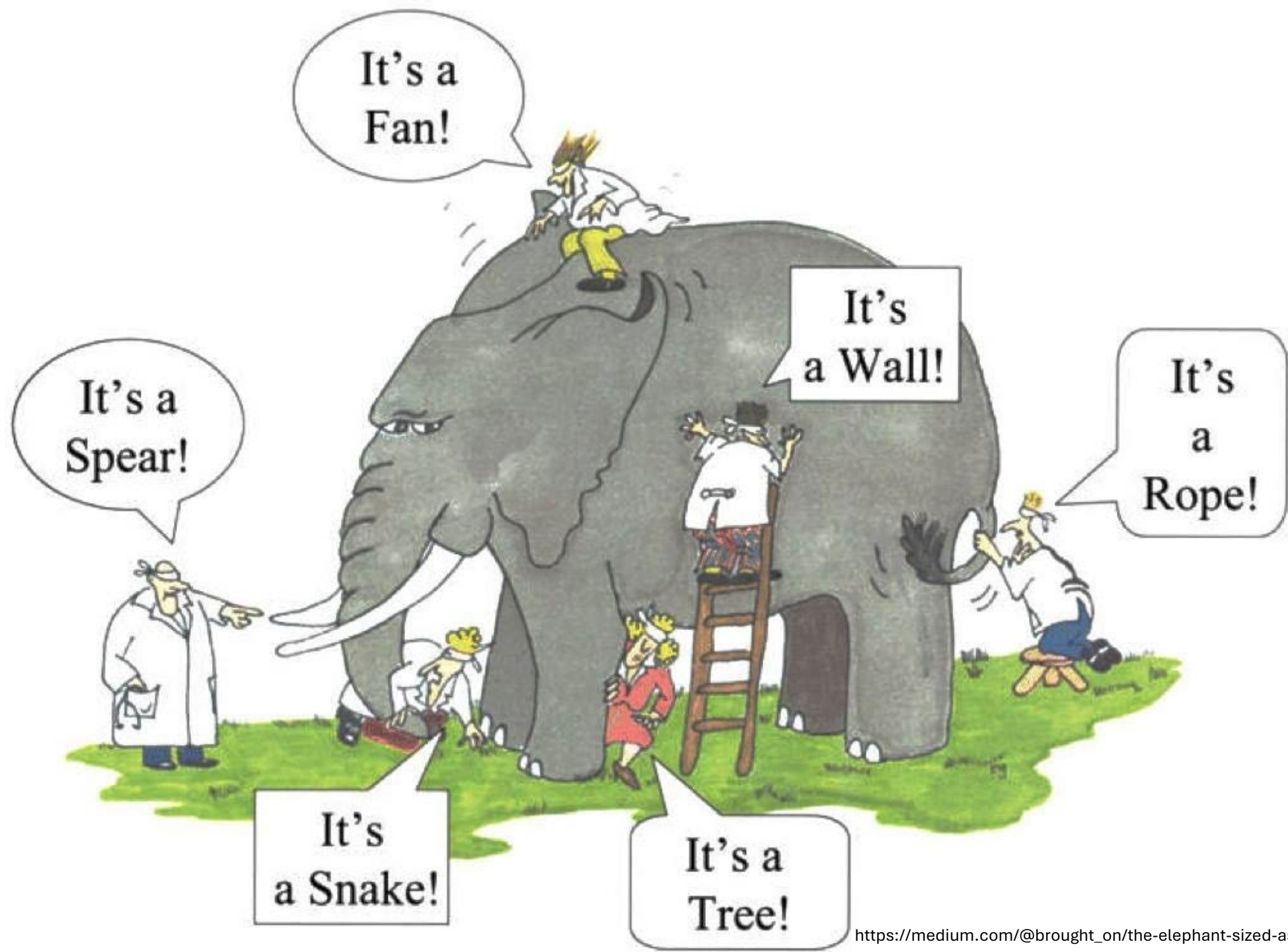


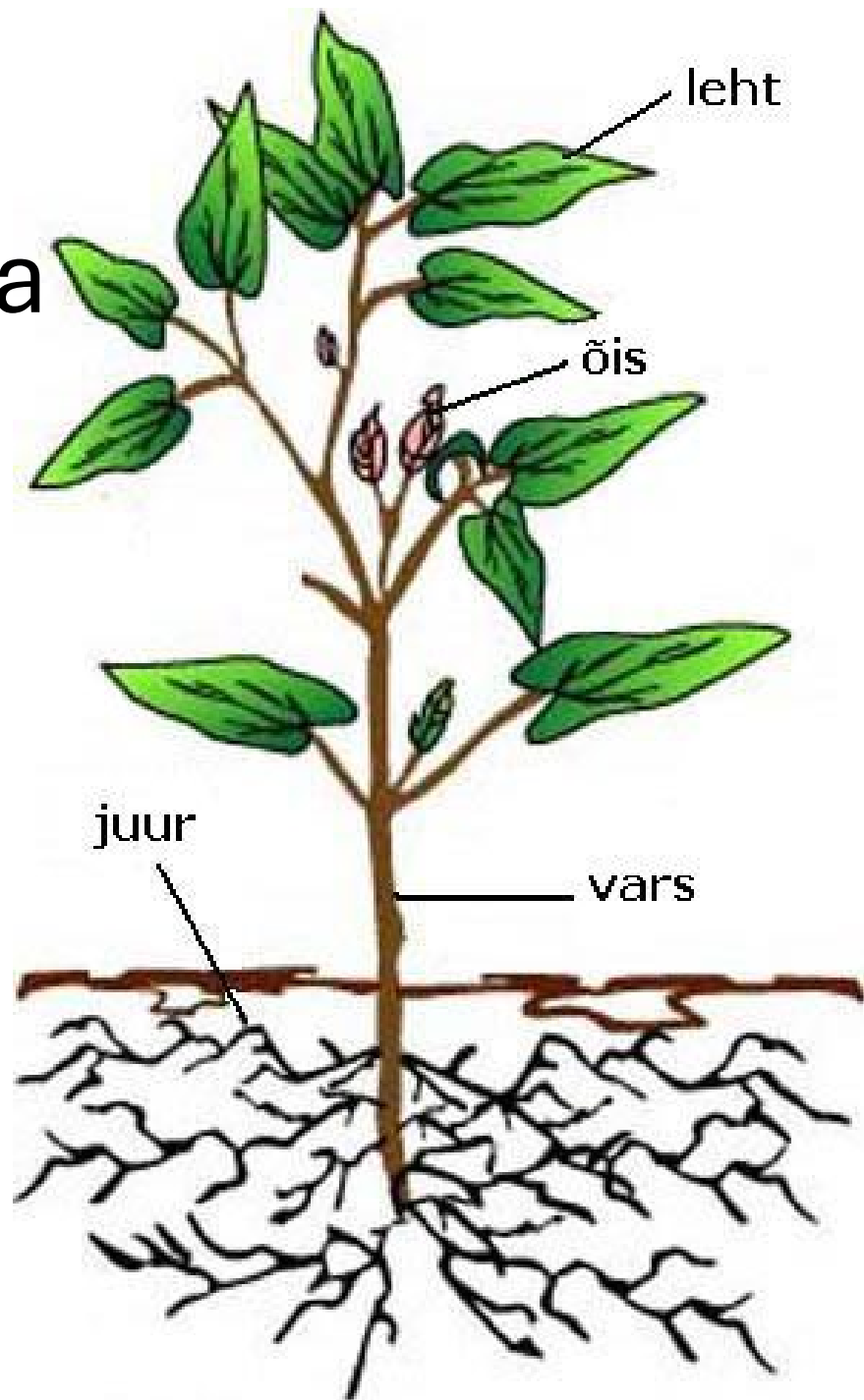
Kirjeldamine ja tegelikkus bioloogias

Ivika Ostonen
Juureökoloogia professor
Tartu Ülikool
ivika.ostonen@ut.ee



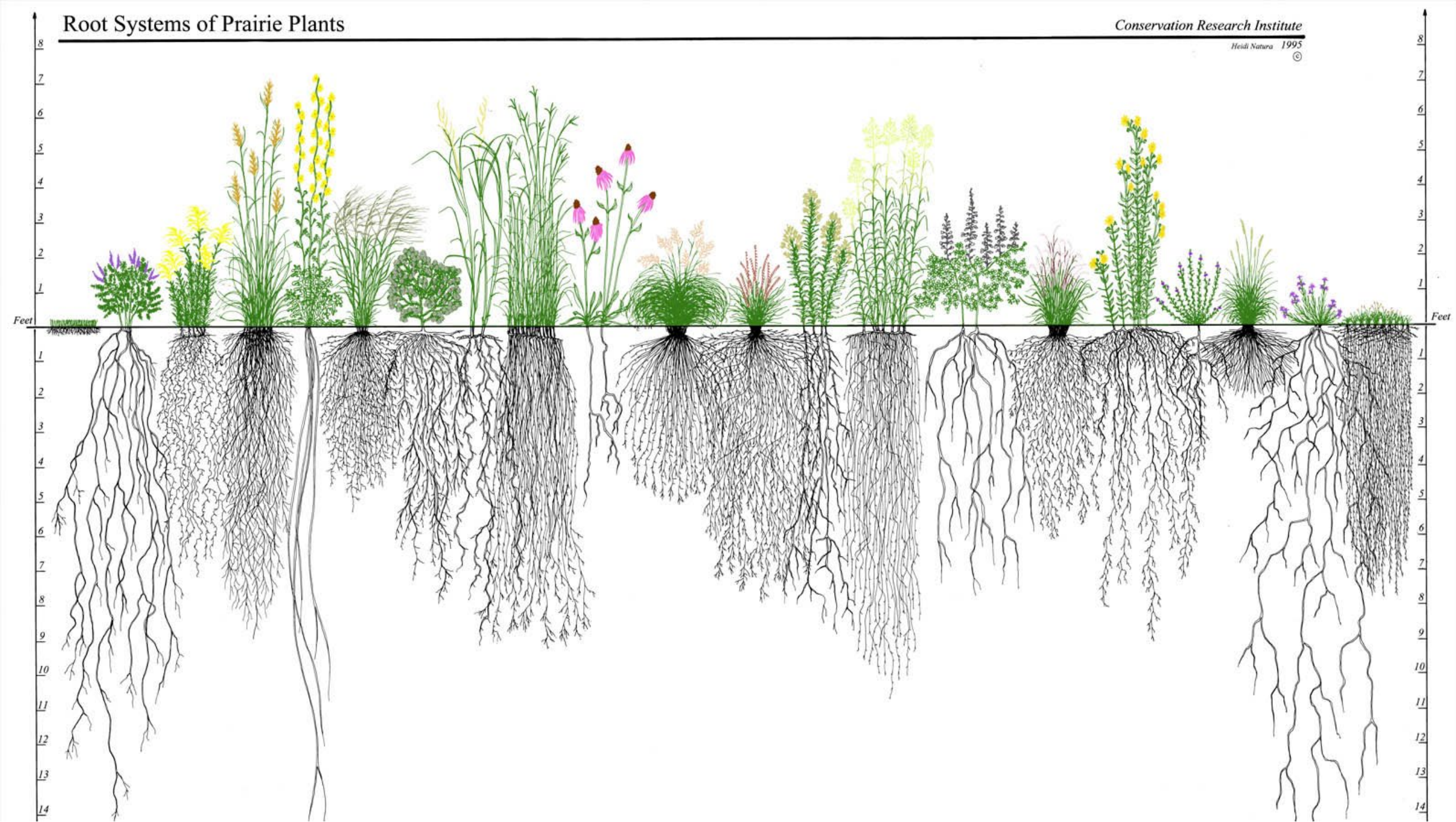


Kuidas
kirjeldada
taime?



Root Systems of Prairie Plants

Conservation Research Institute

Heidi Natura 1995
©

Kuidas kirjeldada ökosüsteemi?



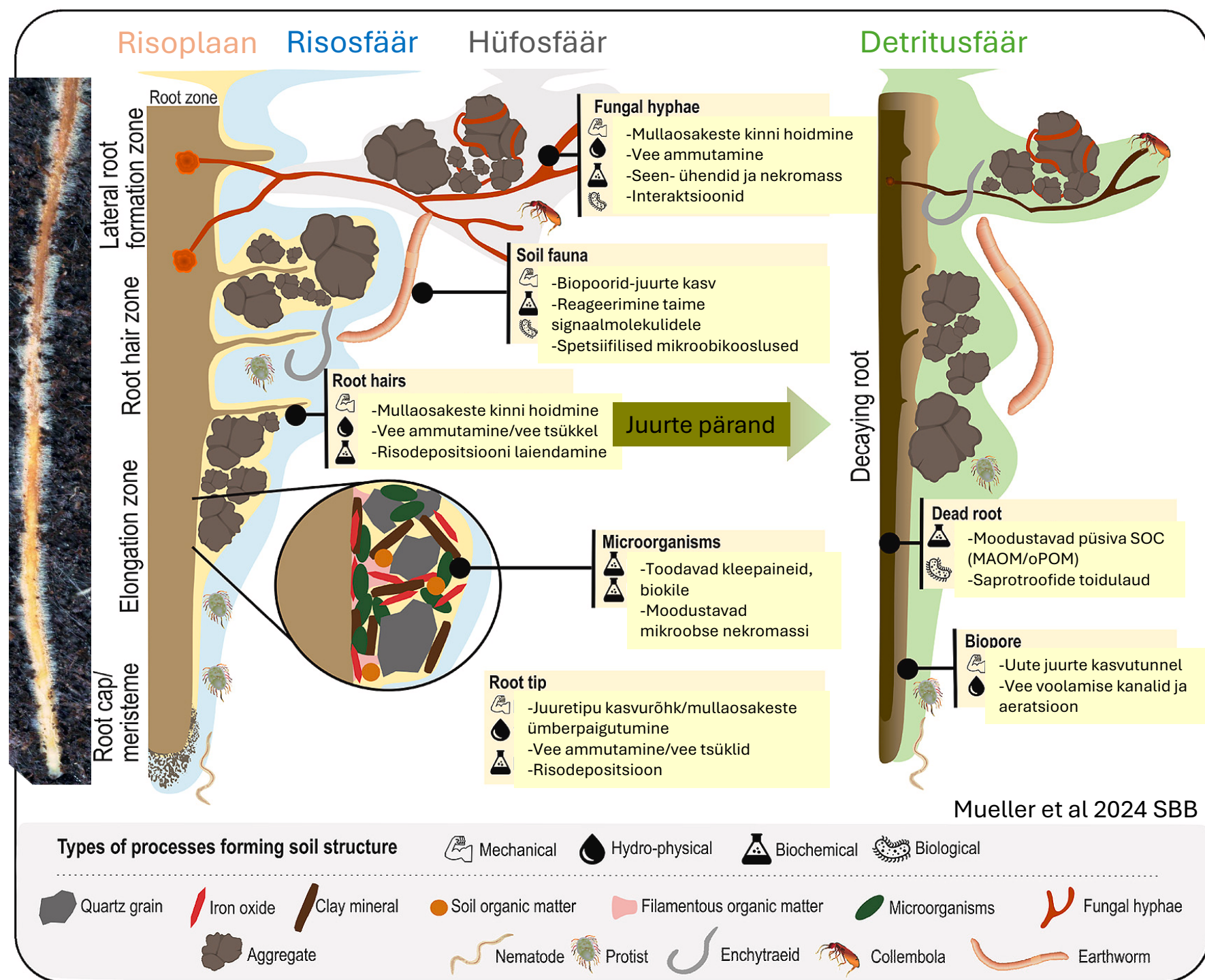


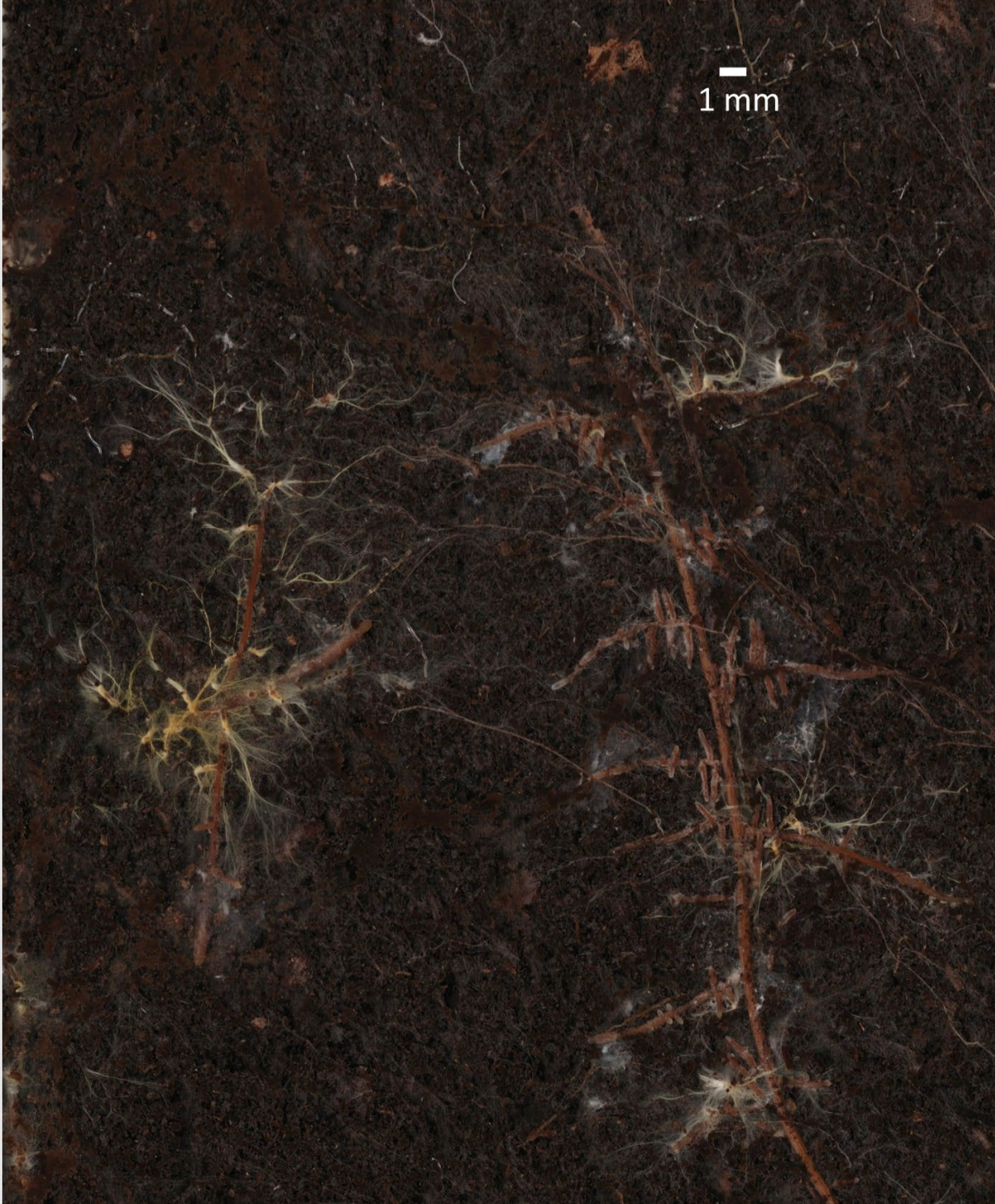
Mis on ökosüsteem?

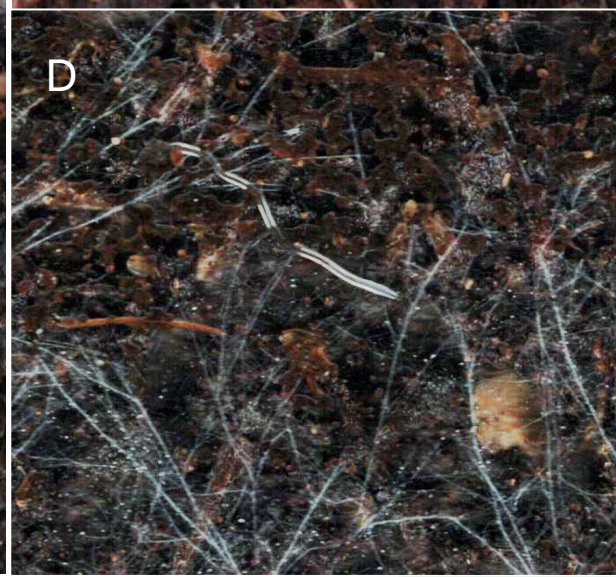
- Tansley (1935) võttis kasutusele mõiste '**ökosüsteem**', et märkida elusorganismide ja nende elukeskkonna integreerumist.
- **Ökosüsteem** on „funktsionaalne süsteem, milles toitumissuhete (aine- ja energiaülekanne) kaudu seostunud organismid koos keskkonnatingimuste kompleksiga moodustavad isereguleeruva areneva terviku” (*Ökoloogialeksikon*).
- **Ökosüsteem** on mingi ala elustik koos selle aineringe komponentidega ehk organisme ja nende keskkonda haarav suhete ja interaktsioonide võrgustik (*Wikipedia*)
- **Ökosüsteem** on looduslik isereguleeruv tervik, milles on energia ja aineringluse kaudu seotud organismid ja neid ümbritsev eluta keskkond.

Juurtega seotud toidu võrgustik mullas

- Juured viivad orgaanilisi aineid sh süsinikku mulda (varis, risodepositatsioon)
- Juured soodustavad lagunemisprotsesse ja C vabanemist mulla orgaanilisest ainest







Organisatoorsed tasemed, ruum ja aeg

- Molekulaarne – aminohapped, funktsionaalsed geenid...
- Raku, koe ja organi tase – anatoomilised, morfoloogilised tunnused...
- Organismi / isendi tase
- Koosluse, populatsiooni, ökosüsteemi tase
- Maastik, bioomid
- Globaalne tase

Olulisimad C vood erinevatel ajaskaaladel

- 1 päev domineerib protsess **fotosüntees-hingamine**
- 1 aasta baasil domineerib **produktsoon-lagunemine**
- 100 aasta raames - suktsessioonilise astme muutumine, näiteks lageraie ja uue metsa kasvu algus. Ookeanides domineerib C, mis liigub mere pinnakihtide ja sügavate kihtide vahel.
- Geoloogilisel ajaskaalal on kõige tähtsam protsess **settimine**, mis viib C ringest välja või siis **murenemine**, mis lisab ringest väljas olnud C taas aktiivsesse ringesse.

Juurte roll aineringetes

Vähemalt pool metsamulla bioloogilisest aktiivsusest saab oma energia paari eelneva päeva jooksul fotosünteesis värskelt seotud süsinikust.

- *Girdling* eksperiment – lõpetada fotosünteesis seotud värskete süsinikühendite voog maa alla
- Mullahingamine vähenes viie päevaga 37% ja kokku 54% kahe järgneva kuu jooksul (võrreldes kontrollaladega)



Suur osa mullas elavatest selgrootutest saavad oma C juurtelt

- ^{13}C isotoop-rikastamise katsed on näidanud, et umbes 24 tundi peale rikastamist on ^{13}C piik lahustuvates süsivesikutes ja 2-4 päeva järel juba mulla mikroobides
- Boreaalsetes metsades on eriti head ^{13}C akumuleerijad ektomükoriissed seened.
- Hooghännalistesse (*Collembola*) jõudis ^{13}C mõne päevaga – sest hooghännalised toituvad aktiivselt kasvavatest, värsketest seenehüüfidest. Lestadesse 4-6 päeva
- Mullas lahustunud orgaaniline süsinik rikastus 2-6 päevaga



Pollierer et al 2007 Ecol Letters
Högberg et al 2008
Högberg et al 2010

Kuidas majandada meie ökosüsteeme nii, et säiliks pidev orgaanilise C (sh suhkrute, orgaaniliste hapete jt labiilsete metaboliitide) voog mulda?

- Säilitades elusaid juuri, et säiliks toiduvõrgustikud ja elustik mullas

Millised on meie ökosüsteemide juurte ja mükoriisaseente vertikaal- ja horisontaaljaotused ümber puude ehk kui mitu puud peaks raiete puhul raiesmikule jätma?

- Suur taimekoosluste mitmekesisus on seotud suure mulla mikroobikoosluste mitmekesisusega

[Suureneb juureeritiste mitmekesisus](#) (Steinauer et al 2016 Root exudate cocktails: the link between plant diversity and soil microorganisms? Doi.org/10.1002/ece3.2454)

-

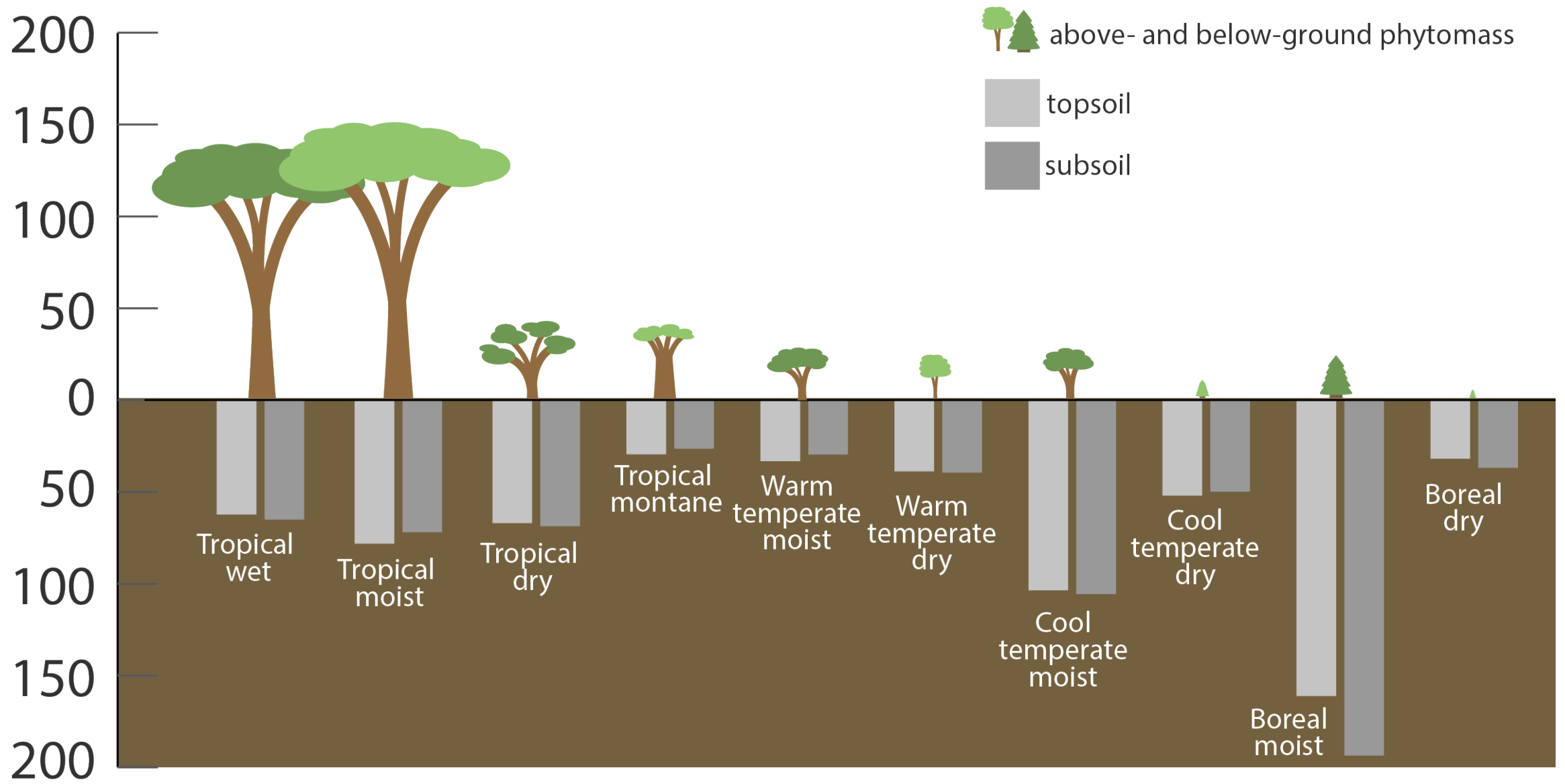
Kontseptuaalne dilemma – kas süsinik limiteerib või jääb üle?

- Mis määrab kui palju süsinikku juurtesse läheb?
 - **Optimaalse jaotuse teooria** ütleb, et taimed allokeerivad suhteliselt rohkem süsinikku ja toitaineid organisse, mis omastab kõige enam limiteerivat ressursi
- **Majandusteooria** ütleb, et ressursi investeeritakse turumajanduspõhimõttel ja kasu saamise eesmärgil - taimed investeerivad sümbiontsetesse seentesse ja mikroorganismidesse, vastu saavad mineraalaineid ja vett

(Bloom et al (1985) Resource Limitation in Plants-An Economic Analogy. Annu. Rev. Ecol. Syst. 16, 363–392)

(Franklin et al (2014) Forests trapped in nitrogen limitation – an ecological market perspective on ectomycorrhizal symbiosis. New Phytol. 203, 657–666)

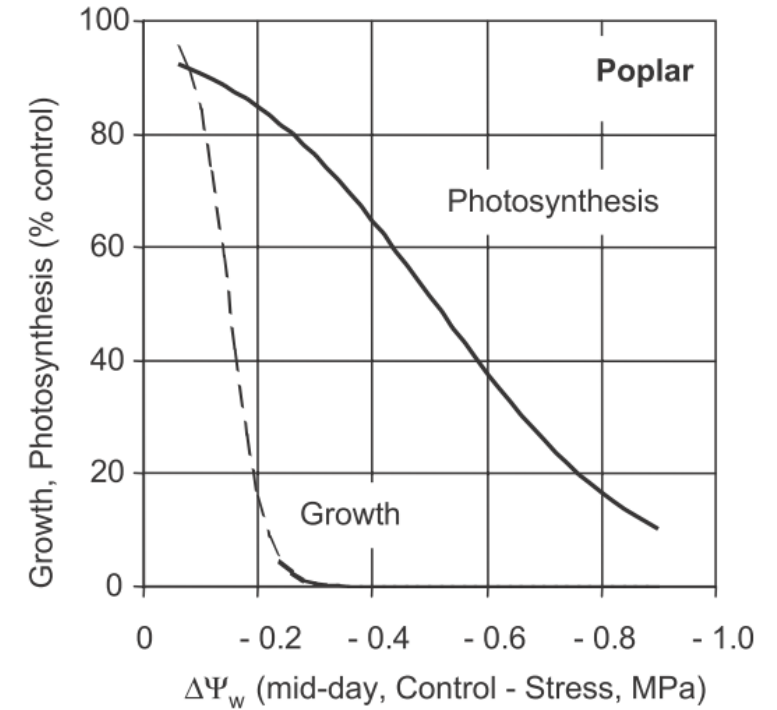
Organic carbon (Gt C)



Ülejääva süsiniku hüpotees (Surplus carbon hypothesis)

Prescott, Grayston, Helmisaari, Kaštovská, Körner, Lambers, Meier, Millard, Ostonen 2020 TREE

- Puude kasv ei ole süsinikühendite limiteeritud – suhkrute varu tõuseb põua tagajärjel
- Lämmastikuvaeguses kasvavad taimed konverteerivad fotosünteesiprodukte suhkruteks
- Taimed toodavad sekundaarseid ühendeid, mis kaitsevad neid valguskiirguse kahjustuste eest (tanniinid...)
- Üleliigse C kõrvaldamine - eritamine mulda, juurte biomassi kasv, voog mükoriisaseente kasvuks, mullaelustik...



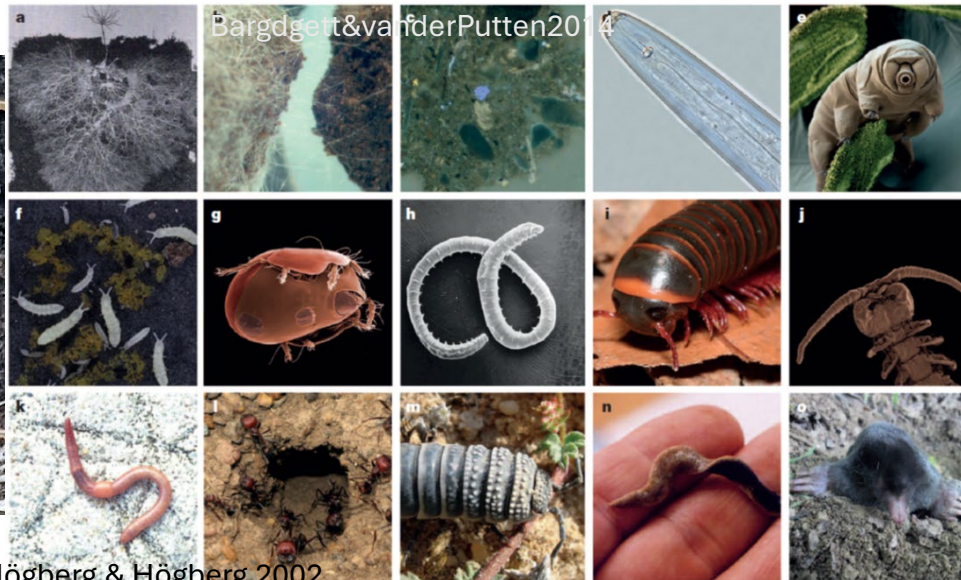
Muller et al. (2011), data from Bogeat-Tribouillot et al. (2007)

Lehe kasv peatub enne kui fotosüntees...

Maailmas on >500 miljardi km juuri

- 1 m² leetmulla all boreaalses metsas on:
 - 20 m jämedaid juuri
 - 20 km peenjuuri
 - $1-3 \times 10^6$ mükoriisseid juuretippe
 - $10^4 - 10^6$ km mütseeli (seenehüüfe)

- 1 gramm mulda sisaldab
 - $10^9 - 10^{10}$ mikroobset rakkukuni 10 000 mikroobset liiki – nendest ainult 0,01 – 0,1% on laboris kultiveeritavad



Kalliokoski et al. 2009; Helmisaari et al. 2009, Pietikäinen & Fritze 1993, Wallander et al. 2001, Högborg & Högborg 2002



“It might be thought that plants are fed by one substance only, viz. by water, but in fact they are fed by more than one, for Earth has been mixed with the water”

Aristoteles, GC 2. 8, 335a12-14, viidatud Kent Sprague, R. 1991. Plants as Aristotelian Substances. Illinois Classical Studies, Vol. 16, No. ½, pp. 221-229



Taimed saavad toidu maast.

Nad elavad nagu pea alaspidi ja
juured on nende suu

(de Incessu, 4, 705a30)

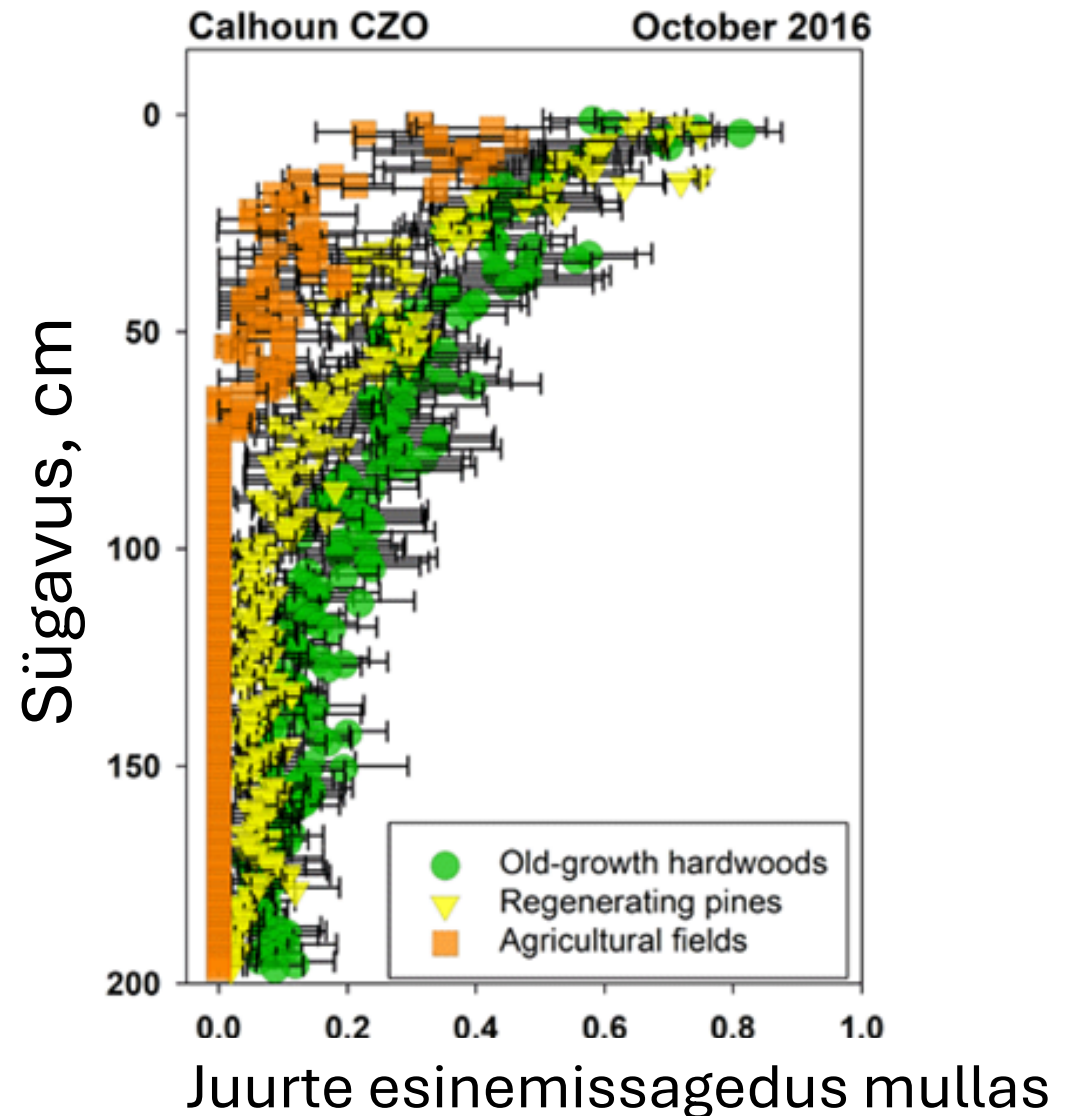
Need väited toetuvad tõenditele, nagu taimed vajavad mulda, et kasvada ja kui juured ära lõigata, siis taimed surevad.



Juurestatus muutub pindmisemaks

- Vanades metsades on juurdumissügavus keskmiselt kaks korda suurem
- Taasmetsastamisel võtab vana metsaga samaväärse juurdumissügavuse saavutamine oluliselt rohkem aega, kui maa-pealse osa taastumine

(Billings et al 2018: Loss of deep roots limits biogenic agents of soil development that are only partially restored by decades of forest regeneration)



Nutikad lahendused & vabavara ehk AI maa all

- Kaamerate areng on kiire: teravamad, sügavamad fotod; multispektraalsed fotod võimaldavad eristada taimeliike, füsioloogilisi erisusi...
- Pilditöötlus masinõppe meetoditega võimaldab hetkel töödelda umbes 700 000 pilti nädalas (2021), tänaseks ilmselt juba rohkem, (kogenud inimene suudab töödelda umbes 1500 pilti nädalas)

