



DIGESTAADIST JA SELLE KASUTAMISEST



Kaasrahanud
Euroopa Liit

Mõju taimedele läbi väetamise

- **Digestaat on eeskätt kiire toimega lämmastikväetis, mis sisaldab märkimisväärselt kiire toimega kaaliumi**
- See lähtepunkt on Eesti muldadele ja taimede vajaduste jaoks väga hea, sest meil on P sisaldus enamasti piisav või sageli liiga kõrge
- Köögiviljade ja puuviljade puhul on täheldatud digestaadi kasutamisel olulist kvaliteedinäitajate tõusu
- Asendab edukalt min väetisi ja võib suurendada saagikust võrreldes min väetistega. Suurim enamsaak kõrge N tarbimisega kultuuridel, näit mais
- Siiski on parim viis taimede vajaduste rahuldamiseks digestaadi ja min väetise intergreerimine
- Eriti oluline ja efektiivne on see savimuldades, kus mulla neelamismahutavus on suurem ja digestaat indutseerib mikroobikooslust
- Oluline jälgida digestaadi toorainet ja heterogeensust
- võimalik kasutada hüdropoonikas vedelal kujul, kuid see eeldab lahjendamist ja toitainete tasakaalustamist

Üldiselt mõju mullale

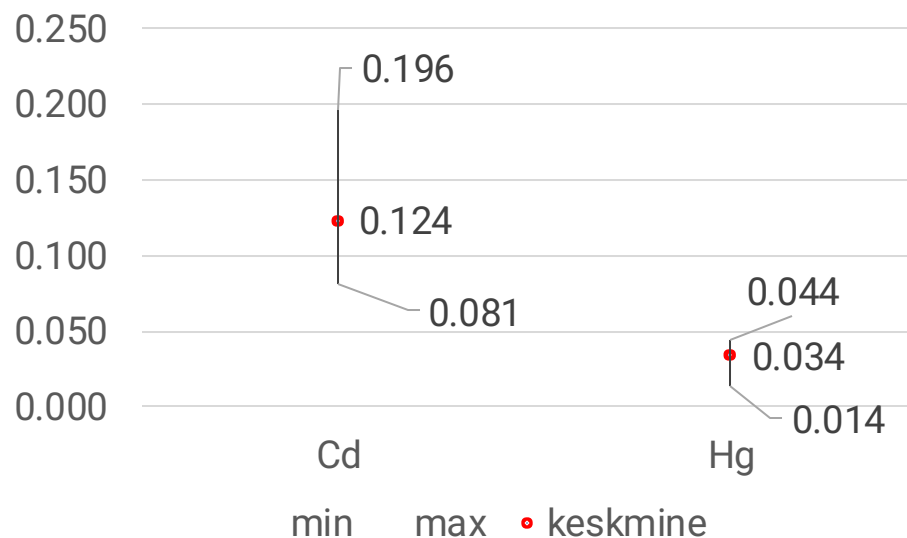
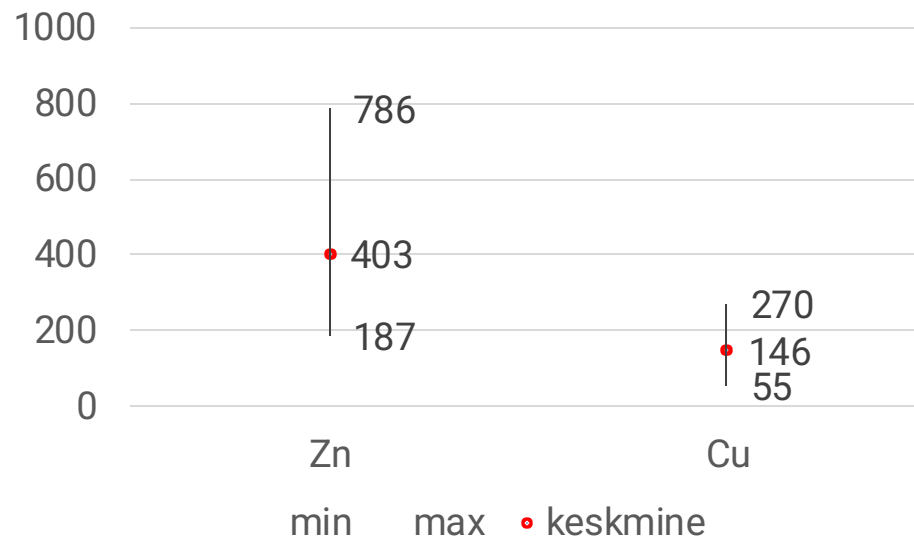
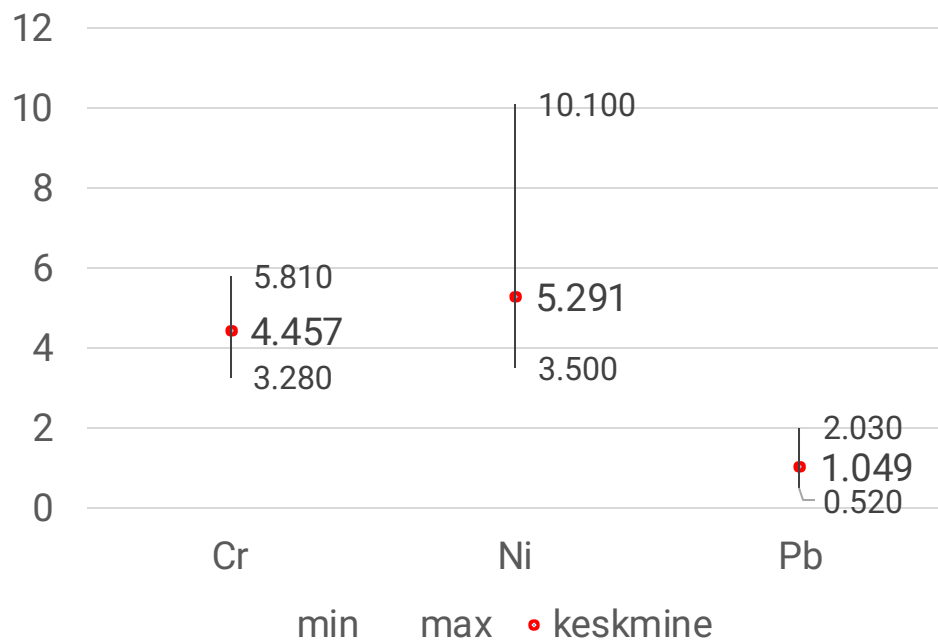
- Oluline teada, et umbes 65-75% kogulämmastikust 35-45% fosforist ja 70-80% kaaliumist ning 30-40% süsinikust on vedelas fraktsioonis
- Pikaajaline kasutamine suurendab hüdrofoobsust, mis halvendab seemnete idanemist
- Olme biojäätmete kasutamine võib suurendada raskmetallide reostumise ja leostumise riske
- Üha rohkem pööratakse tähelepanu vee taaskasutamisele kui kuivainet on alla 10%-nii mullale kui transpordile kasulikum
- kasutamise aeg kriitiline
- Sisaldab pigem raskesti lahustuvaid C ühendeid, kuid mille pikaajaline mõju on mulla C bilansile positiivne-värske Rootsi uuring põllumaadel
- Seega on vedel fraktsioon pigem väetis ja tahke osa omab mõju ka kui mullaparandaja
- Oluline vahend degradeerunud muldade taastajana

- Digestaadi mõju vihmaussidele on erinev sõltuvalt vihmausside liigist. Pinnal elavatele vihmaussidele oli digestaadi kasutamine negatiivse mõjuga, eeskätt toksilise ammooniumi ja soolasisalduse tõttu, negatiivset mõju aitab oluliselt vähendada väiksema normi kasutamine. Kasutamine vihma ajal või vihma järgi võib mõjutada ka muidu sügavamal elavaid vihmaussiliike. Negatiivne mõju kestab paar kuud, siis olukord taastub
- Digestaadis olevad mikroorganismid ei suuda reaalses mullas enamasti ellu jääda (nad on anaeroobid valdavalt) ja seetõttu on nende negatiivne mõju olemasolevale kooslusele üldiselt lühiajaline
- Digestaadi mõju mikroobikooslusele on kiire ja kindlasti positiivne võrreldes mineraalväetistega. Parim mõju on digestaat koos komposti või sõnnikuga
- Vedel fraktsioon indutseerib enam baktereid ja tahke erinevaid mulaseeni
- Kuigi kääritusjääk ise on neutraalse reaktsiooniga, siis on leitud, et pikaajalisel kasutamisel võib mulda hapestada, seda aga alates 6 aastast kasutamisest
- Hiljutine uuring selgitas, et digestaadil võib teatud juhtudel olla positiivne mõju põllukultuuride juurte arengule
- Siiski tegemist hea orgaanilise väetisega, kui seda õigesti kasutada

Keskkonnariskid

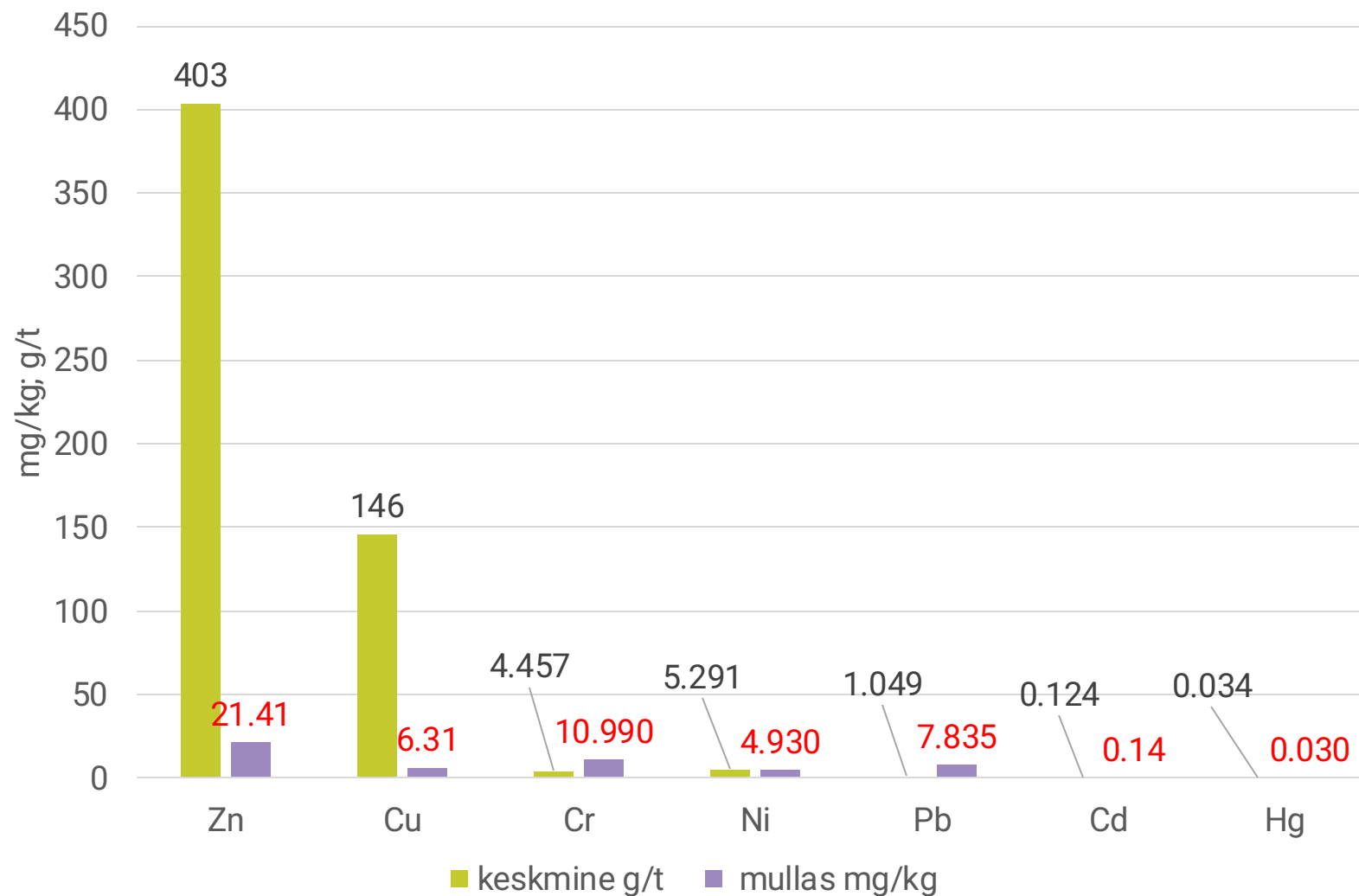
- Kõrge N sisaldus eeldab head sünkroonsust digestaadi kasutamise ja taimede tarbimise vahel, vastasel juhul tekib mullas ülejääk ja see leostub
- Kõrge P sisaldusega muldades tekitab iga täiendav kogus fosforit potentsiaalse P liikumise
- Digestaadist pärit ammoniaagist lendub ca 17 % 5 päeva jooksul
- Raskmetallid ja tekkivad riskid, eriti Cu ja Zn
- Eriti viimasel ajal on probleemiks erinevate jääkainete sisaldus-ravimite, mikroplastide jne sisaldus toormes kandub edasi ka mulda
- Põllukultuuride jäätmetest digestaadi tegemine võib vähendada mulla Corg sisaldust

Digestaadi raskmetallide sisalduste koond



Uuringud näitavad, et digestaadist pärit metallidel on mullaprofiilis madal liikuvus, jäädes suures osas piirduma mulla ülemiste kihtidega

Digestaadiga mulda viidavad raskmetallide kogused ja keskmine sisaldus mullas



Mille poolest erineb digestaadi lämmastik mineraalväetiste lämmastikust? OLULINE

- Digestaadis on ca 55-60% N ammooniumina NH_4 , enamikus min väetistes nitraatioonina NO_3 ja ülejäänu orgaanilises vormis ja püsivam
- Ammooniumina ei püsi lämmastik mullas kaua-mulla pinnalt lendub ja mullas toimub nitraatide moodustumine ehk nitrifikatsioon, kuid seda **aeroobsetes tingimustes ja mitte happelises mullas**
- **Nitrifitseerivate bakterite aktiivsus väheneb oluliselt kui pH on alla 6**
- **Happelises ja/või märjas** mullas toimub denitrifikatsioon, kus N muutub molekulaarseks lämmastikuks või oksiidiks ja lendub mullast näiteks naerugaasina, põhjustades suuri N kadusid –**kasutamine nõ märjal ajal!**
- Esimene protsess kulgeb näiteks hapnikuvaeses ja süsinikurikkas (põhk!) mullas, kus lagundajad saavad hapnikku nitraadist ja lagundavad selle ja lämmastik lendub
- Teine variant toimib happelises mullas karbonaatide vähesuse tõttu ja seetõttu kätkeb happelistes muldades ammooniumirikka väetise kasutamine endas ohtu N kaole!
- Happelisel mullal tuleks eelistada nitraatses vormis lämmastiku andmist
- Ammooniumi kuhjumine mulda võib põhjustada ka selle toksilisust taimedele (n köögiviljad, natuke vähem liblikõielised ja rukis)

P eraldamine-sadestamine, separatsioon ja bioloogiline

1. Keemiline sadestamine ja kristalliseerimine-levinuim

Protsess põhineb fosfori sadestamisel tahke kristallilise ühendina, mida saab mullaväetisena kasutada.

•Struviidi (magneesiumammooniumfosfaat) sadestamine:

- Digestaati töödeldakse **magneesiumisoolade** (nt magneesiumkloriid $MgCl$ ja **leelise** (nt naatriumhüdroksiid $NaOH$ lisamisega).
- See meetod eraldab korraga nii **fosforit** kui ka **lämmastikku**, mis on suur eelis.

•Keemiline sadestamine metallisooladega:

- Lisatakse **raudsoolasid** (nt $FeCl$) või **alumiiniumisoolasid** ($AlCl$), mis seovad fosfori vastavate metallfosfaatidena (raudfosfaat või alumiiniumfosfaat).
- Need sademed eraldatakse vedelikust tsentrifuugimise või filtreerimisega. Tulemuseks on tavaliselt **madalama puhtusastmega** toode.

2. Mehaaniline ja füüsikaline separatsioon

See meetod kasutab ära seda, et fosfor on digestaadis sageli seotud tahke orgaanilise ainega.

•Tahke ja vedela faasi eraldamine (separatsioon-ILMSELT SOBIVAIM):

- Digestaat jagatakse mehaaniliselt (nt **tsentrifuugimise**, **pressimise** või **filtreerimise** teel) tahkeks ja vedelaks fraktsiooniks.
- Suurem osa (kuni 80-90%) fosforist liigub **tahkesse fraktsiooni**, mis on kuivatamisel kergesti käideldav fosforirikaste orgaaniliste väetistena.
- Vedel fraktsioon sisaldab peamiselt lämmastikku (ammooniumi) ja kaaliumit.

•Membraanfiltratsioon:

- Täpsemateks eraldusteks kasutatakse ka **ultrafiltratsiooni** või **nanofiltratsiooni** membrane. Need võimaldavad vedelast fraktsioonist eraldada veelgi väiksemaid lahustunud fosforiosakesi.

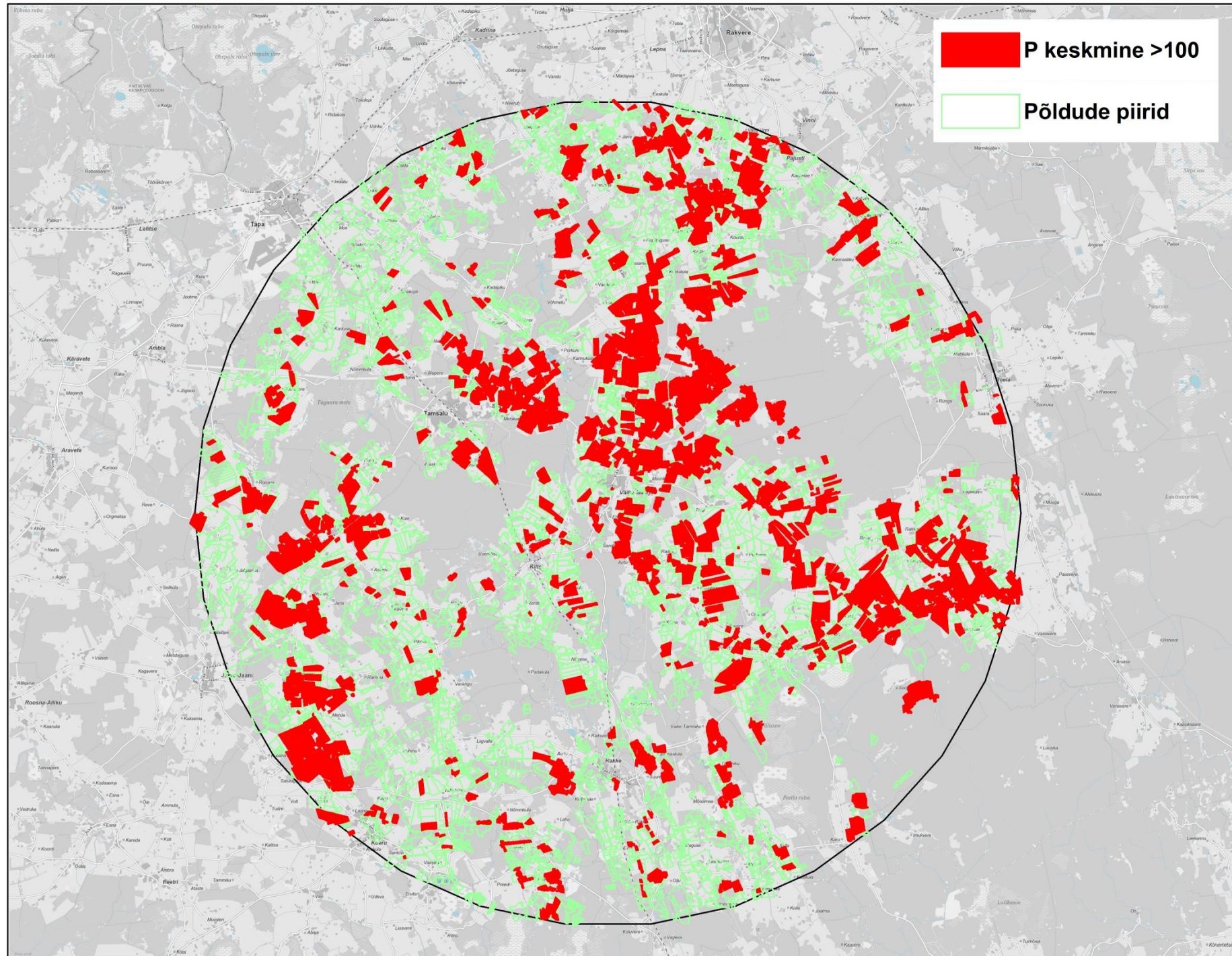
3. Täiustatud bioloogilised meetodid

•**Parendatud bioloogiline fosfori eemaldamine (EBPR-i variatsioonid)**- protsess kasutab fosforit siduvaid mikroorganisme, mis akumulierivad fosforit polüfosfaatidena ja mida saab seejärel bioloogilisest settest eraldada.

METK

Maaelu
Teadmuskeskus

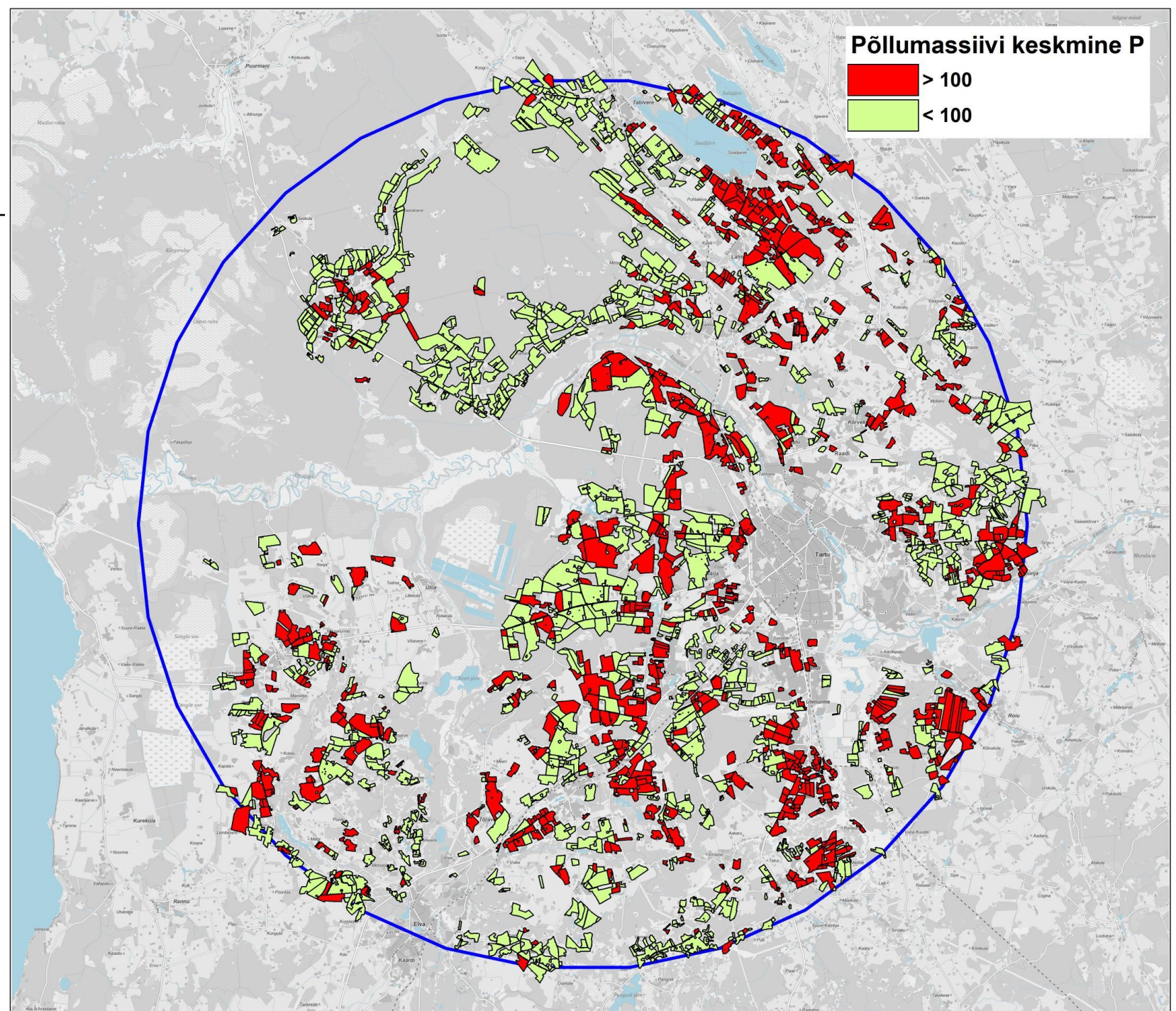
Ebaverest 20 km
raadiuses olevad
põllud ja kõrge
sisaldusega 43%
(punasega)



METK

Maaelu
Teadmuskeskus

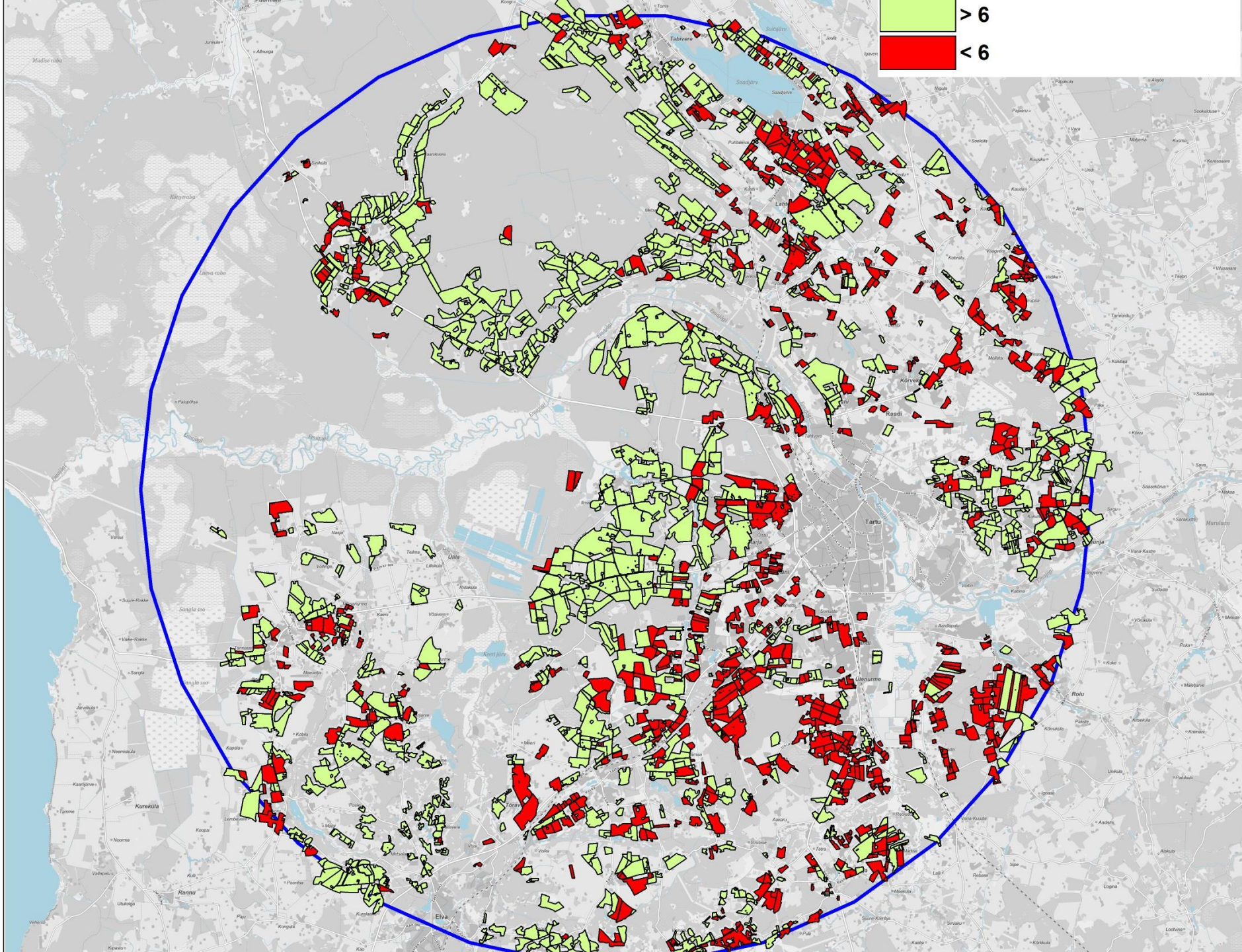
Kõrge P
sisaldusega muldi
on 40,2 %



METK

Maaelu
Teadmuskeskus

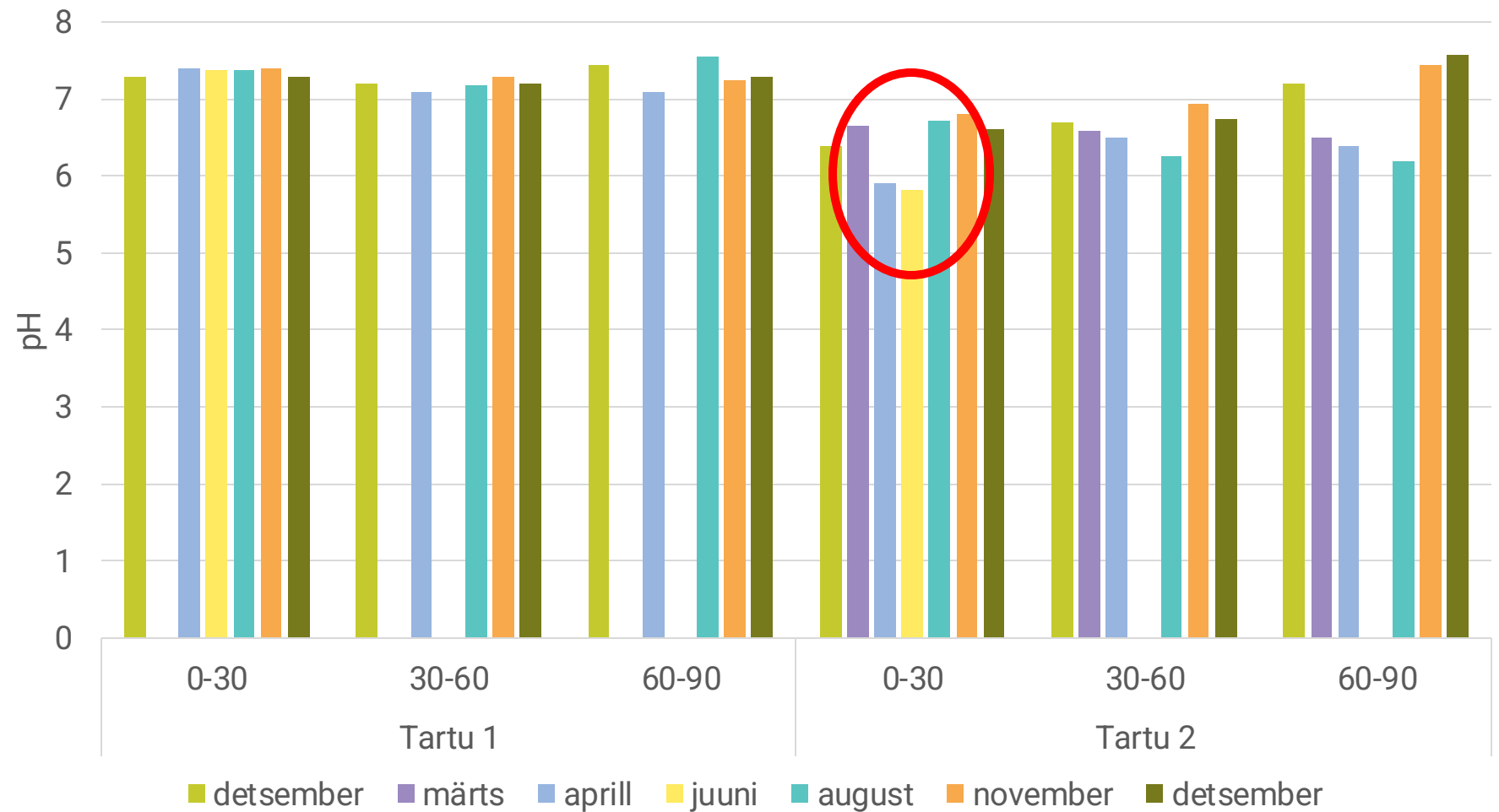
Happelisi muldi on
39,4 %



Võimalused digestaadi töötlemiseks, et parendada tema omadusi väetisena

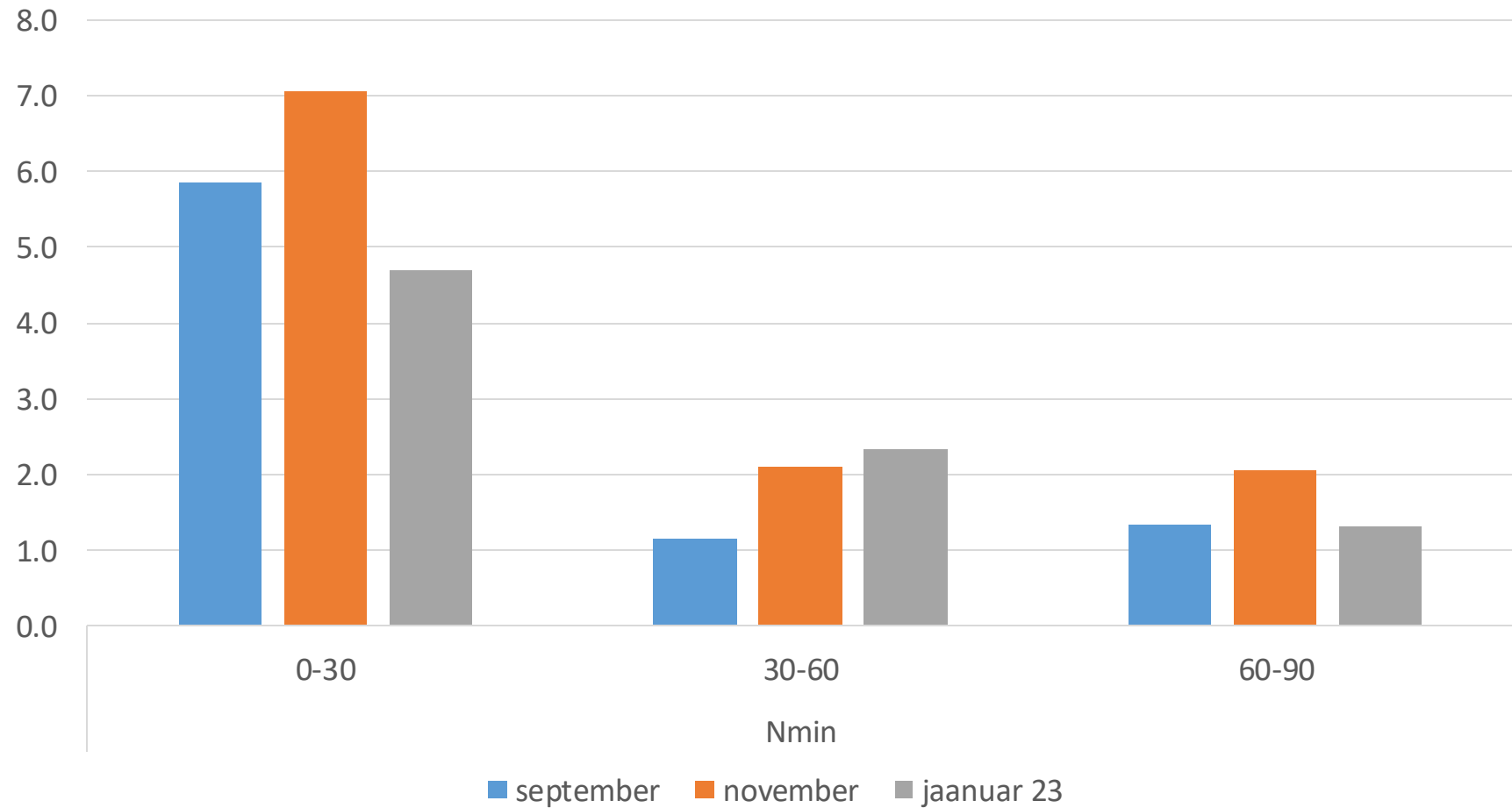
- Lagundatava biomassi eeltöötlus n jahvatamise, termiliste või ensümaatiliste võtetega üldiselt parandab digestaadi kui väetise omadusi
- Tahke osa eraldamine ja kompostimine koos erinevate substraatitega võimaldab luua keskkonnale sobiva pikaajalise toimega mulda parandava P rikka väetise
- Kääritusprotsessi uuendused-mitmeastmeline või pikem kääritamine võimaldab luua paremat väetist
- Lisaainete kasutamine-biosüsi, mille kasutamine parandas seemnete idanevust, suurendas saaki ja parandas kvaliteeti ning vähendas leostumist
- Rootsis tehtud uuring näitas, et digestaadi kasutamine koos vahekultuuridega, mille biomassist digestaat tehti, oli eriti tõhus mullasüsiniku suurendaja

Happesuse dünaamika põldudel

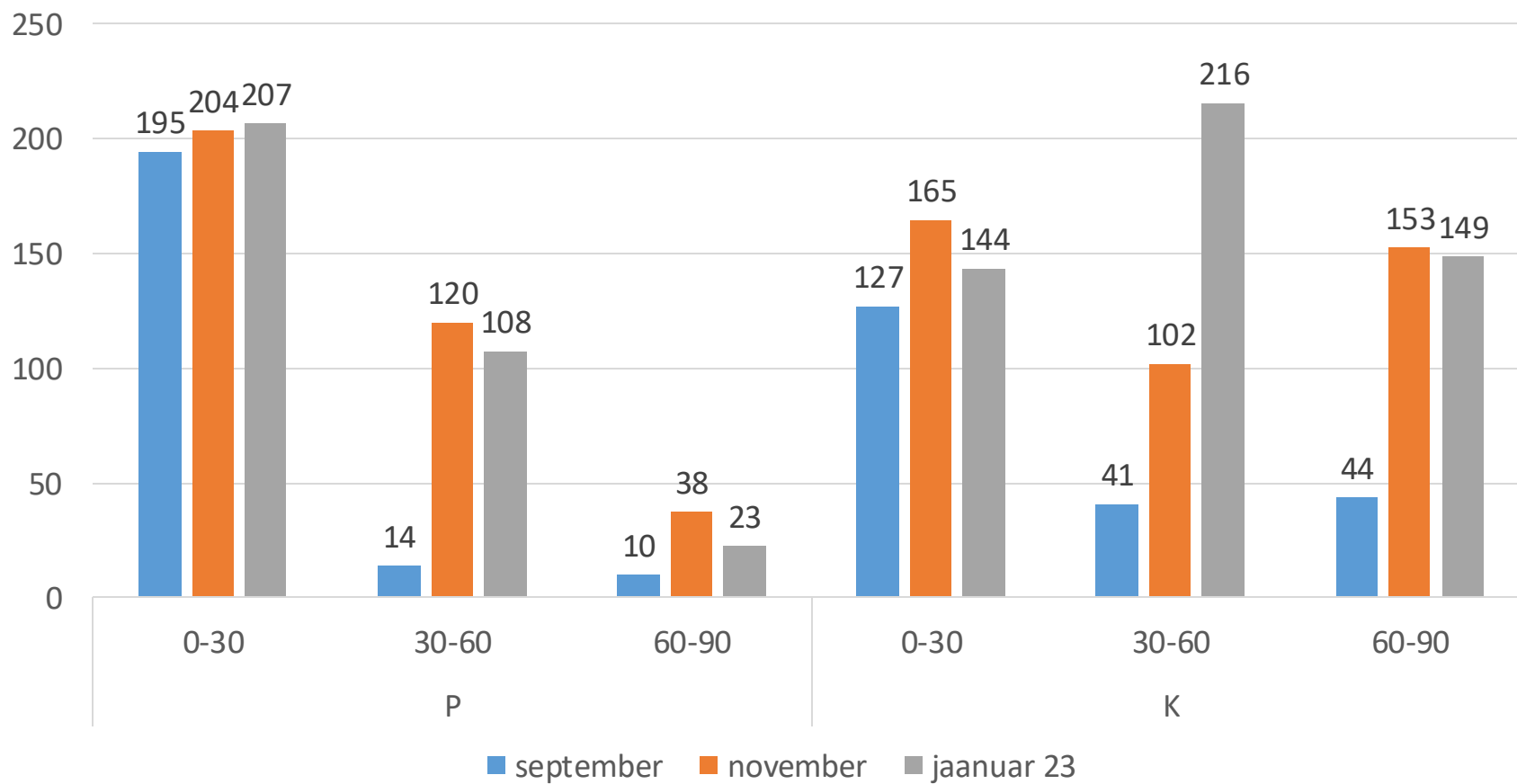


Nmin, okt lõpus digestaat 80 kg/ha N

Näide 1

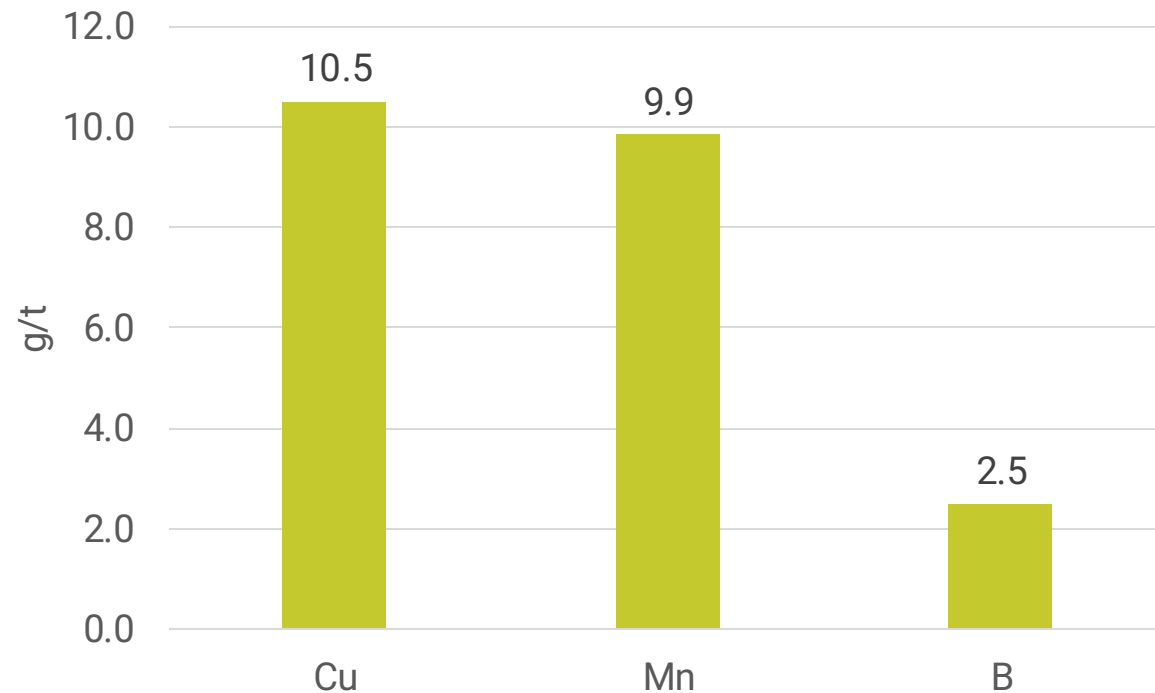
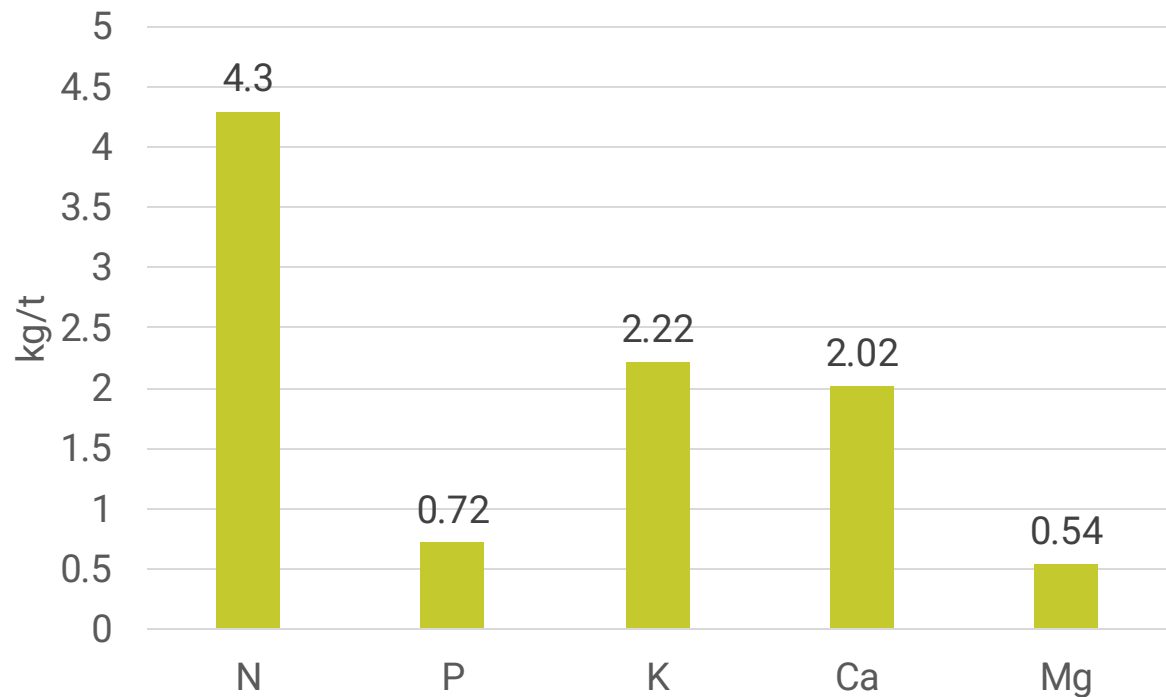


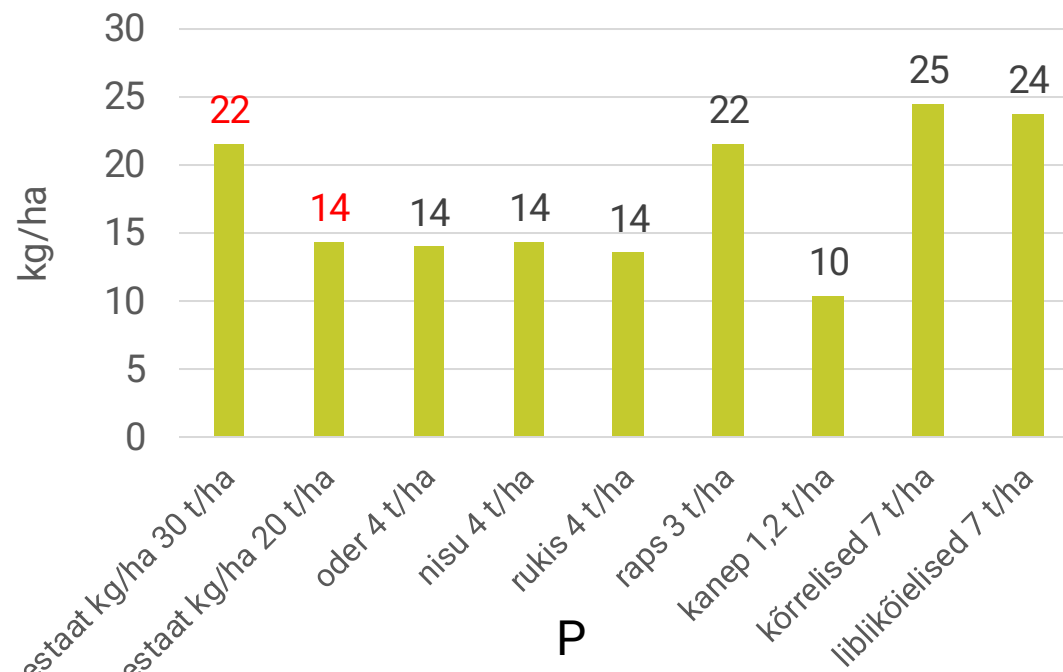
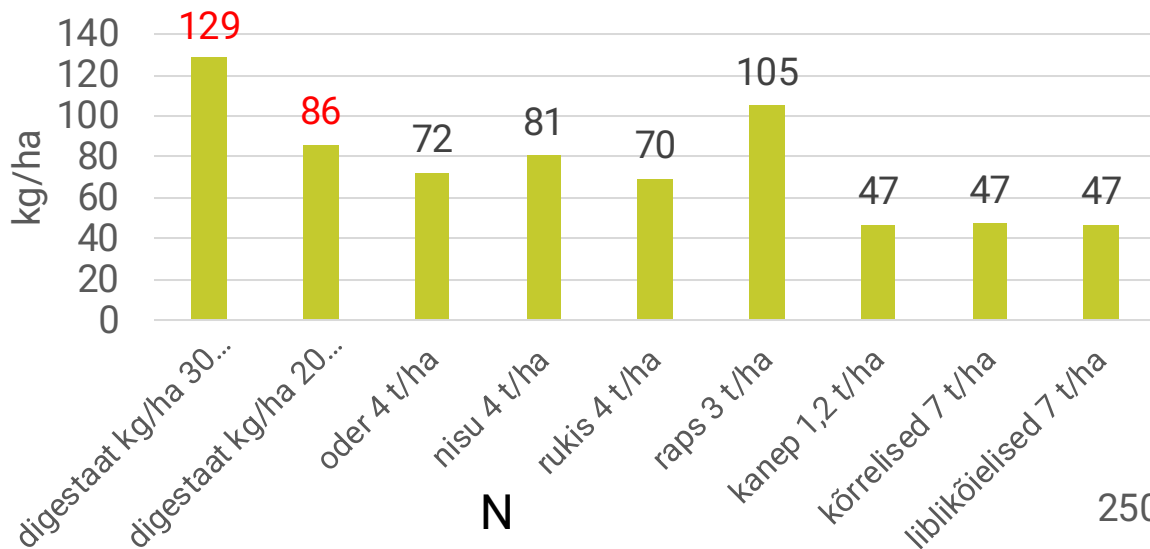
PK sisaldus, digestaadiga P13, K82



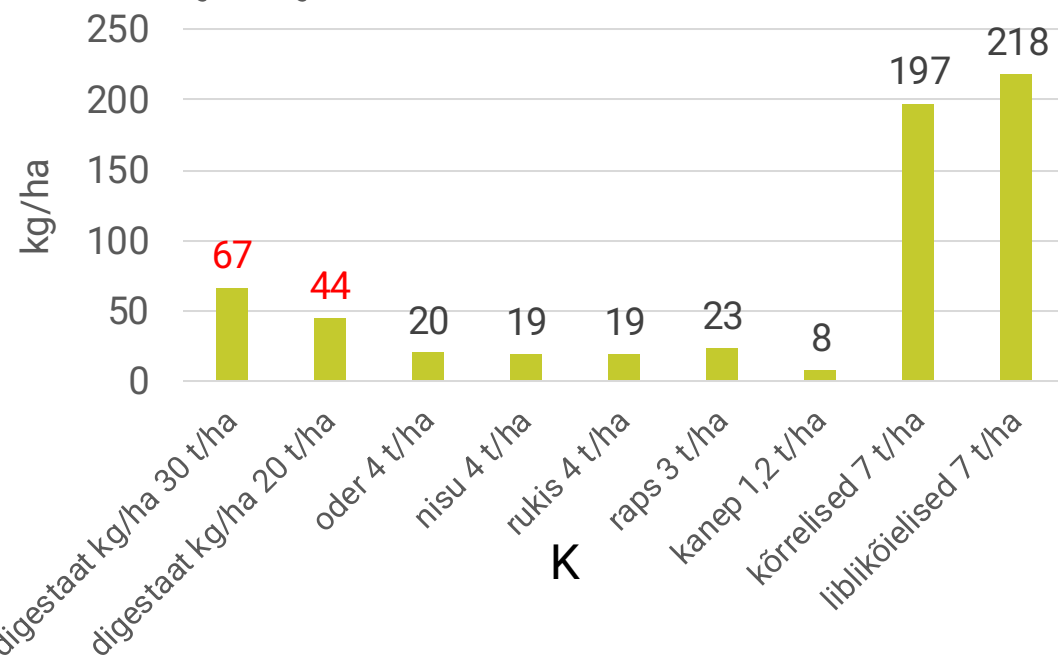
Mida digestaat sisaldab?

Kuivaine 8,3% (3,5-24,8%) , pH>8





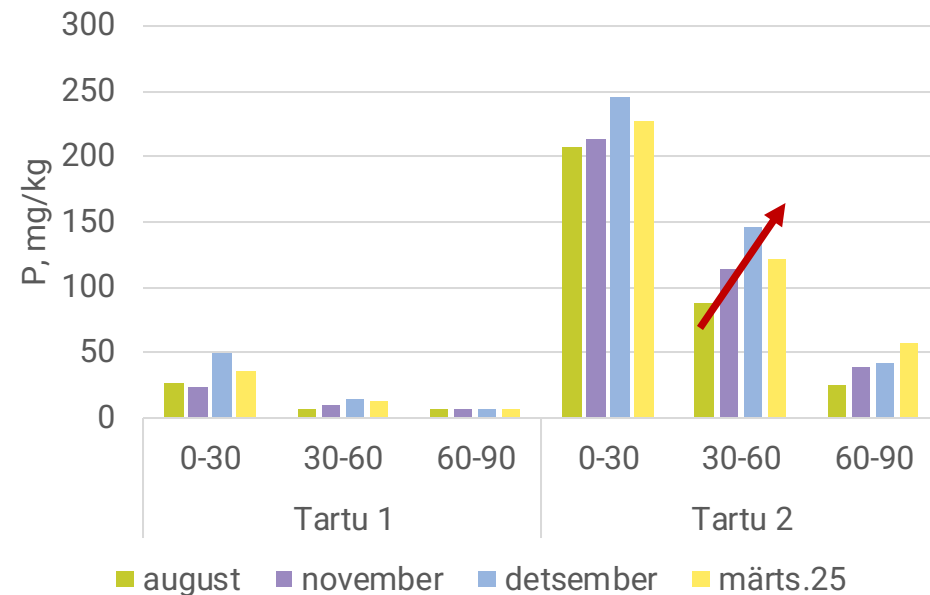
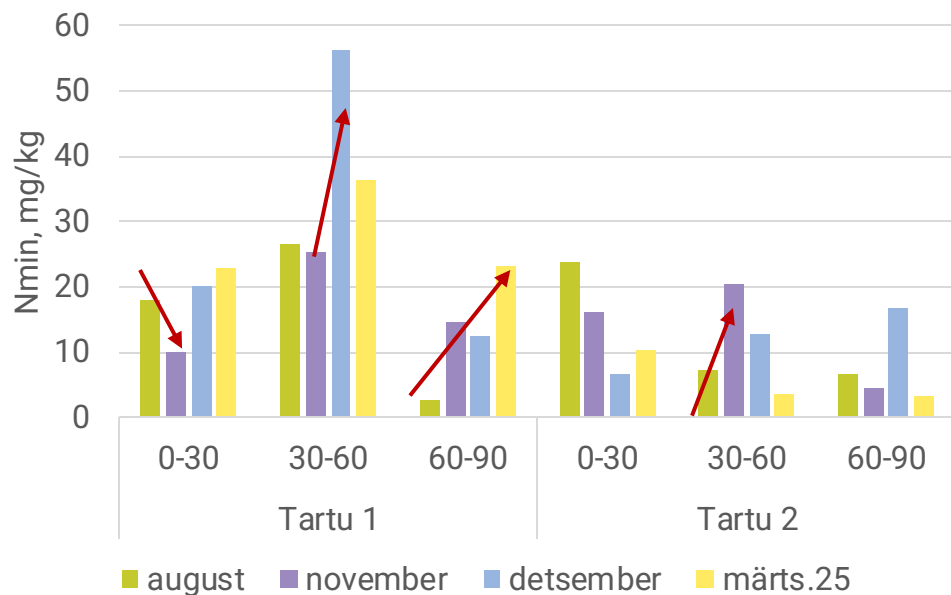
Kas ja kuidas digestaat
rahuldab taimede vajadusi



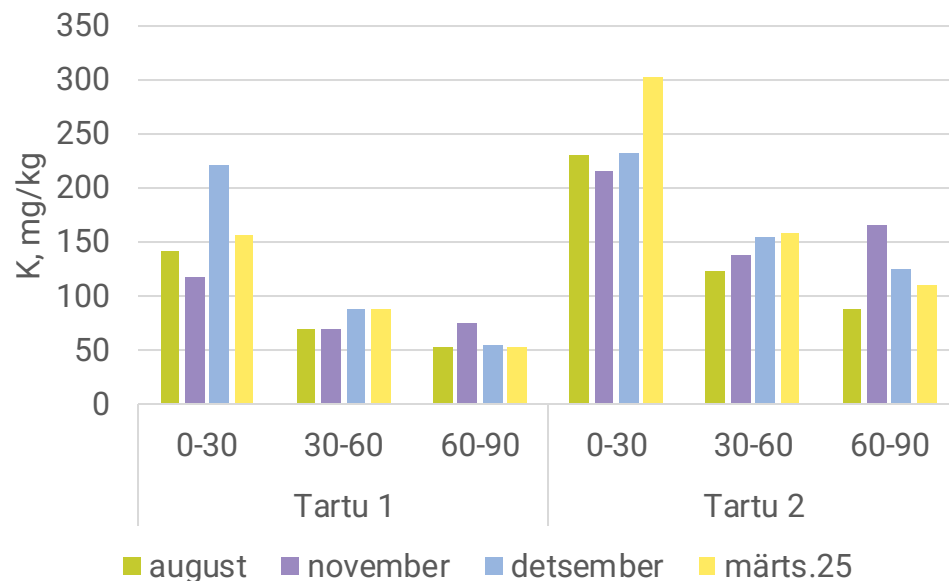


Maaelu
Teadmuskeskus

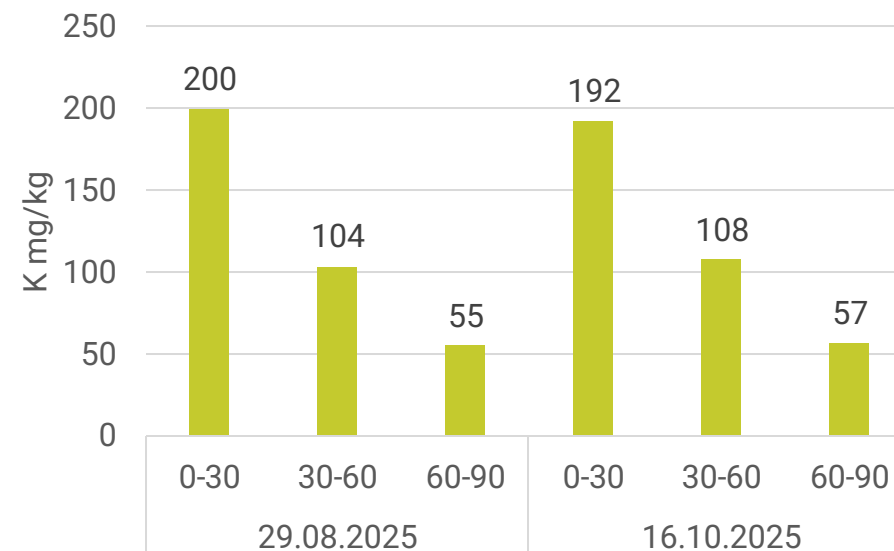
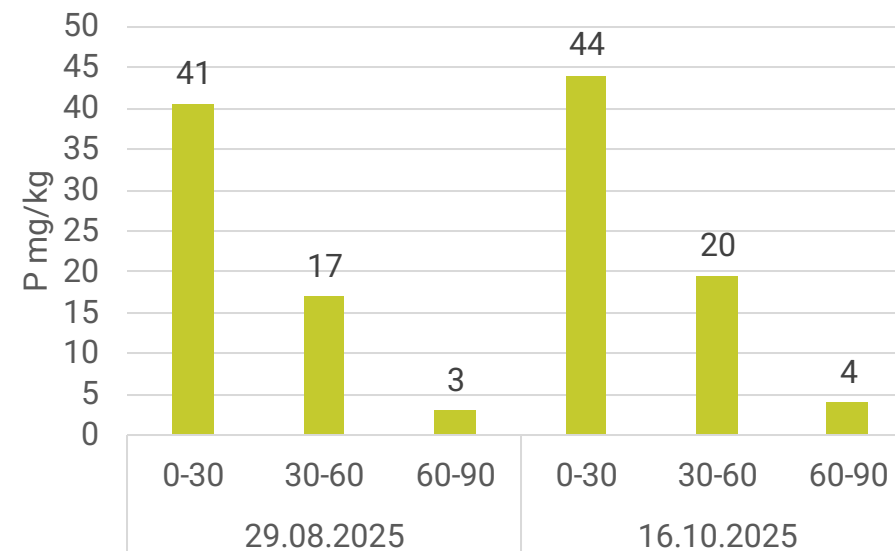
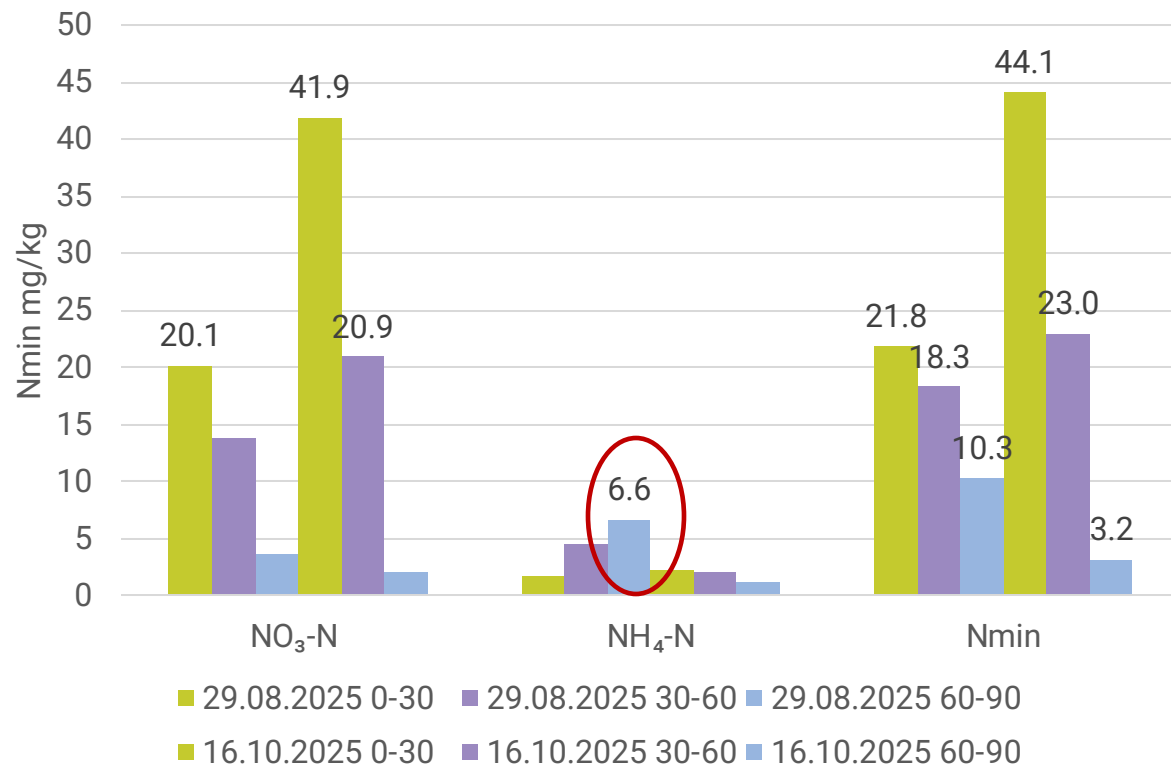
Tartu 1 digestaat nädal enne külvi 18.08.24 (N57P9K59), lisaks min väetisega N53P11K41
Tartu 2 digestaat kuu enne talinisu külvi 13.08.24 (N53P9K54), lisaks min väetisega N14P9K31



Proovid võeti 5.09, 11.11 ja 27.12



2025 aasta Kardla põld

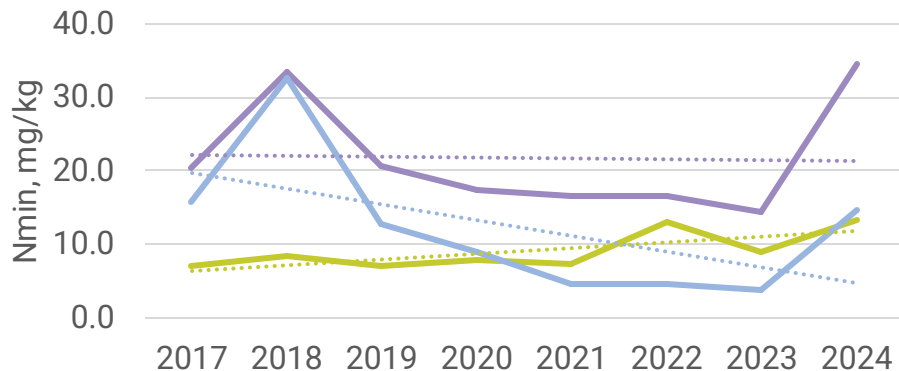


23.08 digestaat N50P11K61, proov 29.08
22.09 talinisu külv ja N16P10K35, proov 16.10

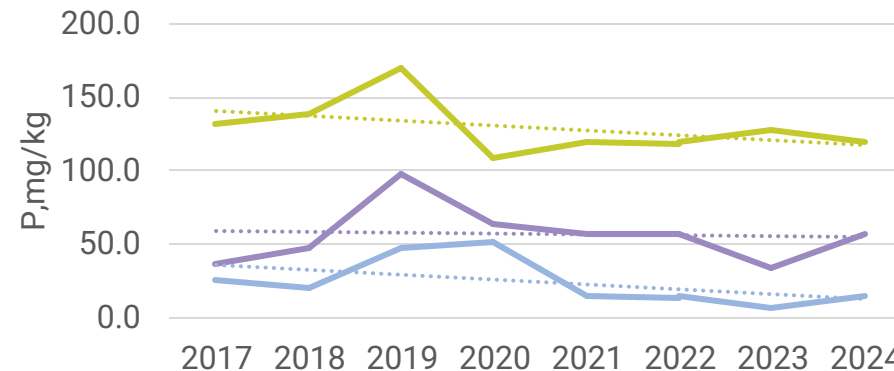


Toitainete sisaldus detsembris aastate lõikes Tartu põldudel

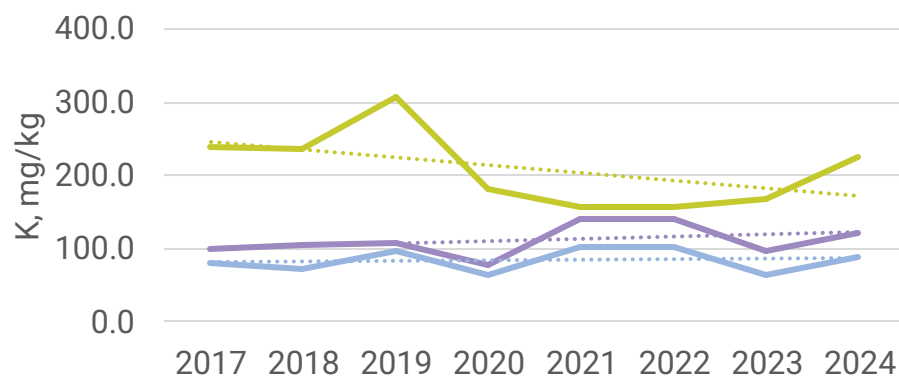
Maaelu
Teadmuskeskus



0-30 cm dets 30-60 cm dets
60-90 cm dets Linear (0-30 cm dets)
Linear (30-60 cm dets) Linear (60-90 cm dets)

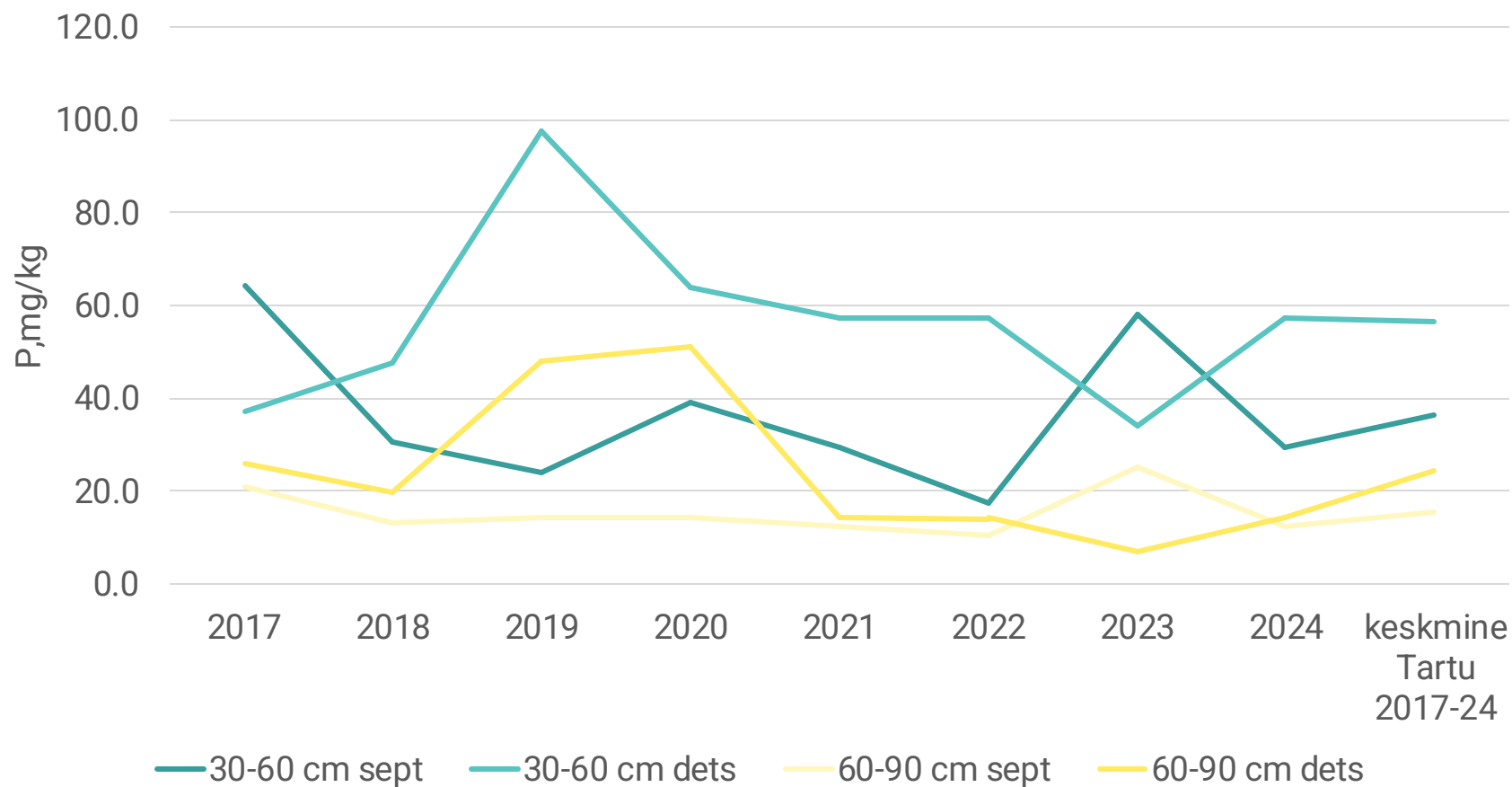


0-30 cm dets 30-60 cm dets
60-90 cm dets Linear (0-30 cm dets)
Linear (30-60 cm dets) Linear (60-90 cm dets)



0-30 cm dets 30-60 cm dets
60-90 cm dets Linear (0-30 cm dets)
Linear (30-60 cm dets) Linear (60-90 cm dets)

P sisaldus sügavamates kihtides septembris ja detsembris aastate lõikes



Kuhu edasi?

- Täppisväetamise juhised erinevatele mullatüüpidele, maksimeerides kasu taimekasvatuses ja minimeerides keskkonnariskid
- Pideva digestaadi kasutamise pikaajalised ohud ja nende vältimine
- Digestaadi väärindamise viiside muutmine-uued keskkonnasöbralikud tehnoloogiad
- Lisanditega (n.biosüsi) digestaadi kasutamine mulla füüsikaliste omaduste parandamiseks
- Digestaat ei tohi olla biogaasi tootmise tüütu kõrvalsaadus, vaid targalt kasutades on see üks võimalik osa keskkonnasöbralikust taimekasvatusest ning mullaseisundi parandamisest



Head klibumulla aastalõppu ja uus
aasta muld selgub 5. detsembril!