

A B C

MULLA

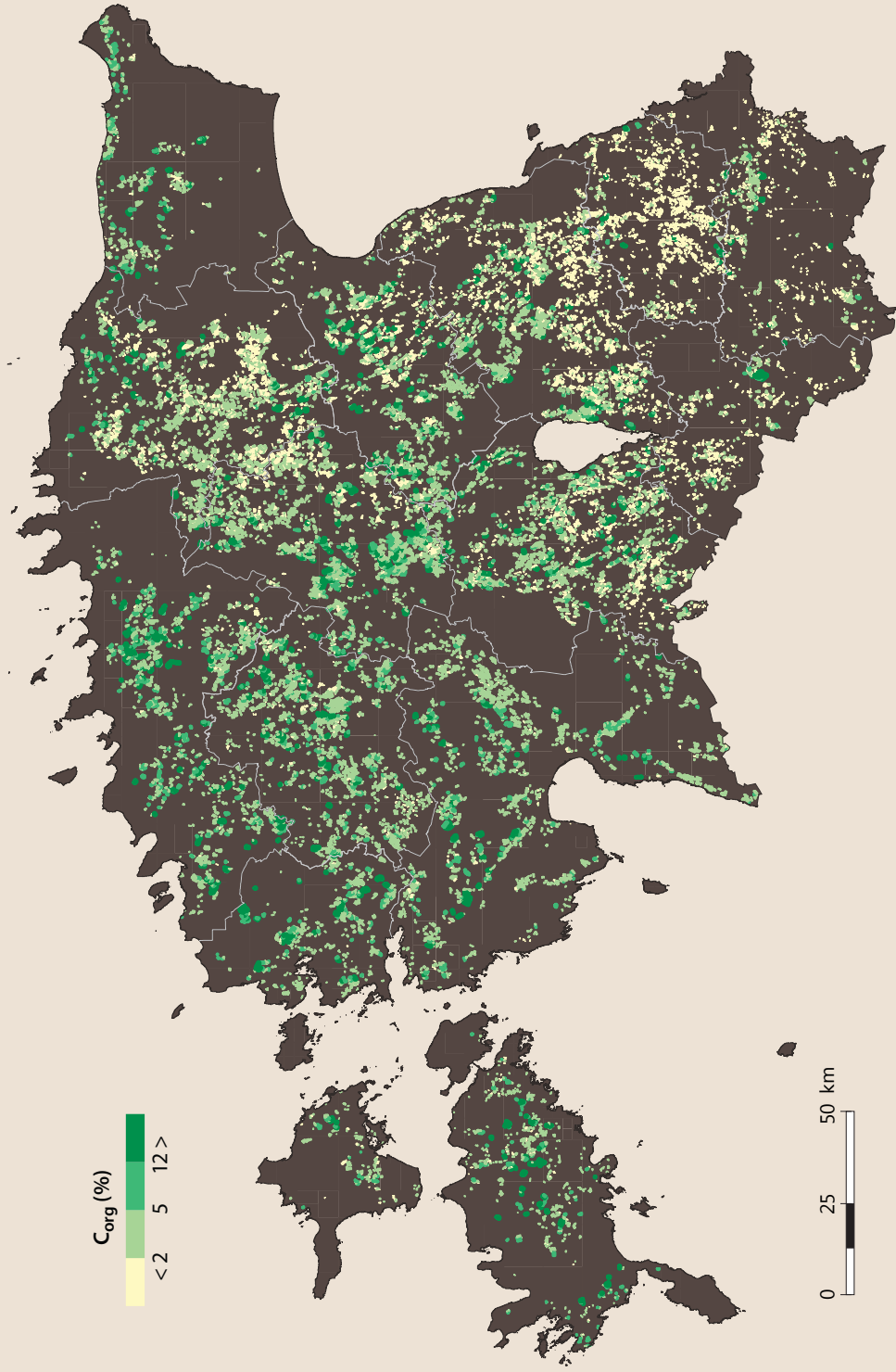
II osa

Mulla orgaaniline aine

Turvastunud leedemuld on tugevasti happeline ja levib märgades männimetsades. Mullas esineb orgaanilist ainet mitmes vormides: pindmine on metsakõdu ja 10–15 cm tüsedune vähelagunenud turvas, selle all on rohkem humifitseerunud tumemust toorhuumuslik kiht. Profili keskel paikneva tuhkhalli leedekihi all on näha huumusainete sisseuhet. Sellistel muldadel paikneb arvestatava kogus orgaanilisest süsinikust mulla alumises osas.

Eesti põllumuldade orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org} , %) 2002.–2017. aasta mullaproovide alusel

Allikas: Põllumajandusuuringute Keskus



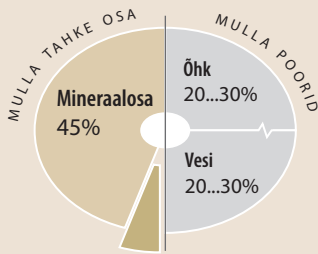
Mulla orgaanilise osa jaotus

Mulla tahke osa jaotub mineraalseks ja orgaaniliseks. Orgaanilise osa moodustavad mullaelustik ning mitmesuguses lagunemis- ja muundumisjärgus olev orgaaniline aine. Elusorganisme, sh elusa taime juuri ei arvata mulla orgaanilise aine hulka.

Lihtsustatult jaotatakse mulla orgaaniline faas neljaks:

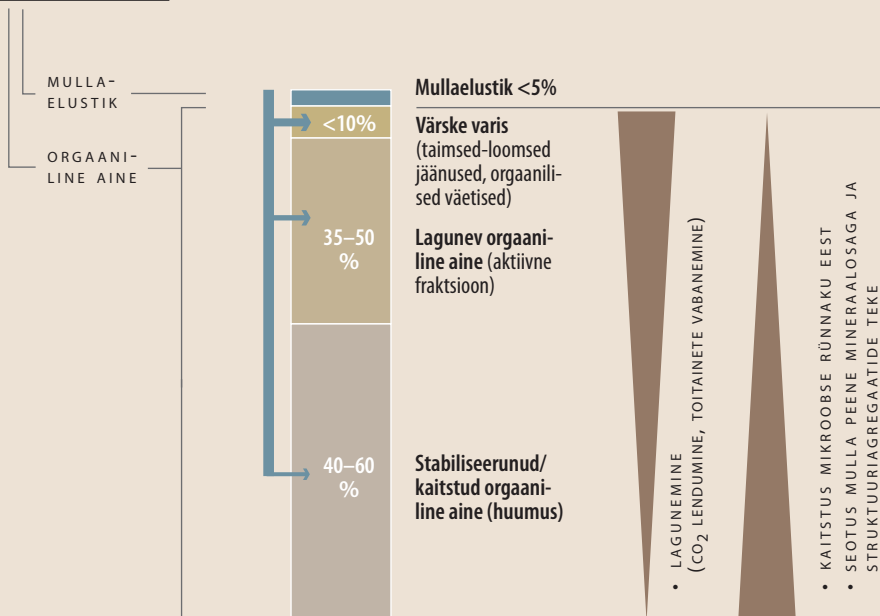
- 1) elusorganismid,
- 2) surnud, ent oluliselt lagunemata taimsed ja loomsed jäänused ehk värsked varis,
- 3) aktiivne fraktsioon (lagunev varis, eelhumus) ja
- 4) stabiilne orgaaniline aine ehk huumus.

Nende fraktsioonide proportsioonid sõltuvad suurel määral maakasutusest ja mulla liigist. Et tüüpilises parasniiskes põllumullas moodustab stabiliseerunud ja mineraalosauga tugevasti seotud orgaaniline aine suurima osa kogu orgaanilisest ainest, siis kasutatakse üldkeeles sõna „huumus“ mulla orgaanilise aine sünonüümina.



Mulla komponendid ja orgaanilise osa ligikaudne jaotus viljaka mineraalmulla huumushorisondis

Orgaaniline osa 5%



Orgaanilise aine teke ja tähtsus

Maismaal on biomassi esmased tootjad peamiselt mullaga vastastikmõjus talitlevad kõrgemad taimed. Kogu maapealne ja mulla elustik muundab ja kasutab taimede poolt loodud orgaanilist ainet oma elutegevuseks. Väiksem osa mulla orgaanilisest ainest pärineb loomade ja mikroorganismide kehadest. Taimedest pärinev ja mulda ladestuv biomass hakkab mullaelustiku kaastoimel lagunema. Nii on taimne varis paljudele mullaelustiku rühmadele esmane energiaallikas ning soodsates tingimustes vabaneb lagunemise käigus mullalahusesse taime-toitained. See on aluseks uuele bioloogilisele aineringle ja taimede kasvule. Suurem osa mulda sattuvast värskest orgaanilisest ainest laguneb täielikult ja ainult väiksem osa (5–30%) muundub parasniiskes mineraalmullas stabiilseks huumuseks.

Kuigi orgaaniline aine moodustab mullast väiksema osa kui mineraalne (välja arvatud turvasmullad), on see ülimalt tähtis mulla talitlemise, sealhulgas mulla viljakuse seisukohalt. Mulla toimimiseks on ühtviisi tähtis nii järjepidev orgaanilise aine ringlus (juurdetulek ja lagunemine) kui ka püsiva huumuse olemasolu.

Orgaaniline aine pole otseselt taimedele toiduks, kuid optimaalsel hulgal ja kvaliteedis tagab see soodsad kasvutingimused ja alles orgaanika mineraliseerumisel vabanevad mulda taimele omastatavad toitained. Mulda jääva orgaanilise aine lagunemisel erituvad orgaanilised happed, mis aitavad kaasa mulla mineraalosa murenemisele ja sealt taimedele vajalike mineraalainete vabanemisele. Passiivne mulla orgaaniline aine parandab mulla struktuursust, veehoiuvõimet, taimetoitelementide neelamisvõimet ja puhverdusvõimet (vastupanu pH muutusele).

Mulla orgaaniline aine on lahutamatu seotud ökosüsteemi süsiniku- ja lämmastikuringega. Mullas paikneb maismaa suurim süsinikuvaru. Valdav osa (> 95%) mulla kogulämmastikust on mulla orgaanilise aine koostises. Mineraalmuldadel on mulla orgaanilise süsiniku ja lämmastiku vahel tugev positiivne seos. Seega on huumusrikastel muldadel taimed lämmastikuga paremini varustatud ning see võimaldab lämmastikväetiste kasutamist olenevalt mulla süsinikusisaldusest diferentseerida.

Leetja mulla profiil ►

Tüsed huumushorisondiga viljakas muld, millel pooride, tahke osa ja orgaanilise aine jaotus vastab ligikaudu eeltoodud üldistusele. See on üks Eesti viljakamaid muldi ja levib rohkelt Kesk-Eestis.

Orgaanilise aine paiknemine mullas

Orgaanilise aine paiknemist muldkattes näitab mullaprofiili ülesehitus ja orgaanilist ainet sisaldavate horisontide – metsakõdu-, huumus-, turba-, toorhuumusliku ja sisseuhtehorisoni iseloom. Orgaanilise aine paiknemine mis tahes looduslikus mullas on seotud vastava mulla tekketingimustega. Selle sisaldust ja kvaliteeti võib mõjutada ka inimene maaharimise ja maaparandusliku tegevusega.

- Metsades ja looduslikel rohumaadel paikneb sageli suur osa orgaanilisest maapinnale ladestunud kõduhorisonis.
- Parasniisketes muldades esineb põhiosa mulla orgaanilisest ainest huumuse kujul, mis on tugevasti seotud mulla mineraalosa.
- Liigniiskes mineraalmullas moodustab orgaaniline aine toorhuumusliku horisoni, kus see on poollagunenud ega ole mineraalosa nii tugevasti seotud.
- Alaliselt liigniisketes tingimustes ladestub mulla orgaaniline aine maapinnale turbana – tugevasti happelistes tingimustes (rabades) lagunemata samblaturbana ning toitainerikka põhjaveelise toitega madalaloo hästi või keskmiselt lagunenu rohu- ja puiduturbana.

Haritaval maal on orgaanilise aine sisaldus künnikihi ulatuses tavaliselt ühtlustunud.

Näiteid mulla horisontide orgaanilise aine sisaldusest

| Horisont, materjal | Kood | Orgaanilise aine sisaldus (%) * | Selgitavad märkused |
|---------------------------|------|---------------------------------|---|
| Huumushorisont | A | 1–5 (6) | Erandiks on paepealsed mullad (8–12%) |
| Toorhuumuslik horisont | AT | 6 (7)–30 | |
| Metsa- ja rohumaakõdu | O | >30 | Õhuke kõdu on segunenud koproliitidega |
| Hästi lagunenu turvas | T3 | 80–90 | Lammiturvastel võib orgaanilise aine sisaldus olla alla 75% |
| Halvasti lagunenu turvas | T1 | 90–97 | |
| Huumusiluviaalne horisont | Bh | 1–4 | |

* kuiva mulla massi kohta



Mulla huumusseisund

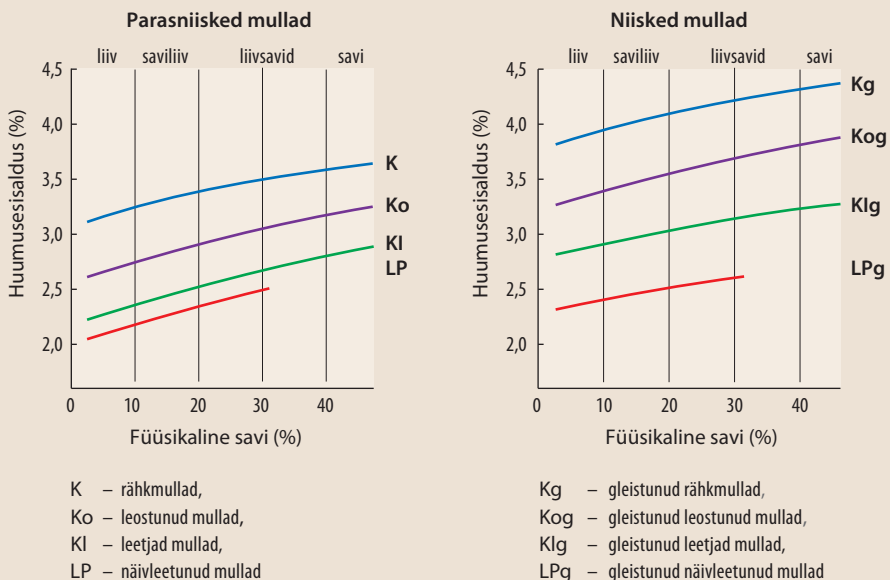
Mullaviljakuse säilitamiseks on oluline, et pikemas perspektiivis oleks ka põllumullas huumuse teke ja lagunemine tasakaalus. Mulla talitlusvõime säilitamiseks nii produktiivsuse kui ka keskkonnahoiu seisukohalt peab muld saama pidevalt „värsket” orgaanilist ainet koguses, mis kompenseeriks talitlemise käigus tehtud kulutused.

Lagunemise ja huumuse tekke kiirus ja vahekord sõltub:

- varise või orgaanilise väetise kogusest ja koostisest,
- mulla omadustest (lõimis, reaktsioon jt),
- mullakliimast (õhustatus, niiskus, temperatuur),
- mullaelustiku koosseisust ja aktiivsusest.

Üldiselt on huumuse tekkeks Eestis parimad tingimused parasniiskes liivsavi-lõimisega neutraalse pH-ga mullas. Liiga kerge lõimisega liivmullas tagab hea õhustatus küll kiire lagunemise, ent mullas jääb väheks saviosakesi, millega orgaanilised ained saaksid püsivaid ühendeid moodustada. Seetõttu on liivmullad juba oma olemuselt huumusvaesemad. Liigniiskes mullas on orgaanilise aine lagunemine õhupuuduse tõttu aeglane ja üldine orgaanilise aine sisaldus suurem kui parasniiskes või tugevasti kuivendatud mullas. Need on ainult üksikud näited sellest, et igale mullale on olenevalt tüübist, lõimisest ja niiskusoludest omane teatud huumushoiuvõime. Seega ei saa eesmärk olla kõik mullad võrdseks muuta, vaid tuleb osata hinnata ja hoida mulla eripära arvestavat huumusseisundit.

Põllumuldade tasakaalustunud huumusesisalduse ehk huumushoiuvõime seos mulla liigi ja lõimisega

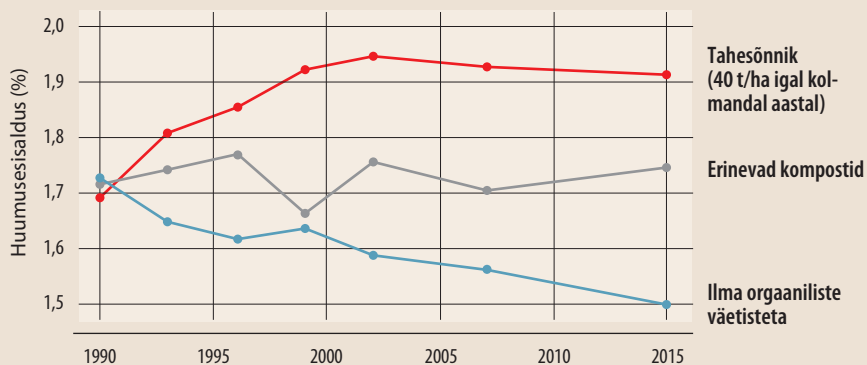


Parasniiskete ja gleistunud põllumuldade huumusesisaldus (%)

| Muld | Lõimis | Parasniisked mullad | | | Gleistunud mullad | | |
|--|----------|---------------------|----------|------|-------------------|----------|------|
| | | väike | keskmine | suur | väike | keskmine | suur |
| Rähkmullad (K) | liiv | <2,4 | 3,2 | >4,0 | <2,7 | 3,6 | >4,5 |
| | liivsavi | <2,5 | 3,4 | >4,2 | <3,0 | 4,1 | >5,1 |
| | savi | <2,7 | 3,6 | >4,5 | <3,3 | 4,5 | >5,6 |
| Leostunud mullad (Ko) | liiv | <2,0 | 2,7 | >3,4 | <2,4 | 3,3 | >4,1 |
| | liivsavi | <2,2 | 3,0 | >3,8 | <2,6 | 3,5 | >4,4 |
| | savi | <2,4 | 3,3 | >4,1 | <2,8 | 3,8 | >4,8 |
| Leetjad mullad (KI) | liiv | <1,7 | 2,3 | >2,9 | <2,1 | 2,8 | >3,5 |
| | liivsavi | <1,9 | 2,6 | >3,2 | <2,3 | 3,1 | >3,9 |
| | savi | <2,1 | 2,8 | >3,5 | <2,5 | 3,4 | >4,2 |
| Leetunud mullad (Lk) ja näivleetunud mullad (LP) | liiv | <1,6 | 2,1 | >2,6 | <1,7 | 2,3 | >2,9 |
| | liivsavi | <1,8 | 2,4 | >3,0 | <1,9 | 2,6 | >3,2 |

Gleimuldade tasakaaluline huumusesisaldus (%) põllumulla huumushorisondis erinevate lõimiste korral

| Muld | Lõimis | | |
|--|--------|----------|------|
| | liiv | liivsavi | savi |
| Rähksed gleimullad (Gk) | 7–9 | 8–10 | 9–11 |
| Leostunud ja küllastunud gleimullad (Go ja G(o)) | 5–7 | 6–8 | 7–9 |
| Leetjad gleimullad (GI) | 4–6 | 5–7 | 6–8 |
| Leetunud ja näivleetunud gleimullad (LkG ja LPG) | 4–5 | 5–6 | 6–8 |



Humusesisalduse muutus pikaajalises väetiskatses näivleetunud (LP) mullal sõltuvalt orgaaniliste väetiste kasutusest

Põllumajanduslikus kasutuses muutub mineraalmulla huumusesisaldus aeglaselt. Orgaanilisi väetisi kasutades on võimalik säilitada või vähesel määral parandada mullale omast huumusesisundit. Orgaaniliste väetisteta jääb huumusbilans negatiivseks ja huumusesisaldus väheneb.

Mulla orgaanilise aine määramine

Mulla orgaanilise aine tunnuslik element on süsinik (C) ja kõige levinum viis on määrata laboratoorselt orgaanilise süsiniku (C_{org}) kontsentratsioon. Mulla tahkes faasis võib süsinikku esineda ka mineraalsel kujul peamiselt karbonaatsete kivide koostises.

► Mulla orgaanilise aine kontsentratsiooni (% või $g\ kg^{-1}$) saab LABORATOORSELT määrata mitme meetodiga:

- 1) Orgaanilise aine üldsisalduse määramine kuumutuskaona.
See on sobiv eelkõige turba ja metsakõdu analüüsimiseks.
- 2) Orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse määramine:
 - a. Kuivpõletamine elementanalüsaatoril (Dumas' meetod).
Seda peetakse kõige täpsemaks ja nn referentsmeetodiks, kuid puuduseks on analüüsi suur maksumus.
 - b. Tugevate hapetega märgtuhastamine (kasutati Põllumajandus-uuringute Keskuses (PMK) põllumuldade analüüsil enne 2003. aastat ja uuesti alates 2015. aastast).
 - c. Peegeldusspektri mõõtmine mittedestruktiivsel viisil, sh lähinfrapuna peegeldusspektromeetria (NIRS-meetod), mis oli PMKs põllumuldade analüüsil kasutusel aastatel 2004–2014.

Analüüsitulemuste tõlgendamisel ja eriti aegridade võrdlemisel tuleb arvestada, et iga meetod annab mõnevõrra erineva tulemuse. Näiteks Dumas' meetodit kasutades saadakse tavaliselt 10–20% võrra suurem C_{org} kontsentratsioon kui sama proovi märgtuhastamisel. Peegeldusspektrometriiliste meetodite puhul võib C_{org} tulemus kõige rohkem varieeruda, eriti orgaanikarikastes muldades.

Huumus on üldmõiste paljude erinevas muundumisjärgus olevate orgaaniliste ühendite kogumi kohta, mille ühene keemiline kirjeldamine ja analüüs pole võimalik. Seetõttu leitakse praktikas huumusesisaldus C_{org} põhjal arvestusega, et huumuse koostises on süsinikku keskmiselt 58%. Seega kasutatakse üleminekul C_{org} väärtuselt huumuse väärtusele kõige sagedamini koefitsienti 1,72. Samas tuleb arvestada, et tegelikult võib see koefitsient varieeruda vahemikus 1,5–2,0.

► VÄLITINGIMUSTES on võimalik anda ligikaudne hinnang mulla huumusesisaldusele värvitooni järgi. Stabiilse orgaanilise aine süsinikuühendid annavad mullale tumeda või musta värvitooni. Kuiv muld on ühe astme võrra heledam ja niiske muld ühe astme võrra tumedam kui tahe ehk värske muld.

Värske (taheda) mulla ligikaudne huumusesisaldus

| Värvuse skaala | Põuakartlikud ja parasniisked mullad | | | Gleistunud ja gleimullad | | |
|----------------|--------------------------------------|-------------------------|-------|--------------------------|-------------------------|-------|
| | Liivad | Saviliivad ja liivsavid | Savid | Liivad | Saviliivad ja liivsavid | Savid |
| Hallikasvalge | < 0,3 | < 0,5 | < 1 | < 0,5 | < 1 | < 2 |
| Valkjashall | < 0,5 | < 1 | 1–2 | < 1 | 1–2 | 2–3 |
| Hall | < 1 | 1–2 | 2–3 | 1–2 | 2–3 | 3–4 |
| Mustjashall | 1–2 | 2–3 | 3–4 | 2–3 | 3–4 | 4–6 |
| Hallikasmust | 2–3 | 3–4 | 4–6 | 3–4 | 4–6 | 6–10 |
| Must | > 3 | > 4 | > 6 | > 4 | > 6 | > 10 |

- Kuiv muld on ühe astme võrra heledam ja niiske muld ühe astme võrra tumedam kui värske muld.
- Lähtekivimi värvus segab ligikaudset huumusesisalduse määramist, mõjutades värvust vastavas suunas ning näiliselt vähendades mustvalge skaala intensiivsust.



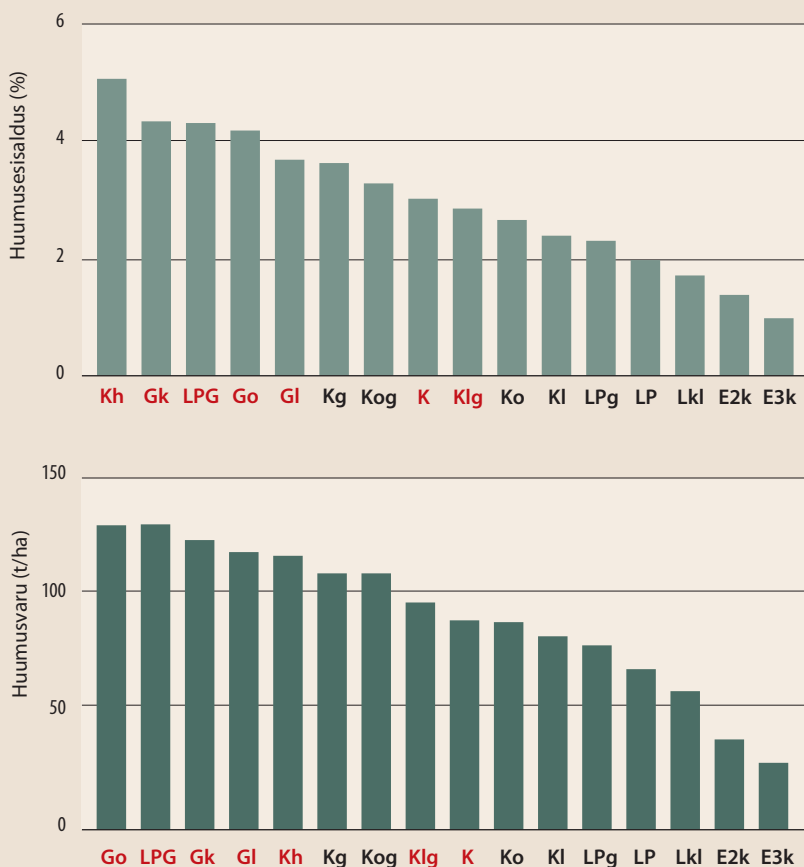
▲ Paepealne (Kh) kuiv muld, millel on musta tooni huumusrikas (<6%), kuid õhuke huumuskiht

◀ Tüsed huumuskihiga näivleetunud muld (LP), millel on väiksem huumusesisaldus (u 2%)

Mulla huumusvaru

Orgaanilise süsiniku (huumuse) sisalduse määramisest on tegelikult veelgi olulisem kindlaks teha, milline on huumuse (süsiniku) varu (t/ha), ja teada, kuidas see olenevalt maakasutusest ja majandusviisist muutub. Huumusvaru on arvutuslik näitaja, mille leidmiseks võetakse huumusesisalduse kõrval arvesse ka huumuskihi tusedust, lasuvustihedust ja kivide mahtu.

Suurima orgaanilise aine varuga on turvasmullad, kus paikneb umbes 45% kogu Eesti muldkatte orgaanilise süsiniku varust. Soomuldade intensiivne kuivendus ja harimine põhjustab orgaanika kiiret mineralisatsiooni ning selle vältimiseks tuleks madalsoomuldade põllumajanduses kasutada püsirohumaadena. Eesti levinumatel mineraalsetel põllumuldadel jääb huumusvaru valdavalt vahemikku 50–120 t ha⁻¹.



Tüüpiline huumusesisaldus (%) ja huumusvaru (t/ha) mõnedes mineraalsetes põllumuldades

Kõige suurema huumusesisaldusega mullad ei pruugi olla suurima huumusvaruga kas õhukese huumuskihi või suure kivisuse tõttu.

Põllumulla huumus(süsiniku)bilanss – huumuse juurdetuleku ja mineralisatsiooni vahekord – oleneb kasvatatavast kultuurist, rakendatavast agrotehnikast ning mulda viidava orgaanilise aine kogusest ja koostisest, samuti mullastik-kliimaatilistest tingimustest.

Mulda viidud orgaanilise aine kuivainest läheb huumusvaestes (~2%) muldades huumuseks umbes 10–20% ja huumusrikkamates muldades kuni 30%, kuid samal ajal huumuse tekkega leiab aset ka selle lagunemine. Mineraalmulla huumusvarust mineraliseerub aastas põllumajanduslikus kasutuses 1–3%.

Põllumuldade huumusbilansi arvestamiseks saab kasutada huumusbilansi kalkulaatorit (<http://pk.emu.ee/teadusinfo/huumusbilansi-kalkulaator/>).

Kalkulaatoris on kasutajal vaja huumusvaru hetkeseisu leidmiseks lähteandmetena sisestada huumuskihi tüsedus, orgaanilise süsiniku või huumusesisaldus ja mulla lõimis ning huumusvaru muutuse leidmiseks tavapärased põlluraamatu andmed kultuuri, saagikuse ja väetamise kohta. Mullaviljakuse säilitamiseks on oluline, et külvikorra keskmisena oleks huumusbilanss tasakaalus või mõõdukalt positiivne.

Sügava madalloomulla profiil koosneb täies ulatuses hästi lagununud turbast ►

Kuivendamisel ja pideval harimisel orgaaniline aine laguneb kiiresti. Selline muld sobib hästi suure vee- ja lämmastikutarbega kõrreliste heintaimede kasvatamiseks.

Parasniisked mullad

- Kh Paepealne muld
- K Rähkmuld
- Ko Leostunud muld
- Kl Leetjas muld
- LP Näivleetunud muld
- Lkl Nõrgalt leetunud muld

Ajutiselt liigniisked (gleistunud) mullad

- Kg Gleistunud rähkmuld
- Kog Gleistunud leostunud muld
- Klg Gleistunud leetjas muld
- LPg Gleistunud näivleetunud muld

Alaliselt liigniisked (gleimullad)

- Gk Rähkne gleimuld
- Go Leostunud gleimuld
- Gl Leetjas gleimuld
- LPG Näivleetunud gleimuld

Ärauhete- ehk erodeeritud mullad

- E2k Keskmiselt erodeeritud rähkmuld
- E3k Tugevasti erodeeritud rähkmuld



Huumusseisundi reguleerimise võimalused

► Külvikorra ja kultuuride valik

Huumusbilanss on tavaliselt positiivne liblikõieliste kultuuride ja mitmeaastaste heintaimede kasvatamisel. Hästi mõjub huumusbilansile vahetult kultuuride lisamine külvikorda ja talvine taimkate. Huumusvaru vähendavad intensiivset mullaharimist nõudvad kultuurid (nt kartul, kõögivilid, mais), teraviljad ja raps (mõju sõltub põhumajandusest) ning mustkesa.

► Mullaharimine

Intensiivsema mullaharimise korral mineraliseerub huumus kiiremini. Minimeeritud mullaharimise ja eelkõige otsekülvi korral võib esineda märkimisväärne vertikaalne kihistumine: orgaanilise aine kontsentratsioon pindmises kihis küll suureneb, ent kogu huumuskihti arvestades võib huumusvaru isegi kahaneda.

► Väetiste kasutamine

Väetamise mõju mulla huumusseisundile on otsene või kaudne. Otseselt säilitab või suurendab mulla huumusesisaldust orgaaniliste väetiste kasutamine. Väetiste kaudne mõju avaldub taimede toitumise kaudu. Väetamisel suureneb saak ning ühes sellega ka mulda ja mullapinnale jäävate taimejäänuste hulk. Orgaanilised väetised võivad omadustelt ja huumuse tekkele avaldatavalt mõjult väga erineda olla. Üldiselt on C : N suhe hea näitaja iseloomustamiseks orgaaniliste väetiste lagunemise kiirust ja võimet aidata kaasa mulla püsiva orgaanilise aine tekkele. Lämmastikurikkaste (C : N < 20) väetiste puhul, nagu näiteks ristik haljasväetisena, toimub lagunemine kiiresti, süsinikurikkad sisendid (C : N > 30), näiteks põhk, lagunevad aeglase-malt, kuid samas tekib rohkem püsivat huumust.

► Mulla niiskusrežiimi reguleerimine

Liigniiskes mullas on orgaanilise aine lagunemine aeglane. Märgade muldade kuivendus mitmekesistab nende kasutusvõimalusi, ent samas tuleb lõivu maksta orgaanilise aine mineraliseerumise ja vähenemisega. Kuivendamise ja intensiivse harimise suhtes on kõige õrnemad turvasmullad.

► Muldade lupjamine

Liiga happelises mullas on mullaelustik pärsitud ja biomassi juurdekasv ning sellega seotud mulla orgaanilise aine teke kasin. Happelise mulla lupjamine soodustab kohapealset aineriingi ja loob tingimused püsivamate struktuuriagregaatide tekkeks.

Koostajad: Alar Astover, Enn Leedu
Fotod: Alar Astover, Enn Leedu
Kaart: Tambet Kikas Kirjastus: Eesti Loodusfoto
Väljaandja: Eesti Maalülikool, 2017

ISBN 978-9949-629-19-0 (trükis) ISBN 978-9949-629-20-6 (pdf)