

Planeedi Maa piirid

Valdur Lahtvee

Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna keskuse

Vanemeksper

11 700 aastat on möödas meie praeguse ajastu, holotseeni, algusest.

1950. aasta on praeguseks pakutud antropotseeni alguse ligikaudne aeg.



Planetaarsete piiridega arvestamine – säästva arengu põhipostulaat

„Säästva arengu esimene postulaat: planetaarsete piiridega arvestamine! Tuleb olla loodusvarade suhtes säästlik ja kokkuhoidlik, et neid jätkuks ka tulevastele põlvedele. Loodusvarade all ei peeta silmas mitte ainult maavarasid, vaid kõike elavat, mis toodab, reguleerib ja tagab inimese enda eksistentsi. Olgu selleks siis liigid, elupaigad, vesi, õhk, muld, tolmeldamine, veepuhastus, ja kõik aineringed, mille toimimine tagab elu. Oluline on mõista looduslike protsesside toimimist ja inimese mõju neile ning arvestada võimalike tagajärgedega“.

Väljavõte Kaja Petersoni artiklist „Ühise planeedi kontseptsioon ehk kuidas mõista ja õpetada säästvat arengut?“ ajalehes Õpetajate Leht 31. mail 2013

ÜRO Säästva Arengu Eesmärgid

SDG12: Responsible Consumption and Production saavutamise seis

- Materjalikasutuse jalajälg elaniku kohta on kõrge sissetulekuga riikides 10 korda suurem kui madala sissetulekuga riikides. Maailm on samuti tõsiselt maha jäänud oma püüdlustes vähendada 2030. aastaks poole võrra toidu raiskamist elaniku kohta.
- Ülemaailmsed kriisid kutsusid esile fossiilkütuste toetuste taastumise, mis aastatel 2020–2021 peaaegu kahekordistus.
- Ettevõtte jätkusuutlikkuse aruandlus ja keskkonnahoiu eesmärkide rakendamine riigihangetes on suurenenud kuid säästva tarbimise ja säästva turismi osakaal langeb.

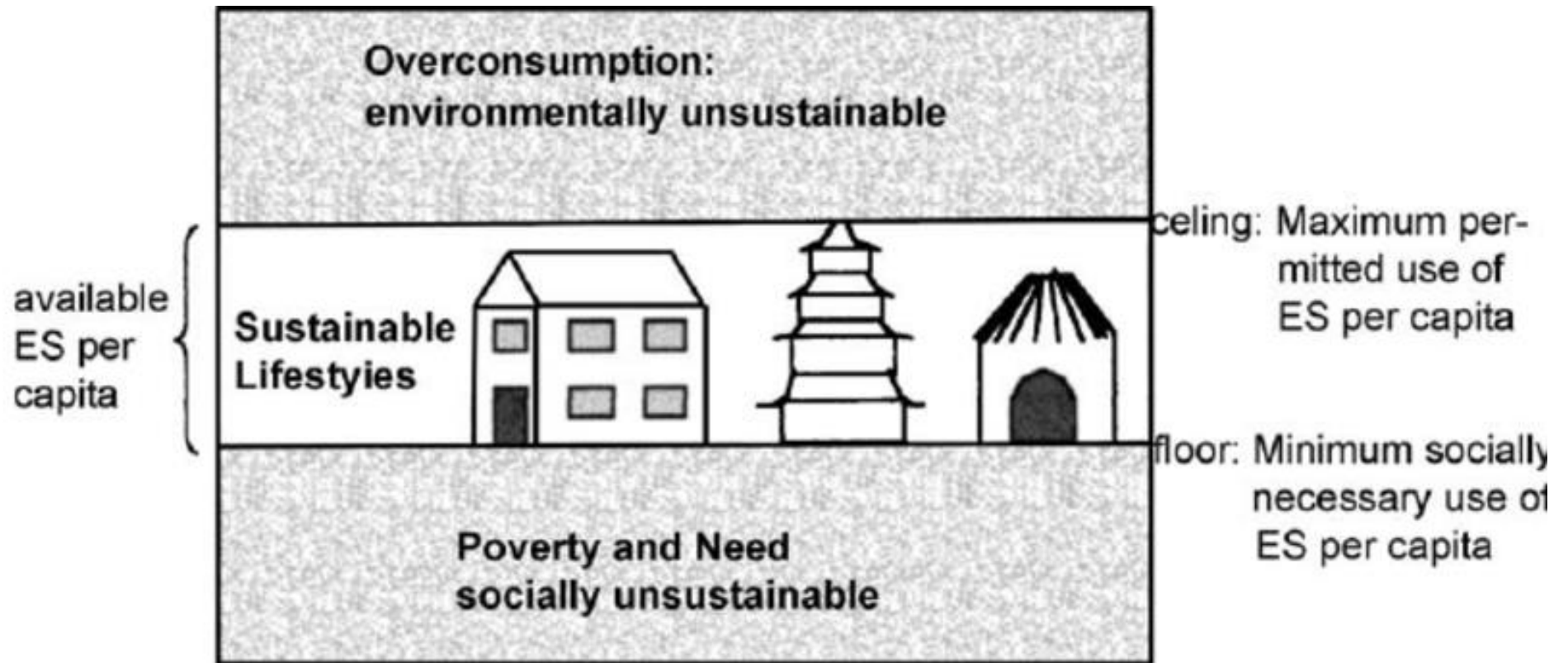
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>



Maa taluvuspiiride mõõtmine

Loodusvarade tarbimise järgi

Euroopa Maa Sõprade keskkonnaruumi kontseptsioon aastast 1994

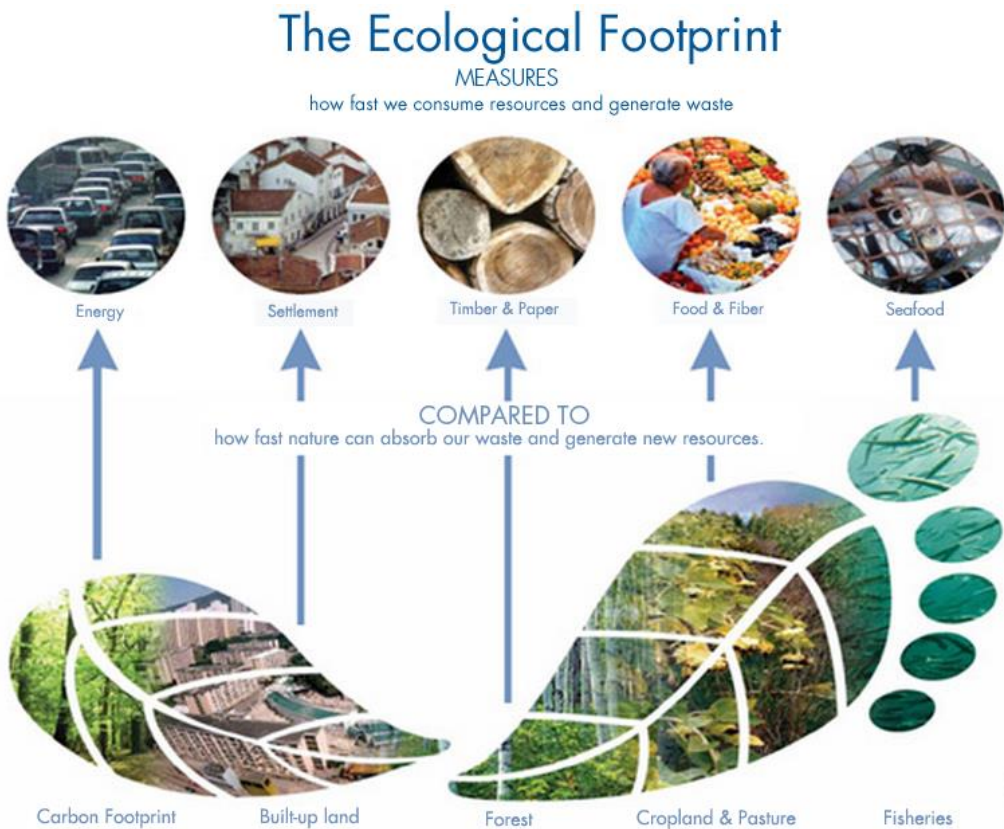


Source: Spangenberg 1995a

Euroopa Keskkonnaagentuuri kokkuvõtte kontseptsioonist

<https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-078-2/download>

Ökoloogiline jalajälg



Ökoloogiline jalajälg on summaarne näitaja, mis väljendab inimeste keskkonnakasutuse suurust võrreldes Maa ökosüsteemide taastootmisvõimega.

Ökoloogilise jalajälje arvutamisel lähtutakse inimtegevuse vajadusest selliste ökosüsteemi toodete ja teenuste järele, mis tulenevad maakera pinna suutlikkusest kasvatada elusainet.

Seda meetodit kasutades saab hinnata, kui suurt Maad (või mitu Maad) oleks vaja, et rahuldada iga inimese vajadusi, tulenevalt tema elustiilist.

Andmestu saab küsida tasuta:

<https://www.footprintnetwork.org/licenses/public-data-package-free/>

Arvuta oma jalajärg <https://www.footprintcalculator.org/home/en>

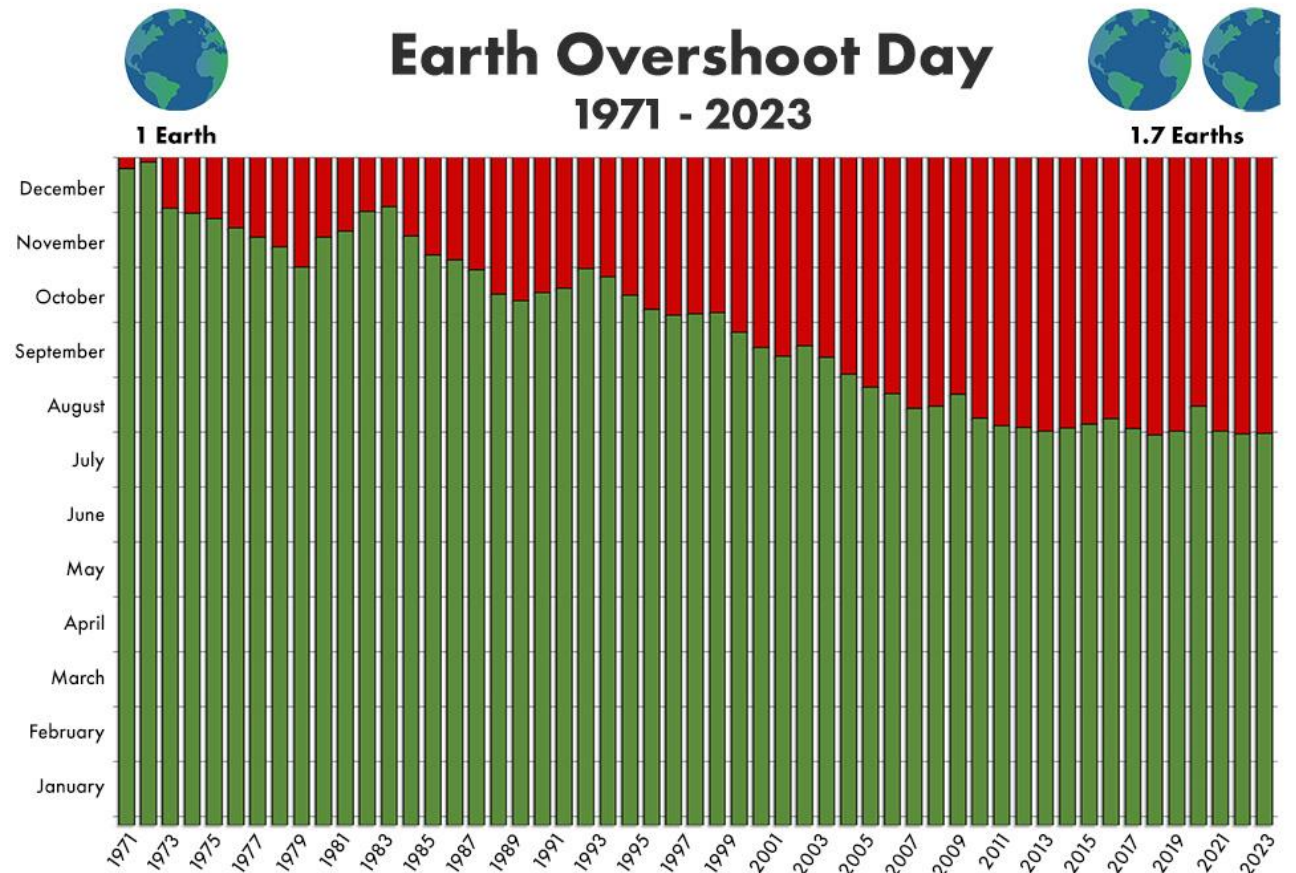
Maa ületarbimise päev

Ületarbimise tempo kasvab

Maa Ületarbimise Päev tähistab kuupäeva, mil inimkonna kasutatavate ökoloogiliste ressursside ja teenuste hulk antud aastal ületab selle koguse, mida planeet Maa suudab aasta jooksul pakkuda ilma kahjuta.

Sellest kuupäevast hiljem me sisuliselt kulutame ressursse tulevaste põlvete arvelt ja kahjustame olemasolevate ökosüsteemiteenuste saadavust ja looduslike protsesside toimivust.

<https://overshoot.footprintnetwork.org/>



Maa ületarbimise päev

Metoodika

2024.a. ületarbimise päeva arvutatakse 2022 andmetele tuginedes. Šveitsi ökoloogiline jalajälg oli 3.74 globaalset hektarit (gha) elaniku kohta 2022 a. Globaalne bioloogiline suutlikkus oli 2022.aastal 1.51 gha elaniku kohta.

Järelikult 2022. aastal oleks läinud vaja $(3.74/1.51) = 2.5$ kordne hulk planeedi Maa ressursse et inimkonna vajadusi kui iga inimene elaks ja tarbiks samaväärselt Šveitsi elanikud.

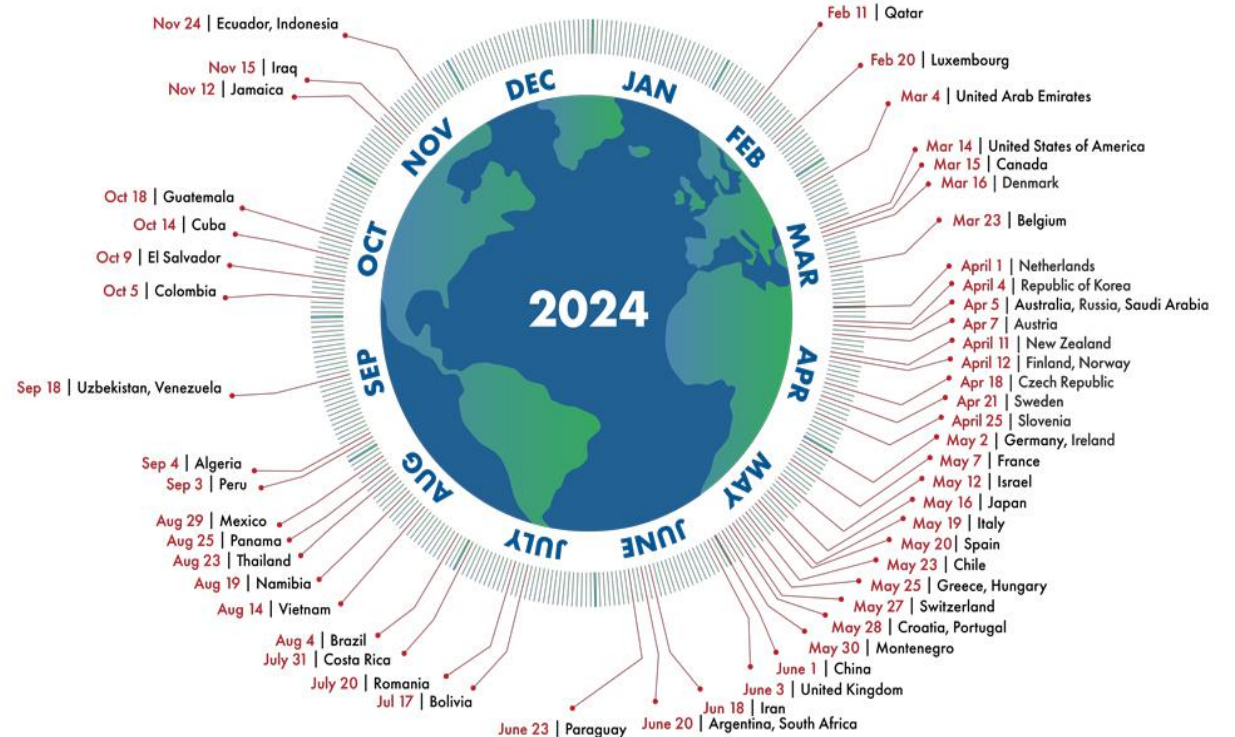
Arvestades, et 2024 on liigaasta, saame me määrata Šveitsi ületarbimise päeva valemiga $366 [2024. a. päevade arv] * (1.51/3.74) = 148 [päeva]$. Mis tähendab et 148-ndal päeval aasta algusest on Šveitsi pindala järgi arvutatud keskkonnaruumi maht täielikult ära kasutatud. 2024. aasta 148-s päev on 27. mai.

Globaalne ületarbimise päev on 25.juuli 2024

Eesti ületarbimise päev on 8. märts 2024

Country Overshoot Days 2024

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



For a full list of countries, visit overshootday.org/country-overshoot-days.



EARTH
OVERSHOOT
DAY

Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, 2023 Edition
data.footprintnetwork.org



Global Footprint Network
Advancing the Science of Sustainability

Kui igaüks elaks nagu mina, vajaksime 3,3 planeeti Maa



Arvuta oma jalajälg: <https://www.footprintnetwork.org/resources/footprint-calculator/>

Maa taluvuspiiride mõõtmine

Keskkonnaprotsesside
toimimissuutlikkuse järgi

Planetaarsete piiride kontseptsioon

Johan Rockströmi juhitud rahvusvaheline teadlaste grupp esitles planetaarsete piiride raamistiku esmakordselt 2009. aastal (Rockström et al. 2009).

Planetaarsete piiride kontseptsiooni loomise tõukejõuks sai teadlaste arusaam, et planeet Maa biofüüsikalised süsteemid ehk keskkonnaressurss 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.

<https://www.nature.com/articles/461472a>

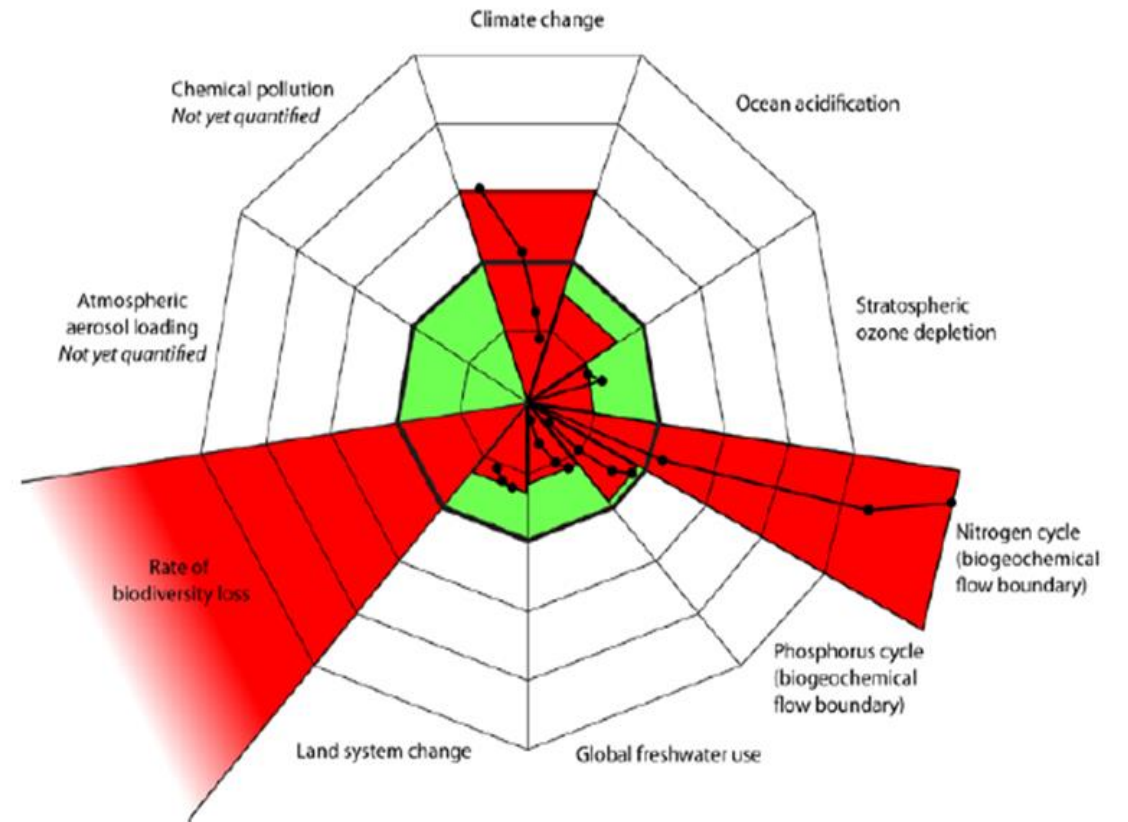


2009.a. kontseptsioon

9 Planetaarset piiri

Algselt pakuti välja üheksa planetaarset piiri koos indikaatoritega (*control variables*) ja nende künnisväärtustega (*thresholds*):

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



2009. aastal oli künnisväärtus ületatud juba kolmel planetaarsel piiril üheksast

Üheksa planetaarse piiri skaalad on erinevad: kaks neist on selgelt globaalse iseloomuga: kliimasoojenemine 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.

Neist üheksast piirist seitsmele pakuti kohe välja indikaatori koos globaalse künnisväärtusega. Kui indikaatori väärtus on väiksem kui künnisväärtus, siis inimkond toimetab jätkusuutlikult ehk turvalises tegutsemisalas (*within the safe operating zone*). Andmete vähesuse tõttu jäi künnisväärtus määramata aerosoolidele ja keemilisele saastatusele.

Kontseptsiooniga välja tulemise ajaks oli künnisväärtuse ületanud juba kolm planetaarset piiri:

lämmastikuringe, kliimasoojenemine ja bioloogiline mitmekesisus

Planetaarsed piirid on omavahel seoses

Kõik üheksa planetaarset piiri on omavahel tihedalt seotud.

Näiteks maakasutuse muutus põllumajanduseks kasutatava maa laiendamisega toob kaasa veerežiimi muutused ja metsaga kaetud maade vähenemise, mis panustab elurikkuse vähenemisse. See omakorda aitab kaasa CO₂ heite kasvule ning kliimasoojenemise 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 kriitika

Mõnede kriitikute arvates puudus kontseptsiooni esimeses versioonis keskkonnaõigluse ja võrdsuse mõõde. Kriitikute arvates oleks tulnud arvesse võtta asjaolu, et kõigil inimestel, ka kõige haavatavamatel, on absoluutne õigus veele, toidule, energiale ja tervisele ning puhtale keskkonnale.

Puuduseks peeti ka, et kontseptsioon ei käsitsenud põlvkondadeülese ja -vahelise õigluse põhimõtet, mis on üks kestliku arengu aluspõhimõtteid alates selle defineerimisest 1987. aastal Brundtlandi raportis.

Esialgset välja pakutud indikaatoreid ei peetud piisavaks kajastamiseks protsesside kulgu ja inim mõju.

Täiendatud kontseptsioon

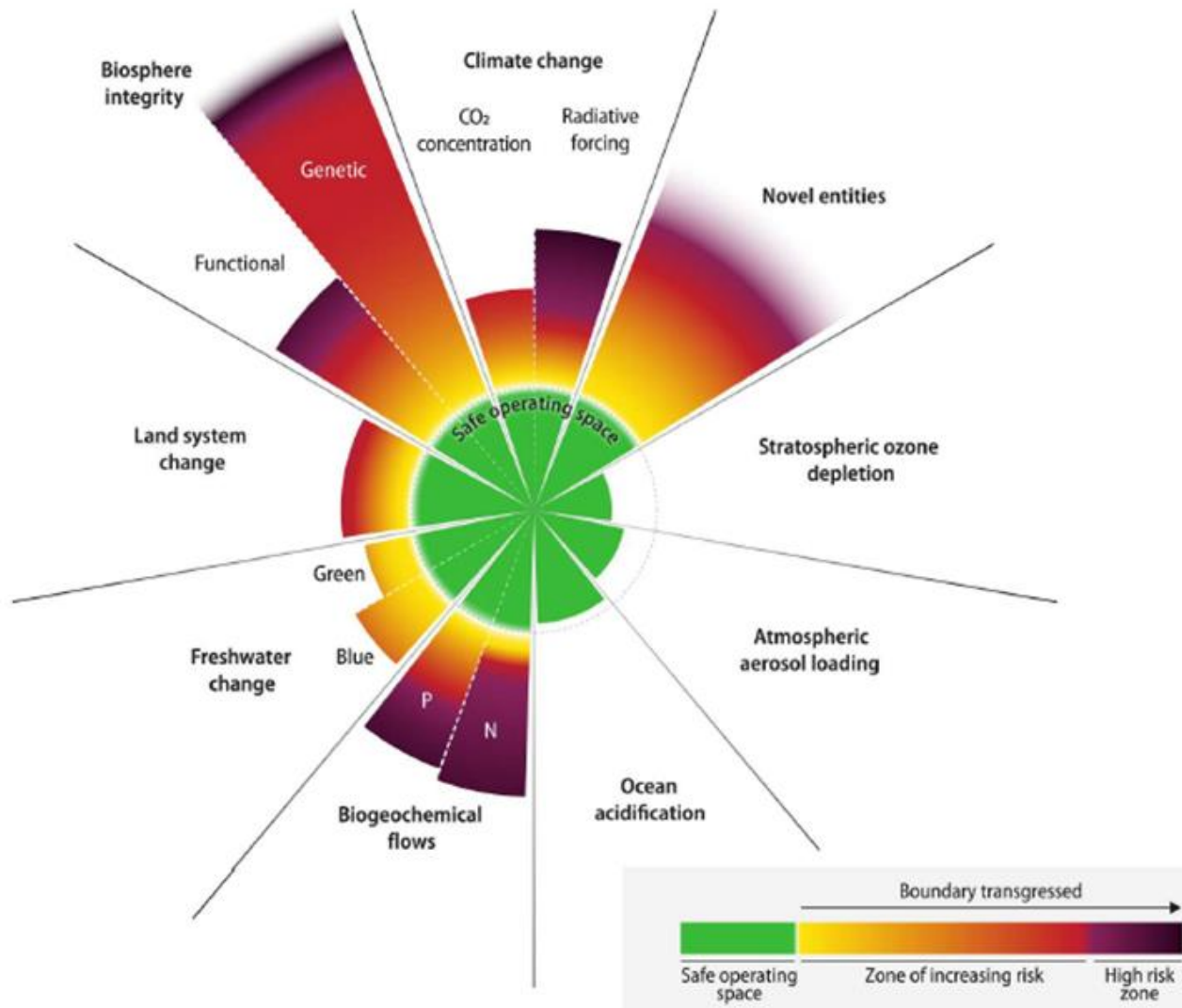
Planetaarsete piiride kontseptsiooni teine, edasiarendatud versioon ilmus 2023. aasta mais (Richardson et al. 2023). Sotsiaalteadlased uuendasid planetaarsete piiride kontseptsiooni ning lisasid biofüüsikalistele piiridele “õigluse” mõõtme. Täpsemalt töötati välja *earth system justice* mõiste ehk Maa süsteemi õigluse kontseptsiooni, kuna õiglase ja jätkusuutlikku tuleviku 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.

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>



2023.a. ületas künnist 9-st piirist 6



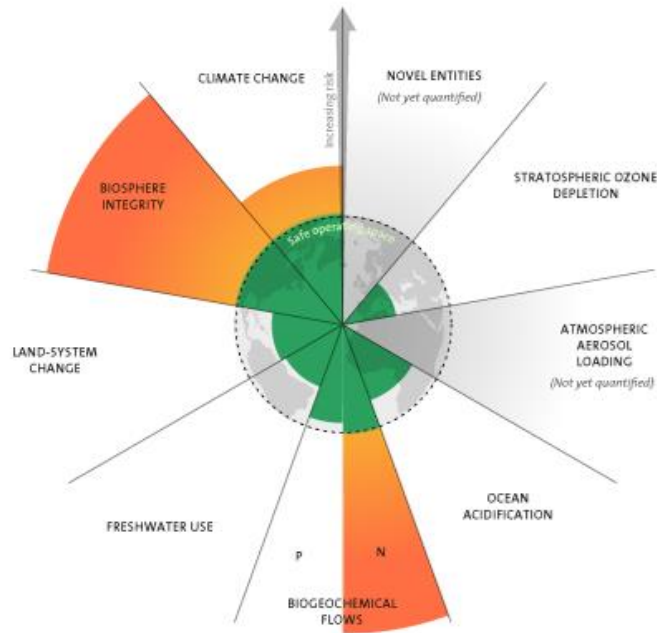
Üheksast piirist kuus on ületatud. Lisaks on ookeanide hapestumine lähenemas oma planeedi piirile.

Roheline tsoon on turvaline tegevusruum (alla piiri). Kollane kuni punane tähistab kasvava riski tsooni. Lilla tähistab kõrge riskiga tsooni, kus Holotseeni-aegse Maa süsteemi tingimusi on ületatud.

Uudsete mõjurite ja Biosfääri terviklikkuse piiride geneetilise mitmekesisuse komponendi ülemised servad on hägused kas seetõttu, et suureneva riski tsooni ülemine ots pole veel kvantitatiivselt määratletud või tegemist on suure määratlematusega (nt. geneetilise mitmekesisuse kadumine).

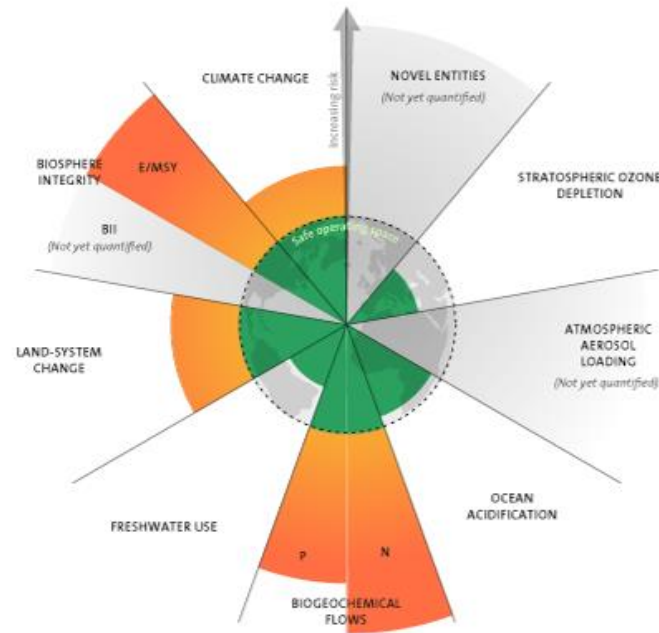
Planetaarsed piirid 2009-2015-2023

2009



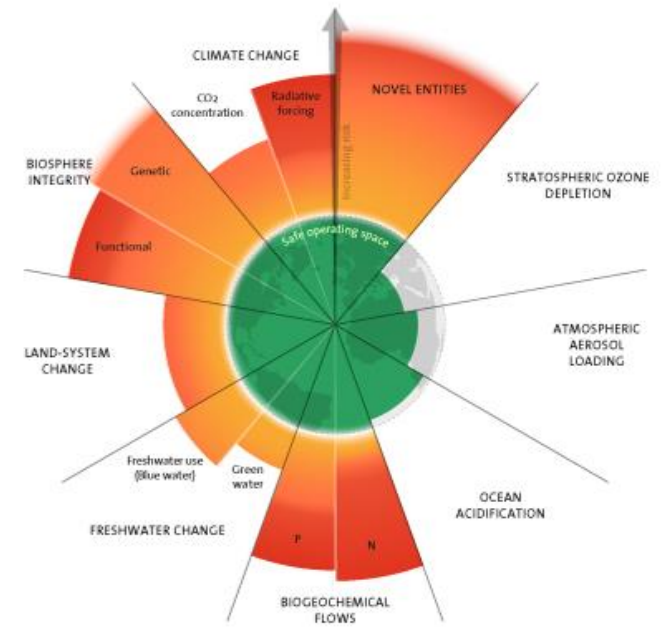
3 boundaries crossed

2015



4 boundaries crossed

2023



6 boundaries crossed

Uudsed inimtekkelised mõjurid määratletud

Täiendatud kontseptsioonis on kirjeldatud uudsed inimtekkeliste Maa süsteemi mõjurid - *Novel Entities*. Nende hulka kuuluvad sünteetilised kemikaalid ja ained (nt mikroplast, endokriinsüsteemi kahjustavad ained ja orgaanilised saasteained); inimtekkelised radioaktiivsed materjalid, sealhulgas tuumajäätmed ja tuumarelvad; ja inimese evolutsiooni muutmine, geneetiliselt muundatud organismid ja muud otsesed inimeste sekkumised evolutsiooniprotsessidesse.

Uudsed mõjurid toimivad antropotseeni geoloogiliste markeritena. Nende mõju Maa süsteemile tervikuna on aga suures osas uurimata.

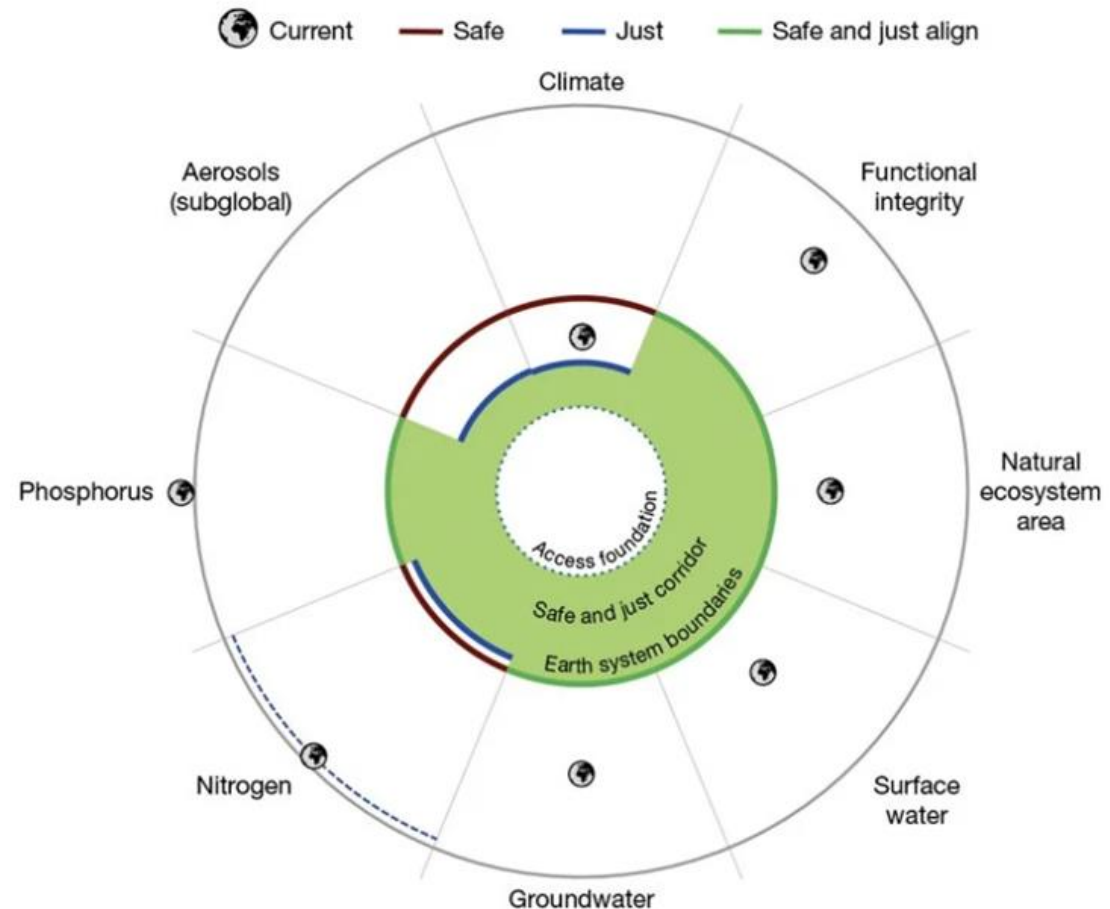
Raamistik puudutab ainult Maa süsteemi stabiilsust ja vastupidavust, st mitte inimeste ega ökosüsteemi tervist. Seega jääb teaduslikuks väljakutseks hinnata, kui palju uudsete üksuste koormust Maa süsteem talub, enne kui pöördumatult nihkub potentsiaalselt vähem elamiskõlblikku olekusse.

Maa süsteemi õigus määratletud

Lisati *Earth system justice* mõiste ehk Maa süsteemi õigluse kontseptsiooni, kuna õiglase ja jätkusuutlikku tuleviku saavutamiseks tuleb leida vastus ja konsensus ka selles osas, et mida õigus 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 näitab, et kaheksast piirist seitsme puhul on ohutuse ja õigluse piir ületatud.



Mõõdikud

Earth system process	Control variable(s)	Planetary boundary	Preindustrial Holocene base value	Upper end of zone of increasing risk	Current value of control variable
Climate change	Atmospheric CO ₂ concentration (ppm CO ₂)	350 ppm CO ₂	280 ppm CO ₂	450 ppm CO ₂	417 ppm CO ₂ (41)
	Total anthropogenic radiative forcing at top-of-atmosphere (W m ⁻²)	+1.0 W m ⁻²	0 W m ⁻²	+1.5 W m ⁻²	+2.91 W m ⁻² (41)
Change in biosphere integrity	Genetic diversity: E/MSY	<10 E/MSY but with an aspirational goal of ca. 1 E/MSY (assumed background rate of extinction loss)	1 E/MSY	100 E/MSY	>100 E/MSY (24–26)
	Functional integrity: measured as energy available to ecosystems (NPP) (% HANPP)	HANPP (in billion tonnes of C year ⁻¹) <10% of preindustrial Holocene NPP, i.e., >90% remaining for supporting biosphere function	1.9% (2σ variability of preindustrial Holocene century-mean NPP)	20% HANPP	30% HANPP (see the Supplementary Materials)
Stratospheric ozone depletion	Stratospheric O ₃ concentration, (global average) (DU)	<5% reduction from preindustrial level assessed by latitude (~276 DU)	290 DU	261 DU	284.6 DU (96)
Ocean acidification	Carbonate ion concentration, average global surface ocean saturation state with respect to aragonite (Ω _{arag})	≥80% Ω _{arag} of mean preindustrial aragonite saturation state of surface ocean, including natural diel and seasonal variability	3.44 Ω _{arag}	2.75 Ω _{arag}	2.8 Ω _{arag} (71)

Mõõdikud

Biogeochemical flows: P and N cycles	Phosphate <i>global</i> : P flow from freshwater systems into the ocean; <i>regional</i> : P flow from fertilizers to erodible soils (Tg of P year ⁻¹)	Phosphate <i>global</i> : 11 Tg of P year ⁻¹ ; <i>regional</i> : 6.2 Tg of P year ⁻¹ mined and applied to erodible (agricultural) soils. Boundary is a global average, but regional distribution is critical for impacts.	0 Tg of P year ⁻¹	<i>Global</i> : 100 Tg of P year ⁻¹ ; <i>regional</i> : 11.2 Tg of P year ⁻¹	<i>Global</i> : 22.6 Tg of P year ⁻¹ (75); <i>regional</i> : 17.5 Tg of P year ⁻¹ (76)
	Nitrogen <i>global</i> : industrial and intentional fixation of N (Tg of N year ⁻¹)	Nitrogen <i>global</i> : 62 Tg of N year ⁻¹ . Boundary is a global average. Anthropogenic biological N fixation on agriculture areas highly uncertain but estimates in range of ~30 to 70 Tg of N year ⁻¹ . Boundary acts as a global "valve" limiting introduction of new reactive N to Earth system, but regional distribution of fertilizer N is critical for impacts.	0 Tg of N year ⁻¹	82 Tg of N year ⁻¹	190 Tg of N year ⁻¹ (84)
Land system change	<i>Global</i> : area of forested land as the percentage of original forest cover; <i>biome</i> : area of forested land as the percentage of potential forest (% area remaining)	<i>Global</i> : 75% values are a weighted average of the three individual biome boundaries; <i>biomes</i> : tropical, 85%; temperate, 50%; boreal: 85%	100%	<i>Global</i> : 54%; <i>biomes</i> : tropical, 60%; temperate, 30%; boreal: 60%	<i>Global</i> : 60% [(72, 97) and see the Supplementary Materials]; <i>tropical</i> : Americas, 83.9%; Africa, 54.3%; Asia, 37.5%; <i>temperate</i> : Americas, 51.2%; Europe, 34.2%; Asia, 37.9%; <i>boreal</i> : Americas, 56.6%; Eurasia: 70.3%

Mõõdikud

Earth system process	Control variable(s)	Planetary boundary	Preindustrial Holocene base value	Upper end of zone of increasing risk	Current value of control variable
	water available to plants (% land area with deviations from preindustrial variability)		9.8% (median of preindustrial conditions)		
Atmospheric aerosol loading	Interhemispheric difference in AOD	0.1 (mean annual interhemispheric difference)	0.03	0.25	0.076 (55, 57, 68)
Novel entities	Percentage of synthetic chemicals released to the environment without adequate safety testing	0	0	NA	Transgressed
Freshwater change	Blue water: human induced disturbance of blue water flow	Upper limit (95th percentile) of global land area with deviations greater than during preindustrial, Blue water: 10.2%	9.4% (median of preindustrial conditions)	50% (provisional)	18.2% (46)
	Green water: human induced disturbance of	Green water: 11.1%		50% (provisional)	15.8% (46)
	water available to plants (% land area with deviations from preindustrial variability)		9.8% (median of preindustrial conditions)		

Mõõdikud: Biosfääri sidusus

Biosfääri sidusust mõõdetakse biosfääri neelatava fotosünteesilise energia ja toodetava biomaterjali vooga st. esmase netootmise (*Net Primary Production - NPP*) mahuga, ning biosfääri sidusust määratletakse kui inimeste poolt hõivatud (*Human Appropriation of Biosphere's NPP -HANPP*) osa Holotseeni algusele omasest esmasest netootmisest. Biomassi esmatoomine on nii ökosüsteemide kui ka inimühiskonna jaoks ülioluline, kuna toetab biomaterjali säilitamist, taastootmist, diferentseerumist, võrgustiku loomist ja kasvu. Bioomid e. makroökosüsteemid sõltuvad primaartootmisega seotud energiavoogudest, et säilitada oma ökoloogilisi funktsioone Maa ökosüsteemi lahutamatu osana. Biomassi primaartootmisel põhinevad energiavood mis võetakse imikasutusse ei tohiks seetõttu oluliselt kahjustada energiavoogu biosfääri. Sealjuures arvestatakse geneetilise komponendiga, mis kajastab elusorganismide varieeruvuse tähtsust ökosüsteemide toimimisele.

Holotseenialguse NPP baastasemeks lepiti kokku 55,9 Gt süsinikusidumist aastas, ja eeldati et samal tasemel oli primaartoodang ka 1700.a. e Aastaks 2020 oleks NPP olema kasvanud 71,4 Gt-ni (CO₂ kontsentratsiooni kasvades) aga tegelik tase oli 65,8 Gt/a metsade liigraie tõttu.

Äsja, 12 veebruaril k.a. UN CMS Sekretariaadi avaldatud *State of the World's Migratory Species report* tõdeb järgmist:

Kuigi mõne CMS nimekirjas oleva rändliigi seisund paraneb, siis pea poolte (44 %) populatsioonid kahanevad.

Enam kui 1/5 (22 %) CMS-nimistu liike on väljasuremisohus.

Pea kõik(97 %) CMS-nimistu kalaliikidest on väljasuremisohus.

Bioloogilise mitmekesisuse võtmeelupaikadest, mis on tunnistatud oluliseks CMS-nimistusse kantud rändloomadele, pool (51%) pole kaitse alla võetud ja 58 %-il neist aladest on täheldatud inimkasutusest tulenevat survet.

Kolm neljast CMS-nimistu liigist kannatavad elupaikade kadumise, vaesestumise, killustumise ja liikide ülekasutuse (nii suunatud kui kaaspüügi) tõttu.

Kliimamuutused, saastamine ja invasiivsed võõrliigid avaldavad samuti olulist negatiivset mõju rändliikidele.

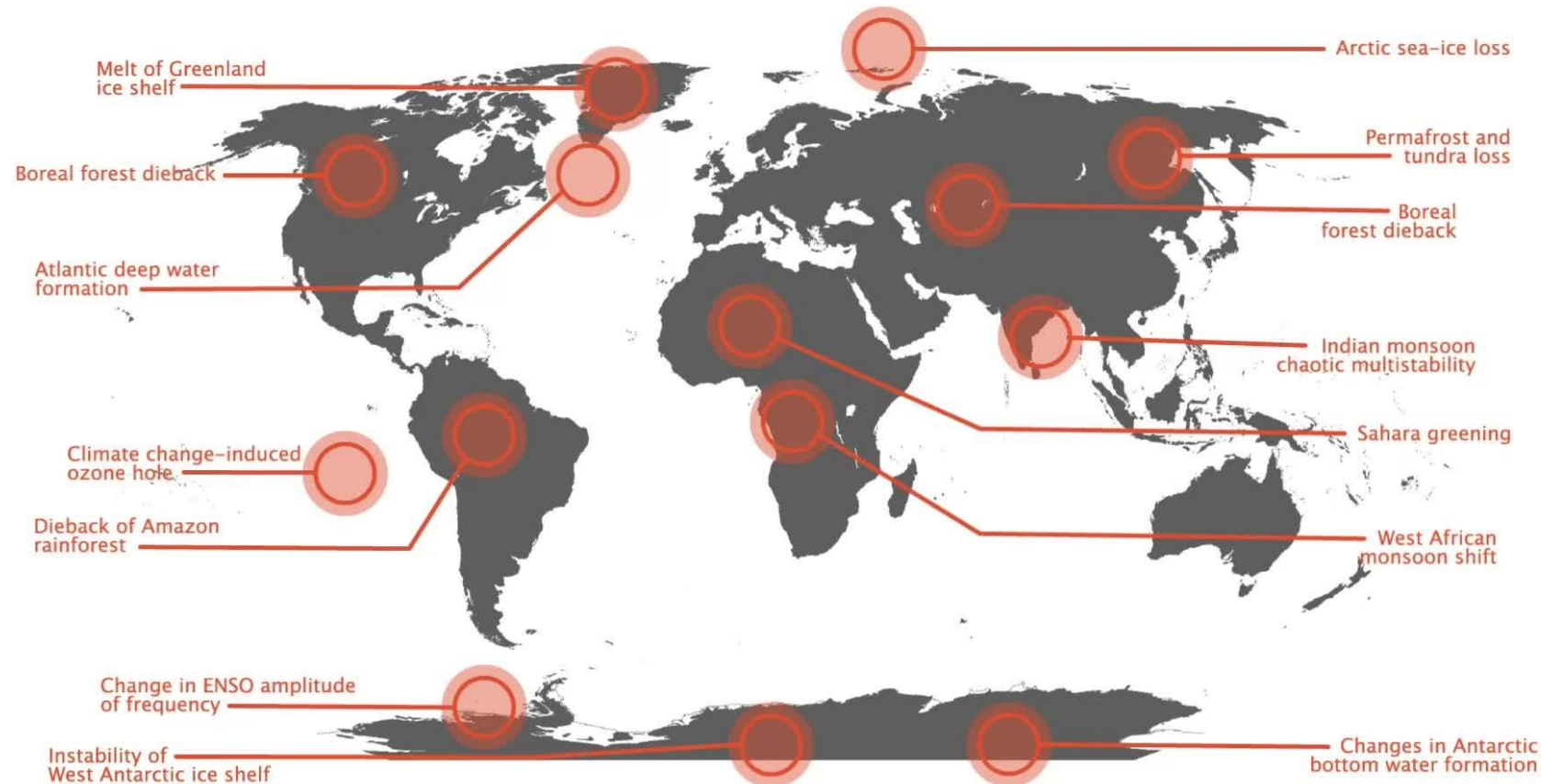
Globaalselt, 399 rändliiki mis pole kantud CMS-nimistusse, on väljasuremisohus või ohualtid.

<https://www.cms.int/en/publication/state-worlds-migratory-species>



Ülekasutus viib Maa süsteemid murdepunkti

Global Tipping Points



Johan Rockström „Beyond the Anthropocene – tipping points“ ettekanne oktoober 2020 (video ja tekst)

https://www.ted.com/talks/johan_rockstrom_10_years_to_transform_the_future_of_humanity_or_destabilize_the_planet/transcript

Murdepunkt: Globaalne soojenemine 1,5 kraadi *versus* 2,0 kraadi, IPCC eriraport

Bioloogiline mitmekesisus

Kohalike liikide arvukuse vähenemise ja sellest tulenevalt ka väljasuremise oht on 1,5 °C puhul võrreldes 2 °C soojenemisega palju väiksem.

Prognoositakse, et liikide arv, mis 2°C globaalse soojenemise korral kaotab üle poole oma kliimaatiliselt määratud geograafilisest levialast (18% putukatest, 16% taimedest, 8% selgroogsetest), väheneb prognooside kohaselt 6%-ni putukatest ja 8%-ni taimedest ja 4% selgroogsetest kui soojenemine ei ületa 1,5°C .

Muude bioloogilise mitmekesisusega seotud teguritega seotud riskid, nagu metsatulekahjud, äärmuslikud ilmastikunähtused ning invasiivsete liikide, kahjurite ja haiguste levik, oleksid soojenemisel 1,5 °C samuti madalamad kui soojenemisel 2 °C võrra.

<https://www.ipcc.ch/sr15/>

Murdepunktidest veel



University
of Exeter

Global Systems
Institute



BEZOS
EARTH
FUND



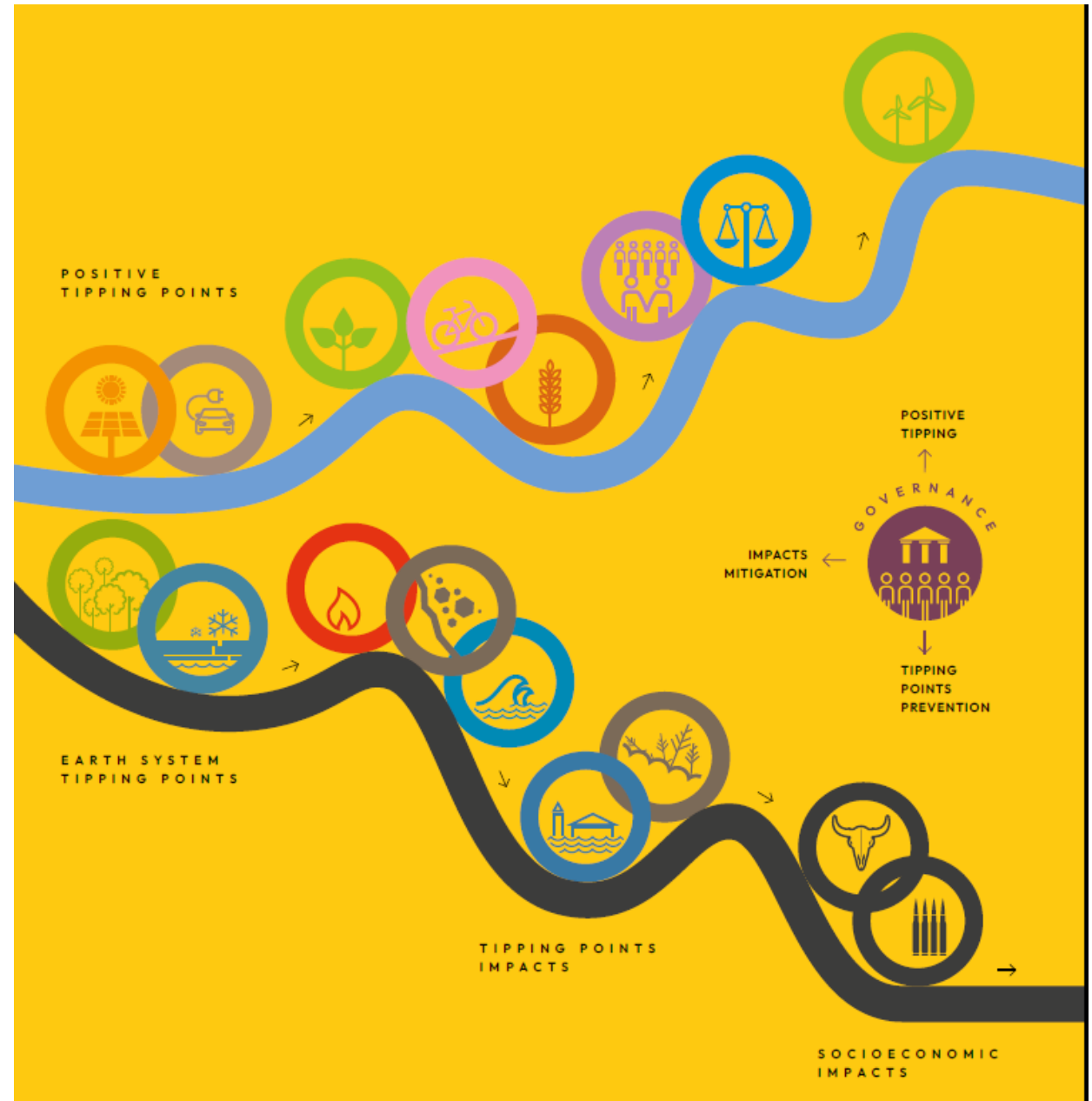
SYSTEMS
CHANGE
LAB



EARTH COMMISSION
GLOBAL COMMONS ALLIANCE

S Y S T E M I Q

<https://global-tipping-points.org/>



Kas Rooma Klubi „Kasvu Piirid“ prognoosid on täitunud?

- The best-known “business as usual” (BAU)
- “Business as usual 2” (BAU2)
- Comprehensive technology” (CT)
- Stabilised World” (SW)

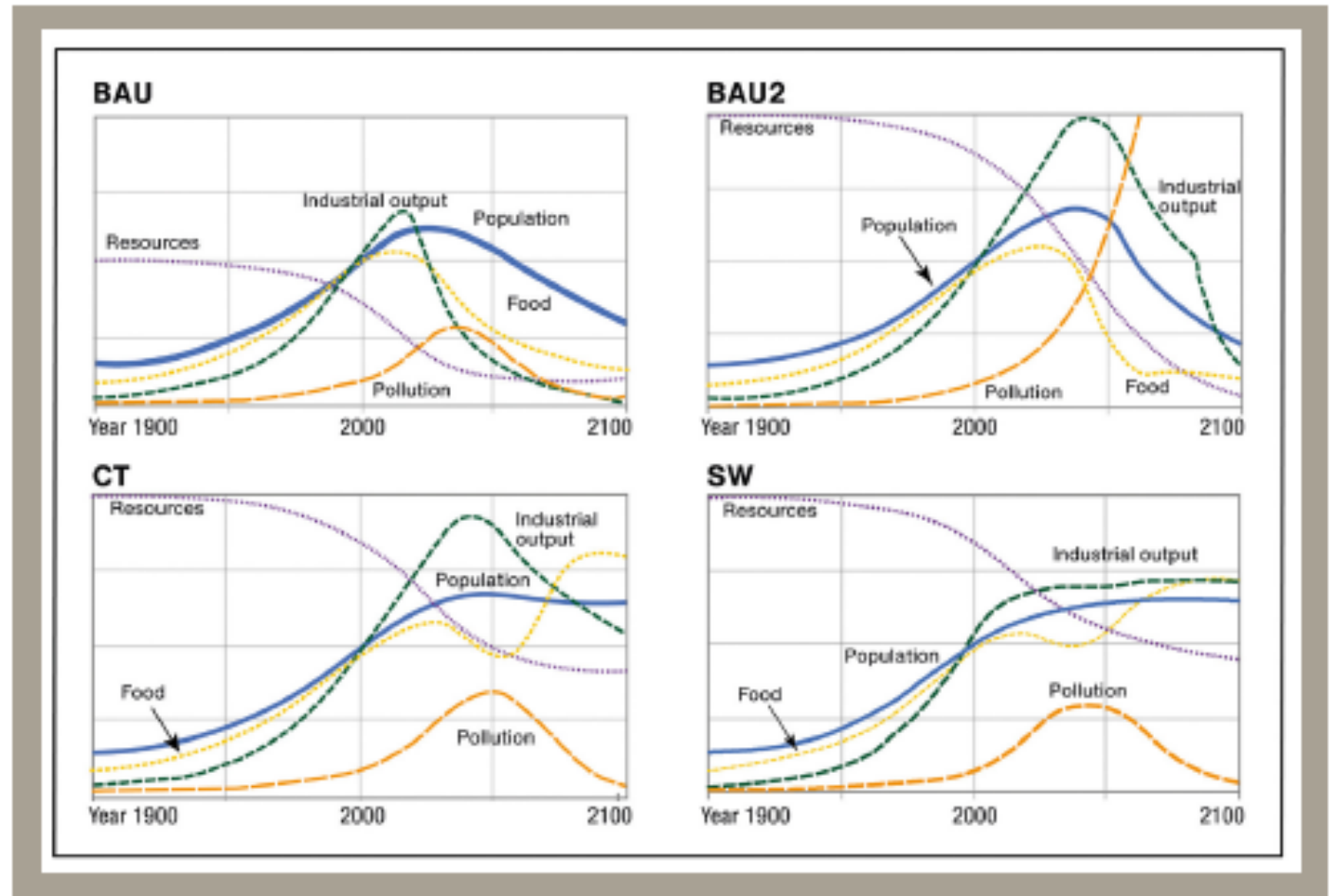


Figure 1. BAU, BAU2, CT and SW scenarios of the 2004 *The Limits to Growth* book. Graphs by Hillary Moore.

Jah, 50 aastat tagasi kasutatud World 3 mudeli tulemused näitavad sama, mis Planetaarsed Piirid

vt. https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2022/05/Earth4All_Deep_Dive_Herrington.pdf



