earth Syst. Sci. Data 8, 571–603 (2016).

Lisa 2

Potentsiaalsed andmete allikad sotsiaalsetele indikaatoritele

#	Indicator	Source	Source indicator name/ID	Availability (years)	Potential thresholds (Based on Fanning et al. 2022)
1	Life Satisfaction	Eurostat	Eurostat ILC_PW01, scale 0-10	2013; 2018;2021; 2022	6.5 out of 10 (using data combined from 3 different sources)
2	Life expectancy	Eurostat	Life expectancy at birth by sex [TPS00205]	2010-2021	<i>threshold of 74 years for life expectancy, which was considered comparable to the threshold of 65 years of "healthy life expectancy at birth" proposed by O'Neill et al.</i>
3	Nutrition	FAOSTAT	SDG 2.1.2 Prevalence of moderate or severe food insecurity	2015-2020	
		UNData / FaoSTAT	Per capita food supply variability (kcal/cap/day)	2000-2019	2700 kcal per person per day
4	Sanitation	Eurostat	Population having neither a bath, nor a shower, nor indoor flushing toilet in their household by poverty status (sdg_06_10)	2003-2020	95 % of population with access to improved sanitation facilities. (using World Bank data that is no longer available as such?)
5	Income poverty	Eurostat	SDG_01_10: People at risk of poverty or social exclusion	2015-2021	95 % of the population living above the \$5.50 a day line
6	Access to Energy	World Bank	Access to electricity (% of population) (EG. ELC.ACCS.ZS)	1990-2020	% of population
7	Education	World Bank	Several options		95 % gross enrolment in secondary education
		Eurostat	Several options to choose from, e.g: Out-of-school rate in population of upper secondary school age, by sex [EDUC_UOE_ENRA29]	2015-2021	
8	Social support	Eurostat	Overall perceived social support by sex, age and educational attainment level HLTH_EHIS_SS1E	2019	0.9 or 90 % of population saying that they have someone to count on in times of need (based on World Happiness report social support indicator)
9	Democratic quality	Worldwide Governance Indicators	Average of: 1) Voice and accountability 2) Political Stability and Absence of Violence/ Terrorism from Worldwide Governance Indicators (Kaufmann & Kraay, 2023)	1996-2021	7 out of 10
10	Equality	Standardized World Income Inequality Database	Gini coefficient, disposable income (gini_disp) (Solt, 2020) https://fsolt.org/swiid/	1960-2020(2021)	Minimum of 0.7
11	Employment	Eurostat	Total unemployment rate [TPS00203]	2011-2022	6% unemployment
		Eurostat	Employment rate by sex [SDG_08_30]	2009-2022	94% employment

Visit us

SEI Headquarters

Linnégatan 87D
Box 24218
104 51 Stockholm Sweden
Tel: +46 8 30 80 44
info@sei.org

Måns Nilsson
Executive Director

SEI Africa

World Agroforestry Centre
United Nations Avenue Gigiri
P.O. Box 30677 Nairobi 00100 Kenya
Tel: +254 20 722 4886
info-Africa@sei.org

Philip Osano
Centre Director

SEI Asia

Chulalongkorn University
Henri Dunant Road Pathumwan
Bangkok 10330 Thailand
Tel: +66 2 251 4415
info-Asia@sei.org

Niall O'Connor
Centre Director

SEI Latin America

Calle 71 # 11-10
Oficina 801
Bogotá Colombia
Tel: +57 1 6355319
info-LatinAmerica@sei.org

David Purkey
Centre Director

SEI Oxford

Oxford Eco Centre
Roger House Osney Mead
Oxford OX2 0ES UK
Tel: +44 1865 42 6316
info-Oxford@sei.org

Ruth Butterfield
Centre Director

SEI Tallinn

Arsenal Centre
Erika 14
10416 Tallinn Estonia
Tel: +372 6276 100
info-Tallinn@sei.org

Lauri Tammiste
Centre Director

SEI York

University of York
Heslington
York YO10 5NG UK
Tel: +44 1904 32 2897
info-York@sei.org

Sarah West
Centre Director

SEI US Main Office

11 Curtis Avenue
Somerville MA 02144-1224 USA
Tel: +1 617 627 3786
info-US@sei.org

Michael Lazarus
Centre Director

SEI US Davis Office

501 Second Street
Davis CA 95616 USA
Tel: +1 530 753 3035

SEI US Seattle Office

1402 Third Avenue Suite 925
Seattle WA 98101 USA
Tel: +1 206 547 4000
