

Puude maapealne ja maa- alune elu

EAÜ suvepäevad 16.-18.08. 2024

Junsi puhkekeskus, Soomaa

ETT – mis või kes see on?

- *European Tree Technician* – „puutehnik“ 
- Mis on tehniku tase?
- Praegu meil lähedane mõiste **puittaimede spetsialist**
- Mõneti jääme „puutehniku“ tasemest maha
- Puuduvad nii nõudlus kui pakkumine, aga oleks VAJADUS, kui puude huvidest lähtuda
- Eestis on üksainuke vastava kutsetunnistuse omanik

ETT kolmikroll- kes ta on ja kes ta ei ole: ekspert, järelevalve teostaja, nõustaja
– seega vahelüli puu ja temaga seotud huvigruppide, sh arboristide vahel,
lähtudes puu heaolust.



Täna keskendume veidi konkreetsematele asjadele
– st, sellele, mis võiks ka arboristi huvitada

MIS TOIMUB MAA ALL?

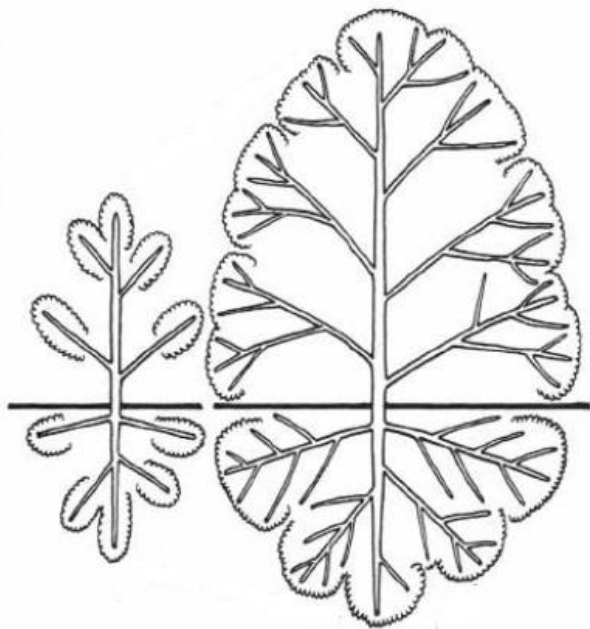
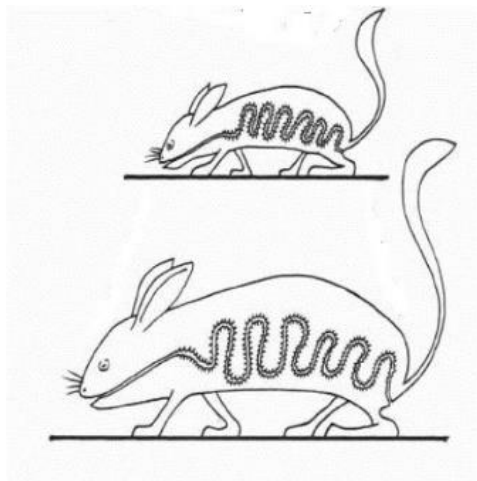
Mida tähendab olla puu?

- Puud -kõige pikaealisem ja konkurentsivõimelisem taimede grupp Maal, mida eristab teistest taimedest evolutsiooni käigus tekkinud omadus jätkata kasvu paljude aastate, isegi aastasadade ja -tuhandete jooksul. Puude pikaealisuse tagab **pungade olemasolu**, mis võimaldab üle elada kasvuks ebasoodsaid perioode (külm, põud), et soodsate kasvutingimuste taastudes taas kasvu jätkata.
- Puude konkurentsivõime teiste taimede ees tuleneb nende suutlikkusest toota puitu, mis tagab puutüve kõrguse ja tugevuse suutmaks kanda võra, mis, ulatudes teistest taimedest kõrgemale, võimaldab püüda rohkem valgust, et fotosünteesi abil toota süsivesikuid (suhkruid). Lisaks on puittaimed suutelised varuma ja säilitama vett ja toitaineid oma spetsiaalsetes säilituskudedes pikemaks perioodiks.

Puu kasvab ja areneb, nagu iga elusorganism

- Puu kasvu all mõistetakse nii puu maapealsete osade kui ka juurestiku mõõtmete ja massi suurenemist. Seega tähendab kasv kvantitatiivseid muutusi puu elus.
- Arengu all mõistetakse kvalitatiivsete morfoloogiliste ja füsioloogiliste muutuste jada, st muutusi taimeosade kujus ja funktsioonis puu kogu elukaare jooksul. Arengu algatab jagunemise ja venimise faasi läbinud rakkude **diferentseerumine**.

Mille poolest puu erineb inimesest või loomast?



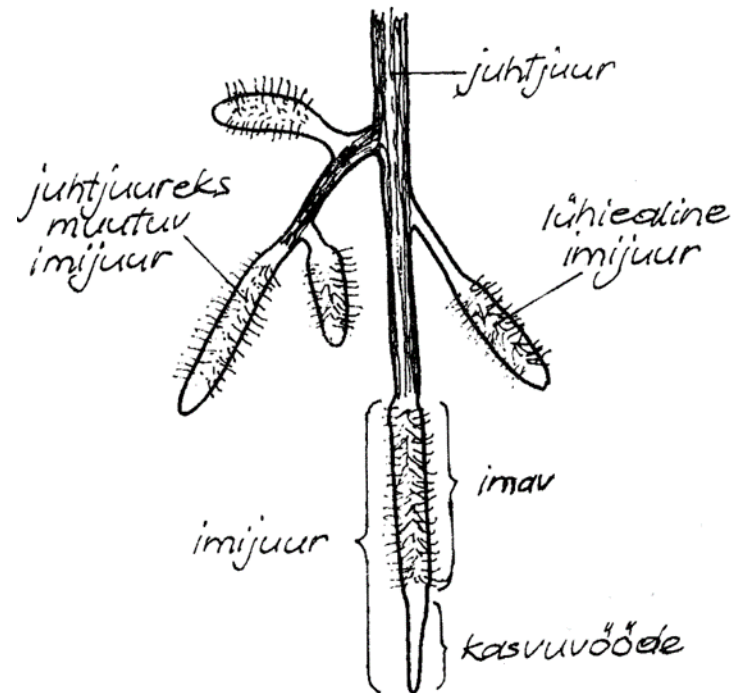
Märkimisväärne osa puust paikneb maa all!

- Nii, nagu kasvab ja haruneb puu maapealne osa (harunemise iseloom ühelt poolt geneetiline ja teiselt poolt mõjutab keskkond), kasvavad ja harunevad ka juured.
- Nii nagu võrsete puhul, toimub ka juurte pikkuskasv nende tipust. Erinevalt võrsetest aga ei moodustu juurtele pungi. Küll aga võivad mõnede liikide juurtele moodustuda lisapungad, millest areneb juurevõsu.
- Sarnaselt võraga on ka puude juurestik liigiomase, geneetiliselt määratud harunemismustriga, mis põhineb algkudedel (meristeemidel) ja hierarhilises suhtes toimivatel telgedel. Samal ajal on juurestik vaatamata oma geneetilisele ettemääratusele siiski kohanemisvõimeline ehk plastiline, mis väljendub reaktsioonina mullatingimustele.

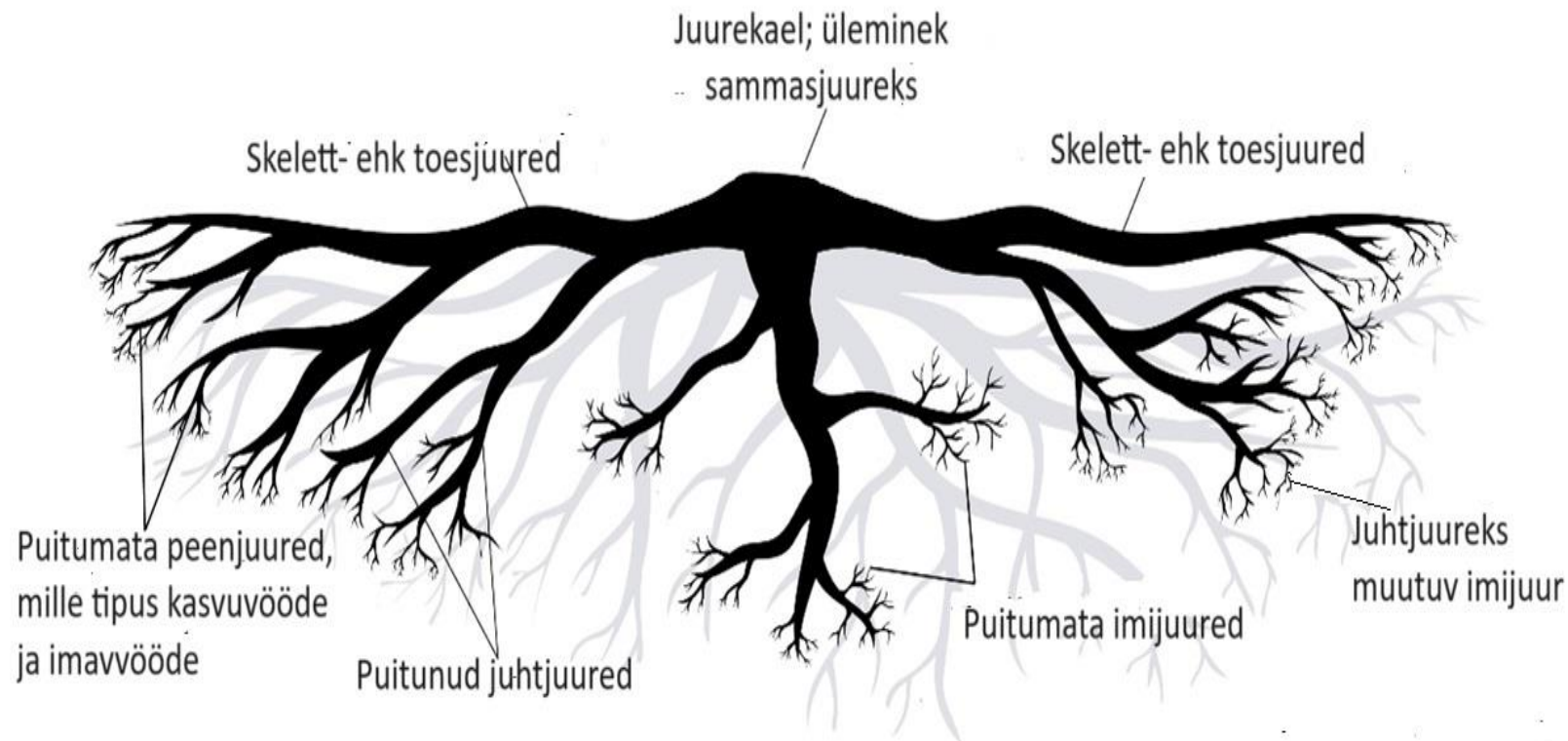
Juurte liigid sõltuvalt nende vanusest

- 1) Skelett- ehk toesjuured ehk esimese järgu juured – paljude aastaringidega, puitunud, korgistunud koorega; ei ima, aga juhivad vedelikke. Annavad puule stabiilsuse.
- 2) Teise astme juured, mis on samuti puitunud ja omakorda harunevad, jne
- 3) Peenjuured, mis paiknevad juurte tippude läheduses ning on alustanud puitumist ning muutumist juhtjuurteks.
- 4) Imav- ehk absorbeerivad juured (osa peenjuurtest); need paiknevad peenjuurte tippudes. Just nende ülesandeks on vee ja toiteelementide ammutamine mullast. Need juured on üldiselt väikese läbimõõduga (<2 mm) ja neile on iseloomulik väga intensiivne ainevahetus.

Juure kasv ja areng



Juurte liigid ja nende ruumiline paiknemine. Nagu võra puhul saab loendada oksajärke, saaks ka juurte puhul loendada kasvujärke





Peenjuurte „käive“

Imavjuurte eluiga ulatub tavaliselt mõnest päevast mõne nädalani, misjärel nad hävivad ega ole seega taastumisvõimelised. Kõige nooremad peenjuured (viimase järgu juured juuretipu lõpus) on ka kohaks, mida suure tõenäosusega koloniseerivad mükoriisaseened, mistõttu nad sisaldavad rohkem lämmastikku kui kõrgemat järku juured. Kuigi peenjuured ise ei vaja oma elutegevuseks eriti palju süsivesikuid, kulub neid summaarselt siiski peenjuurte kiire „käibe“ tõttu palju. Vaatamata oma väikestele mõõtmetele võivad peened juured summaarselt moodustada kuni 90% kogu juurestiku pikkusest. Kõik juured kokku moodustavad süsteemse võrgustiku ehk juurestiku.

Puu energiabilanss: tulud ja kulud nagu riigieelarves

Hea **mullatervisega kasvukohtades**, kus süsivesikute bilanss on "paigas", tarbivad puud toodetud suhkrud ära järgmisteks protsessideks:

- +/- 30% kasutatakse uute lehtede arendamiseks (kevadel ja suvel),
- +/- 30% kasutatakse okste, tüvede ja puitunud juurte juurdekasvuks, haavade parandamiseks ja mädanike kapseldamiseks,
- +/- 30% kasutatakse peenjuurte jooksvaks uuendamiseks (peenjuurte aastaringseks käibeks),
- +/- 10% kasutatakse mükoriisaseente ja teiste mullaorganismide ülalpidamiseks.

Kuidas peaks puu toimima, kui kulud ületavad tulusid? Kust eelarvet kärpida?

Maa-aluses ruumis pole puujuured üksi

Puud ei ole ökosüsteemis, sh selle maa-aluses osas, üksi: nad on osa sellest ja eksisteerivad koos arvukate mullafauna-, taime- ja seeneliikidega, sealhulgas sümbiontidega*. Mõnedel süsteemi kuuluvatel liikidel on üksteisega ainult nn kahepoolne ehk liigispetsiifiline suhe. Kuid on ka liike, mis eksisteerivad koos oluliselt keerulisemates võrgustikes – näiteks puujuurte ümbruses ehk risosfääris leiduvas kompleksses toiduvõrgustikus, millesse kuulub ka puu ise.

*- sümbiondi mõiste on laiem kui ainult mükoriisat moodustavad seened

Mis on risosfäär

Risosfäär on taimejuurte pinda ja juurte lähiruumi ümbritsev muld, milles mikroobide kooslust mõjutavad otseselt taimejuured ja nende eritised.

Risosfäär on tavaliselt mõne millimeetri paksune, kuid võib seejuures sisaldada miljardeid bakterirakke. Peale bakterite leidub risosfääris ka seeni ja loomi.

Risosfäär - puujuurte ja nende lähiümbruse elustiku vastastikmõjudest tulvil keskkond

- Risosfääri koostis on taimede jaoks oluline selle pärast, et see on keskkond, kust taim saab oma elutegevuseks vajalikke aineid ja mikroelemente.
- Risosfääri struktuur ja koostis sõltuvad oluliselt mulla tüübist ja taime liigist, kuna erinevad taimeliigid eelistavad spetsiifiliste mikroobiliikide esinemist ja püüavad neid meelitada. Selle põhjuseks on, et erinevad mikroobiliigid võivad erinevat moodi mõjutada selle keskkonna keemilist koostist ning potentsiaalselt mõjutada taime arengut ja kasvu.
- Ei maksa unustada, et puujuured pole üksi – neid ümbritseb lugematu arv rohttaimede juuri, kellel kõigil on oma risosfäär.
- Risosfäär võib sisaldada nii sõpru kui vaenlasi

Seened puude kaasteelistena

Puude tähtsaimateks partneriteks on seened. Mitmed seeneliigid aitavad puudel elus püsida, mõned teised aga neil elust lahkuda, lagundades neid sedavõrd, et pärast oma elukaare lõppu oleks neil võimalus minna tagasi aineringsse.

Mükoriisasümbioosil (toitainete ringlusel taime ja seenorganismi vahel) on oluline tähtsus taimede kasvu ja püsimise seisukohalt paljudes ökosüsteemides; üle 90% kõigist taimeliikidest on mükoriisasuhetes seentega ja nende ellujäämine sõltub sellest suhtest. Sümbioos seentega suurendab taimede võimet omastada mullast nii vett kui anorgaanilisi ühendeid (näiteks nitraate ja fosfaate).

Maa-alune internetivõrgustik

- Enamik mükoriisaseeni loob ühenduse laia peremeestaimede ringiga: seen võib olla seotud mitme eri liiki taimega ja taim omakorda mitme eri liiki seenega.
- Nii ühendavadki seened puid omavahel suurteks võrgustikeks, millest saavad kasu ka varjus kasvavad noored taimed: selline võrgustik võimaldab suhkrute jt toitainete ülekannet ühelt puult teisele.
- Lisaks blokeerib sümbioosete seente võrgustik puudele kahjulike seente ning teatud tüüpi kahjulike bakterite rünnakuid.

Arendamisel olev, seentel baseeruv mükodiagnostika

Puuga koos eksisteeriva seenemaailma iseloom on dünaamilises arengus, mis tähendab, et puu **vanuse** või **seisundi** muutudes muutub ka puuga seotud seente liigiline koosseis. Puude ja seente vaheliste suhete iseloomu põhjal on võimalik analüüsida üksikpuu või ka puistu seisundit. Tuginedes teatud kindlate seeneliikide olemasolule või nende puudumisele saab hinnata puu tervist, elukaare etappi ja oodatavat eluiga.

Juurte käive halva mullatervisega kasvukohas

- Sobimatu juurekeskkond kiirendab ka peenjuurte „käivet“ – st nende teket, eluiga ja hukkumist. Keskmiselt on peenjuurte eluiga 6...12 kuud (mõned juured elavad aastaid, teised vaid mõne nädala või päeva), mis tähendab, et ka hea tervisega ja heades tingimustes kasvava puu peenjuurepopulatsioon asendub vähemalt kord aastas; selleks kulub 30%+10% toodetud assimilaatidest.
- Eeldatakse, et kehvade kasvutingimustega linnapuudel on peenjuurte käive kordades suurem.
- Halva juurekeskkonnaga linnapuude puhul kulub peenjuurte vahetusele tõenäoliselt üle 60% kogu süsivesikute eelarvest, mis vähendab puu kasvuks ja haavade kinnikasvatamiseks kasutada olevat ressursi.

Mullatervis – kuum teema! No kas siis muld võib olla ka haige?

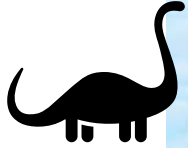
- Mullatervis on mulla jätkuv võime toimida vitaalse elusüsteemina, säilitada bioloogilist produktiivsust ning edendada taimede, loomade ja inimeste tervist.
- Mullatervise määrab mulla füüsikaliste, bioloogiliste ja keemiliste omaduste tasakaal, mis on omavahel seotud ja üheskoos mõjutavad mulla looduslikke protsesse, millest olulisemad on vee ja toitainete ringkäik, gaasivahetusrežiim ja huumuse moodustumine, aga ka mullatekke protsess ise.

Füüsikalised: lõimis, struktuursus,
poorsus ning nende jaotus,
tihedus, agregaadid,
veemahutavus ja veehoiuvõime,
infiltratsiooni kiirus jm

Mulla hea tervis - kolme omaduste grupi tasakaal

Bioloogilised: mulla
elurikkus, orgaaniline C,
mulla toiduvõrgustik,
huumus, patogeenid jm

Keemilised: pH,
toitelementide sisaldus
ja nende tasakaal,
saasteained jm

„VANAKE“ 



HALJASALADE KASVUPINNASED JA MULTŠID



- Valmis a. 2012 Soome „Viheralueiden kasvualustat“ põhjal.
- Keskendub tööstuslikult toodetavatele kasvusubstraatidele ja –pinnastele.
- Vahepealsetel aastatel on suhtumine muldadesse palju muutunud – muld on ökosüsteemi osa, kus esikohal on mullaelustik.
- Kuna muld on pidevalt arenev keha, ei ole muldi võimalik standardiseerida.

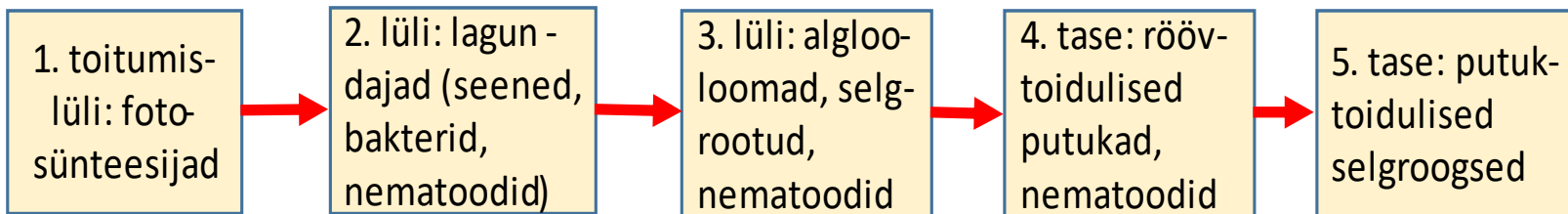
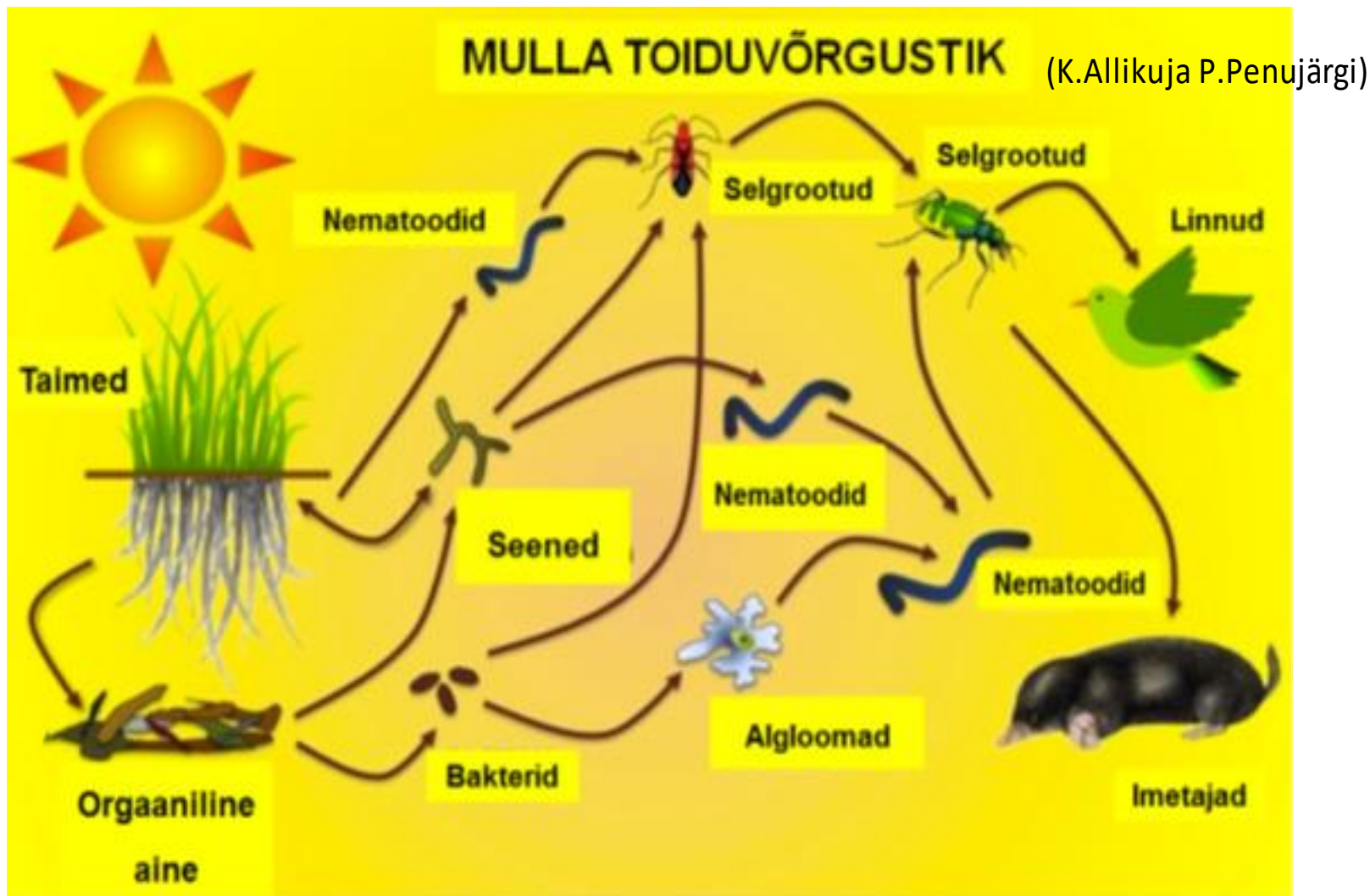
Võtmetähtsusega on mulla hea tervise tagamisel mulla toiduvõrgustik, mis täidab mulla kui terviku ning ökosüsteemi kui terviku seisukohalt **elulise tähtsusega funktsioone**

- **Muld ilma elustikuta on surnud muld** ehk sel puudub viljakus, sest mullaelustiku (eelkõige bakterid, seened) **abita ei ole taimed võimelised mullast toitaineid omastama** (meenuta risosfääriga seotut!).
- Mullaelustik on tundlik igasuguse füüsikalise, keemilise ja bioloogilise mõjutamise suhtes. Seetõttu on teda kerge hävitada.
- Elurikkuse vähenemine mullas toob endaga kaasa puittaimede seisundi halvenemise. **Hea mullatervis**, milles on oma osa mulla-organismidel, **tagab hea tervisega puud.**

Ja ongi elurikka mulla asemel surnud
puistematerjal..., ka puu on surnud!



Mullaelustik hoiab käigus Maakera! (vt ka tagapool)



Kas ja kuidas saaks jõehobu hakkama Sahaaras?

Mulla **füüsiline keha** peab pakkuma mullaelustikule

- 1) **kodu**, milleks on struktuurne, sobiva õhu- ja veerežiimiga muld,
- 2) **toitu**, milleks on orgaaniline materjal, sh mulla orgaaniline süsinik.

Kui üks neist kahest tingimusest ei ole täidetud, ei saa jätkusuutlikku süsteemi eksisteerida. Mistahes mullaparandusaine mõju on lühiajaline ning süsteem lakkab toimimast, kui meedet ei korrata. Näiteks, kui muud tingimused mullaelustiku ja seega ka taimede kasvu jaoks on ebasobivad, ei anna ka mõne toiteelemendi või mükoriisapreparaadi lisamine halva tervisega mullale kuigi pikaajalist efekti - just nii, nagu vee tassimine jõehobule Sahaarasse poleks jätkusuutlik.

Kuidas hoiab mullaelustik käigus Maakera?

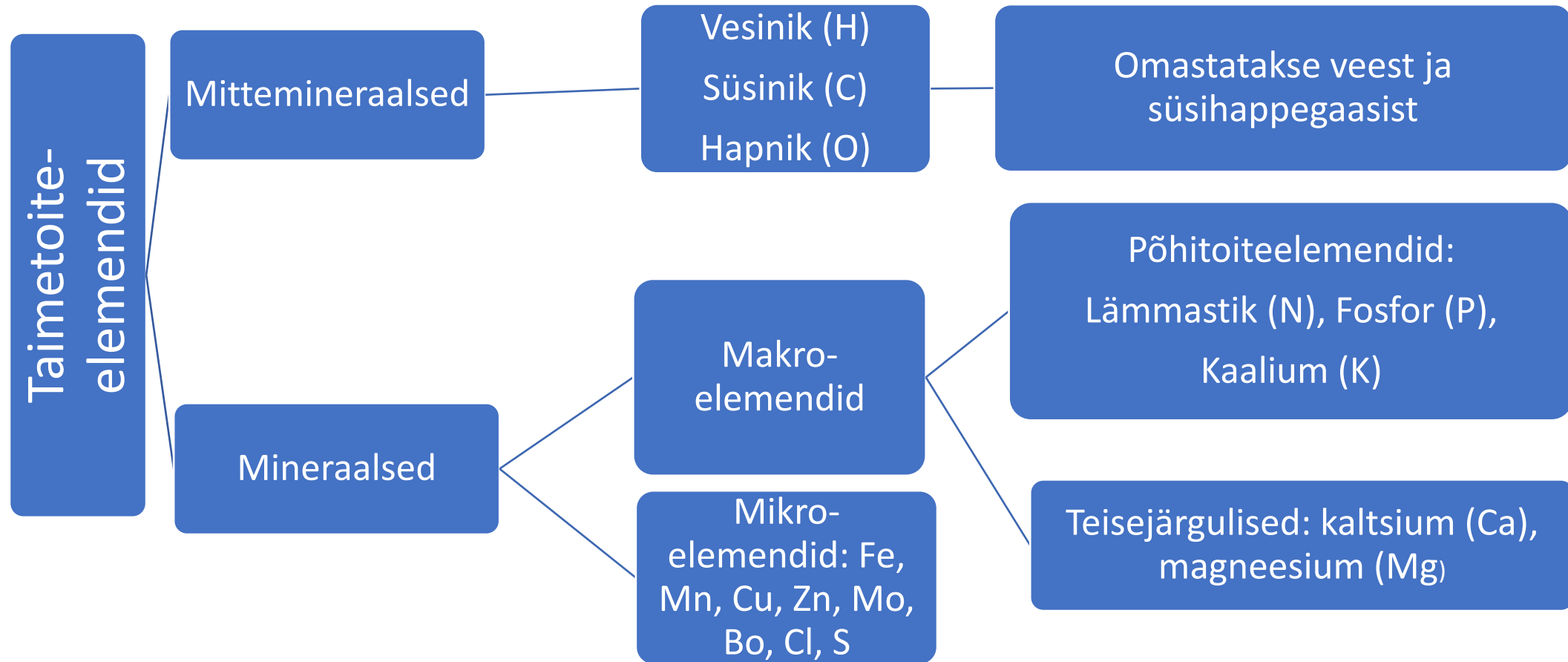
Mulla toiduvõrgustik on toimivate muldade "bioloogiline mootor", mis juhib ja muudab nende füüsikalisi, keemilisi, bioloogilisi ja ökoloogilisi protsesse.

Olulisimad protsessid:

- gaasivahetus, sh mullahingamine,
- vee ringkäik,
- toiteelementide (nt N,P,K) ringlus,
- orgaanilise aine ringlus, sh org. C ringlus, humifitseerumine ja mineraliseerumine,
- mullatekke protsessi jätkumine.

Puude kasvu soodustamiseks on hädavajalik luua stabiilne ja toimiv mulla ökosüsteem. Seetõttu tuleb mullaorganismide eest hästi hoolitseda: olgu kodu ja toit😊!

Taimetoiteelemendid



Muld ja taimed on vanemad kui väetised – ehk kui väetisi ei oleks...

Taimetoiteelementide allikaks on

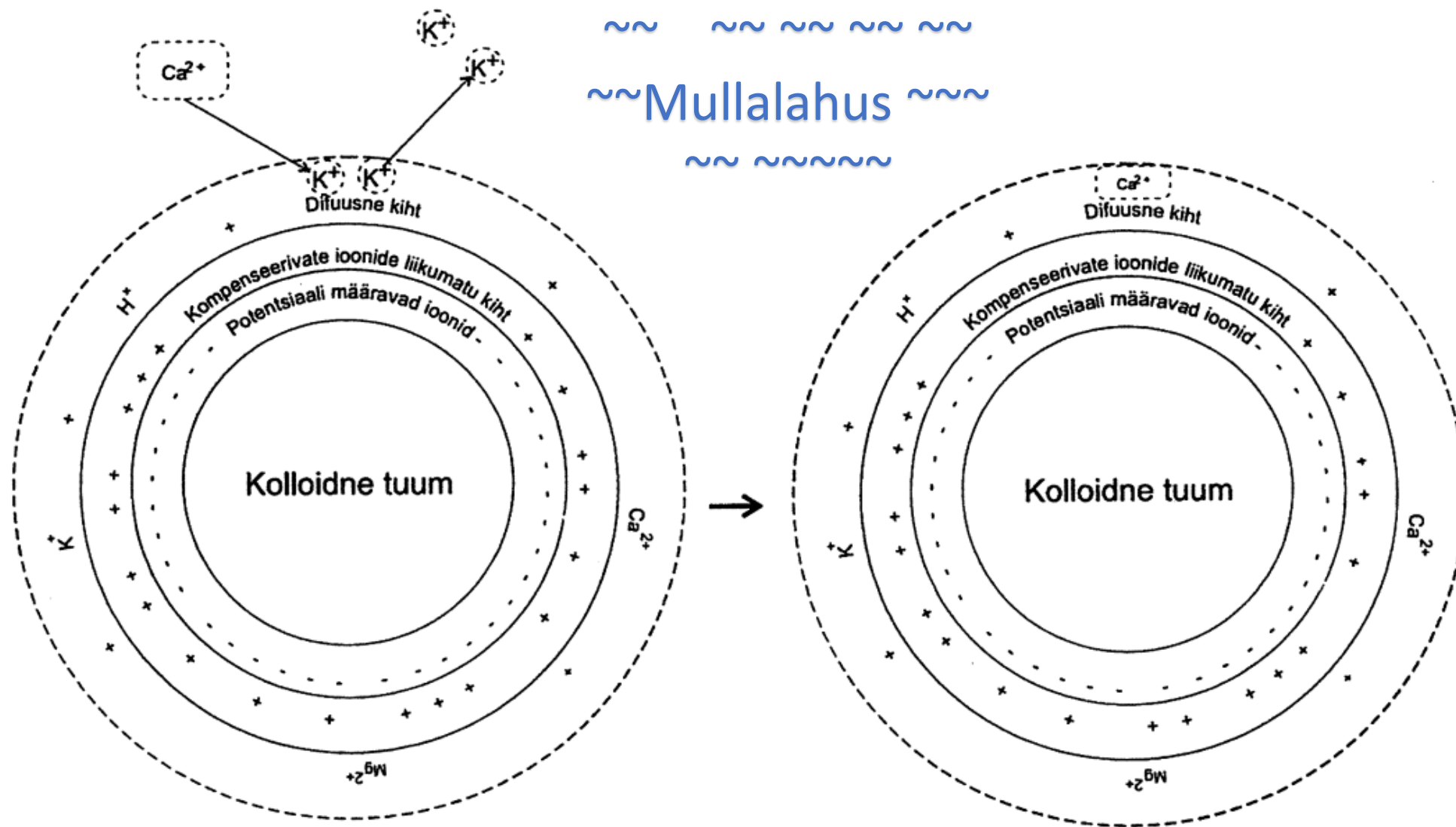
- mulla mineraalse osa murenemissaadused,
- mulla orgaaniline osa, mille viivad aineringsesse tagasi (st taimedele kättesaadavasse vormi) mullaelustik ja humifitseerumis- ning mineraliseerumisprotsessid
- mulla- ja sademetevesi,
- õhk.

Kus muld oma toitainearu hoiab?

Hea tervisega mullas on huumus ja savimineraalid omavahel seotud adsorptsiooniprotsesside kaudu. Huumusosakeste ja savimineraalide “kooslusi” nimetatakse tavaliselt **savi-huumuskompleksideks**, mis peamiselt oma elektronegatiivsete omaduste tõttu on võimelised mullalahuses olevaid positiivse laenguga ioone endasse võtma ja siduma. Seega toimivad savi-huumuskompleksid mullas toitainete hoidjana.

Aga eelduseks on huumuse olemasolu.

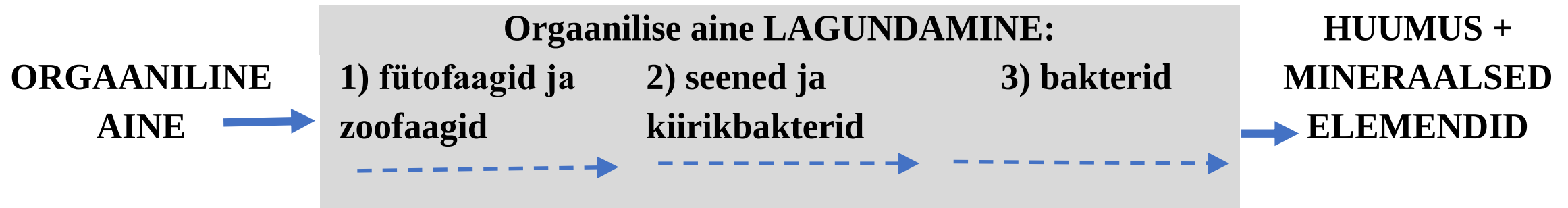
Asendusneeldumine savi-huumuskompleksidele



Kes lisaks savi-huumuskompleksidele veel toiteelemente neelab?

- 1) Mulla orgaaniline osa: nii elusolev kui surnud, lagunemise erinevates faasides olev taimne või loomne materjal ja nende jäänused sisaldavad taimetoitaineid, mis sealt enne täielikku mineraliseerumist ei ole kättesaadavad. Seega on need bioloogiliselt neeldunud. Eriti oluline on bioloogiline neeldumine vegetatsiooni lõpuks kasutamata jäänud nitraatide puhul – kuna need ei neeldu ka savi-huumuskompleksidele, uhutaks nad lihtsalt põhjavette.
- 2) Mulla mineraalne osa: taimed ei saa neid kätte enne, kui bioloogilised (jälle see mullaelustik!), füüsikalised või keemilised mõjutajad on need kättesaadavaks teinud.
- 3) Mulla põhiline lämmastikuvaru sisaldub huumuses.

Huumuse moodustumise etapid; huumuse moodustumine on üks osa süsinikuringest



Ehitusvigadega kodu ventileerimine on keerukas

Väga paljud linnapuud ei taha kasvada; nende suurus ja kuju jäävad staatiliseks ning seejärel nad järk-järgult degenereeruvad. Puude halva tervise põhjuseks võib olla asjaolu, et nad on istutatud kasvukohta, kus orgaanikarikka materjali kiht paikneb aja jooksul kogunenud tüseda “kultuurikihi” all. Lagunedes võib sügaval asuv orgaanika tekitada puujuurtele mürgise gaasikeskkonna ning põhjustada sügavamal asetsevate peenjuurte ülikiire “käibe” (isegi kuni 75% assimilaatidest 30% asemel, mis normaalselt kulub juurte uuenemise peale).

Nii ei jää tüve ja võra kasvuks piisavalt suhkruid. See väljendub näiliselt heas kasvukohas kasvavate puude kiratsemises, mille põhjusele on väga keeruline jälile saada.

MIKS PUU EI KASVA?

- Raskem liivsavi 82 cm
- Sellest allpool suure huumusesisaldusega kiht
- Elujõulisi juuri ainult kuni 30 cm sügavuseni
Elusjuuri ülimalt vähe vahemikus 30...82 cm
- pH 6 kõigis horisontides kuni 82 cm
- 50 cm sügavusel rohkelt suuri kive



Foto C.C.N. Nielsen. *Fagus sylvatica* 'Atropunicea'.
Istutatud 1918. või 1919

Mis juhul on vaja mulda hinnata

Mulla omadusi on vaja hinnata kahel juhul:

- 1) kui märgatakse negatiivseid muutusi puude elujõus ja on vaja rakendada mullaparendusmeetmeid
- 2) enne uute puude istutamist.

Mulla sobivust saab hinnata kas koha peal visuaalselt ja/või mullaproovide analüüsimisega laboris. Väga palju abi on ka infost varasema maakasutuse kohta.

Kuidas ma tean, kas muld on sobiv? Analüüsi kõiki kolme komponenti!

Mulla hindamisel on oluline jälgida selle kõiki kolme komponenti (füüsikalist, keemilist ja bioloogilist) erinevate parameetrite alusel.

Kahjuks keskendutakse sageli ainult keemiliste omaduste hindamisele, mis on eksitav.

Kuigi kõik omaduste grupid on omavahel seotud ja üksteisest sõltuvad, on füüsikalised omadused (KODU!!!) ja bioloogilised omadused (orgaanika, TOIT!!!) palju olulisemad kui keemilised.

Kas labor annab adekvaatse hinnangu sobivuse kohta puude kasvatamiseks?

Hinnangute andmisel tuginevad laborid eelkõige põllumajanduslikele uuringutele, kus saagiga iga-aastaselt viiakse toitaineid põllult ära ning need tuleb samas mahus asendada. Puudele vajalikke toitainete sisaldusi on uurinud teadaolevalt vaid soomlased; meie laborite andmetega võrdlemist takistavad erinevad mõõtühikud ja analüüside töötlemise metoodikad.

Laborisse on siiski vaja minna, kui on kahtlus (puudusnähud) mõne elemendi vajaku suhtes.

Mis siis on oluline?

Mulla sobivuse hindamine puude kasvatamiseks peab andma vastuse eelkõige mulla tervise kohta - see on mulla analüüsimise peaeesmärk.

Suurt osa mullatervist mõjutavatest parameetritest saab hinnata visuaalselt.

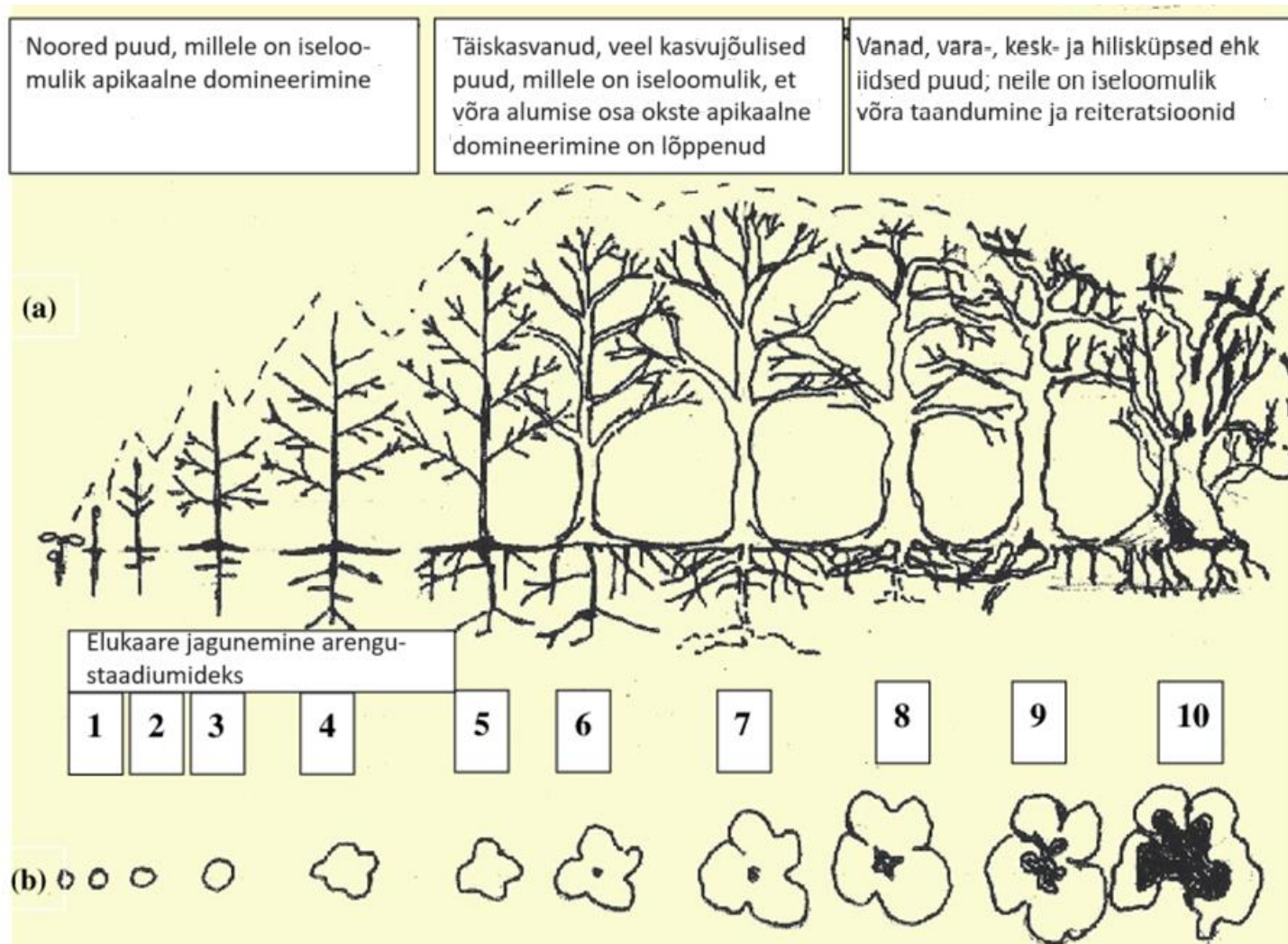
Ainult et kuidas me lahendame vaidlusküsimused....

Ja kui meil ikkagi pole kasutada mulda, kus toimiksid looduslikud protsessid, vaid on kohale veetud, VAJUMATA, ühtseks toimivaks mullakehaks arenemata puistematerjal....

Millised visuaalselt (või lihtsate meetoditega) määratavad mulla karakteristikud on olulised

- Lõimis – kuuliveeretamise test
- Huumuse olemasolu (tumedam kiht mullaprofiili ülaosas)
- Mulla elustiku, sh juurte olemasolu ja iseloom: kas ja kus see esineb? (mullakaev või puurproov)
- Orgaanilise aine sisalduse määramine kuumutuskaoga (550 kraadi 2 tunni jooksul). Selle abil saab ka huumuse sisalduse ($\text{huumus} = C_{\text{org}} \times 1,72$)
- Struktuursus (lagunemine kaevamisel)
- Lasuvustihedus (kruvikeeraja test, aga ka mahusilindri kasutamine)
- Infiltratsiooni- ja drenaaživõime (süvendi täitmine veega)

Lõpetuseks: miks ikkagi puu sureb?



Süüdlased on teada; omavahel on nad seotud

1) süsinikunälg 2) vee transporditeede katkemine.

Häired vee transpordis tekivad juhul, kui ksüleemis esineb massiliselt embooliat (mädanikku), mis hävitab juurtest lehtedeni tõusvad veesambad. Nii katkeb lehtede veevarustus, mistõttu peatub fotosüntees (süsiniku tootmine).

Puu sureb, kui olemasolevad süsinikuressursid (juurtes, lehtedes ja puidus) ammenduvad sedavõrd, et need ei suuda enam toetada põhiainevahetust (nt hingamine ja transpiratsioon). Ammendunud ressursid võivad taastuda, kui paranevad süsiniku assimilatsiooni (fotosünteesi) tingimused. Kui ei, siis ületatakse pöördumatult elu ja surma künnis, mis füsioloogiliselt väljendub puu talitluste lakkamises ehk surmas.









Aga kui varud võimaldavad veel
võidelda, võib puu saada ka uue elu



Aitäh kuulamast!

Küsimused?