



MULLA NO₃ (NITRAATLÄMMASTIKU) JA SO₄ SISALDUSE MUUTUS JA DÜNAAMIKA NITRAADITUNDLIKU ALA PÕLLUMULDADES AASTATEL 2012-2017 ERINEVA MAAKASUTUSE (PÕLLUKULTUURID, ROHUMAA) KORRAL NING MULLAS LEIDUVATE TAIMETOITEELEMENTIDE (P, K, CA, MG, CU, MN, B, NMIN) HAPPELISE JA ORGAANILISE AINE FOONI JA PIKAAJALISEMATE MUUTUSTE SELGITAMINE. PÕLLUMAASE TAIMEKAITSEVAHENDITE JÄÄKIDE SISALDUSE SELGITAMINE NTA PÕLLUMULDADES

Töö teostaja: Põllumajandusuuringute Keskus, Mullaseire ja uuringute büroo

Uuringu eesmärk

Uuringu peamiseks eesmärgiks on jälgida kergestiliikuvate lämmastikuvormide (nitraatlämmastik ja ammoonium-lämmastik) ehk mineraalse lämmastiku (Nmin) sisalduse muutust nitraaditundlikul alal ja võrdlusena Tartumaa muldades, selgitamaks võimalikku nitraatide leostumise ohtu erineva maakasutuse ja ilmastikutingimuste korral. Teise olulise eesmärgina selgitatakse väävlit kui suhteliselt liikuvat toitelemendi sisalduse muutust mullas ning kolmandaks eesmärgiks on jälgida ka ülejäänud olulisemate taimetoiteelementide sisalduse dünaamikat mulla vertikaalprofiilis ning selgitada seaduspärasused, mille alusel saab parandada väetamise planeerimist. Lisaks selgitatakse ka taimkaitsevahendite jääkide sisaldust nitraaditundlikul alal (NTA) paiknevatel tootmispõldudel.

Käesolev uuring on otseselt seotud MAK 2014-2020 Prioriteetide 4 ja 5 ettenähtud eesmärkide täitmisega ja nende prioriteetidega seotud meetmete arendamisega. Eeskätt on uuring suunatud küsimuste lahendamiseks, mis puudutavad veekeskkonna kaitset mineraalse lämmastiku ja taimkaitsevahendite võimaliku leostumise suhtes ning laiemas plaanis aitab väetamise optimeerimisega kaasa mulla- ja veekaitsele.

Prognoosimaks võimalikku leostumise ohtu on oluline teada, kuidas muutuvad sellega seotud erinevad mullaparametrid. Sellest lähtudes on võimalik hinnata potentsiaalset mineraalse lämmastiku, taimedele omastatava väävlit ja teiste toiteelementide võimalikku liikumist mulla vertikaalprofiilis ning potentsiaalset leostumist sõltuvalt maakasutusest, ilmastikust ja mullastikust.

Metoodika

2012. aasta kevadel rajati uurimisala Adavere lähedal Puiatu külas asuvale tootmispõllule (edaspidi Adavere), kuid 2015. aasta septembrist olime sunnitud tehnilistel põhjustel muutma uurimisala asukohta sama põllumassiivi piires, kus mullaliigiks on uuel alal gleistunud leostunud muld (Kog) ja lõimiseks kerge liivsavi (ls1). Seega on uuel alal tegemist ajutiselt liigniiske mullaga, mille lõimis on taimekasvatuseks optimaalne piisava saviosakeste sisaldusega ning keskmisele Eesti põllumullale omase puhverdusvõimega. Proovide kogumist alustati uuel alal 22. septembril 2015. aastal ja käesoleva aruande tulemused kajastavad kogu perioodi kuni 20. detsembrini 2017. aastal, hiljem maapind külmus ning proove ei saanud võtta. Laboratoorsete analüüside tulemusena selgus peamiste toiteelementide ja orgaanilise süsiniku (Corg) dünaamika mulla künnikihis kuni 15 cm sügavuseni ning mulla vertikaalprofiili kolme sügavuskihi lõikes.

Tulemused ja arutelu

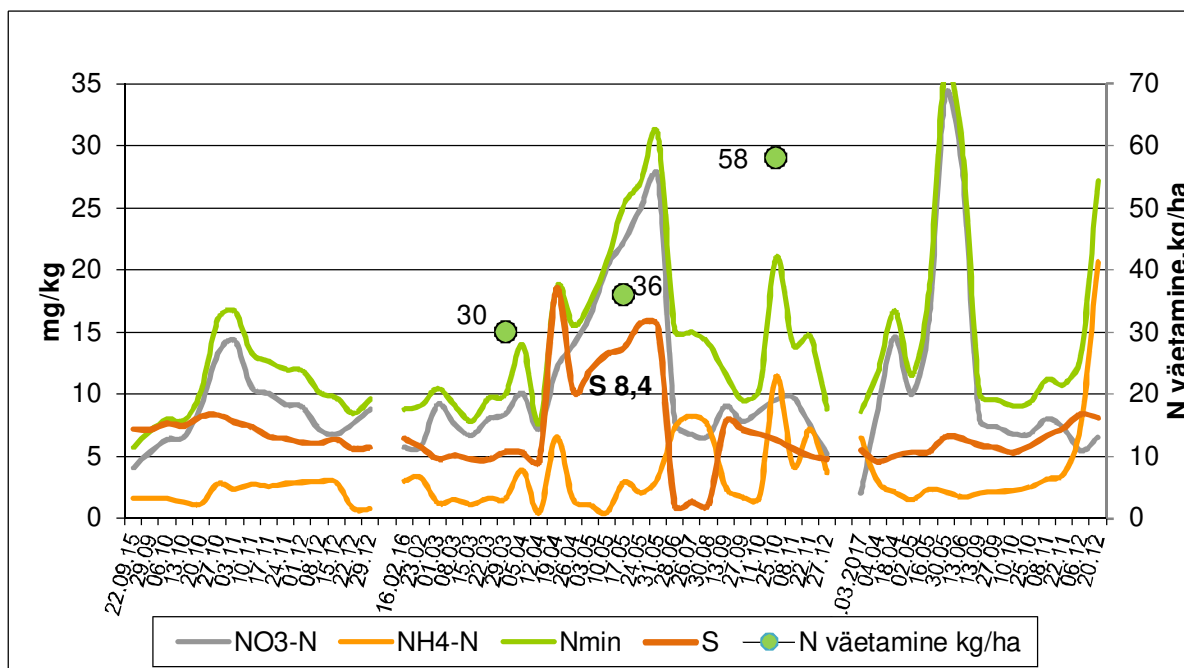
Uuringu peamiseks eesmärgiks oli selgitada mineraalse lämmastiku (Nmin) ja väävli (S) liikuvust NTA põllumullas ja lisaks sellele jälgiti mulla liikuva fosfori ja kaaliumi ning orgaanilise süsiniku (Corg) sisalduse dünaamikat. 2015. a kasvatati põllul suvinisu, mida väetati kevadel enne külvi kompleksväetisega (N 22 kg/ha, P 24 kg/ha ja K 69 kg/ha) ning 2016. a suviotra, mida väetati külveelselt ja täiendavalt maikuu keskel mineraalväetistega (N 66 kg/ha, P 13 kg/ha, K 24 kg/ha ja S 8,4 kg/ha) (Tabel 1). Pärast odra koristamist laotati 20. oktoobril põllule vedelsõnnik ning künti sisse järgmisel päeval. 2017.aastal külvati põllule punane ristik ja väetisi ei kasutatud.

Tabel 1. Adavere uurimisala põlluraamatu väljavõte aastatel 2015-2017

Tehtud tööd ja kasutatud materjalid						Kg/ha, (elemendina)			
Kuup.	Teostatud töö	Materjali liik	Materjali nimi	Kogus	ühik	N	P	K	S
2015. a									
23. apr	väetamine	min. väetis	8-20-30	280	kg/ha	22	24	69	
25. apr	libistamine								
28. apr	külv	suvinisu Triso							
22. okt	künd								
2016. a									
23. mär	väetamine	min. väetis	15-15-15	200	kg/ha	30	13	24	
29. apr	külv	suvioder							
16. mai	väetamine	min. väetis	30-0-0-7S	120	kg/ha	36			8,4
20. okt	väetamine	org. väetis	vedelsõnnik	35	t/ha	58	12	120	
2017. a									
22. mai	külv	pun. ristik							

Joonis 1 kajastab Nmin ja väävli sisaldust ja dünaamikat mulla ülemises 15 cm kihis perioodil 2015-2017 ning parema ülevaate andmiseks on joonisele lisatud ka väetamise andmed. Käesolevas aruandes analüüsime põhjalikumalt 2017. aasta tulemusi, sest eelneva perioodi tulemused on juba kajastatud, kuid joonistel on taustana esitletud ka vanemad tulemused.

2017. aastal alustasime proovide kogumist 21. märtsil ja Nmin sisaldus mullas oli täpselt sama nagu sügisel viimases proovis enne maa külmumist. Nitraatlämmastiku sisaldus oli siinjuures veidi langenud ja ammooniumlämmastiku kontsentratsioon veidi suurenenud. Seejärel hakkas nitraatlämmastik kiiresti suurenema ja ammooniumlämmastik vähenema kuni nitraatlämmastik saavutas oma maksimumi külviga samal ajal - ilmselt toodi harimise käigus altpoolt mullaprofilist Nmin ülespoole ja see tõus oli märkimisväärne. See Nmin oli pärit eelmisel sügisel lisatud vedelsõnnikust, mis nüüd soodsate tingimustega mulla ülemisse kihti lisandus mineralisatsiooniga. Seega suhteliselt hilja sügisel mulda viidud vedelsõnnik mineraliseerub peamiselt kevadel, mida näitavad ka antud aruandes hiljem esitatud andmed mulla sügavuskihtide Nmin sisalduse kohta. 13. juunil oli samuti Nmin sisaldus mullas suhteliselt kõrge – ristik ei vajanud arengu algfaasis olulisel määral lämmastikku. Septembri keskel oli näitaja langenud varakevadise sisalduse tasemele ning püsis sellel nivool suhteliselt stabiilselt kuni detsembri alguseni, mil algas järsk tõus. Ilmselt oli selle tõusu põhjuseks sooja ja niiske sügise tingimustes toimunud ristiku juurte lagunemine mullas ja mineralisatsiooni käigus Nmin vabanemine mulda peamiselt kiiresti vabaneva ammooniumlämmastikuna.



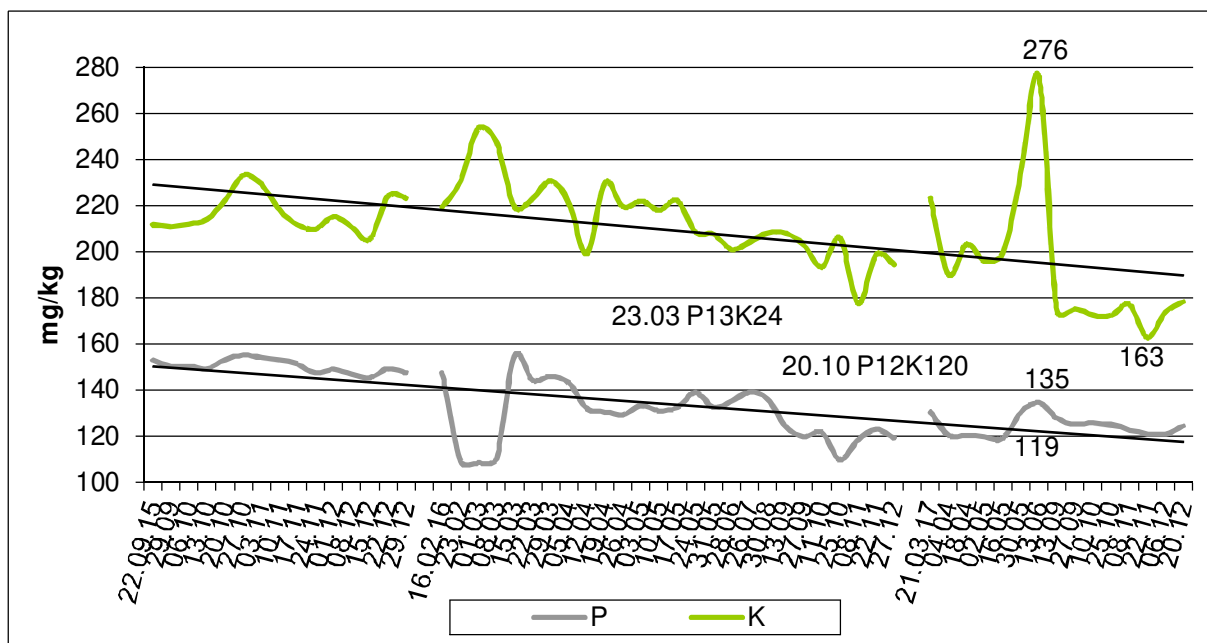
Joonis 1. Mineraalse lämmastiku (Nmin) erinevate vormide ning väevli (S) sisaldused ja dünaamika NTA Adavere uurimisalal perioodil 2015-2017

Nitraatlämmastiku sisaldus mullas novembris ja detsembris vastupidiselt pigem langeb. Arvestades Nmin madalat sisaldust septembris võib arvata, et ristik oleks tegelikult suutnud tarbida enam Nmin kui mullast saada oli, kuigi ta suudab ka ise mineraalset lämmastikku toota.

Väevli sisaldus mullas oli kogu perioodi vältel stabiilselt madalal, suurenedes veidi perioodi lõpul, orgaanilise aine mineralisatsioonil vabaneva väevli arvelt. Väevli madal sisaldus eriti vegetatsiooniperioodi vältel viitab ka võimalusele, et tegelikult oleks ristik suutnud väevlit tarbida ja seega vajada seda enda arenguks rohkem.

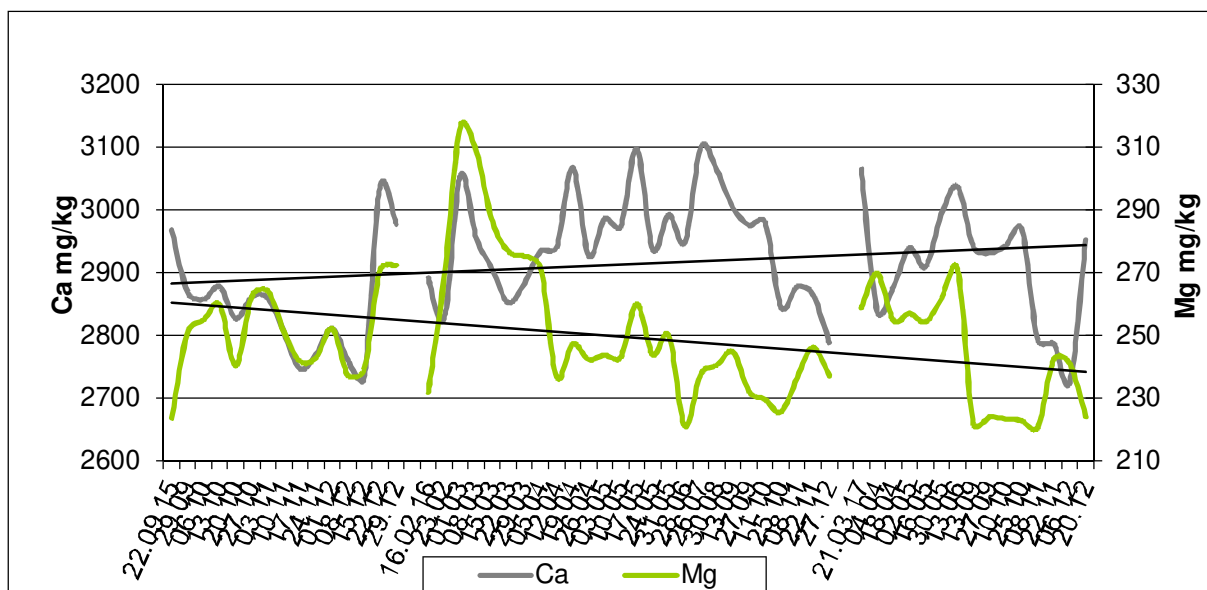
Aruandes iseloomustatakse toitelementide sisalduse muutusi alates 22.09.2015 ning selle aja jooksul on mulla liikuva PK sisalduse trend olnud aeglase vähenemise suunas (Joonis 2), kuigi näitaja on perioodi jooksul ajutiselt nii suurenenud kui ka vähenenud. Mõlema toitelemendi sisaldus mullas on siiski suhteliselt kõrge ja seega mulla väetustarve väike ja saagikust limiteerivaks teguriks need makroelemendid üldiselt ei ole.

Fosforit ja kaaliumi lisati mulda 20. oktoobril 2016. aastal ja kui Nmin sisaldus oli maksimumis mai lõpus, siis PK sisalduse maksimum oli juuni keskpaigas, mis näitab nende toitelementide aeglasemat vabanemist mulda võrreldes mineraalse lämmastikuga. Eriti suur oli tõus kaaliumi osas, sest ka mulda lisatud K kogus oli märkimisväärne. Peale külvi aga vähenes üllatuslikult K sisaldus oluliselt ja stabiliseerus isegi madalamal tasemel kui enne väetamist. K sisalduse vähenemine ülemises mullakihis näitab väga head kaaliumi tarbimist ristiku poolt aktiivse taimekasvu perioodil. Liikuva P sisaldus langeb peale septembrikuud sujuvalt kuni detsembri alguseni ja tõuseb siis veidi, kuid 2017. aasta üldine tase jääb sarnaselt K sisaldusele madalamaks kui väetamiseelisel perioodil. Samas ei ole see langus probleemiks taimede toitumisel, sest mõlema toitelemendi sisaldus mullas on üle keskmise.



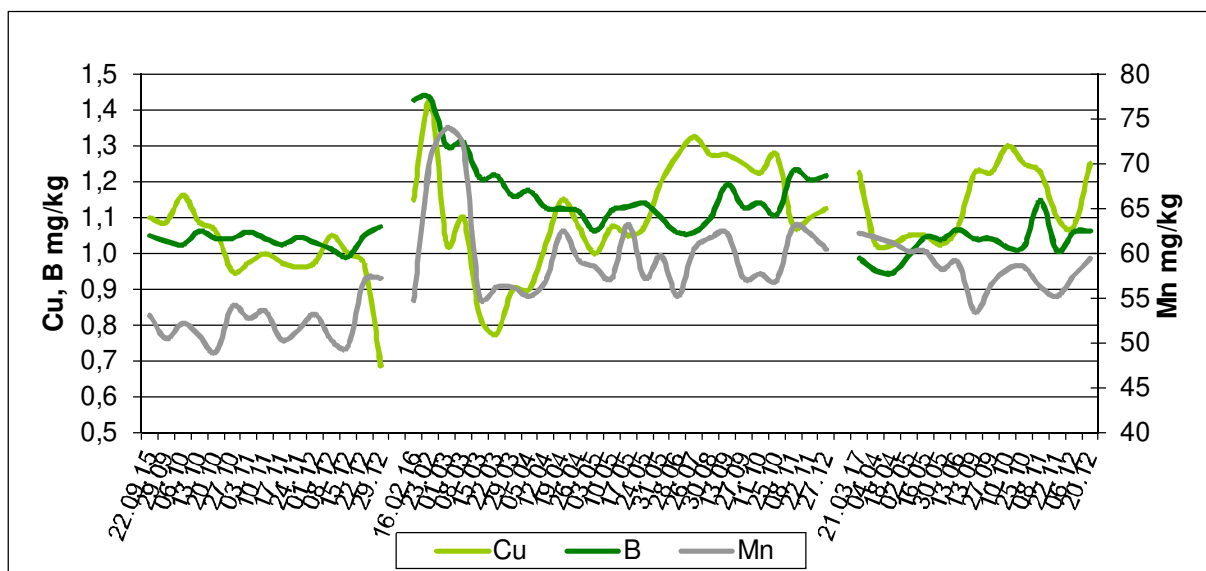
Joonis 2. Liikuva fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldus ja dünaamika NTA Adavere uurimisalal perioodil 2015-2017. Sirgjoonega on näidatud vastava toiteelemendi sisalduse dünaamika trendijoon

Liikuva Ca- ja Mg-sisalduse dünaamikast selgub (Joonis 3), et Adavere ala on üldiselt kõrge liikuva Ca- ja Mg-sisaldusega – mõlema toiteelemendi sisaldus on tunduvalt kõrgem kui taimede optimaalseks toitumiseks vajalik. Jooniselt selgub, et Ca ja Mg sisaldus mullas on palju varieeruvam võrreldes liikuva PK sisaldusega. 2017. aasta kevadel oli Ca ja Mg sisaldus mullas märgatavalt kõrgem kui hilissügisel enne mulla külmumist - seega talveperioodil lisandus neid toiteelemente mulla ülemisse kihti rohkem kui neid sealt leostus allapoole. Vegetatsiooniperioodil oli Ca ja Mg maksimum 13. juunil ja peale seda näitajad langesid mõlemal juhul. Kõige madalam Ca sisaldus oli 6. detsembril ja tõusis seejärel väga kiiresti - kuna ristik kasutab oma elutegevuses suhteliselt palju Ca, siis ristikujuurte lagunemisel lisandub mulda ka mineralisatsioonil vabanev Ca. Madalaim Mg sisaldus oli novembri lõpus, tõusis ajutiselt ja langes taas perioodi lõpul.



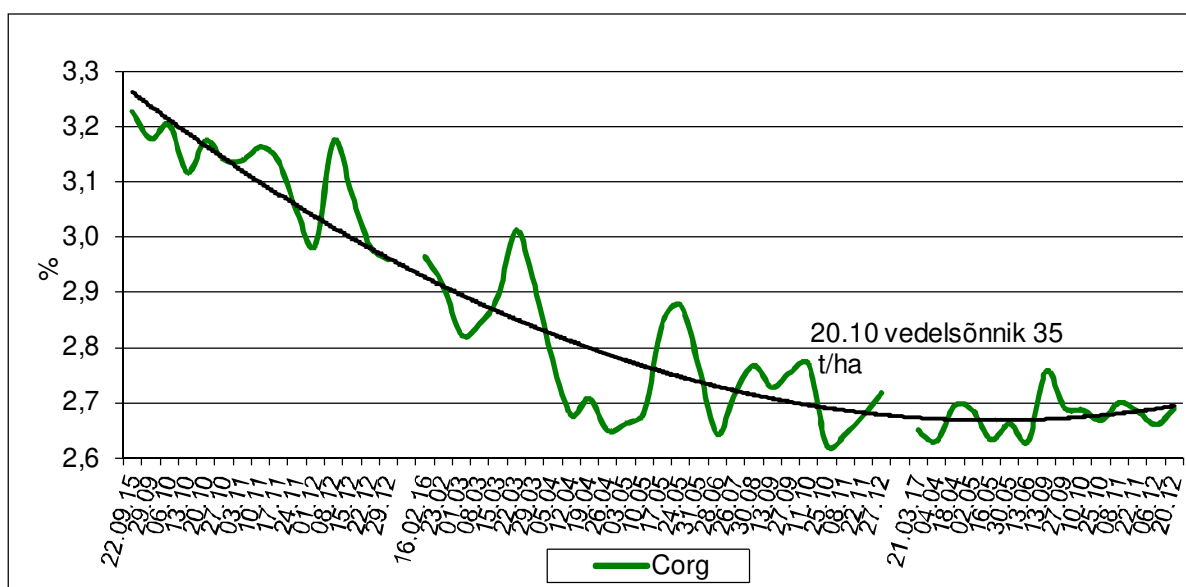
Joonis 3. Liikuva kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus ja dünaamika NTA Adavere uurimisalal perioodil 2015-2017. Sirgjoonega näidatud vastava toiteelemendi sisalduse dünaamika trendijoon

Poolmikro- ja mikroelementide sisalduse dünaamikast (Joonis 4) selgub, et nende sisaldus oli sügisperioodil väheste kõikumistega suhteliselt stabiilne. Cu sisaldus langes varakevadel järsult ja kuni ristiku külvi oli stabiilne, kuid tõusis seejärel oluliselt ning novembri lõpus ja detsembri algul toimus järsk langus ja enne maa külmumist uuesti sisaldus suurenes. Mn sisaldus oli maksimumis varakevadel ja miinimumis septembris ning B sisaldus muutus kogu perioodi vältel, kuid keskmine tase jäi madalamaks kui eelmisel aastal ja see on tingitud Corg sisalduse vähenemisest mullas, kuna B ja Corg sisalduste vahel valitseb tugev positiivne seos.



Joonis 4. Poolmikro- ja mikroelementide sisaldus (mg/kg) ja dünaamika NTA Adavere uurimisaladel perioodil 2015-2017

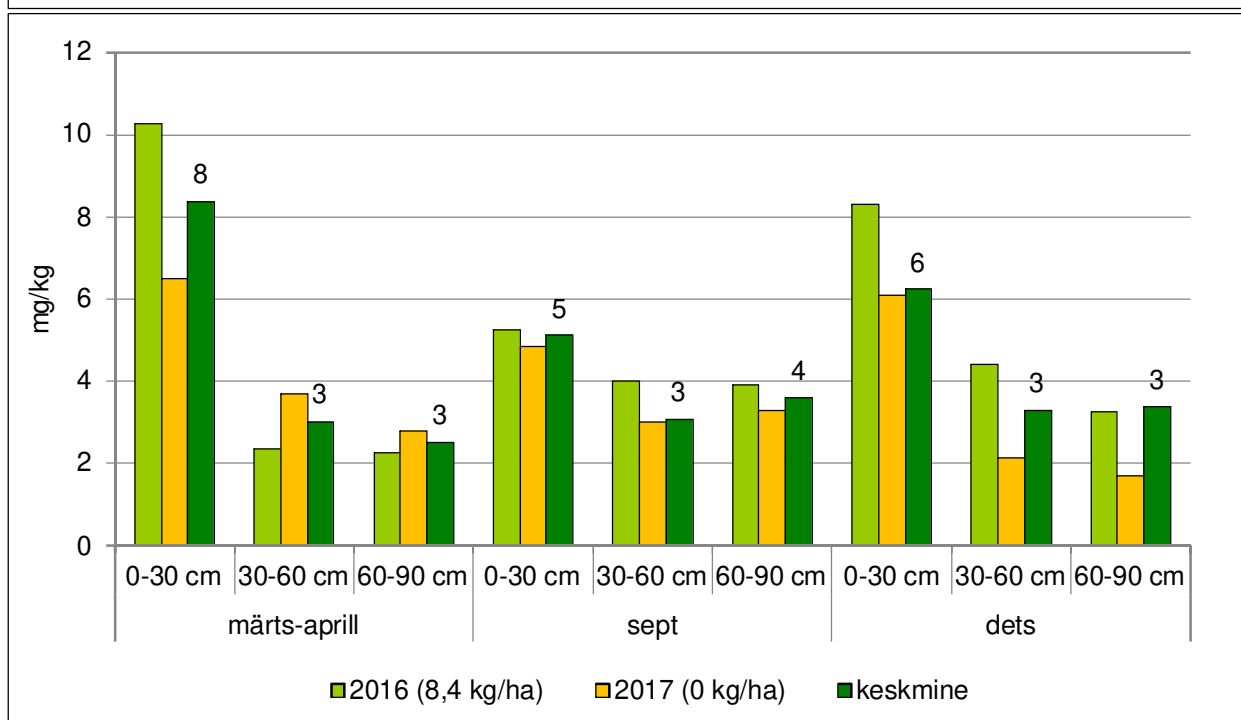
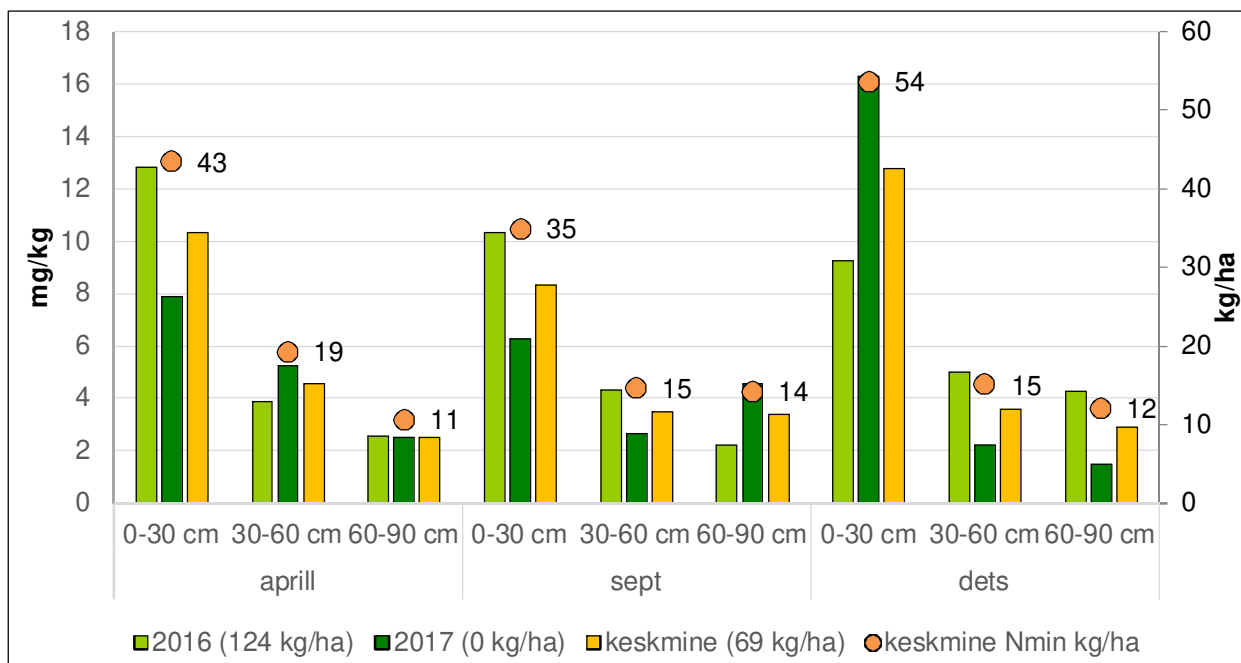
Corg-sisalduse lühiajalised muutused olid hoolimata selle näitaja üldisest staatilisusest alates perioodi algusest 2015. aasta septembrist suhteliselt suured (Joonis 5), kuid oli selge trend Corg vähenemise suunas ja üllatavalt vähenes Corg sisaldus vaadeldud perioodi jooksul koguni 0,5% võrra, mis on nii lühikese ajavahemiku kestel väga suur muutus. Tahesõnnikut kasutati põllul viimati 2013. aasta sügisel ning viimati lisati sellele põllule orgaanilist väetist 2016. aasta sügisel, kuid vedelväetisel pole olnud märgavat mõju mulla Corg sisaldusele. 2017. aastal on toimunud teatud stabiliseerimine ning perioodi lõpus toimub ka teatud suurenemine, mis on ilmselt tingitud ristiku mullas olevate taimejäänuste lagunemisest.



Joonis 5. Orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldus ja dünaamika NTA Adavere uurimisalal perioodil 2015-2017. Tumeda joonega on näidatud Corg sisalduse dünaamika suundumus

2015. aasta sügisest võtsime toiteelementide võimaliku leostumise jälgimiseks esmakordselt mullaproovid ka sügavamatest mullakihtidest ning seda jätkasime ka järgnevatel aastatel. Kuna 2015. aastal puudusid kevadised andmed, siis esitame Nmin sisalduse perioodi 2016-2017 kohta nii aastate lõikes eraldi kui ka nende keskmisena (Joonis 6). Keskmised tulemused arvutame ümber ka Nmin koguseks kg/ha iga 30 cm tusedusega mullakihi kohta, mis on märgitud joonisel oranži ringina koos vastavate väärtustega. Legendis on esitatud sulgudes antud aasta mineraalse lämmastikuga väetamise kogused.

Nagu eelnevalt selgus, väetati 2016. aasta oktoobris põldu vedelväetisega ja võrreldes 2016. aasta detsembri ja 2017. aasta varakevade tulemusi selgub, et talve jooksul ei ole mineraalset lämmastikku allapoole oluliselt liikunud ja ülemises kihis on Nmin tase säilinud praktiliselt samal tasemel. Kui 2016. aastal vähenes ülemises kihis Nmin sisaldus aprillist detsembrini ühtlaselt, siis 2017. aasta detsembris suurenes näitaja oluliselt - ristiku taimejäänuste lagunemisel tekkis mulda täiendavalt mineraalset lämmastikku. Huvitav on siinjuures asjaolu, et kuigi 2016. aasta oktoobri lõpus lisati väetisega mulda 58 kg/ha mineraalset lämmastikku, siis ülemises kihis seda mõju märgata ei ole. Järgmises sügavuskihis olid mõlemal aastal muutused suhteliselt väikesed ja pigem oli Nmin sisaldus stabiilne. 2016. aastal sisaldus suurenes pidevalt, kuid 2017. aastal toimus stabiilne vähenemine. Järelikult 2016. aastal ei suutnud kultuur kogu lämmastikku ära tarbida ja „üle jäänud“ Nmin liikus mullaprofiilis allapoole. Kõige sügavamas kihis suurenes sisaldus oluliselt 2016. aastal detsembris ja ilmselt oli tegemist vedelväetisest pärineva mineraalse lämmastiku kergemini liikuvama osaga. 2017. aastal suurenes Nmin sisaldus veidi perioodil aprill-september, mis viitab kergele leostumisele olukorras, kus ristik ei suutnud veel tarbida piisavalt toitaineid. Kahe aasta keskmisena võib öelda, et mullas sisalduva Nmin kogused sõltuvad väetamisest ja kultuurist ning vähemalt osa vedelväetisest pärinevat mineraalset lämmastikku liigub sügisperioodil suhteliselt kiiresti mullaprofiilis allapoole. Ristiku kasvatamisel vabaneb juba esimese aasta sügisel taimejäänuste mineraliseerumisel märgatav kogus Nmin mulda. Mullas sisalduvad Nmin kogused varieeruvad aasta jooksul ülemises kihis 35-54 kg/ha ja alumistes kihtides 11-19 kg/ha.

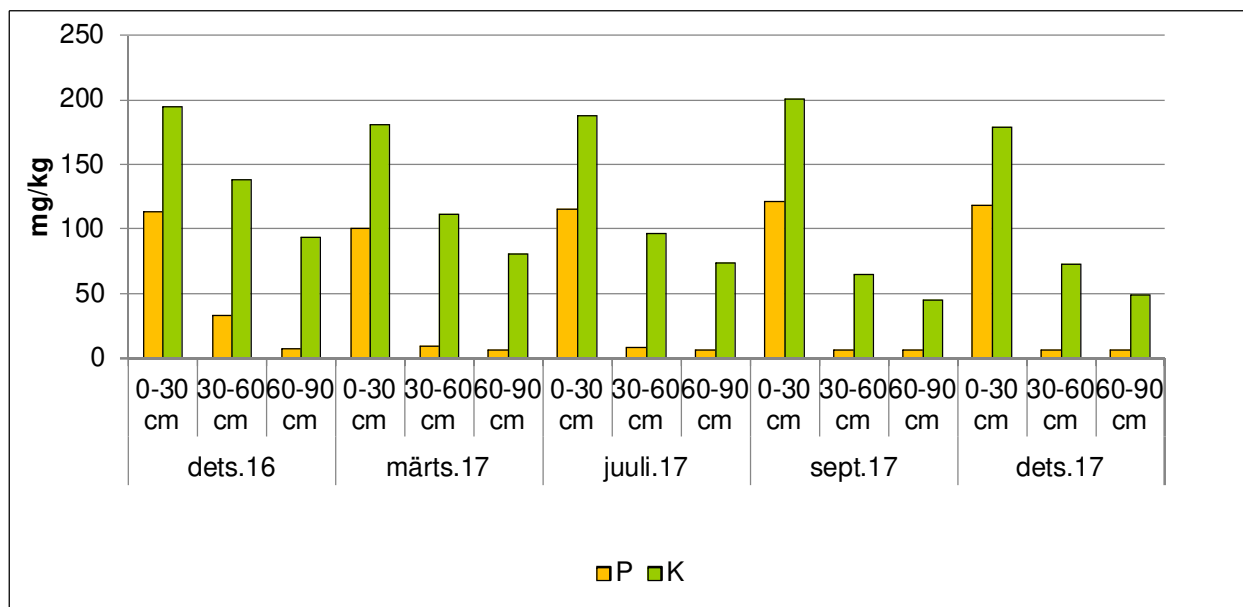


Joonis 6. Uurimisala mineraalse lämmastiku (Nmin, ülemine joonis) ja väevli (S, alumine joonis) keskmine sisaldus ja dünaamika mulla erinevates sügavuskihtides perioodil 2015-2017

Väevli sisaldus oli mullas üldiselt kõrgem 2016. aastal, kuna 2017. aastal väevlit sisaldavaid väetisi ei kasutatud. Seega oli väevli sisaldus mullas suhteliselt madal ja selle tõttu ei teki ka väevli liikumist alumistesse sügavuskihtidesse ja väevli leostumise oht on väike.

Mulla liikuva PK-sisalduse dünaamikast vertikaalsuunas selgub (Joonis 7), et kõigil proovivõtmise aegadel oli kõrgeim PK-sisaldus ülemises mullakihis. Kõige kõrgem oli K-sisaldus ülemises kihis 2017. aasta septembris ning kõige madalam detsembris ning sarnane trend olid ka 2016. aastal. Kevadest sügiseni ehk aktiivsel taimekasvu perioodil K sisaldus mullas suurenes veidi ja see viitab antud perioodil suhteliselt väikesele K tarbimisele taimede poolt, kuid detsembriks oli sisaldus veidi langenud. Keskmise kihi K sisaldus väheneb aeglaselt ja ühtlaselt ning saavutab miinimumi septembris ja seejärel suureneb veidi - ilmselt ülemisest kihist liikunud K arvel. Liikuva kaaliumi

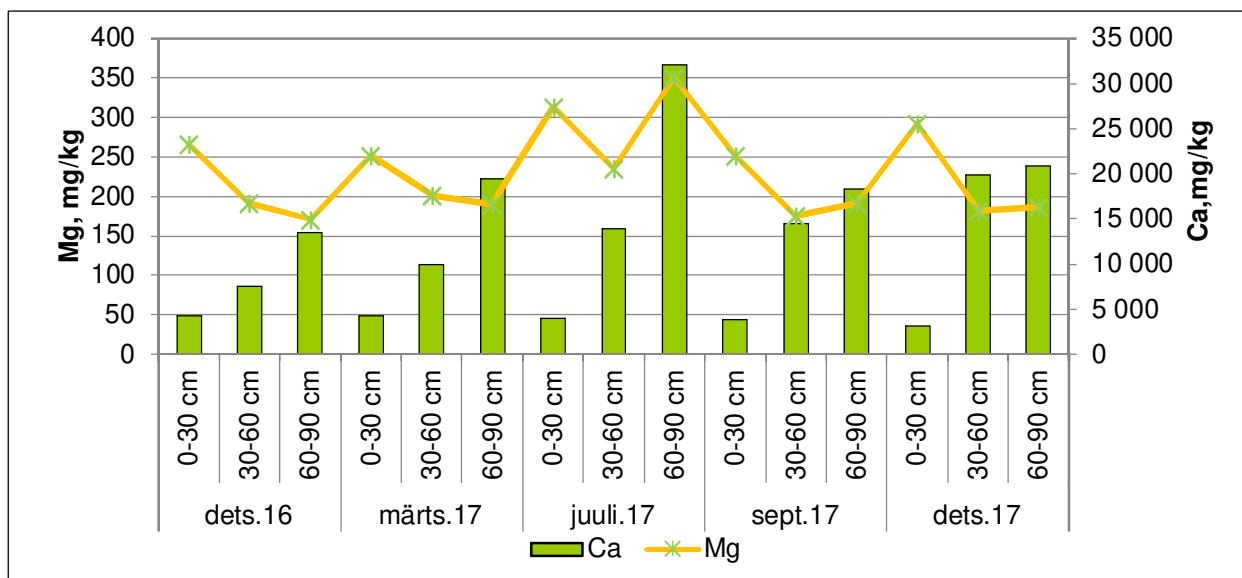
sisaldus mullas sõltub ka mullaniiskusest - niiskes mullas on liikuvast kaaliumi rohkem ja kuivas mullas toimub kaaliumi fikatsioon. Võrreldes 2016. a detsembriga on näitaja oluliselt vähenenud ja ilmselt on see põhjustatud siis mulda lisatud vedelväetisest pärinevast kaaliumist. Ka alumise kihi kõrgeim K sisaldus oli 2016. aasta detsembris ning madalaim septembris ja detsembris toimus väike suurenemine. Võrreldes 2016. aasta detsembriga oli aasta hiljem kõige sügavamas kihis sisaldus siiski umbes 2 korda madalam. Kõikidel proovidel oli keskmise ja alumise kihi P-sisaldus väga madal, järelkult fosfori leostumine mulla alumistes kihtidesse on väga väike.



Joonis 7. Uurimisala keskmine liikuva fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldus ja dünaamika mulla erinevates sügavuskihtides perioodil 2016-2017

Veidi suurem oli P sisaldus 2016. aasta detsembris. Järelikult antud mullalt saab fosforit leostuda väga vähe ja see kindlustab ka suhteliselt kõrge P sisalduse mulla ülemises kihis, kus kõrgeim sisaldus oli septembris ning madalaim märtsis, kuid varieerumine oli väga väike. See vastab igati samale tendentsile nagu K puhul - kuni septembrini toimub P sisalduse aeglane suurenemine ja detsembris veidi langeb mõõduka leostumise tulemusena.

Liikuva Ca ja Mg sisalduse dünaamika 2017. aastal mulla vertikaalkihtides näitab, et lähtuvalt muldade morfoloogiast on suurim Ca sisaldus alumises mullakihis ja madalaim ülemises ning kihtidevahelised erinevused olid väga suured (Joonis 8). Ülemises kihis oli madalaim Ca sisaldus detsembris ja kõrgeim varakevadel, teises kihis täpselt vastupidi ning kolmandas kihis kõrgeim juulis ja madalam septembris. Liikuva Mg sisaldus muutub kaltsiumist veidi erinevalt ning ülemises kihis oli kõige kõrgem sisaldus juulis ning ülejäänud proovivõtmise aegadel on näitaja suhteliselt võrdne. Üldiselt oli ülemise kihi Mg sisaldus kõrgem kui alumistes kihtides, kuid juulis oli suurim sisaldus alumises mullakihis.



Joonis 8. Uurimisala keskmine liikuva kaltsiumi (Ca) ja magneesiumi (Mg) sisaldus ja dünaamika mulla erinevates sügavuskihtides perioodil 2016-2017

Liikuvate toiteelementide dünaamika analüüs näitas, et kuigi uuel seirealal oli raskem lõimis kui eelmise alal (kerge lõimisega liivmuld), siis ka see muld ei suutnud siduda oluliselt rohkem kergesti liikuvat mineraalset lämmastikku ja väävlit. Sügisperioodil toimub ka väga väikese Nmin sisalduse korral mulla alumistes kihtides Nmin ja S liikumine mulla sügavamatesse kihtidesse. Oktoobri keskel mulda lisatud vedelsõnnik mineraliseerub väga kiiresti ja tema mõju mulla toitainete sisaldusele künnikihis oli marginaalne. Osa mineraalsest lämmastikust liikus juba kahe kuu jooksul (oktoober-detsember) sügavamale kui 90 cm.

2011. aastal alustati ning 2017. aastal jätkati Nmin-sisalduse muutuste uuringutega sügavamates mullakihtides erinevatel tootmispõldudel, et selgitada toitainete liikuvust ja potentsiaalse leostumise võimalikkust, koguseid ja seaduspärasid. Uurimiseks rajati NTA piirkonna viiele põllumassivile vaatlusväljakud, kus teostati proovide kogumist kolm korda aastas (enne külvi märtsis-aprillis, peale koristust septembris ja enne mulla külmumist detsembris) kolmes mullakihis (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm sügavuses). 2016. a lisandus ka proovide võtmine juulikuus ehk vegetatsiooniperioodi keskel ning 2017. aastal kaasati uuringusse võrdlusandmete saamiseks täiendavalt kaks põldu Tartumaalt. Põldude maakasutuse ning väetamise andmed on esitatud tabelis (Tabel 2). Käesoleva aasta maakasutust seirepõldudel iseloomustab asjaolu, et Adavere viiest alast neljal kasvatati talvist taimkatet ehk talivilju või heintaimi. 2017. aastal kasutati NTA alal paiknevate seirepõldude väetamiseks keskmiselt 70 kg/ha lämmastikku (võrdluseks 44 kg/ha 2016. a.), 1,4 kg/ha väävlit (2,4 kg/ha) ning fosforit 4 kg/ha (0 kg/ha) ja kaaliumi 32 kg/ha (0 kg/ha). Seega kasutati 2017. aastal lämmastiku, fosfori ja kaaliumi puhul veidi kõrgemaid väetamise norme kui 2016. aastal. Rohumaade väetamine oli sarnane ja lisati vaid lämmastikväetist normiga 34 kg/ha. Tartu põlde väetati oluliselt kõrgemate normidega, NPKS vastavalt 169 kg/ha, 28 kg/ha, 61 kg/ha ja 20 kg/ha. Olulise eripärana kasutati Tartu põldudel nii 2016. aasta sügisel kui ka 2017. a kevadel orgaanilise väetisena digestaati.

EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE

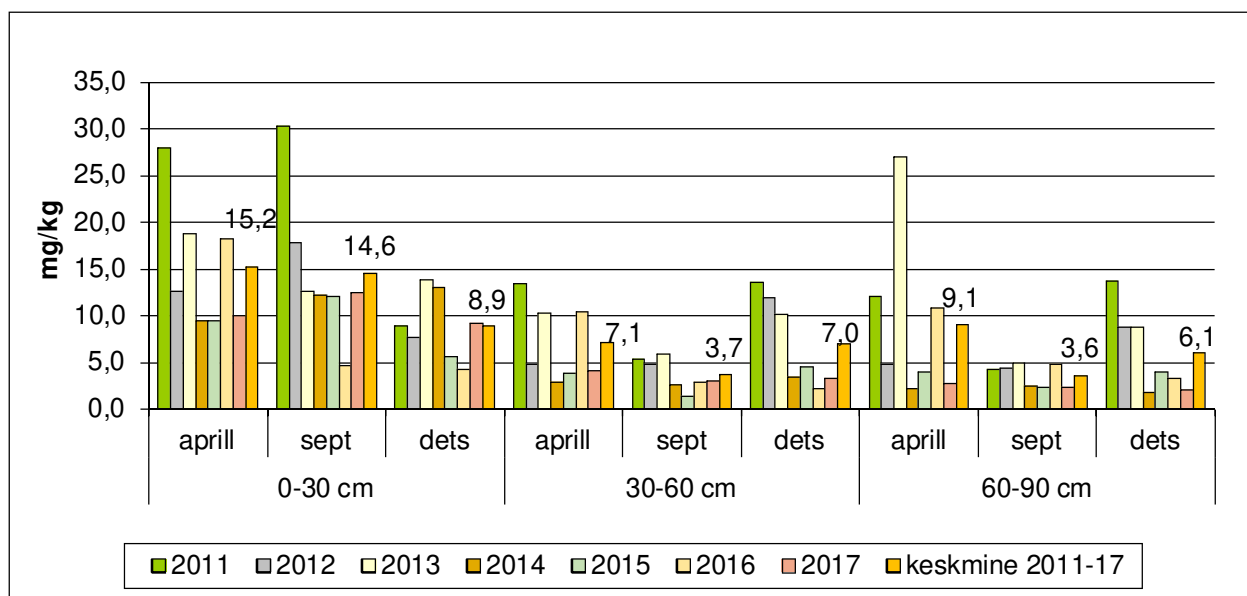

Tabel 2. Adavere ja Tartu uurimisalade põldude kultuurid 2017. aastal ja nende väetamine 2015-2017. aastal vastavalt põlluraamatute andmetele

Kuupäev	Tegevus	Materjali nimi	Kogus	Ühik	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	S kg/ha
Adavere 1, suvinisu								
04.04.2016	min. väetis	30-0-0-S7	170	kg/ha	51			12
10.05.2017	org. väetis	Vedelsõnnik (piimalehmad)	35	t/ha	58	12	120	
17.05.2017	külv	suvininisu						
16.06.2017	min. väetis	NS 30 + 7S	100	kg/ha	30			7
10.11.2017	org. väetis	tahesõnnik	40	t/ha	30	8,64	40	
Adavere 2, punane ristik								
7.05.2015	min. väetis	8-20-30	150	kg/ha	12	13	37	
10.05.2015	külv	punane ristik						
07.04.2016	min. väetis	NH ₄ NO ₃	100	kg/ha	34			
03.04.2017	min. väetis	NH ₄ NO ₄	100	kg/ha	34			
Adavere 3, rohttaimed								
15.04.2015	min. väetis	NH ₄ NO ₃	150	kg/ha	51			
14.04.2016	org. väetis	vedelsõnnik	21,7	t/ha	78	18	73	
06.05.2017	min. väetis	NH ₄ NO ₃	250	kg/ha	91			
11.07.2017	min. väetis	NH ₄ NO ₄	150	kg/ha	40			
Adavere 4, kõrrelised heintaimed (karjamaa raihein)								
15.04.2015	min. väetis	30-0-0-S7	200	kg/ha	60			21
29.07.2015	min. väetis	30-0-0-S7	200	kg/ha	60			21
14.04.2016	min. väetis	NH ₄ NO ₃	180	kg/ha	61			
09.05.2016	min. väetis	NH ₄ NO ₃	170	kg/ha	58			
06.07.2017	min. väetis	NH ₄ NO ₄	100	kg/ha	34			
Adavere 5, punane ristik								
7.05.2015	min. väetis	8-20-30	150	kg/ha	12	13	37	
10.05.2015	külv	punane ristik						
07.04.2016	min. väetis	NH ₄ NO ₃	100	kg/ha	34			
03.04.2017	min. väetis	NH ₄ NO ₄	100	kg/ha	34			
Tartu 1, suviraps								
23.09.2016	org. väetis	digestaat	23	t/ha	78	14	53	
06.05.2017	org. väetis	digestaat	20	t/ha	68	12	46	
07.06.2017	min. väetis	AN	150	kg/ha	52			
13.05.2017	külv	suviraps						
15.06.2017	min. väetis	NS	100	kg/ha	27			4
21.06.2017	min. väetis	ASN	100	kg/ha	21			24
Tartu 2, mais								
14.10.2016	org. väetis	digestaat	20	t/ha	68	12	46	
20.04.2017	org. väetis	digestaat	23	t/ha	78	14	53	
15.05.2017	külv	mais						
15.05.2017	min. väetis	MAP 12-5	100	kg/ha	12	23		
21.06.2017	min. väetis	21-6-11 S Mg	250	kg/ha	53	6,5	23	9
05.07.2017	min. väetis	NS 27-4	100	kg/ha	27			4

EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE

Toiteelementide liikumine mullaprofiilis sõltub eeskätt sademete hulgast ja jaotumisest ning vastavatest andmetest selgub, et uurimisaastate suurim sademete hulk oli 2012. aastal ja kõige kuivem oli 2015. aasta (Lisa 1). Leostumise suhtes kõige kriitilisemal ajal ehk sügisperioodil oli kõige sademetevaesem 2014. aasta sügis ja enim oli sademeid 2017. aasta sügisel. Muld sulas 2017. aasta märtsi alguses ja külmus valdavalt detsembri lõpuks. Adavere ja Tartu sademete näitajad olid 2017. aastal suhteliselt sarnased, veidi rohkem oli sademeid sügisperioodil Adaveres.

Aastate ja kihtide lõikes oli Nmin sisaldus erineva tasemega, kuid viie ala keskmiste tulemuste võrdlus perioodil 2011-2017 näitab, et ülemises kihis on kõrgeim Nmin sisaldus aprillis ja madalaim detsembris (Joonis 9), seejuures aprilli ja septembri tulemused on suhteliselt sarnased. Eriti madal oli Nmin sisaldus ülemises kihis 2016. aasta septembris ja detsembris, mis näitab suhteliselt madalat väetustaset ja sellega seotud vähest leostumise ohtu. Kuna septembriks oli keskmine Nmin sisaldus mullas natuke madalam kui aprillis, siis järelkult sellel perioodil suudavad taimed omastada mineraalset lämmastikku samas suurusjärgus, mis väetamise ja mineralisatsiooniga mulda juurde antakse. Positiivsena ei teki sellest tulenevalt ka lämmastiku leostumise ohtu, mida tõestab ka keskmise kihi Nmin sisaldus - kevadel oli veel sisaldus suhteliselt kõrge, kuid septembris ja detsembris oli sisaldus praktiliselt miinimumis. Keskmiselt langeb ülemises kihis Nmin sisaldus perioodil september-detsember 5,7 mg/kg ehk ca 40% ja see on suuresti seotud selle perioodi kõrgete sademete hulga ja sellest tuleneva leostumisega allapoole. Aastate keskmisena suureneb Nmin sisaldus sel perioodil keskmises kihis 3,3 mg/kg ja alumises kihis 2,5 mg/kg ehk kokku suureneb näitaja alumistes kihtides täpselt samapalju, mille võrra ülemises kihis Nmin sisaldus langeb. Alumise kihi Nmin dünaamika näitab, et aprillis oli aastate keskmine sisaldus suhteliselt kõrge ning võrreldes detsembri keskmisega suurenenud-seega toimub leostumine alumises kihis ka talveperioodil. Keskmises kihis on aprilli ja detsembri näitajad võrdsed. 2017. aasta sügisel ei toimunud olulist Nmin leostumist, mille peamiseks põhjuseks oli suhteliselt väike lämmastikväetiste kasutamine ning talvise taimkatte olemasolu enamikel põldudel.

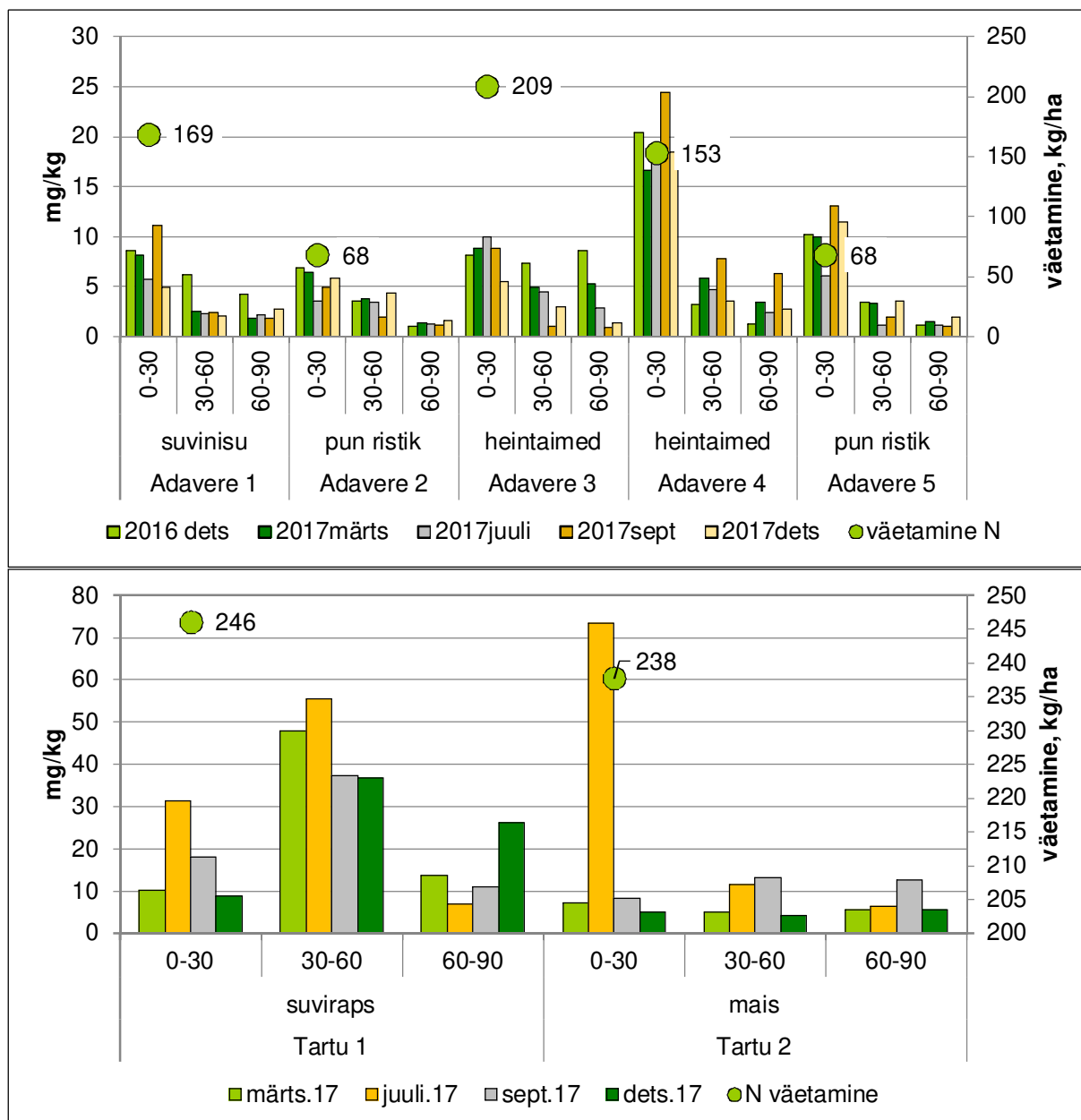


Joonis 9. Adavere uurimisalade keskmine mineraalse lämmastiku (Nmin) sisaldus ja dünaamika mulla erinevates kihtides NTA viie ala keskmisena perioodil 2011-2017

Oluline on jälgida ka võimalikke erinevusi Nmin liikuvuses sõltuvalt konkreetse põllu maakasutusest ja väetamisest. Joonis 10 on esitatud kõikide põldude erinevate mullakihtide Nmin



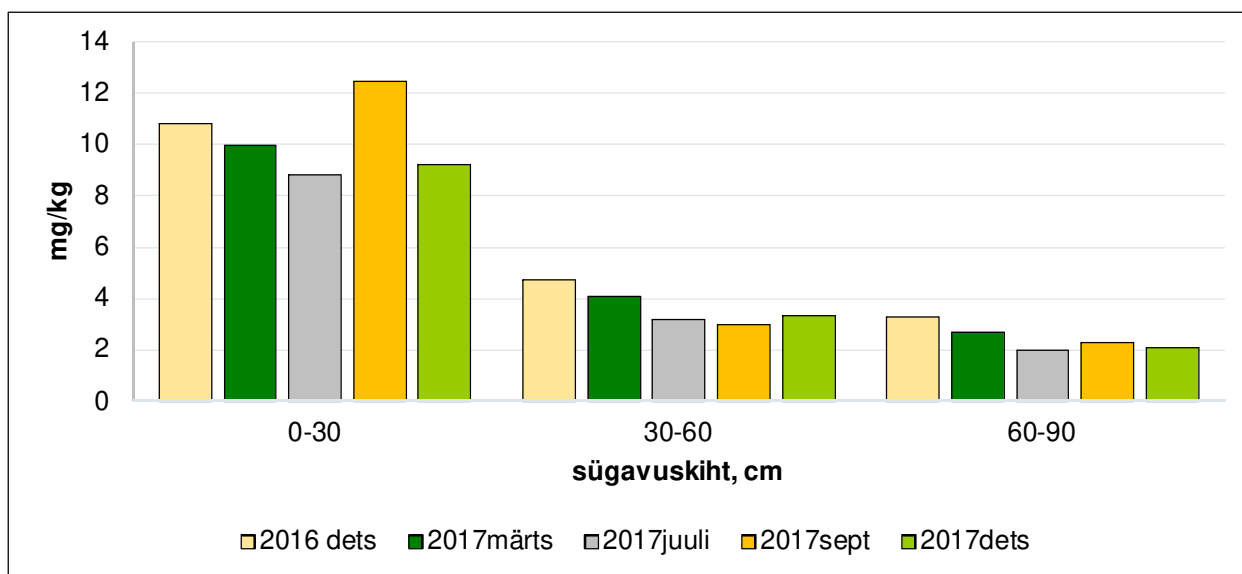
sisaldused perioodil detsember 2016 kuni detsember 2017 ja lämmastikuga väetamine 2016 ja 2017. aastate summana, kuid väetamise aeg ei ole joonisel esitatud. Kahe aasta jooksul on kõige enam mineraalset lämmastikku nii mineraal- kui ka orgaanilise väetistega mulda lisatud Adavere 3 alal. Oluline on märkida, et ca 37% mineraalsest lämmastikust lisati sellel põllul mulda vedelsõnnikuga 2016. aasta kevadel ja käesoleva aruandeperioodil seda mõju enam praktiliselt ei olnud. Adavere 1 põllul lisati vedelsõnnikuga suvinisule külviieelselt mulda 58 kg/ha mineraalset lämmastikku, kuid kogu perioodi jooksul oli Nmin sisaldus mullas suhteliselt madal, suurenedes ülemises kihis oluliselt vaid septembriks - järelkult vegetatsiooniperioodi lõpul ei suutnud suvinisu tarbida Nmin sellises koguses, nagu seda mulda lisandus, kuid alumiste kihtide väga madal Nmin sisaldus viitab ka väga vähesele leostumisele allapoole. Novembri algul mulda lisatud tahesõnnik ei olnud detsembriks veel mulla toitainetesisaldusele mingit mõju avaldanud. Adavere 2 alal oli samuti suhteliselt madal Nmin tase, mis ülemises kihis suurenes veidi perioodil juulidetsember ja keskmises kihis sügisperioodil, mis viitab vähesele Nmin liikumisele mullaprofiilis allapoole. Põldu väetati 2017. aastal normiga 34 kg/ha lämmastikku ja ülemise kihi Nmin sisalduse suurenemine on eeskätt tingitud ristiku taimejäänuste lagunemisest. Adavere 3 alal väetati 2017. aastal normiga 131 kg/ha, kuid Nmin sisaldus ülemises kihis suurenes kuni juulini ning langes seejärel madalaimale tasemele detsembris. Alumistes kihtides on toimunud siiski sügisperioodil teatud suurenemine ehk on toimunud mingil määral mineraalse lämmastiku leostumine. Adavere 4 alal lisati mineraalset lämmastikku 2017. aastal 34 kg/ha ja üllatuslikult on selle ala Nmin sisaldus ülemises kihis kõige kõrgem, mille põhjuseks on turvasmulla esinemine sellel põllul. Kihtides oli kõrgeim Nmin sisaldus septembris ning suurim leostumine alumistesse horisontidesse perioodil juuli-september. Järelkult toimub turvasmullal toitainete leostumine palju kiiremini kui mineraalmullal, sest puudub toitaineid siduv mineraalosa ühelt poolt ja toimub turba intensiivne lagunemine, mis võimendab Nmin sisaldust mullas. Adavere 5 ala ristikupõllul on ülemises kihis madalaim Nmin sisaldus juulis ja see on langenud oluliselt võrreldes eelnevate perioodidega ning tõuseb oluliselt septembris ja detsembris ehk jällegi suureneb Nmin sisaldus ristiku taimejäänuste lagunemise arvel ning see põhjustab ka mõõduka Nmin liikumise allapoole keskmisesse ja alumisse mullakihti. Seega toimub ka madala väetamise taseme korral ristikupõllul mõõdukas Nmin leostumine sügisperioodil alumistesse mullakihtidesse.



Joonis 10. Lämmastikuga väetamine (parempoolsel vertikaalteljel) ja mineraalse lämmastiku keskmine sisaldus ja dünaamika mulla erinevates kihtides NTA proovialadel perioodil 2016-2017 (ülemine joonis) ja Tartu proovialadel (alumine joonis) 2017. aastal

Tartu seirealadel on nii väetamise tase kui ka sellest tulenev Nmin sisaldus mullas oluliselt kõrgem ning väetamise eripäraks on digestaadi kasutamine kombineerituna mineraalväetistega. Mõlemal põllul kasutati 2016. aasta sügisel peale saagikoristust ja 2017. aasta kevadel külvieelselt digestaati. Tartu 1 põllul oli varakevadel ülemise kihi Nmin sisaldus oluliselt väiksem kui alumistes kihtides ja järelkult oli septembri lõpus kasutatud digestaadist pärit Nmin sügise ja talve jooksul mulla ülemisest kihist liikunud alumistesse kihtidesse ja seega järgmise aasta saagi seisukohalt praktiliselt kasutu. Märtsist juulini suureneb teises kihis Nmin sisaldus ja järelkult ei suuda suviraps tarbida kogu mullas olevat mineraalset lämmastikku. Sügisperioodil Nmin sisaldus keskmises kihis ei suurenenud, kuid alumises kihis suurenes küllaltki oluliselt-ümberarvutatuna ca 60 kg/ha. Tartu 2 alal oli väetamine sarnane, kuid tulemused suhteliselt erinevad. Kõrge Nmin sisaldus juulis on tingitud sellest, et proovivõtmisele eelneval päeval väetati põldu mineraalväetisega ja see kajastus kohe ka loomulikult mulla Nmin kõrges sisalduses. Ka sellel

põllul on alumiste kihtide Nmin sisaldus perioodi keskel suurem kui ülemises kihis, kuid vahe on oluliselt väiksem kui Tartu 1 põllul. Alumiste kihtide Nmin maksimum oli septembris ja sügisperioodil leostumist ei toimunud. Kahe Tartu ala võrdluses selgus, et kui suviraps ei suutnud kogu Nmin ära tarbida ja alumistesse kihtidesse liikus seetõttu oluline osa Nmin, siis suurema vegetatiivse massiga mais suutis peaaegu kogu Nmin tarbida ja mullaprofiilis allapoole liikus seda suhteliselt vähe.

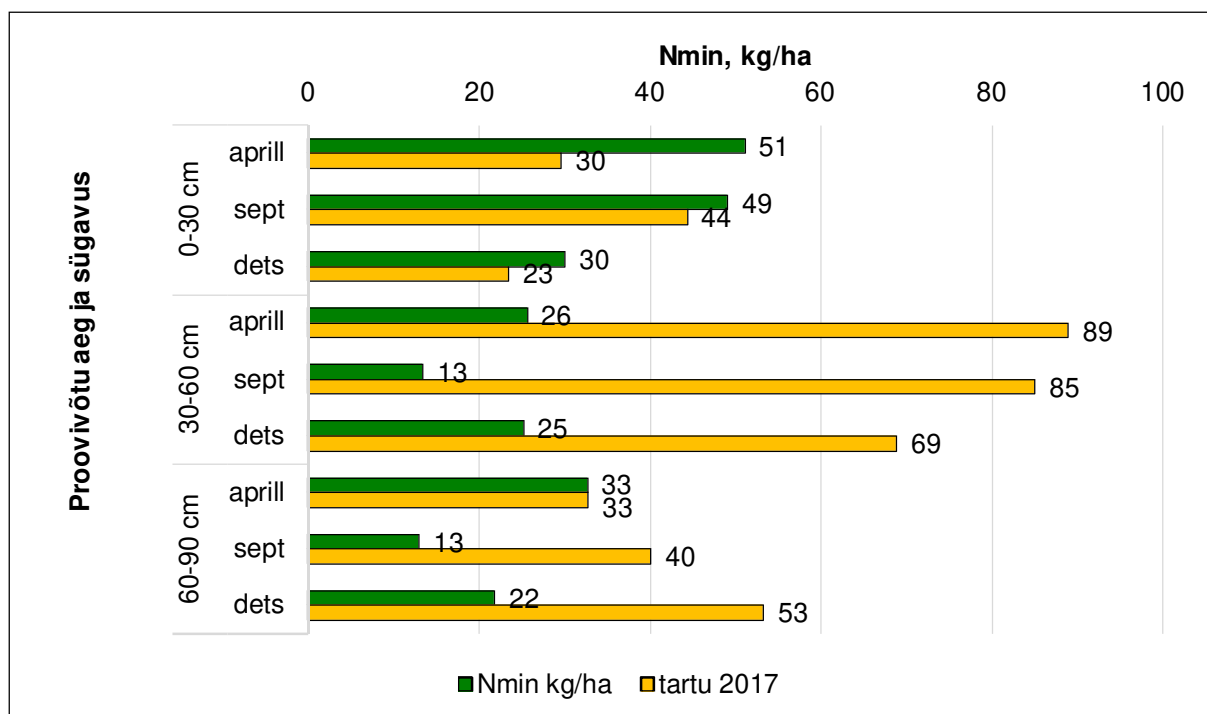


Joonis 11. NTA uuringu viie seireala keskmine mineraalse lämmastiku sisaldus ja dünaamika perioodil 2016-2017

Adavere viie seireala andmeid üldistades näeme (Joonis 11), et ülemise mullakihi kõrgeim Nmin sisaldus oli septembris, mil tegelikult peaks olema enamus mullas olevast Nmin sisaldusest tarbitud, sest aktiivseim taimede kasvamine aeg on läbi või kestab veel osaliselt. Järelikult ei suuda kultuurid mingil põhjusel Nmin tarbida vajalikul määral ja üheks põhjuseks võib olla nende muldade suhteliselt madal PK sisaldus, mis pidurdab normaalset taimede toitumist. Detsembriks oodatult näitaja langes veidi. Mulla keskmises kihis oli kõrgeim sisaldus 2017. aastal varakevadel ja vähenes kuni septembrini. Sügisperioodil toimus väga vähenemine, kuid märkimisväärset Nmin liikumist alumistes kihtides ei olnud. Alumises kihis oli Nmin sisaldus stabiilselt väga madalal tasemel, mis samuti tõestab leostumise riski miinimumi neil põldudel.

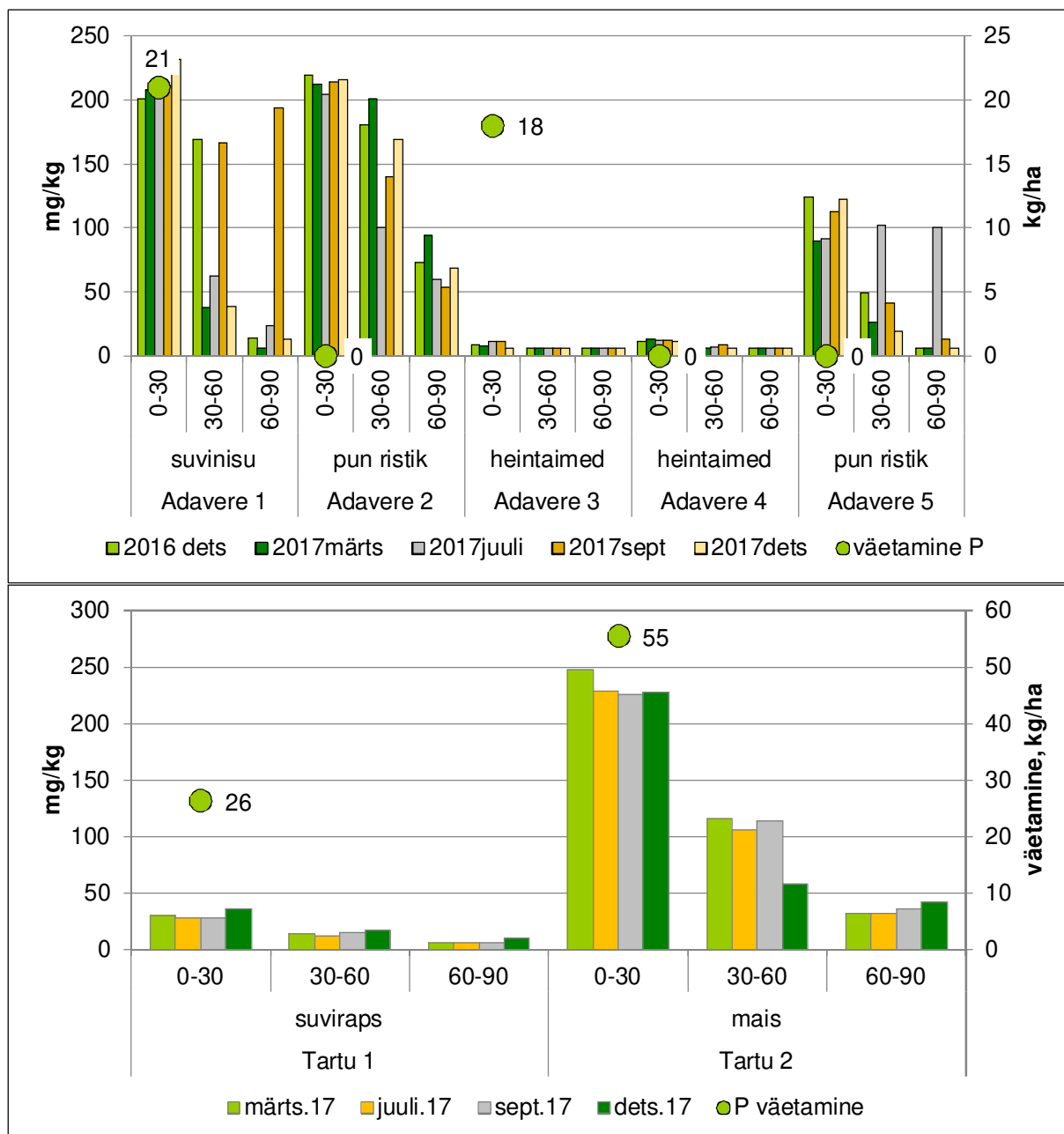
Mineraalse lämmastiku sisaldusest ja selle liikumisest erinevates mullakihtides Adavere viie ala seitsme aasta ja Tartu kahe ala 2017. aasta keskmisena selgub, et mullas on igal ajahetkel märkimisväärne kogus mineraalset lämmastikku. Sügisperioodil vähenes Adavere aladel mineraalse lämmastiku kogus ülemises mullakihis peamiselt leostumise tulemusena u 19 kg/ha, mille tagajärjel suureneb vastavalt järgmise kihi Nmin kogus 12 kg/ha võrra ja alumises mullakihis 9 kg/ha võrra (Joonis 12). Käesoleval aastal olid mullas sisalduvad ja liikuvad Nmin kogused veidi väiksemad kui eelnevatel aastatel. 2017. aastal kasutati lämmastikväetisi keskmiselt põllu kohta 70 kg/ha ja joonisel selgub, et ligikaudu pool sellest mineraalse lämmastiku kogusest leidub aprillis 60-90 cm sügavuses mullakihis. Tartu aladel on ülemises mullakihis Nmin kogus väiksem, kuid alumistes kihtides kordades suurem kui Adavere alade aastate keskmine, mis viitab oluliselt suuremale toitainete liikumisele mulla vertikaalprofiilis. Viimane omakorda tähendab N väetamist ebaõigel ajal ja tarbimisest suuremates kogustes. Selle tõestuseks toimub Tartu aladel Nmin

liikumine alumisse mullakihti ka perioodil aprill-september, mil tegelikult toimub oluline lämmastiku tarbimine taimede poolt.



Joonis 12. Mineraalse lämmastiku kogus ja muutus erinevates mullakihtides Adavere viie põllu keskmisena perioodil 2011-2017 ja Tartu põldudel 2017. aastal

Lisaks mineraalsele lämmastikule analüüsiti ka teiste toiteelementide sisalduse muutust mulla erinevates kihtides ning selgus, et sõltuvalt põllust võib teatud kogus liikuvat fosforit jõuda mulla alumistesse kihtidesse (Joonis 13). Samas oli liikuva P sisalduse dünaamikas olulised erinevused võrreldes Nmin liikuvusega. Aladest eristuvad selgelt Adavere 3 ja Adavere 4, kus on kõikides kihtides kogu perioodi jooksul liikuva P sisaldus väga madal ja sellest lähtudes on ka fosfori vertikaalne liikumine väga väike. Kuigi Adavere 3 alal kasutati 2016. a ka vedelväetist, siis selle madal P sisaldus ei suurendanud oluliselt ühegi kihi fosfori sisaldust. Ülemise kihi P-sisaldus muutus kõikidel aladel perioodil detsember – aprill suhteliselt vähe. Kõige enam fosforiga väetatud Adavere 1 alal lisati fosforit vedelsõnnikuga kevadel ja tahesõnnikuga hilissügisel ning P sisaldus ülemises kihis on üldiselt suurenenud, kuigi sisaldus mullas oli väga kõrge. Keskmises kihis on väga kõrge P sisaldus olnud 2016. aasta detsembris ja 2017. aasta septembris. Viimane on ilmselt seotud maikuus mulda viidud vedelsõnnikust pärit fosfori liikumisega, sest mulla kõrge P sisalduse korral jäi fosfor omastamata. Samal perioodil oli väga kõrge sisaldus ka alumises mullakihis, ehk sademeterikka suve korral on fosfori liikumine mullaprofiilis allapoole olnud küllalt intensiivne. Adavere 2 alal on samuti P sisaldus ülemises kihis suhteliselt kõrge, kuigi viimastel aastatel pole väetistega fosforit mulda viidud. Kuigi ülemises kihis on näitaja stabiilne, siis alumistes kihtides oli kõrgeim sisaldus varakevadel ja madalaim juulis (keskmise kiht) ja septembris (sügavaim kiht). Seega toimub P liikumine allapoole perioodil juuli-detsember ja hoolimata sellest, et väetamist pole toimunud. Adavere 5 alal on P sisaldus madalam, kuid veidi ootamatult toimub suurim P liikumine alumistesse kihtidesse perioodil märts-juuli, mil tegelikult peaks olema kõige intensiivsem toitainete tarbimise periood. Kuna juulis on ka ülemises kihis sisaldus suhteliselt väike, siis järelikult toimub sel perioodil P tarbimine, kuid ilmselt juba kevadperioodil on toimunud oluline fosfori liikumine allapoole.



Joonis 13. Fosforiga väetamine ja liikuva fosfori keskmine sisaldus ning dünaamika mulla erinevates kihtides NTA proovialadel perioodil 2016-2017 (ülemine joonis) ja Tartu proovialadel (alumine joonis) 2017. aastal

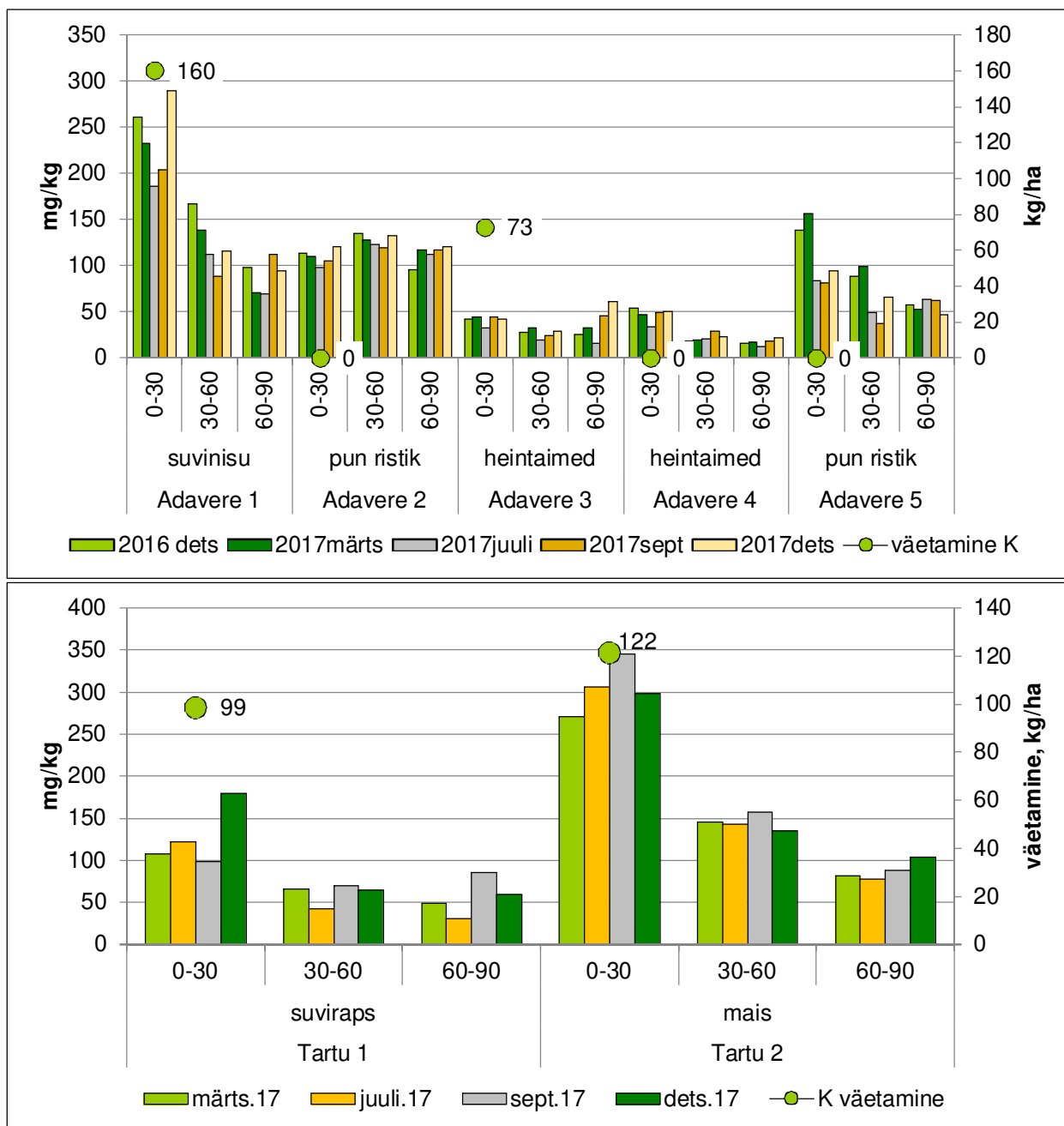
Tartu alad on liikuva P sisalduse poolest täiesti erinevad ja sellest lähtuvalt on erinev ka P sisalduse muutus mullakihtides. Tartu 1 ala mulda väetati suhteliselt lühikese ajavahemiku tagant kaks korda digestaadiga, kuid märkimisväärset sisalduse suurenemist see üheski sügavuskihis kaasa ei toonud ja järelikult enamuse sellest fosfori kogusest suutis suvinisu tarbida. Kõikides kihtides oli sisaldus veidi suurenenud detsembriks, kuid üldiselt olid muutused minimaalsed. Tartu 2 alal toimus märkimisväärne väetamine nii digestaadi kui mineraalväetistega, kuid ometi vähenes P sisaldus perioodi jooksul nii ülemises kui ka keskmises kihis. Alumises kihis toimus perioodi lõpuks küll väike suurenemine mis viitab siiski väikesele fosfori leostumisele. Arvestades maisi suurt biomassi ja väga head Nmin tarbimist, siis võib arvata, et ka fosfori hea tarbimine suutis siduda suhteliselt suure koguse mulda lisatud fosforist.



Liikuva P sisaldus mulla erinevates kihtides näitab, et madala P sisaldusega muldades dünaamika üldjuhul puudub, kuid kõrgema P sisaldusega (liikuva P sisaldus ca 200 mg/kg) muldades toimub P lisamisega selle liikumine suve- ja sügisperioodil mulla alumistesse kihtidesse. Digestaadi P sisaldus on väike ja sellest tingitud leostumine on samuti vähene.

Liikuva K sisaldus (Joonis 14) oli kõrgeim enim väetatud Adavere 1 alal. Kuigi mulda lisati kaalium vedelsõnnikuga 10. mail, siis juuliks oli sisaldus kõige madalam ning hakkas seejärel kiiresti suurenema - ilmselgelt sel perioodil vähenes K tarbimine ja väetise mõjul toimus septembriks väikene kasv, kuid detsembriks tõusis hilissügisel kasutatud orgaanilise väetiste mõjul oluliselt. Keskmises kihis suureneb sisaldus alles detsembris ja alumises kihis nii septembris kui detsembris, mis viitab sellel perioodil toimunud kergele leostumisele, sest mulla ülemises kihis toimus K sisalduse suurenemine ja tarbimist taimede poolt sel ajal enam ei olnud. Adavere 2 alal on kõikides kihtides suhteliselt sarnane liikuva K sisaldus ja märkimisväärseid muutusi pole toimunud. Veidi üllatav on ülemise kihi kohati madalam sisaldus kui alumistes kihtides, kuid ilmselt on see tingitud ristiku heast kaaliumi omastamisest. Adavere 3 ja 4 aladel on K sisaldus väga madal ja Adavere 3 alal on isegi sellise madala fooni taustal selgelt märgata K liikumist sügavamale, eriti alumises mullakihis - seega ka madala K sisaldusega muldades võib toimuda vähest K leostumist mullaprofiilist välja, antud juhul siis tahesõnniku kasutamisel. Adavere 5 alal on selgelt kirjeldatav ristiku hea K kasutamine, sest ülemises kihis on peale vegetatsiooni K sisaldus oluliselt vähenenud ja detsembriks veidi tõusnud eelpoolnimetatud ristiku maa-aluste osade mineraliseerumisel vabanenud kaaliumi arvelt sarnaselt Nmin ja P sisalduse muutustega. Selle protsessi tulemusena on suurenenud detsembriks ka keskmise kihi K sisaldus. Antud põld on hea näide sellest, kuidas väetamata mullal võib ristiku kasvatamisel mulla kaaliumisisaldus langeda ühe vegetatsiooniga keskmisest väetustarbeklassist madalasse väetustarbe klassi.

Tartu aladel oli kaaliumiga väetamise tase oluliselt kõrgem ja väetamine toimus peamiselt digestaadiga. Suvirapsi põllu ülemises kihis oli oluline K sisalduse suurenemine detsembris ehk digestaadist vabanenud K kogunes mulda, kuna vegetatsiooni ei toimunud ja tarbimine puudus. Alumistes horisontides toimus sügisel samuti sisalduse suurenemine ehk toimus leostumine sügavamale ja järelkult sellist kogust K ei suuda suviraps tarbida. Tartu 2 alal on üldine K foon oluliselt kõrgem ja tegelikult K vajadus mullas väike. Sellest hoolimata lisati digestaadiga mulda märkimisväärne kogus kaaliumi, mille tagajärjel K sisaldus mulla ülemises kihis suurenes kuni septembrini ja sügisperioodil veidi vähenes. Mais koristati alles 31. oktoobril ja seega tarbis kaaliumi oluliselt kauem kui näiteks suviraps. Nagu eelnevalt selgitatud, siis omastab mais suhteliselt palju toiteelemente ning olulist K sisalduse suurenemist alumistes kihtides ei ole ka kasutatud väetiste suure koguse korral.



Joonis 14. Kaaliumiga vätamine ja liikuva kaaliumi keskmine sisaldus ning dünaamika mulla erinevates kihtides NTA proovialadel perioodil 2016-2017 (ülemine joonis) ja Tartu proovialadel (alumine joonis) 2017. aastal

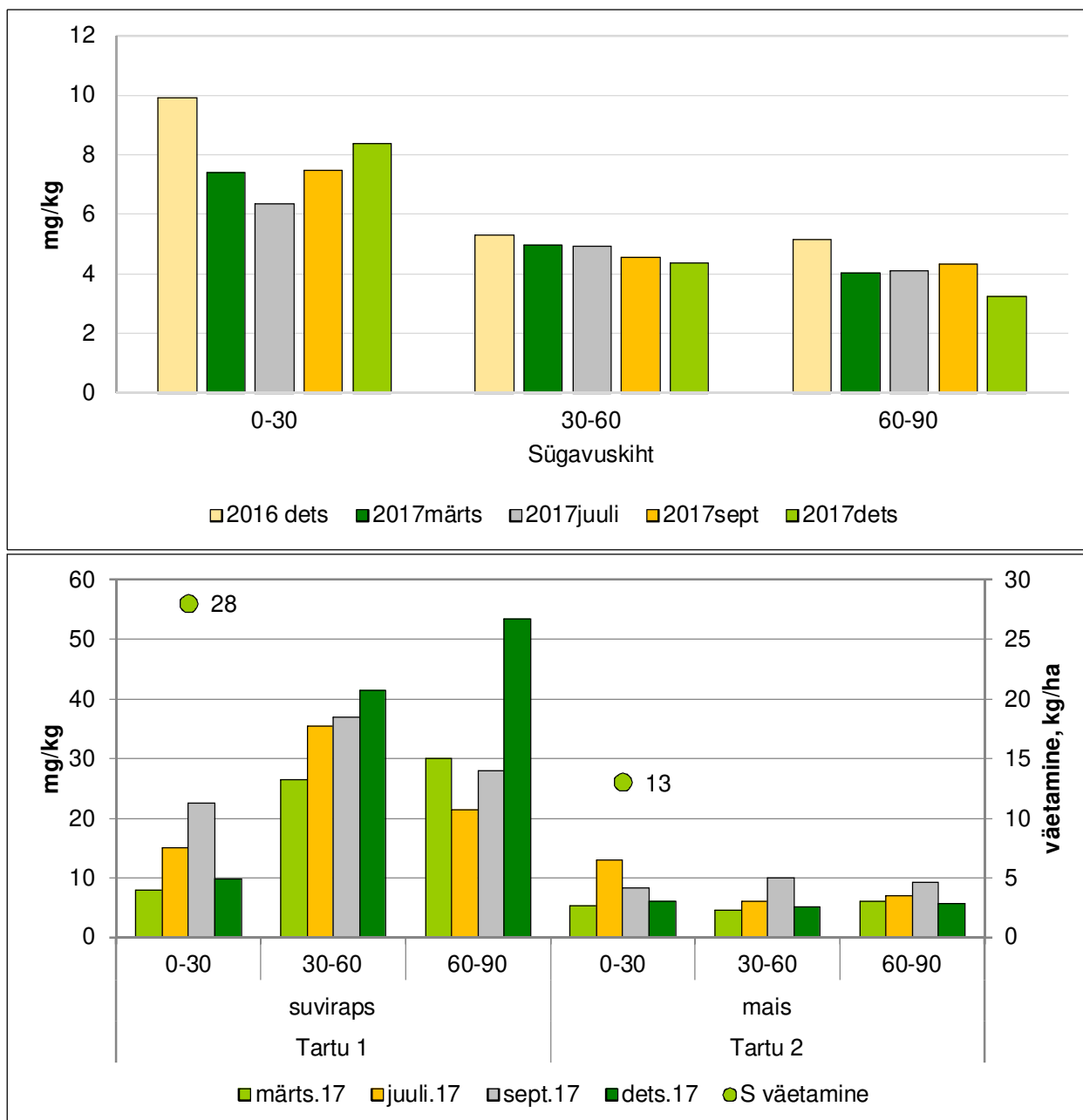
Mulla liikuva kaaliumi sisaldus mulla erinevates sügavuskihtides näitas, et ristik ja eriti mais on väga head kaaliumi omastajad ning sõltuvalt väetamisest ja kultuurist toimub kaaliumi leostumine alumistesse sügavuskihtidesse.

Mullas kergesti liikuvatest toiteelementidest on mineraalse lämmastiku kõrval kindlasti üks olulisemaid väävel. Kuna kultuuride väävlitarbimine ja väetamine on erinev, siis käsitletakse mulla väävlisisalduse dünaamikat alade keskmisena (Joonis 15). Adavere neljal alal viiest oli kultuuriks väävliga väetamata heintaimed ja väävliga väetati viimasel kahel aastal vaid ühte ala normiga 7 kg/ha. Ülemises kihis oli väävlisisaldus kõrgeim sügisperioodi leostumise tagajärjel detsembris. Ülejäänud proovivõtuaegadel oli näitaja võrdlemisi sarnane, suurenes taas sügisperioodil, kuid üldine tase jäi aasta lõikes madalamaks. Keskmises kihis oli samuti K sisaldus



EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE

kõrgeim 2016. aasta detsembris ja langes seejärel ühtlaselt kogu järgneva perioodi jooksul. Mulla alumises kihis oli kõrgeim sisaldus samuti perioodi algul ja kõige madalam perioodi lõpul. Kuna uuringus olevate muldade väävlisisaldus oli suhteliselt madal ning väävlit lisati ka mulda minimaalselt, siis ei ole märgata olulist väävlisisalduse muutust mulla vertikaalprofiilis Adavere aladel. Tartu aladel on väävliga väetamine olnud suurem ja sellest lähtuvalt on ka elemendi liikumine mullas veidi teistsugune. Raps on teatavasti väga hea väävli tarbija, kuid hoolimata suhteliselt kõrgeist väetamise foonist on madalaim S sisaldus ülemises mullakihis. Siinjuures ei suuda raps tarbida kogu lisatud väävlit, sest kuni septembrini S sisaldus mullas pidevalt tõuseb ja langeb järsult sügisperioodil leostumise tõttu. Sellele viitab ka pidev väävlisisalduse tõus keskmises kihis ja järsk tõus sügisperioodil alumises kihis. Sügisene S leostumine on seotud rapsi taimejäänuste lagunemisel vabaneva S lisandumisest mulda. Suhteliselt suur väävlisisalduse tõus alumises kihis viitab sellele, et 28 kg/ha väävlit on siiski suvirapsi vajadusteks liiga suur kogus, vähemalt 2017. aasta ilmastikutingimuste juures. Tartu 2 alal on väävli sisaldus kõikides kihtides väga madal ja veidi suureneb näitaja septembriks alumistes kihtides, sest ülemises kihis on sisaldus maksimumis juulis. Järelikult mais põllukultuurina ei ole väga suur väävli tarbija.

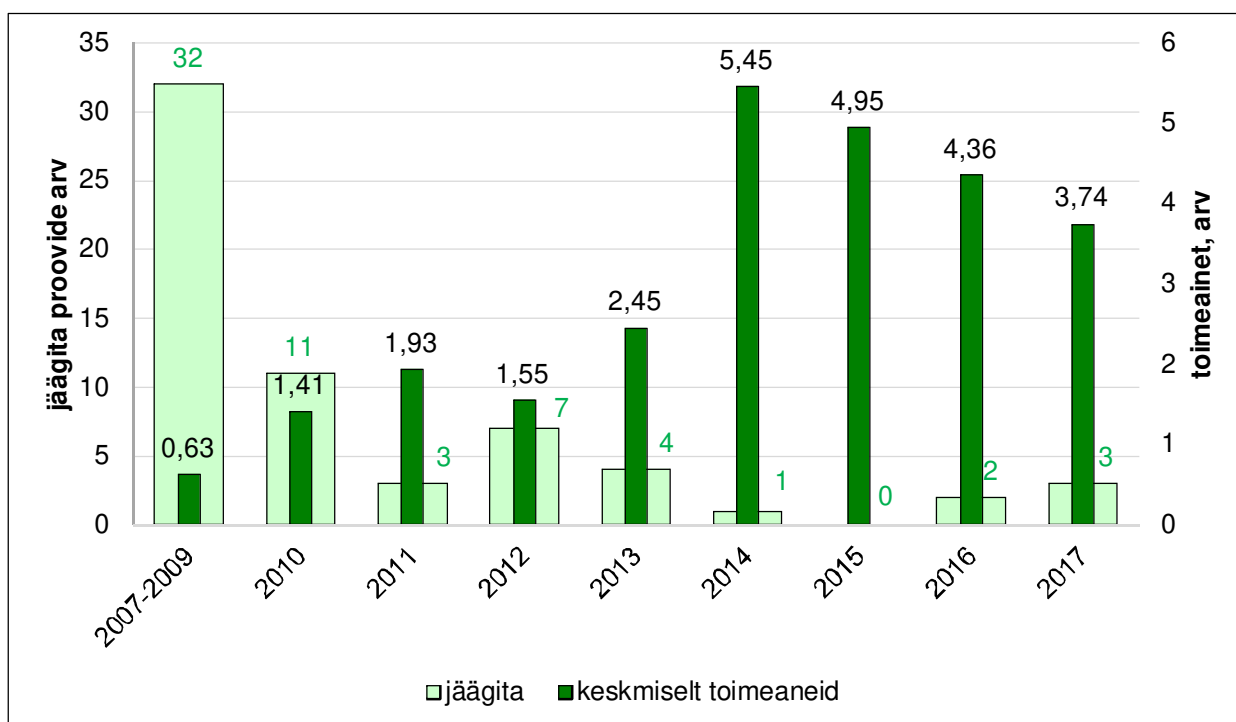


Joonis 15. Väevli sisaldus ja dünaamika viie NTA ala keskmisena mullas perioodil 2016-2017 (ülemine joonis) ja Tartu proovialadel (alumine joonis) 2017. aastal

Olulise osa käesolevast uuringust moodustab taimekaitsevahendite jääkide sisalduse määramine NTA tootmispõldudel. Taimekaitsevahendite toimeainete jääke mullas määratakse antud uuringu raames alates 2007. aastast. Proovid koguti 2017. aasta septembris 25 põllult.

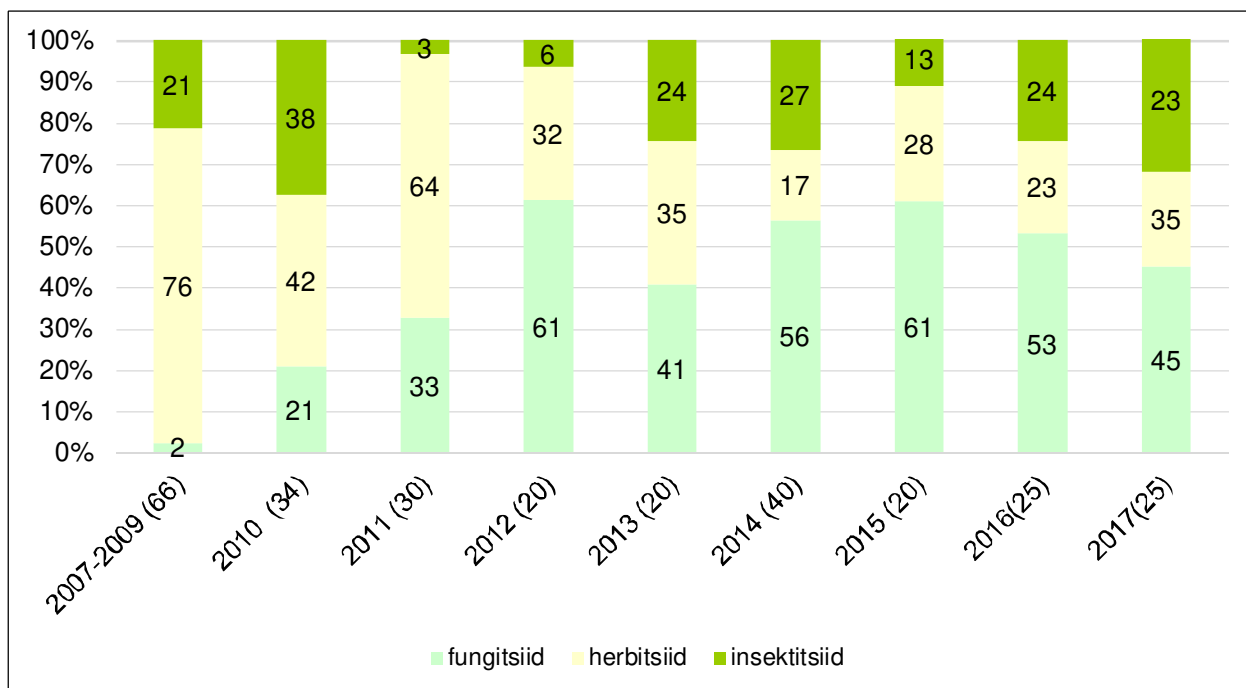
Võrreldes taimekaitsevahendite jääkide sisaldust käesoleval ja eelmistel aastatel selgub, et proovi keskmine erinevate toimeainete jääkide arv on viimasel kolmel aastal langenud, kuid oli siiski oluliselt suurem kui enne 2014. aastat (Joonis 16). 2014. aastal leiti ühest proovist 5,45 ja 2017. aastal 3,74 erinevat toimeainet keskmiselt ühel põllul. 2014. aastal oli ilma jääkideta 1 proov ja 2015. aastal mitte ühtegi, 2016. aastal 2 proovi ning 2017. aastal 3 proovi. Kokku leiti 2017. aastal toimeainete jääke 94 korral, millest 53 juhul (56%) oli tegemist toimeaine jäägi sisaldusega alla määramispiiri ehk jälgedega. Proovide keskmine toimeainete jääkide summa oli eelmisel aastal 0,13 mg/kg ja käesoleval aastal 0,14 mg/kg. Kõrgeim summaarne TKV sisaldus ühes proovis oli 2016. aastal 0,795 mg/kg ja 2017. aastal 1,097 mg/kg, millest 92% moodustas fungitsiidi

tebukonasool toimeaine (Lisa 2), mida oli äsja põllul kasutatud. See tulemus oli ka ainus, mis ületas Keskkonnaministri määruse „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“ sätestatud sünteetiliste taimekaitsevahendite toimeainete summa sihtarvu (0,5 mg/kg).



Joonis 16. Taimekaitsevahendite toimeainete jääkide keskmine arv proovis ja jäägita proovide arv NTA alal perioodil 2007-2016

Taimekaitsevahenditest leiti 2017. aastal enim fungitsiidide jääke (45% kõikidest toimeainetest), järgnesid herbitsiidide (35%) ja insektitsiidide jäägid (23%, Joonis 17). Andmetest selgub, et viimasel kahel aastal on vähenenud fungitsiidide osatähtsus ja 2017. aastal suurenenud herbitsiidide osatähtsus. Käesoleval aastal uurisime ka taimekaitsevahendite jääkide võimalikku leostumist mullaprofiilis sügavamale ja võtsime kahelt põllult proovid lisaks pindmisele mullakihi ka 40-50 cm sügavuselt. Selgus, et kuigi ülemises 0-10 cm mullakihis olid TKV jäägid olemas, siis allpool neid ei tuvastatud. Taimekaitsevahendite võimalikku leostumist kavatseme uurida ka edaspidi.



Joonis 17. Erinevate taimekaitsevahendite jääkide osatähtsus perioodil 2007-2017. Sulgudes kogutud proovide arv

Üldiselt on toimeainete jääkide kontsentratsioonid olnud aastate jooksul suhteliselt väikesed – maksimaalne TKV jääkide summa ühel põllul perioodil 2007-2017 oli 2017. aastal analüüsitud proovis 1,097 mg/kg, millest enamuse moodustas hiljuti kasutatud fungitsiidi tebukonasool jääk. Valdavalt oli proovides jääkide summa siiski alla 0,05 mg/kg ja alla määramispiiri oli üle poole (56%) kõikidest määratud toimeainetest.

Kokkuvõte

- Esimese aasta ristik tarbib mullast suhteliselt palju Nmin ja hilissügisel lisandub ristiku taimejäänuste lagunemisel mulda omakorda märkimisväärselt mineraalset lämmastikku, mis soodsatel tingimustel võib alluda leostumisele.
- Suhteliselt hilja (oktoobri lõpus) sügisel mulda viidud vedelsõnnikust pärit toiteelemendid vabanevad mullalahusesse suures osas kevadel ja liikuv PK vabanevad mulda aeglasemalt kui mineraalne lämmastik.
- Juba esimesel aastal tarbib ristik eriti hästi mullast kaaliumi. Ristiku kasvatamisel on seega oluline mulla hea varustatud kaaliumiga.
- Tahesõnniku mõjul suureneb algselt mulla Corg sisaldus, kuid suviteravilju kasvatades toimub järgneva kolme aasta jooksul mineralisatsiooni tõttu Corg pidev vähenemine, mille jooksul langeb Corg sisaldus kuni 0,5%. Ristiku taimejäänuste lagunemise tulemusena hakkab Corg sisaldus suurenema.
- Suhteliselt väikese koguse lämmastikväetiste kasutamise korral (keskmiselt 70 kg/ha) ning talvise taimkatte olemasolul ei toimu olulist Nmin leostumist.
- Suhteliselt suurte lämmastikunormide kasutamisel põldude väetamisel (ca 120 kg/ha/a) jääb suvirapsil oluline osa mineraalsest lämmastikust tarbimata ja lämmastik liigub alumistesse mullakihtidesse. Suurema vegetatiivse massiga mais suutis peaaegu kogu Nmin tarbida ja mullaprofiilis allapoole liikus seda suhteliselt vähe.



EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE

- Digestaadi kasutamisel varasügisel leostub suur osa sellest pärit mineraalsest lämmastikust sügise ja talve jooksul alumistesse mullakihtidesse.
- Madala PK sisaldusega muldades (sisaldus alla keskmise sisaldusklassi) toimub toitainete liikumine mulla vertikaalprofiilis vähesel määral. Fosfor võib liikuda peamiselt mulla ülemisest kihist keskmisesse (30-60 cm sügavusel), kaalium leostub vähemal määral ka allapoole.
- Mulla liikuva kaaliumi sisaldus mulla erinevates sügavuskihtides näitas, et ristik ja eriti mais on väga head kaaliumi omastajad. Kuigi teisi toiteelemente tarbis mais hästi, siis väävlivajadus ei ole märkimisväärne.
- 2017. aastal oli erinevate pestitsiidide toimeainete sisaldus muldades võrreldes 2016. aastaga praktiliselt sama (vastavalt 0,14 ja 0,13 mg/kg), kuid vähenes veidi erinevate toimeainete arvukus mullas (vastavalt 3,74 ja 4,36 erinevat toimeaine jääki). Võrreldes eelmise aastaga vähenes fungitsiidide (8%) ja suurenes herbitsiidide (12%) osatähtsus.
- Valdavalt oli mullaproovides TKV jääkide summa alla 0,05 mg/kg ja alla meetodi määramispiiri oli üle poole (56%) kõikidest leitud toimeainete jääkide juhtudest.


LISA 1. SADEMETE HULK JÕGEVA METEOROLOOGIAJAAMAS PERIOODIL 2011-2017 JA TARTU-TÕRAVERE METEOROLOOGIAJAAMAS 2017. AASTAL KUUDE LÕIKES

Kuu	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017**
Jaanuar, mm	74,4	80,6	39,2	35,6	61,7	54	33	33,7
Veebruar, mm	28,3	40,8	34,5	34,9	30,5	90,1	31,2	24,4
Märts, mm	22,2	44,7	9,5	34	35,9	29,1	37	28,2
Aprill, mm	9,6	53,3	37	9,9	61,7	46,7	52	65,7
Mai, mm	32,5	61,7	84,3	64,1	42,6	3,6	7,8	27,6
Juuni, mm	38,6	110,5	38,5	157,1	51,8	162	78,4	65,2
Juuli, mm	35,7	79,9	34,2	47,8	77,2	78,1	56,9	56,2
August, mm	77,2	131,3	73,2	123	33,6	180	83,4	105,6
September, mm	54,6	60	33,1	27,3	61,5	19,8	86	116,9
Oktoober, mm	73,8	75,7	59,4	48,2	8,6	52,3	106,8	82,8
November, mm	37,3	80,4	85,9	18,1	52,5	82,9	47	26,3
Detsember, mm	116,1	48,6	52,9	62,7	57,7	26,3	76,9	65,6
Aastas, mm	600,3	867,5	581,7	662,7	575,3	824,9	696,4	698,2
Sügisel*, mm	281,8	264,7	231,3	156,3	180,3	181,3	316,7	291,6

*sügiskuudeks loetakse käesolevas uuringus perioodi september-detsember

**Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama andmed



LISA 2. TAIMEKAITSEVAHENDITE JÄÄKIDE TOIMEAINED, SISALDUS, SUMMA JA LIIK

Proovi nr.	Toimeaine	Sisaldus, mg/kg	Taimekaitsevahendi liik	Jääkide summa mg/kg
1	Boscalid	0,057	fungitsiid	0,1598
	Difenoconazole	< 0,01	fungitsiid	
	Propiconazole	0,059	fungitsiid	
	Epoxiconazole	0,01	fungitsiid	
	Fludioxonil	< 0,005	fungitsiid	
	Spiroxamine	< 0,005	fungitsiid	
	Tebuconazole	0,025	fungitsiid	
2	Ei leitud			0
3	Metazachlor	0,015	herbitsiid	0,016
	Trifluralin	<< 0,01	herbitsiid	
4	Σ DDT	<< 0,01	insektitsiid	0,025
	4,4-DDE	<< 0,01	insektitsiid	
	Metazachlor	0,024	herbitsiid	
5	Σ DDT	<< 0,01	insektitsiid	0,032
	4,4-DDE	<< 0,01	insektitsiid	
	Bixafen	0,01	fungitsiid	
	Tebuconazole	0,021	fungitsiid	
6	Σ DDT	< 0,01	insektitsiid	0,0501
	4,4-DDE	< 0,01	insektitsiid	
	4,4-DDT	< 0,01	insektitsiid	
	Metazachlor	0,034	herbitsiid	
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Fluopyram	< 0,005	fungitsiid	
	Thiacloprid	< 0,005	insektitsiid	
	Thiamethoxam	< 0,005	insektitsiid	
7	Σ DDT	< 0,01	insektitsiid	0,0427
	4,4-DDE	< 0,01	insektitsiid	
	4,4-DDT	< 0,01	insektitsiid	
	Metazachlor	0,032	herbitsiid	
	Thiacloprid	< 0,005	insektitsiid	
8	Spiroxamine	0,007	fungitsiid	0,059
	Tebuconazole	0,052	fungitsiid	
9	Propiconazole	0,017	fungitsiid	0,207
	Epoxiconazole	0,012	fungitsiid	
	Glüfosaat	0,178	herbitsiid	
10	Epoxiconazole	0,008	fungitsiid	0,2286
	Tebuconazole	< 0,010	fungitsiid	
	Glüfosaat	0,217	herbitsiid	
11	Metrafenone	< 0,01	fungitsiid	0,045
	Bixafen	0,013	fungitsiid	
	Epoxiconazole	0,008	fungitsiid	
	Fludioxonil	< 0,005	fungitsiid	

EESTI MAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE


	Fluopyram	0,018	fungitsiid	
12	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	0,0856
	Bixafen	0,043	fungitsiid	
	Epoxiconazole	< 0,005	fungitsiid	
	Tebuconazole	0,038	fungitsiid	
13	Dimethachlor	0,026	herbitsiid	0,0353
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Clothianidin	< 0,010	insektitsiid	
	Thiacloprid	< 0,005	insektitsiid	
14	Σ DDT	0,012	insektitsiid	1,097
	4,4-DDE	< 0,01	insektitsiid	
	4,4-DDT	< 0,01	insektitsiid	
	Metazachlor	0,077	herbitsiid	
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Quinmerac	0,007	herbitsiid	
	Tebuconazole	1	fungitsiid	
15	Aclonifen	0,022	herbitsiid	0,534
	Boscalid	< 0,01	fungitsiid	
	Pendimethalin	0,496	herbitsiid	
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Epoxiconazole	0,007	fungitsiid	
16	Aclonifen	0,031	herbitsiid	0,125
	Boscalid	< 0,01	fungitsiid	
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Epoxiconazole	0,007	fungitsiid	
	Fluopyram	0,039	fungitsiid	
	Linuron	0,038	herbitsiid	
17	Aclonifen	0,013	herbitsiid	0,1515
	Diflufenican	0,031	herbitsiid	
	Tebuconazole	0,018	fungitsiid	
	Trifluralin	<<0,01	herbitsiid	
	Epoxiconazole	< 0,005	fungitsiid	
	Glüfosaat	< 0,10	herbitsiid	
17A	Trifluralin	<<0,01	herbitsiid	0,0004
18	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	0,0049
	Quinmerac	< 0,005	herbitsiid	
	Thiacloprid	< 0,005	insektitsiid	
19	Propiconazole	< 0,01	fungitsiid	0,036
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Epoxiconazole	0,025	fungitsiid	
	Fludioxonil	< 0,005	fungitsiid	
20	ei leitud			
21	Boscalid	0,08	fungitsiid	0,19
	Σ DDT	< 0,01	insektitsiid	
	4,4-DDE	< 0,01		
	Metrafenone	< 0,01	fungitsiid	
	Pendimethalin	< 0,01	herbitsiid	



EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2014-2020 4. JA 5. PRIORITEEDI PÜSIHINDAMINE

	Tebuconazole	0,013	fungitsiid	
	Epoxiconazole	0,03	fungitsiid	
	Prosulfocarb	< 0,005	herbitsiid	
	Glüfosaat	< 0,10	herbitsiid	
21A	ei leitud			0
22	Boscalid	0,05	fungitsiid	0,2424
	Dimoxystrobin	0,063	fungitsiid	
	Metazachlor	0,021	herbitsiid	
	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid	
	Tebuconazole	0,104	fungitsiid	
	Thiacloprid	< 0,005	insektitsiid	
	Thiamethoxam	< 0,005	insektitsiid	