

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

**1:10 000 mullakaardi alla 1 ha suuruste kontuuride paiknemisest ja tegelikest
suurustest**

Peeter Lillak

Juhendaja: PhD Arno Kanal

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	3
2. Teoreetiline ülevaade.....	5
2.1. Muldade üldiseloostus	5
2.2. Muldade leviku kujutamine kaartidel.....	6
2.3. Eesti mullastiku suuremõõtkavaline kaardistamine	8
2.4. Kaardistamise juhendid	9
3. Materjal ja meetodika	14
3.1. Uurimisala iseloostus.....	14
3.2. Välitööd	16
3.2.1. Mullakaeved ja puuraugud.....	16
3.2.2. Kõrgusandmed	18
3.2.3. Kaartide analüüs.....	18
3.3. Andmetöötlus	18
4. Tulemused ja arutelu	21
4.1. Välitööde tulemused.....	21
4.2. Sidumine kõrgusandmetega	25
4.3. Kaardianalüüsi tulemused	25
5. Järeldused	34
6. Kokkuvõte.....	36
7. Summary.....	37
8. Tänuavaldused	39
9. Kasutatud kirjandus	40
10. Lisad	43

1. Sissejuhatus

Muld on maakoore pindmine kobe kiht, mis on tekkinud elusa ning eluta looduse (kivimite) pikaajalisel vastastikusel toimel. Tsiivilisatsioonid on tekkinud ja õitsenud hea saagikusega muldadel ja samas hääbunud, kui mullaviljakus on langenud (Scull *et al*, 2003). Seega on vajalik mullastikku hästi tunda, et oskuslikult ära kasutada nende parimaid omadusi ning mõista, milliseid jätta looduslikku seisundisse.

Mullad ei levi igal pool ühtemoodi. Mullatekkeprotsessis osalevad nii lähtekivim, kliima, elusorganismid, reljeef kui ka aeg – see tähendab, et muld on väga kompleksne moodustis. Et tekiks mingi ettekujutus sellest, mis muld endast kujutab, rühmitatakse neid teatud, enamasti praktiliste tunnuste järgi liikidesse. Tundes erinevate muldade iseloomulikke omadusi ja levikut, on võimalik teha paremaid maakasutusotsuseid (Suuster *et al*, 2011). Visuaalselt on mullastiku leviku üheks parimaks esitusviisiks mullakaart.

Eesti on üks väheseid riike, kus on täielikult kaardistatud kogu mullastik mõõtkavas 1:10 000 (Reintam, 2003). Olemasolev andmestik on olemas digitaalsel kujul Maa-ameti Geoportaalil, kus on mullakaardi kaardirakendus. Eesti muldi iseloomustab muldade suur varieeruvus, karbonaatsete muldade laialdane levik, liigniiskete muldade suur osatähtsus ning suur kivisus (Keskkonnateabe Keskus, 2009), mida mullakaart ka kajastab. Maakasutusotsuste tegemiseks on nimetatud tunnused väga olulised, seda nii eraisiku, ettevõtte, kohaliku omavalitsuse kui ka riigi jaoks.

Suuster *et al* (2011) on väitnud, et mullakaardi kasutamisel pole asukohatäpsusest lähtudes adekvaatne hinnata mullastiku varieeruvust 0,5 – 1,0 ha suurustel aladel. Erinevate kõlvikute korral võib see olla siiski oluline. Samuti on ilmnunud, et digitaliseerimise käigus on jäänud mullakaardi andmebaasi mitmeid ebatäpsusi, nagu loogika- ja tähemärgivead, geomeetriavead, nihked aluskaardi suhtes ning raskesti arusaadavad lõimisevalemid (Suuster *et al.*, 2011).

Sellest lähtub ka käesoleva töö esimene uurimisküsimus. Mullastikukaardil on palju väikseid, alla ühe hektari suuruseid kontuure, mille olemasolu tekitab küsimusi, eriti juhtudel, kui maastikul liikudes pole mingi erinevus tajutav. Tavaliselt esineb seda metsasel alal, kus kaardistamine on raskendatud. Põllumajanduslikel maadel on maaharimise tõttu mullastikust palju selgem ülevaade. Kas digitaalsele mullastikukaardile märgitud metsasel maastikul kuni ühe hektari suurused mullakontuurid paiknevad ka tegelikult sarnase pindalaga, kuju ning sarnaste mullatunnustega? Kui erinevus on olemas, siis kas see on oluline või ebaoluline?

Teine uurimisküsimus toetab esimese saavutamist – kuidas ja millise meetodika abil on alla ühe hektari suurused kõlvikud mullakaardile kantud? Mullakaardi seletuskirjas on mainitud, et kaardistamisel kasutati nii otseseid (kaeved) kui ka kaudseid (taimkate, reljeef, mulla värvus) andmeid. Oluline on teada saada, kuivõrd on nimetatud pindalaga kontuuride kaardistamisel kasutatud kaudseid meetodeid.

Uurimistöö jaoks esitati järgmised hüpoteesid:

Hüpotees 1 – Pindalaga alla 1 ha mullaliigi kontuuride kandmine mullastikukaardile on paigutatud metsasel alal ainult väliste tunnuste, eelkõige taimkatte ja reljeefi järgi ning seetõttu ei kajasta kontuur reaalselt mullaliigi levikut.

Hüpotees 2 – mahukama välitöö abil on võimalik alla ühe hektari suuruste muldade levikut kujutada efektiivsemalt kui 1:10 000 mullakaardi abil. Efektiivsuse all mõeldakse seda, et tööst saadud tulu ületab kulud.

2. Teoreetiline ülevaade

2.1. Muldade üldisloomustus

Mulda loetakse neljamõõtmeliseks looduslikuks moodustiseks, sest lisaks ruumilistele mõõtmetele tuleb arvestada ka aja kui mullakujunemise tähtsa teguriga (Daniels, Hammer 1992 cit. Schaetzl Anderson, 2005; Astover, 2012a). Teisteks mulda kujundavateks komponentideks on lähtekivim, kliima, organismid ja reljeef (Jenny, 1994). Muldi saab käsitleda temaatiliselt mitmeti vastavalt uurija eesmärgist lähtuvalt (Brady, 1990), kuid mullateaduslikus mõttes eristatakse peamiselt kahte suunda: pedoloogilist ja edafoloogilist lähenemist (Brady, 1990; Astover, 2012a).

1. Pedoloogia on mulla uurimine eelkõige tekke, morfoloogia, klassifitseerimise ja leviku vaatenurgast, käsitledes mulda kui looduslikku keha (Brady, 1990; Schaetzl, Anderson, 2005; Astover, 2012a).
2. Edafoloogia keskendub muldade ja taimede omavahelisele suhtele, määratledes mulda pigem kui taimede kasvukeskkonda (Brady, 1990; Astover 2012a).

Muldade uurimise teeb keerukaks nende omaduste suur vaheldumine maastikul, mistõttu igasugune muldade klassifitseerimine on tahes-tahtmata ainult tinglik, kokkuleppeline raamistik (Astover, 2012a). Osalt aitavad siinkohal piiritlemist kaudsed tunnused, nagu taimkate ja reljeef. Muld ei ole iseseisev looduslik keha, nagu seda sageli V. Dokutšajevile viidates märgitakse. Muld on litosfääri, hüdrofääri, atmosfääri, taimestiku ja loomastiku samaaegsel osalemisel kujunenud uusmoodustis, mis on säilitanud sidemed oma „vanematega“ (Kask, 1996). Eesti mullad on metsakasvukohatüüpidega tugevas seoses (Maa-amet, 2001), kuid sageli vastab ühele metsakasvukohatüübile mitu mullaliiki ja vastupidi (lisa 1), mistõttu tuleb vaadelda ka muid tunnuseid (Lõhmus, 2004). Lisaks rõhutab Vaus (2005), et kuna üleminek metsakasvukohatüüpide vahel on enamasti pidev, on piiri tõmbamine looduses väga problemaatiline.

Üldiselt jaguneb kogu muldade liigitamine kaheks: kas aluseks on võetud mulla geneses või diagnostilised omadused (Reintam, Kõlli, 2012). Diagnostiline printsiip lähtub arusaamast, et mullaprofiili jääb mullatekke- ja arenguprotsessist maha märkimisväärne jälg, mida on võimalik mõõta, mõõdetud diagnostilise tunnuse järgi omakorda on võimalik geneses kindlaks teha (Reintam, Kõlli, 2012). Diagnostilisi klassifikatsioone on maailmas mitmeid, eeskätt suurematel riikidel nagu Uus-Meremaa (*New Zealand Soils Portal*), Kanada (*Soil Classification Working Group*, 1998), Ameerika Ühendriigid (USDA, 1999). On loodud ka kogu maailma jaoks ühtne klassifikatsioon (WRB = *World Reference Base*), mida oleks võimalik rahvusvahelisel tasandil kasutada. Selle on

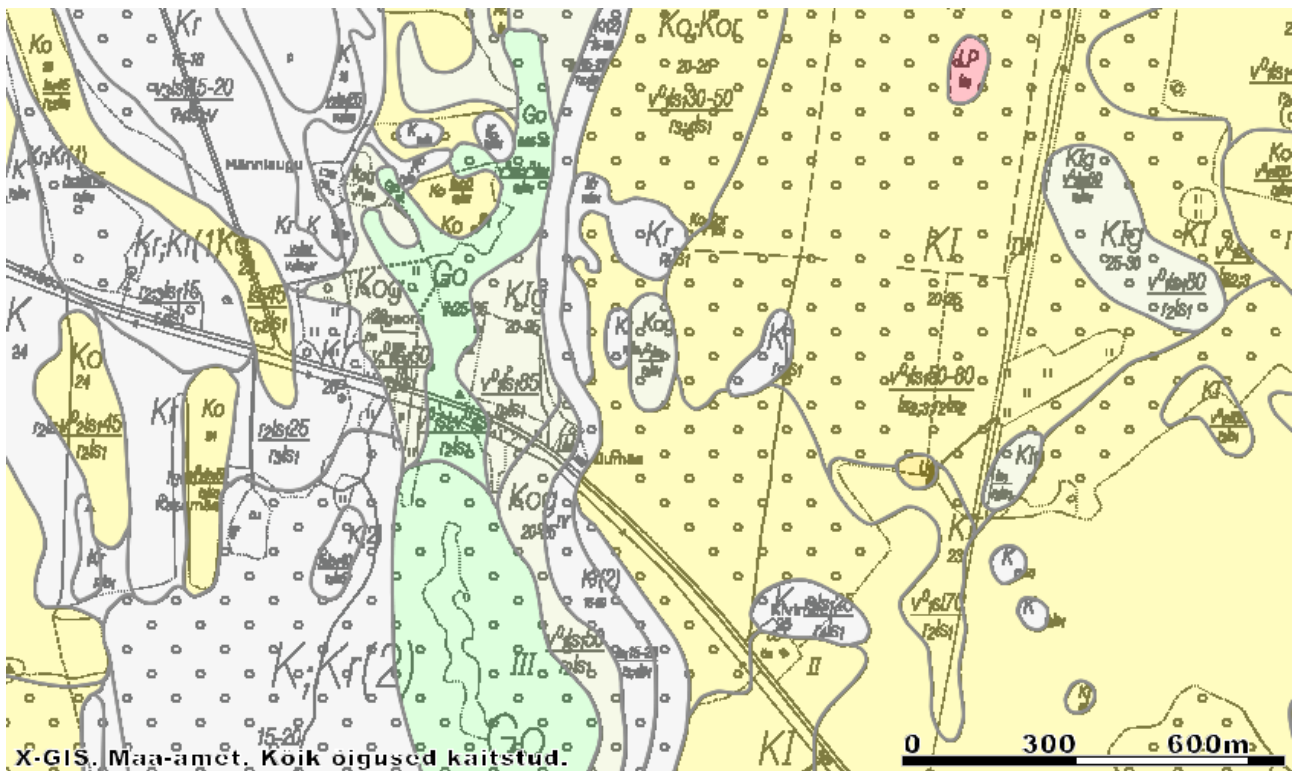
koostanud ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsiooni (FAO, 1998) teadlased.

Eestis on kasutusel endise Nõukogude Sotsialistliku Vabariikide Liidu muldade klassifikatsioonist lähtuv mudel, mis põhineb geneetilisel lähenemisel (Kask, 1988). See vaatenurk uurib muldade geneetilisi tekkepõhjust, mille abil geneesi hinnata (Reintam, Kõlli, 2012). Reintam ja Kõlli (2012) arvavad, et meie klassifikatsioon on Eesti mullastiku kirjeldamiseks sobilik. Seetõttu võib öelda, et klassifikatsioon sõltub ikkagi konkreetselt vajadusest, näiteks Aafrikas, Burkina Faso fula etnilise grupi seas tehtud uuringus leidsid uurijad Krogh ja Paarup-Laursen (1997), et kohalikel põllumeestel on tekkinud oma kogemustele toetudes omamoodi mullaklassifikatsioon, mis osaliselt ühtib lääneriikides kasutatuga. Kogu olemasolu infot ja muldade süsteeme arvestades arvavad Schaetzl ja Anderson (2005), et muldade tegelikku, objektiivset olemust kogu selle keerukuses on võimatu igakülgselt hoomata. Sellegipoolest on vajalik muldade varieeruvust millegi alusel hinnata, milleks kõige sobivamaks on osutunud ikkagi mullastikukaardid (Astover, 2012b).

2.2. Muldade leviku kujutamine kaartidel

Muldade kujutamine kaartidel sõltub eelkõige tulemusest, mida soovitakse lõppkasutajale edastada. Eesmärgid võivad olla põllumajanduslikud, metsanduslikud, ökoloogilised, keskkonnapetsiifilised, seotud maaparanduslike küsimustega jne, kuid üldiselt on need tavaliselt seotud maakasutusotsuste tegemisega (Suuster *et al.*, 2011). Lisaks lõppkasutaja eesmärkidele võib muldade varieeruvus olla erinev ka muude kartograafiliste omaduste, näiteks eri mõõtkavade (Lin *et al.*, 2005; Wang, 1982) poolest.

Üks oluline mullastikukaartide jaotamine toimub selle alusel, kas kaardid on valmistatud traditsioonilisel või digitaalsel viisil. Traditsioonilised mullastikukaardid on tüüpilised tardkaardid, milles andmekandja kui informatsioon säilitatakse füüsilisel kujul. Nende kaartide puuduseks on nende aja- ja ressursikulukas koostamine, samuti ei võimaldata need muuta andmestikku ja teha infotehnoloogilist andmetöötlust ja -analüüsi. Digitaalne mullakaart on sisuliselt georeferentne andmebaas. Digitaalsed kaardid võib omakorda jagada kaheks: digiteeritud mullastikukaardid ning digitaalselt koostatud mullastikukaardid. (Astover, 2012b)



Joonis 1. Näide digiteeritud mullastikukaardist. Eesti 1:10 000 mullastikukaart, saadaval Maa-ameti geoportaalist (Maa-amet, mullastikukaart). Kaardil on kujutatud uurimisala ja selle ümbruskonda.

Digiteeritud mullastikukaardid tehakse tard- või paberkaardi skanneerimise ja joonte vektoriseerimise teel, lisaks seotakse kaardikiht elektroonilise andmebaasiga. Ka Eesti 1:10 000 digitaalne mullakaart on tehtud samal viisil (joonis 1).

Digitaalselt koostatud mullastikukaardid erinevad eelnevatest kaartidest juba oma sisendandmete poolest, sest nende puhul on arvestatud nii väli- kui laboritööde andmeid, mis ühitatakse muldi kujundavate üldtunnustatud keskkonnateguritega. Digitaalselt koostatud mullastikukaartide puhul kasutatakse kaugseireandmeid, erinevaid matemaatilisi ja geostatistilisi mudeleid, digitaalseid kohaandmeid. Eestis digitaalselt kaardistatud mullastikukaardid puuduvad, kuigi 1:10 000 mullakaardi kohandamist digitaalse kõrgusandmete põhjal võib nimetada digitaalseks kaardistamiseks. (Astover, 2012b)

Digiteeritud kaartide puhul tuleb arvestada, et kuigi tehnilised võimalused lubavad neid mõõtkavaliselt kujutada suuremalt kui alaskaardi koostamisel see fikseeriti, ei tõsta ülesuurendamine mullaandmestiku täpsusastet. Mullainfo täpsusklass sõltub ikkagi algsest mõõtkava suurusel, välitööde jooksul kogutud andmestikust ning (hilisema) digitaliseerimise täpsusest. (Astover, 2012b)

2.3. Eesti mullastiku suuremõtkavaline kaardistamine

Eesti on üks väheseid riike, mille territooriumi mullastik on täielikult kaardistatud (Suuster *et al.*, 2011). Esimene suuremõtkavaline mullakaart koostati Eesti NSV-s 1947. aastal (Kask, 1993). Ennesõjaaegne mullastiku kaardistamine toimus peamiselt teedel liikudes, mistõttu kuivemate muldade ülekaal oli tegelikult palju suurem (Kokk, Rooma, 1989). Üks huvitav hüpotees on Toomas Terasel, suuremõtkavalise mullakaardi koostamine algas Eesti Nõukogude Sotsialistlikus Vabariigis üleliidulise surve tõttu: „sel ajal oli Moskvas eriti tähtis loosung „Ameerikale järel“ (Teras, 2012). Kuna USA-s pöörati föderaalasel tasemel suurt tähelepanu mullastiku uurimisele, siis oli seda vaja ka NSVL-s järgi teha“ (Teras, 2012). Kas kaardistamise ajendiks oli eeltoodu või oli põhjuseks ikkagi Nõukogude Liitu pidevalt ahistanud toidunappus, jääb siinkohal tõestamata. Ilmselge tõsiasi oli riiklik vajadus võtta muld kui väärtuslik loodusressurss arvele, sõltumata ühiskonna korraldusest. 1954. aastal alustati Eesti alal riiklikult juhitud süstemaatilist suuremõtkavalist mullastiku kaardistamist (Maa-amet, 2001), mille käigus kaardistati majandi piiresse jäävate põllumaade ja metsade muldi.

Eesti suuremõtkavalise mullastiku kaardistamisega selgus vajadus ka vastava meetodika järgi. Toomas Terasel sõnul (2012) tutvusid toonased mullauurijad enne kaardistamise algust ka teiste Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liidu liikmete kogemustega, eelkõige Venemaa, Leedu ja Läti seniste meetodiliste juhenditega. Ka Eestis olid R. Kask ja A. Piho kirjutanud juba 1951. aastal brošüüri „Mullastikukaardi koostamine“. Nimetatud materjalid käsitlesid küll täpselt muldade kirjeldamiseks ja analüüsimiseks vajalikke tegevusi, kuid kaardistamise kohta puudus täpne ülevaade (Teras, 2012). Teras rõhutab, et välismaailmaga, eelkõige lääneriikidega kui arenenumate mullateadusega tegelevate riikidega suhelda ei olnud sel ajal kuigi mõeldav. Seetõttu tegeleti vastava meetodika väljakujundamisega sisuliselt 1960. aastani, pärast mida ilmus ka esimene kirjalik materjal „Maafondi mullastiku kaardistamise välitööde juhend“.

Mullastikku kaardistati kahes mõtkavas: standardne 1:10 000 kaart ning 1:5000 kaart Kagu-Eesti künkliku moreenmaastiku majandite maadel. Aastatel 1965-1969 kaardistati senised valguskoopiatele kantud mullakaardid ringi värviliselt fotokoopiatele. (Maa-amet, 2001) Sellest perioodist on ilmunud saadud kogemuste põhjal ka juhend „Mullastiku kaardistamise välitööde meetodika“ (Kokk *et al.*, 1968). Kaarte täiendati ja parandati veel 1970-1976. aastal toimunud tootlikkuse detailse hindamise ja 1982-1988. aastal toimunud haritava maa kvaliteedi hindamise käigus. (Maa-amet, 2001)

Metsamuldade kaardistamise põhitöö toimus aastatel 1976-1990. Seda perioodi võib jagada kaheks eri otstarbeliseks tööperioodiks. Esimene ja põhiline töö toimus riigimetsamaade mullastiku kaardistamisega 1976-1989. aastal. Selleks ajaks oli põllumajandusmaade kaardistamisega saadud palju kogemusi ning meetoodika koostamisel lähtuti metsamuldi kirjeldavate omaduste, näiteks metsakõdu uurimisest (Maa-amet, 2001; Teras, 2012). Selle tarbeks kirjutati ja avaldati ka vastavad juhendid, nimelt 1977. aastal „Riigi metsafondi maade mullastiku kaardistamise välitööde juhend“ ning 1978./1983. aastal „Metsamajandite maade mullastiku kaardistamise välitööde juhend“, milles oli tehtud täiendusi (EMLTUI ja RPI, 1978/1983). Põhjaliku meetoodika tõttu on riigimetsamuldade kaardid ühtlaselt hea tasemega, sellele aitas kaasa ka välitöodes kasutatav aerofotomaterjal (Maa-amet, 2001).

Teisel perioodil, aastatel 1988-1990 toimus uus looduslike maade mullastiku kaardistamine, milseniste majandite mullakaardid parandati ja täiendati. Enamik kaarte joonestati majandi alusplaani kilekoopiale ning neid ei kopeeritud fotomenetluseks ümber. (Maa-amet, 2001)

Viimane suuremõtkavalise mullastiku kaardistamise töö oli vastava andmebaasi loomine. Esimesed sellesuunalised tööd algasid Teras andmetel (2012) 1992. aastal ja kestsid 1996. aastani. Aastatel 1997-2002 koostas Maa-ametiga seotud lepingu alusel AS EO Map koostöös enda alltöövõtja OÜ Agrimento digitaalse mullakaardi, mille käigus tehti mitmeid parandusi ja täiendusi (Maa-amet, 2001).

2.4. Kaardistamise juhendid

Kaardistamise korra ning meetoodika kohta on teavet saadud järgnevatest juhenditest:

- Maafondi mullastiku uurimise välitööde juhend (1960)
- Mullastiku kaardistamise välitööde meetoodika (1968)
- Riigi metsafondi maade mullastiku kaardistamise välitööde juhend (1977)
- Metsamajandite maade mullastiku kaardistamise juhend (1978/1983)
- Muldade väliuurimine (Astover *et al*, 2013)

Sellest nimekirjast on kõige põhjalikum „Mullastiku kaardistamise välitööde meetoodika“ (1968), kuid keskendutud on ka „Maafondi mullastiku uurimise välitööde juhendile“ (1960), kuna selle alusel kaardistati metsamuldi välitööde alal. Juhendite puhul on keskendutud ainult karbonaatsete muldade välitööde meetoodikat puudutavale osale.

Välitööd algasid uurimisala eelneva ülevaatusena, mille eesmärgiks oli tutvuda maastikuga, leida

kõlvikute piirid ja nende reaalne vastavus olukorraga, selgelt eristuvad alad, jne. Metsade korral tehti metskonna maade ülevaatus, mille teostamiseks kasutati puistuplaane. Antud ülevaatusega tehti kindlaks muldade leviku seaduspärasused taimkatte ja reljeefiga, mille järgi selgitati ka puuraukude ja kaevete tegemise kord ja arv. (Kokk *et al*, 1968 jt.)

Tasastel maadel tehti välikaardistamine paralleelsete käikudega, iga käigu vahe 1: 10 000 kaardi korral 100-200 m. Metsamuldi kaardistati metsakvartalite kaupa. Mullastiku andmete saamiseks tehti sügavkaeveid, poolkaeveid ning puurauke, mille asukoht kanti välikaardile. (Piho *et al*, 1960; jt) Praktikas jagunesid väliuurijad kaheks: ühed tegid puurauke ja teised sügavkaeveid (Sepp, 2013). Lisaks sellele kanti kaardile ka mulla šiffer, lõimis ja hindepunkt huumusesisaldusega. (Piho *et al*, 1960; jt)

Sügavkaeve kui põhjalikku ülevaadet andev uurimismeetod on 1-2 m sügavune (rähksete ja leostunud muldade puhul 0,5-1 m) mulla aluskivimini või muundumata lähtekivimini ulatuv kaeve, mille üks vaatesein on vertikaalne, paremates valgustustingimustes ning rikkumata taimkattega. (Kokk *et al*, 1968) Kuna sügavkaeve tegemine võttis aega ja jõudu, rajati see kohtadesse, mis iseloomustas suuremat maa-ala (Piho *et al*, 1960). Poolkaeve ulatub ainult B- ehk sisseuhtehorisondini, kusjuures tihti tehti selle põhja ka puurkaeve, et saada infot sügavamate horisontide kohta. Nii poolkaeveid kui ka puurauke tehti nii muldade määramiseks kui ka muldadevaheliste piiride selgitamiseks. Kaevete ja puuraukude arv kaardil sõltus kaardi mõõtkavast, mullastiku kontrastsusest ning mullakontuuride vaheldumissagedusest (tabel 1). Muldade kontrastsuse suurenedes võis kaeveid ja puurimisi teha vähem, siis oli muldade vahelise piiri leidmine väliste tunnuste korral lihtsam. (Kokk *et al*, 1968)

Tabel 1. Minimaalne puuraukude ja kaevete arv 1 ha kohta (Kokk *et al*, 1968).

Kõlvik	Kaardil 1 : 10 000	Kaardil 1: 5000	Kaardil 1 : 2000
Põllumajanduslik maa	1	2,5	10
Metsa -ja muu maa	0,5	1,25	5

Sügavkaevete kohta koostati kirjeldused, mille abil oli võimalik anda ülevaade maafondi looduslikest tingimustest (Piho *et al*, 1960; Kokk *et al*, 1968). „Maafondi mullastiku uurimise välistööde juhendis“ rõhutati, et kaevetest kirjeldatakse vaid neid, mis on tüüpilised uuritavale mullale (Piho *et al*, 1960). Juhendis jagati kirjeldused kaheks: põhikirjeldused, milles iseloomustati kontuuri kõlvikulist kasutust, reljeefi, taimkatet, kivisust, mättasust; ja lühikirjeldused, milles iseloomustati veerežiimi, kivisust ja taimkatet. Lisaks sellele ei pidanud põhikirjeldusi tegema alla

10 ha pindalaga kontuuride jaoks (Piho *et al*, 1960). Kui mitu väiksema ühesuguse mullastikuga väiksema kontuuri kohta oli tehtud kaeve, võis sellega iseloomustada ka teisi (Piho *et al*, 1960). „Mullastiku kaardistamise välitööde metoodika“ kohaselt oli kohustuslik miinimum teha üks kirjeldus 80-120 ha kohta, kusjuures väikeste pindaladega mullaliikide ja -erimite kohta ei pidanud kirjeldust tegema (Kokk *et al*, 1968).

Kaevete osas kirjutati „Riigi metsafondi maade mullastiku kaardistamise välitööde juhendis“ (EMLTUI ja RPI, 1977), et igal erineval takseereraldusel tuli teha sügavkaeve, hoolimata selle pindala suurusest, samas kui „Metsamajandite maade mullastiku kaardistamise juhendis“ leiti, et takseereraldustel pindalaga alla 1 ha pole tarvis kaevet teha (EMLTUI ja RPI, 1978/1983). Lisaks väideti kõikides juhendites, et selle kirjeldamiseks piisas ka välistest tunnustest, mille all oli mõeldud reljeefi ja taimkatet. (EMLTUI ja RPI, 1978/1983).

Kaardistamisel fikseeriti mitmed mulla morfoloogilised, mehaanilis-füüsikalised ning keemilised tunnused (Kokk *et al*, 1968). Kahe juhendi, „Mullastiku kaardistamise välitööde metoodika“ (1968) ning „Muldade väliuurimine“ (2013) mulla eelpooltoodud tunnuste võrdlus annab ülevaate metoodika muutumisest (tabel 2).

Tabel 2. Mulla morfoloogiliste, füüsikalise-mehaaniliste ning keemiliste tunnuste uurimise võrdlus. Käsitletud on vaid neid tunnuseid, mis esinevad mõlemal (Kokk *et al*, 1968; Astover *et al*, 2013).

Tunnus/juhend	Mullastiku kaardistamise välitööde metoodika (1968)	Muldade väliuurimine (2013)
Mullaprofiili ehitus, šifrid	Ao, T, At, A1, A2, B, C, D, G, g, (g).	O, T, A, AT, E, El, Ea, Elg, B, Bw, Bt, Baf, Bh, Bhs, Bs, C, R, G, g, (g)
Horisontide üleminek	Järsk, mõõdukas, aeglane, väga aeglane.	Sama.
Horisontide värvus	Aluseks Zahharovi kolmnurkne skeem.	<i>Munsell Color Chart</i>
Horisontide struktuursus	Üldhinnang (nõrk, keskmine, hea).	Struktuursust hinnatakse tekke iseloomu ja kuju, suuruse, vastupidavuse järgi.
Horisontide tihedused	Praktiline hinnang: väga tihe – ei saa labidaga kaevata, tihe – labidaga raske kaevata, kobe – kerge kaevata.	Hinnang erinevates niiskusoludes (niiskes, parasniiskes ja õhukuivas olekus).
Keemilised ja bioloogilised uutmoodustised	(Gleilaigud, roostetäpid, roostelaigud, ookrilaigud, nõrgkivitükid, ränistunud moodustised, huumuskäigud ja -laigud, CaCO ₃ konkretsioonid,	(Samad uutmoodustised), mõõdetakse küllust, värvust, mõõtmeid, kõvadust, vormi, päritolu.

	loomade käigud ja koprolliidid) mõõdetakse vaid küllust.	
Lõimise välimääramine (sõrmeproov)	Katšinski klassifikatsiooni alusel.	Katšinski ja FAO klassifikatsiooni alusel.
Lõimise üldistatud jaotus	Eraldi hinnatud peeneselist (liivad, saviliivad, liivsavid, savid) ja koreselist osa (kores).	Üldiselt sama, hinnatud koos (liivad, saviliivad, liivsavid, savid, kores).
pH (universaal- indikaator)	Määratakse vaid muldadel, mille kihisemine on kõrgemal kui 40 cm..	Määratakse iga mulla profiili korral.
Karbonaatide sisaldus (10% HCl tilgutamine profiiliseinale)	Nõrk, kuid märgatav (karbonaatide sisaldus u 1-5%), selge, kuid kiirestikaduv (5-10%), tugev ja kestev (üle 10%), lokaalne (kihisevad ainult üksikud osakesed, sisaldus alla 1%).	Kuuldav, kuid mitte nähtav kihisemine (karbonaatide sisaldus u 1-2%), nähtav kihisemine (2-10%), tugev nähtav kihisemine (10-25%), väga tugev reaktsioon (üle 25%).
Rähasuse astmed	r1 (mahuprotsent 2-10), r2 (8-20%), r3 (15-30%), r4 (25-50%), r (40% ja rohkem)	r1 (mahuprotsent 2-10), r2 (10-20%), r3 (20-30%), r4 (30-50%), r5 (50- 70%), r (70% ja rohkem)

Looduslikel maadel eraldatakse koreserikka rähkmullana mullad, mille a) koresevaba huumushorison on õhem kui 15 cm ja sellele järgnevas kihis on koresesisaldus üle 20% või b) koresevaba huumushorison on 15-20 cm ja sellele järgnevas kihis on koresesisaldus üle 30% (Maaamet, 2001). Kui A-horisondis on korest 10% või enam, on samuti tegu koreserikka mullaga (Kõlli, 2009).

Huumushorisoni puhul uuriti selle tusedust ja huumusesisaldust. Selle määramiseks oli olemas värviskaala, kuid enamasti tehakse seda laboratoorselt. Metsamuldade uurimisel oli tähtis osa kōdu uurimisel, mis moodustus sõltuvalt taimkatte arengule kuni kolmekihilise horisoni (lisa 2). (EMLTUI ja RPI, 1978/1983)

Tähtsa osa mullastiku kirjeldamisest moodustas veerežiimi uurimine. Sellest kõige olulisem oli põuakartlike ja liigniiskete muldade väljaselgitamine. Põuakartlikeks muldadeks loeti teiste seas ka paepealset mulda (Kh) ning rähkmuldi (K', K'', K'''). Liigniisketel muldadel kannatab enamik kultuurtaimi kas ajutiselt või alaliselt liigniiskuse all. Seda on võimalik määrata ka kaudselt (tabel 2), samuti aitavad mitmed liigniiskust tähistavad indikaatortaimed. Metsamullastiku uurimisel pole alati võimalik vahet teha põuakartlikel ja parasniisketel muldadel, kuna puudel on juurestiku ulatuse tõttu suhe mulla veerežiimi teistsugune. Uuemas metoodikas vaadeldi veerežiimi eelkõige selle loodusliku dreemituse järgi, mida määrati reljeefi, mulla omadusi ning põhjavee taset arvestades (lisa 3). (Kokk *et al*, 1968; EMLTUI ja RPI, 1978/1983; Astover *et al*, 2013)

Lisaks veerežiimile hinnati taimkatet ja reljeefi. Kõikides sügavkaevete kirjeldustes määrati kaeve asukoht reljeefielementidel, pinnavormide kuju ja suurus (lisa 4). Võimalusel kasutati kõrgusandmete uurimiseks LiDARit (Astover *et al* 2013 Eraldi tuli uurida puurinnet, alusmetsa, puhmarinnet, rohurinnet ja samblarinnet (Astover *et al*, 2013).

Lähtekivimi kirjeldamine toimus varem vähemalt alltüübi täpsusega, kusjuures pinnakattelistel lähtekivimitel hinnati karbonaatsust. Välikaartidel keskmistati suuremates mullakontuurides valdav lähtekivim. „Muldade väliuurimise“ (Astover *et al*, 2013) järgi määrati lähtekivimit vastava lademe nimetuse ja sügavusega, mille kohta on võimalik saada infot Maa-ameti geoloogiarakendusest või vastavast kirjandusest, nt A. Raukase „Eesti Loodus“ ning I. Aroldi „Eesti maastikud“. (Kokk *et al*, 1968; Astover *et al*, 2013)

Tehtud sügav- ja poolkaevete, puuraukude ning kirjelduste põhjal, põhiliselt mullaliikide ja mullaerimite järgi kanti kaardile pideva joonega kontuurid. Üksikute muldade omaduste (nt boniteet, veerežiim) poolst erinevad alad kanti kaardile eraldi kontuuridena, teised omadused (nt kivisus, reljeef) kaardistati eraldi. Kõiki muldade piirid ei olnud võimalik fikseerida ainult kaevete, vaid seda tuli teha ka kaudsete tunnuste (reljeef, taimkate) põhjal. Eriti oluliseks muutub see metsamullastiku korral, kuna erinevalt põllumaadest, kus muldade piir võib pärast kündi olla silmaga hinnatav, ei ole metsas üleminekud üldjuhul nähtavad. (Kokk, *et al*, 1968; EMLTUI ja RPI, 1978/1983)

Kaudsete tunnuste hindamiseks tuli teha selgeks muldade seos erinevatel reljeefielementidel ning metsakasvukohatüüpidega. Kui reljeef ja taimkate ei aidanud piiride väljaselgitamisel, kasutati kaeveandmete interpoleerimist. Kontuuride minimaalsuurus kaardil oleneb mõõtkavast, muldade pindalade arvestamise täpsusest ja muldade kontrastsusest (tabel 3). (Kokk, *et al*, 1968; EMLTUI ja RPI, 1978/1983)

Tabel 3. Mullakontuuride minimaalsuurus ja lubatav viga kontuuride kaardile kandmisel 1: 10 000 kaardil (Kokk *et al*, 1968).

Muldade kontrastsuse aste	Kontuuride minimaalsuurus mm ² kaardil/ha looduses	Lubatav viga kontuuride kaardile kandmisel mm kaardil/ m looduses
Tugev	20/0,2	±2/20
Keskmine	50/0,5	±4/40
Nõrk	100-500/1-5	±10/100

3. Materjal ja metoodika

3.1. Uurimisala iseloomustus

Välitööde ala paikneb Lääne-Virumaal Väike-Maarja vallas Ärina küla piirides (joonis 2). Ala asub Pandivere maastikurajoonil (Arold, 2005). Koht valiti ekspertvalmiga, lisapõhjuseks oli see, et töö autori maakodu asus lähedal, mis pikemaajaliste välitööde puhul on oluline põhjus. Maa-ameti ajaloolistelt kaartidelt võib näha, et kõnealune ala on olnud pidevalt metsa all. See võib näidata, et see piirkond pole olnud põllumajanduslikult kuigi tulus, kuna üldiselt on Pandivere hästi põllustatud. Uurimisala koosneb kahest mullakontuurist: 0,36 ha suurusest koreserikkast rähkmulla polügonist (šifriga Kr) koordinaatidel X: 6559776 Y: 626751 ning 0,87 ha suurusest rähkmulla (šifriga K) polügonist koordinaatidel X: 6559776 Y: 626751 (joonis 3).

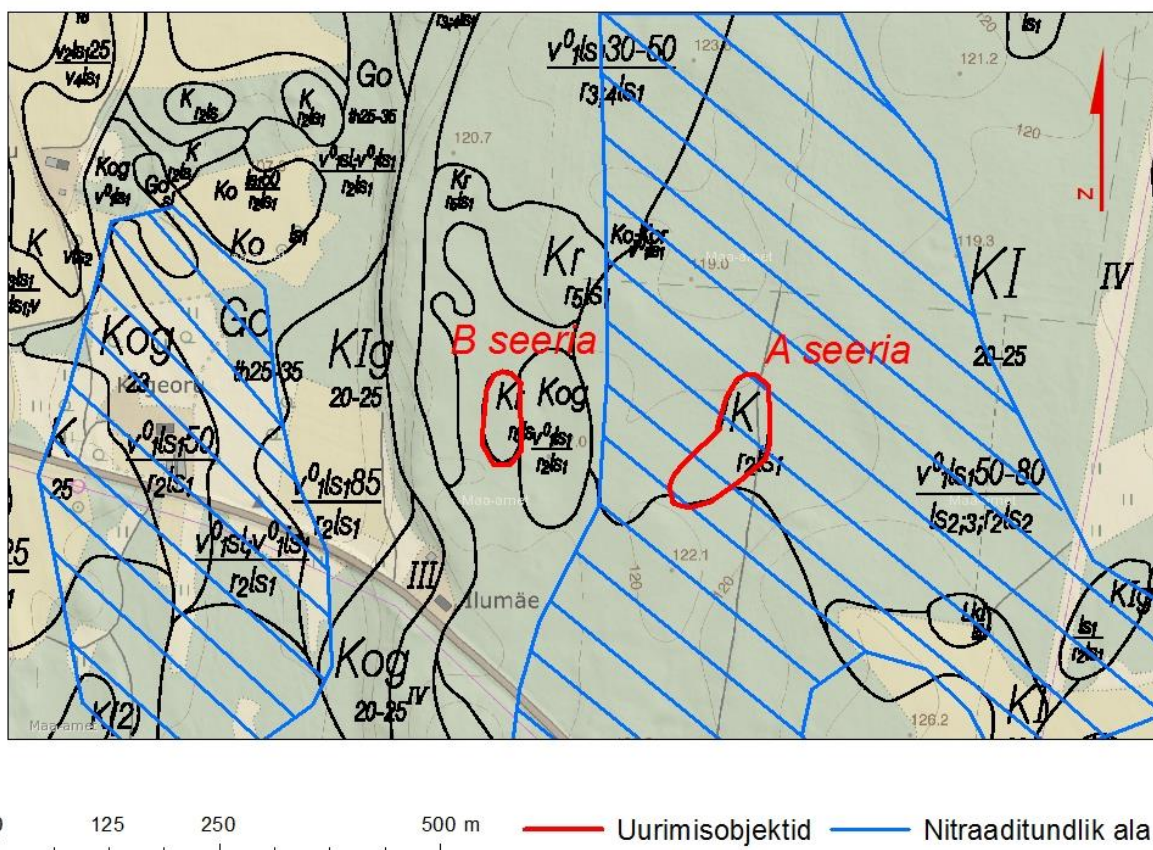
Metsakõlviku põhjapoolses osas tehti 2012. aasta sügisel raiet, samuti on osa metsast nähtavasti istutatud. Raiesmiku ja istutatud metsa vahel paikneb kiviaed, mis on arvatavasti olnud ajalooliselt lähedal paikneva Ilumäe talu osa. Lisaks Ilumäe talule asub lähiümbruses Kivimäe ja Kosemäe talud. Veerežiimi poolest on mullad kas veidi liigselt dreenitud või hästi ja tasakaalustatult dreenitud, millele viitab koreserikkus ning kerge lõimis kaardil (veerežiimi jaotust võib vaadata lisa 3 alt).



Joonis 2. Uurimisala asukoht (on tähistatud punase punktiga, aluseks Maa-ameti kaart).

Pinnavormi puhul on tegemist moreentasandikuga, mille lähtekivimiks on õhuke kollakashall moreen, mis on Pandivere kõrgustikule iseloomulik (Arold, 2005). Aluspõhjaliselt on tegu Siluri ja Ordoviitsiumi ladestute avamuste üleminekuvööndiga, vastavalt Juuru ja Porkuni lade (Arold, 2005: tahvel 1). Uurimisala asub osaliselt nitraaditundlikul alal (joonis 3). Siinseid muldi iseloomustab suur rähasus, mida oli näha raiesmikul üleskistud juurestikuga puude poolt tekitatud aukudes, samuti oli märgata pinnakivisust metsas ja põldudel liikudes.

Taimestikust kasvab uurimisalal puudest harilik kuusk, harilik pihlakas, hall lepp, arukask, harilik mänd; põõsarindest harilik sarapuu, metsvaarikas, magesõstar; puhma-rohurindest ahtalehine põdrakanep, harilik sinilill, metsmaasikas, harilik naat, mets-kurereha, harilik ussilakk, roosa ristik, tuliohakas, lillakas, harilik jänesekapsas; samblarindest kähhar salusammal. Metsakasvukohatüübiks on sinilillekuusik, millele Lõhmuse ordineeritud metsakasvukohamaatriksi järgi vastavad rähk-, leostunud- ja leetjad mullad. Suurematest fauna esindajatest võib alal tegutseda metsnugis, põder, metssiga, metskits, rebane, halljänes, tuhur jt.



Joonis 3. Uurimisala paiknemise skeem. Uurimisobjektid on tähistatud punaste kontuuridega: A – rähkmullakontuur; B – koreserikka rähkmullakontuur. Sinise viirutusega on tähistatud nitraaditundlik ala (aluseks Maa-ameti põhikaart ja mullakaart).

3.2. Välitööd

3.2.1. Mullakaevet ja puuraugud

Uurimisalal valiti välja kaks mullakontuuri – parasniiske rähkmuld (edaspidi mullakontuur A) ning koresrikas rähkmuld (edaspidi kontuur B), mille piire asuti välja selgitama. Selleks valmistati koostöös juhendajaga ette eesmärgile vastav kaevemetoodika. 1: 10 000 mullakaardi skeemil planeeriti kontuuride piiridesse sügavkaevete transektid, milles kaevete vaheline kaugus oli 30-40 meetrit. Piiride väljaselgitamiseks planeeriti täiendavad puurkaevete asukohad, mille kaugus lähimast sügavkaevest/puuraugust oli maksimaalselt 40 meetrit.

Sügavkaevetega alustati 14. augustil ning jätkati vahemikus 19.-22. augustini 2012. aastal. Kaevete täpsed asukohad määrati käsi-GPS-iga. Sellega oli määramise lubatav viga metsase ala tõttu kuni 6 meetrit, mida peeti aktsepteeritavaks. Vajadusel mõõdeti kaevete asukohad sammupaaridega üle.

Sügavkaevete kohta koostati välipäevikusse kirjeldused, kuhu kanti muldade profiil, kaeve sügavus, kihisemise kõrgus, horisontide tüsedus ja üleminek, lõimis, happesus ja värvus. Profiilidest tehti fotod. Lisaks kaevetele kirjeldati ilma, taimestikku, reljeefi, niiskusolusid ja silmamõõdu järgi ka rahasust. Kogu eelpoolkirjeldatud andmestik kanti üle *MS Access* andmebaasi

Kaeve üldsügavus sõltus lähtekivimi sügavusest, kusjuures loobuti ressursi- ja aja kokkuhoiu mõttes kaevamast 25 cm sügavusele koreserikka horisondi sisse. Selle asemel kaevati seni, kuni kaevamine muutus niivõrd raskeks, et labidaga tuli juba raiuda, mis üldjuhul tähendas lähtekivimit.

Kihisemise kõrgus määrati 10% soolhappelahuse abil, kuid tugeva tuule ja puude mühina tõttu ei olnud võimalik selle tavapärase kasutus profiiliseinale valamise abil (Astover *et al.* 2013). Selle asemel valati lahus pudelikorki, puistati sinna tükk mulda profiilist ja pandi kõrva äärde, et kihisemine oleks kuuldav. Juhul, kui kihisemine oli kuuldav, aga mitte nähtav, oli tegemist juba nõrgalt karbonaatse mullaga (Astover *et al.* 2013), mis loeti piisavaks tulemuseks. Praktelistel kaalutlustel võeti kihisemise profiiliseinast proove iga 5 cm kaupa. Pärast tulemuse kirjapanekut uhuti kork veega puhtaks.

Lõimis määrati sõrmeproovi abil, happesus mulda valges portselantassis universaalindikaatoriga raputades ning muldade värvus Munselli värviraamatut kasutades. Sõltuvalt valgustingimustest võisid uurimistulemused isegi sama mullaerimi ja -liigi piires olla erinevad, seetõttu peab neisse suhtuma kriitiliselt.

Puuraukude tegemine algas 2. detsembril 2012. aastal, mil maa polnud veel erakordselt sooja sügise järel jõudnud ära külmuda (EMHI, 2012) ning jätkus 27. aprillil. Vahenditest kasutati ülesande täitmiseks mullapuuri ja 10% soolhappelahust, samuti käsi-GPS-i ning välipäevikut. Kuna rähkmuldade puhul algab kihisemine kõrgemalt kui 30 cm (Astover *et al.*, 2013), oli puurimiste ainus eesmärk selgitada, kas tegu on rähkmullaga või mitte. Puurimistega saadud info põhjal on mittesoovitav või isegi keelatud kirjeldada horisonte (EMLTUI ja RPI, 1978/1983), seepärast sellega ka üldjuhul ei tegeletud. Puurimisel üritati jõuda sügavamale kui 35 cm, et fikseerida kihisemise kõrgus. Juhul, kui 35 cm puuraugu korral selgus, et kihisemist ei ole, tehti uus, sügavam auk, kus oli võimalik fikseerida kihisemise piir. Ka puursüdamikest tehti fotosid, kuid lõimist, happesust ja värvust ei määratud. Puuraukude tegemise vahe teineteisest ja sügavkaevetest oli maastikul maksimaalselt 40 m, kuid kahtluse korral vähendati vahemaad 20 meetrini.

Välitööde käigus tehti kokku 31 sügavkaevet ning 38 puurkaevet. Selle asemel oleks võinud teha mõlemasse kontuuri 2-3 sügavkaevet ja piiride selgitamiseks, mis oli ka eesmärk, teha puurimistöid.

3.2.2. Kõrgusandmed

Uurimisala valdavaks pinnamoeks on lainjas (moreen)tasandik. Kuigi visuaalselt ei tundunud maastikul liikudes madalamate ning kõrgemate kohtade vahel olevat kuigi suur vahe, võib see siiski eksisteerida. Et teha kindlaks, kui suur see vahe on ja milline on reljeefi roll tehtud kaardistamisel ning mullatekkeprotsessides, on vaja vastavaid kõrgusandmeid. LIDARi (*Light Detection and Ranging*) andmete kasutamisel tuleb arvestada taimkattega, eriti tiheda alustaimestikuga metsaga (Maa-amet, 2008). Uurimisalal esines nii lagedamaid noorendikke kui ka raskesti läbitavat võsa, mistõttu viimase üsna suure osakaalu tõttu otsustati LIDARi andmeid mitte kasutada. Selle asemel võeti aluseks Eesti põhikaardi reljeef. Uurimisala on kaardistanud 2001. aastal EOMap Lõuna riigihanke vormis (Maa-amet, põhikaardistuse ajalugu). Kaardil on löikevahe suuruseks 2,5 m.

Põhikaart hangiti Maa-ameti koduleheküljelt avaliku WMS teenusena, mis laaditi *ArcGIS* tarkvarasse kaardikihtidena. Lisaks põhikaardile saadi sel teel ka mullakaart, mis viidi omavahel kokku.

3.2.3. Kaartide analüüs

Et mõista, miks kontuurid on parasjagu niimoodi kaardile kantud, nagu nad on, on vaja leida a) mullastiku välikaardid, et selgitada, kuhu tehti kaevet, kuidas märgiti peale jne; ning b) hankida tollaegsed võimalikud aluskaardid, mis täpsustaksid kaudseid tunnuseid, mida väiksemate kontuuride pealekandmiseks kasutati. Sisuliselt piisab ka välikaardist, kuna see on tehtud tavaliselt majandi maakasutusplaani koopiale (Piho *et al*, 1960; Kokk *et al*, 1968; EMLTUI ja RPI, 1977), seega on võimalik ühelt kaardilt lugeda infot mõlema ülesande täitmiseks.

Esimese eesmärgi täitmiseks külastas autor kahel korral Maa-ameti arhiivi. Tulemusena leiti üks välikaart (lisa 5), millest tehtud koopia skaneeriti arvutisse.

3.3. Andmetöötlus

Välitööde andmetest määrati karbonaatsus kui kaardistamise ühe põhitunnuse jaotus maastikul, mis koondati tabelitesse. Järgmisena märgiti välikirjelduste baasil iga kaeve A-horisondi ja sellest

järgneva horisondi rāhasus, et eristada rāhkmullad ja koreserikkad rāhkmullad, samuti leostunud ja koreserikkad leostunud mullad, juhul kui need olid esindatud. Kolmanda nāitajana saab mullakirjeldustest tuua vālja gleistumistunnuste ilminguid. Kōik need tunnused kantakse tabelisse, mille jārgi saab māārata jārgnevad mullaliigid (tabel 4).

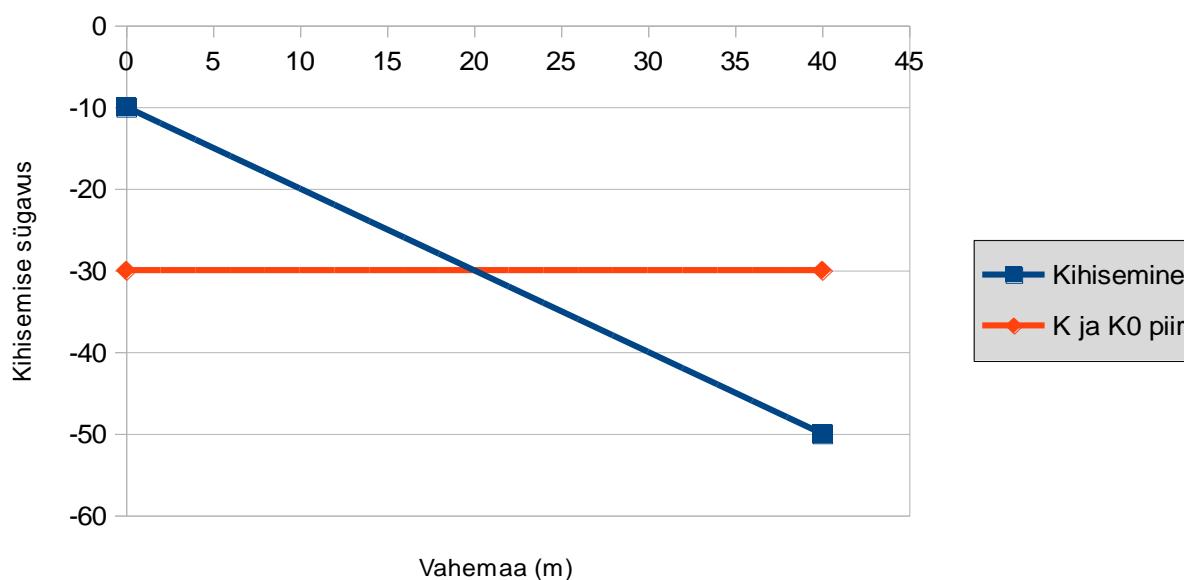
Tabel 4. Karbonaatsete muldade jagunemine karbonaatsuse, koreselisuse ja gleistumise jārgi. Tabelist on vālja jāetud paepealsed mullad.

„Kihisemise“ sūgavus, cm	Koreselisus horisondis, % koreselisus jārgnevas horisondis	A / sed („roostetāpid“, „-laigud“)	Gleistumistunnu sed	Mullaliik	Šiffer
0-30	0-10 vōi enam/20 (30)		puudub	Koreserikas rāhkmuld	Kr
0-30	0-10 vōi enam/20 (30)		olemas	Koreserikas gleistunud rāhkmuld	Krg
0-30	0-10		puudub	Rāhkmuld	K
30-60	0-10		olemas	Gleistunud rāhkmuld	Kg
30-60	0-10		puudub	Leostunud muld	K0
30-60	0-10		olemas	Gleistunud leostunud muld	K0g
30-60	0-10 vōi enam/20 (30)		puudub	Koreserikas leostunud muld	K0r
30-60	0-10 vōi enam/20 (30)		olemas	Koreserikas gleistunud leostunud muld	K0rg
60-100	0-10		puudub	Leetjas muld	KI
60-100	0-10		olemas	Gleistunud leetjas muld	KIg

Antud tabelite pōhjal oli vōimalik luua tarkvara *ArcGIS* kasutades uus, esialgne kaart, milles pole arvestatud kaudseid mōjusid nagu reljeefi ja taimkatet, samuti ei tehtud veel suuremaid ũldistusi. Muldade koreselisust arvestati FAO (ŪRO Toidu-ja Pōllumajandusorganisatsioon) koreselisuse uurimise joonise jārgi (lisa 6).

Pārast esialgseid tulemusi saab seoti mullastikukaart pōhikaardiga, et leida maapinnakōrgusest tulenevad seaduspārasused. Selleks viidi kokku tarkvaras *ArcGIS* mōlema kaardi andmekihid. Enne lōpliku mullakaardi koostamist on vajalik kaevete kaudu saadud infot ũldistada, sest muidu muutuks kaardilt saadav info liialt koormavaks. Selle saavutamiseks tehti kolme kōige iseloomulikuma sūgavkaeve pōhjal tāielik kirjeldus, milleks olid mōlema kontuuri keskel olevad rāhkmullad ning leostunud muld. Nendest erinevad tulemused ũldistati.

Metoodika näeb ette kõikide mõõtmispunktide vahelist interpolatsiooni, mille aluseks on karbonaatsuse graafikud transektide kohta. Piir tõmmati käsitsi, arvestades kahe punkti vahelist kaugust ning karbonaatsuse graafikul „khiisemise“ sügavust. Kui uuritava transektil on kõrvuti rähkmuld ja leostunud muld, siis otsiti graafikult selline koht, kus karbonaatsus on 30 cm sügavusel, mis on kahe mulla vahelise karbonaatsuse kokkuleppeline piir (joonis 5, tabel 4). Juhul, kui kõrvuti oli kaks keskmise kontrastsusega mulda, nt rähkmuld ja leetjas muld, siis oli nendevaheliseks kokkuleppeliseks piiriks 45 cm sügavune karbonaatsus. Lähtuti sellest, et Eesti karbonaatse lähtekivimi muldade arengueas asub leostunud muld nende kahe mullaliigi vahepeal ja rähkmullad peavad kihisema kõrgemalt kui 30 cm. Tuleb siiski mainida, et sellise sünteesitud eralduspiiri rakendamine on omaalgatuslik lähenemisviis ja Eesti geneetilise mullamääramise jaoks mittekehtiv määratlus.



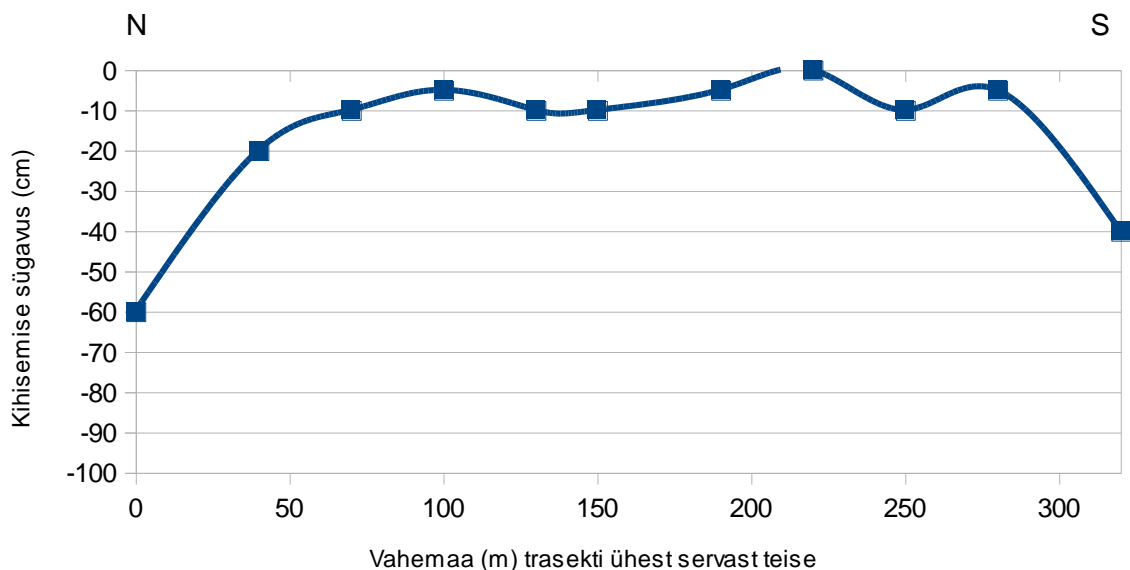
Joonis 5. Näide karbonaatsuse alusel mullapiiride leidmisest. Ühe punkti kihisemine oli 10 cm sügavusel (rähkmuld), teisel 50 cm sügavusel. Kuna piir on 30 cm juures, jookseb lõikepiir lineaarseose alusel umbes 20 m kaugusel esimesest punktist.

Kaardi koostamisel arvestati lisaks üldvalimist eristuvate kaevete üldistamisnõuetele, s.t. mõõtkavast dikteeritud asjaolusid. Lõpptulemuseks oli vaja koostatud kaart üldistada mõõtkavva 1:10 000, et seda oleks võimalik objektiivselt võrrelda originaalmullakaardi tulemusega.

4. Tulemused ja arutelu

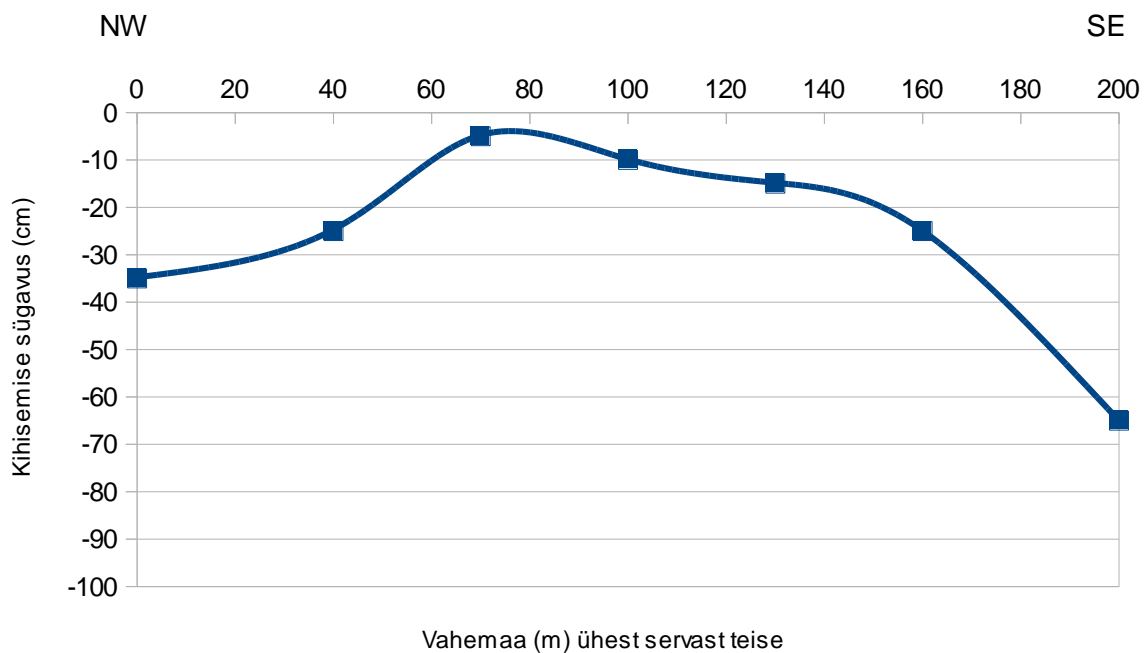
4.1. Välitööde tulemused

Karbonaatsuse leidmiseks koostati kokku viis transekti, kolm A-seerial ning kaks B-seerial. Kaevete ja transektide paiknemist kaardil on võimalik vaadata lisast 7. Kaevetest ja puuraukudest määrati mulla karbonaatsus, mille alusel valmistati joonised mullakontuuride eristamiseks.

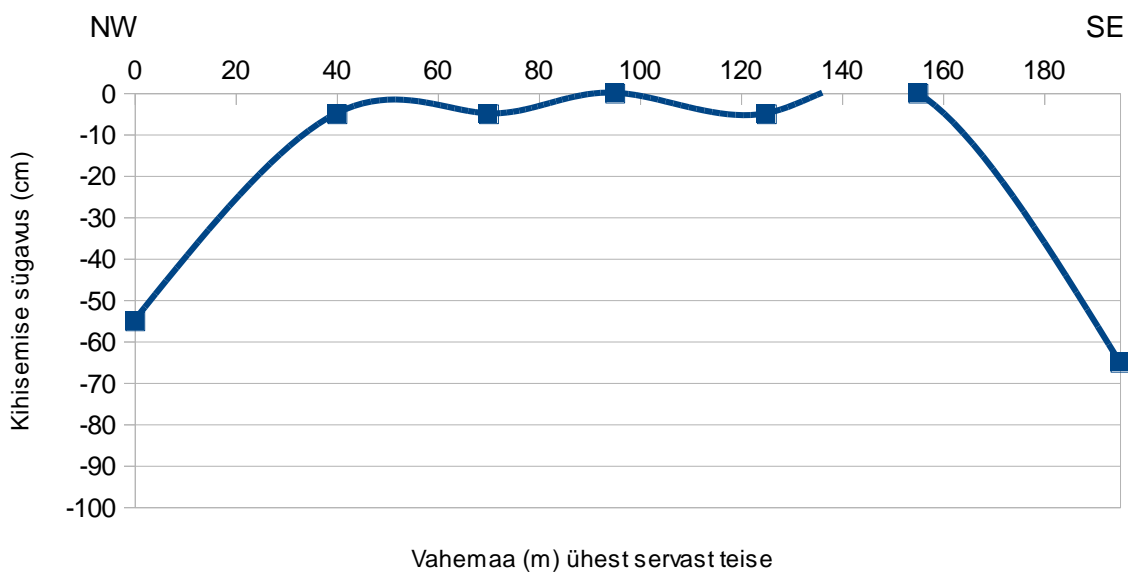


Joonis 6. A-seeria N-S suunalise transekti mullastiku karbonaatsuse sisaldus. Punktidega on märgitud kaevete ligikaudne asukoht üksteisest.

A-seeria N-S suunalise transekti karbonaatsuse sisaldus äärmistes punktides muutus võrdlemisi järsult (joonis 6). Kui muldade karbonaatsus muutus 40 m kohta 40 cm, on tegu keskmise kontrastsusega, sest muld kasutatud meetodi alusel võib muutuda rähkmullast leetjaks mullaks. Kuna rähkmulla- ja leetja mullakaevete vahele kaevet ei tehtud, jääb selgusetuks, kas nende vahel oli leostunud mulla riba või mitte. Arvestades, et looduses on üleminekud üldiselt sujuvad, oli leostunud muld kahe uurimispunkti vahel olemas, ent liialt tühise vahemaa tõttu üldistati see kas ühe või teise mulla hulka.



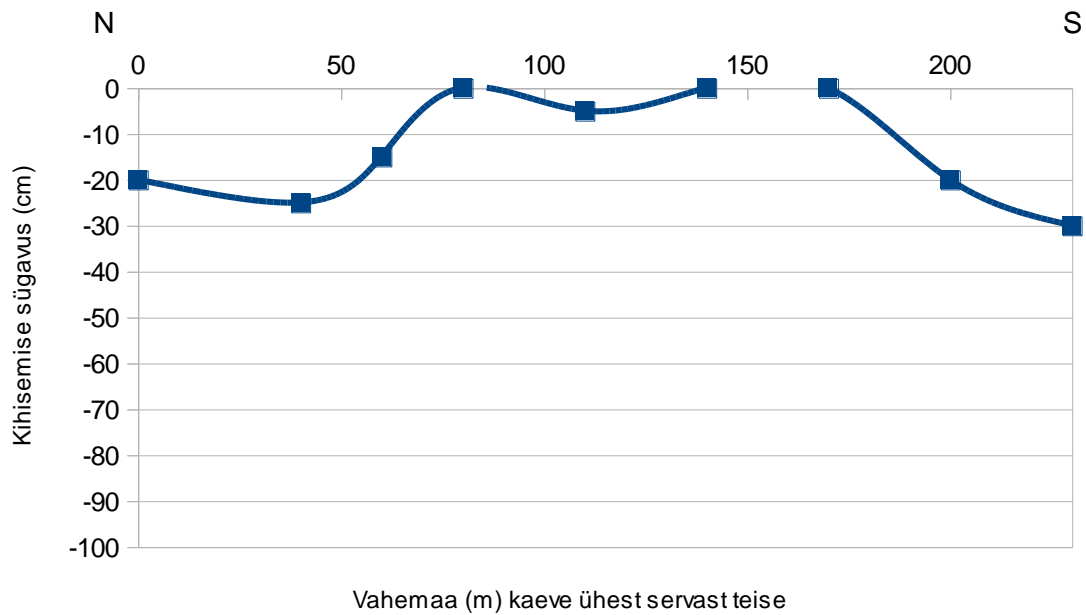
Joonis 7. A-seeria NW-SE (põhjapoolse) suunalise transekti mullastiku karbonaatsuse sisaldus. Punktidega on märgitud kaevete ligikaudne asukoht üksteisest.



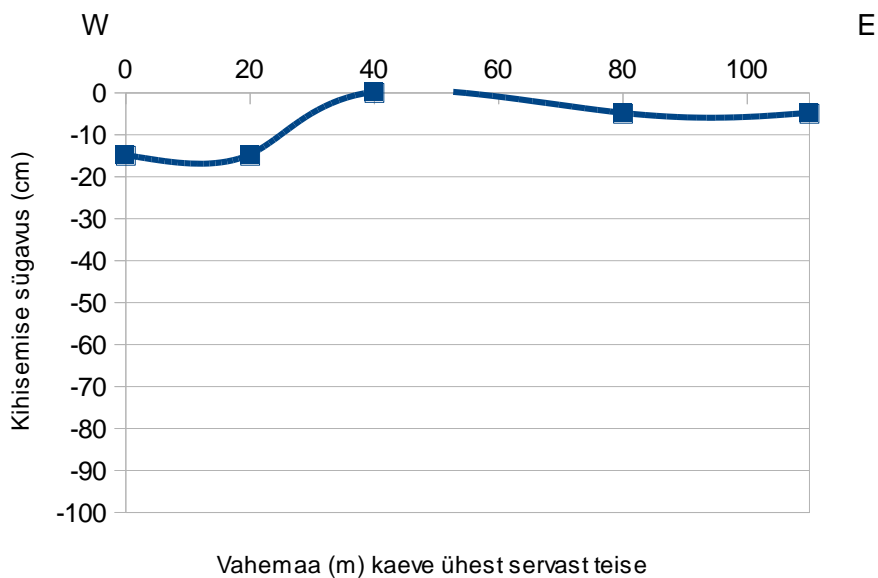
Joonis 8. A-seeria NW-SE (lõunapoolse) suunalise transekti mullastiku karbonaatsuse sisaldus. Punktidega on märgitud kaevete ligikaudne asukoht üksteisest.

A-seeria transektide servaaladel olid üleminekud üsna järsud, mis eriti mõjusalt avaldus lõunapoolse NW-SE suunalisel transektil (joonis 7, 8). 40-45 m kohta muutus karbonaatsus vahemikus 45-65 cm, mis näitab mullaliikide vahelist keskmise kontrastsusega üleminekut. Ka siin

toimus üleminek rähkmullast leetjaks mullaks, välja arvatud joonise 7 puhul loodepoolne serv, kus rähkmuld vaheldus leostunud mullaga.



Joonis 9. B-seeria N-S suunalise transekti mullastiku karbonaatsuse sisaldus. Punktidega on märgitud kaevete ligikaudne asukoht üksteisest.



Joonis 10. B-seeria W-E suunalise transekti mullastiku karbonaatsuse sisaldus. Punktidega on märgitud kaevete ligikaudne asukoht üksteisest.

B-seeriat läbivad transekdid ei näidanud üleminekuid mitme mullaliigi vahel (joonis 9 ja 10), välja

arvatud N-S suunalisel transektil lõunapoolne osa, kus toimub üleminek rähkmullalt leostunud muldadele. Mõlemal joonisel on märgata mõningaid karbonaatsuse muutusi servaaladel, kuid need pole piisavalt kontrastsed, et määrata erinevaks mullaliigiks. Karbonaatsusele lisaks määrati sügavkaevete välikirjeldustest rähasus ja gleistumistunnused (tabel 5).

Tabel 5. Muldade määramine karbonaatsuse, koreselisuse ja niiskustunnuste alusel.

Kaeve	Karbonaatsus, cm	Koreselisus horisondis (%)	A Gleistumistunnused	Mullaliik	Šiffer
A01	20	1		rähkmuld	K
A02	10	3		rähkmuld	K
A03	5	1		rähkmuld	K
A04	10	1	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg
A05	10	5		rähkmuld	K
A06	5	15		koreserikas rähkmuld	Kr
A07	0	5		rähkmuld	K
A08	10	1		rähkmuld	K
A09	5	1		rähkmuld	K
A10	5	5	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg
A11	5	3		rähkmuld	K
A12	5	1		rähkmuld	K
A13	0	3	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg
A14	5	1		rähkmuld	K
A15	25	1		rähkmuld	K
A16	15	1	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg
A17	25	1		rähkmuld	K
A18	5	3	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg
A19	0	1		rähkmuld	K
A20	10	1		rähkmuld	K
A21	50	1		leostunud muld	K0
B01	30	1		leostunud muld	K0
B02	20	3		rähkmuld	K
B03	0	5		rähkmuld	K
B04	0	5		rähkmuld	K
B05	5	10		koreserikas rähkmuld	Kr
B06	0	10		koreserikas rähkmuld	Kr
B07	0	3		rähkmuld	K
B08	15	1		rähkmuld	K

B09	5	3		rähkmuld	K
B10	5	1	roostelaigud	gleistunud rähkmuld	Kg

Kontuuride keskmes oli valdavalt tegemist rähkmuldadega, vähem oli gleistunud rähkmuldadega kaeveid. Veelgi vähem oli koreserikast rähkmulda (A06, B05, B06), mis on mõnevõrra üllatav, sest mullakaardil on märgitud B-kontuuri valitsevaks mullaliigiks koreserikas rähkmuld. Ilmselt on kaardistaja nähtava suurema kivisusega ala põhjal üritanud teha üldistusi, nagu põllumuldade puhul. Metsas on kivisuse piirid palju halvemini tajutavad ja seetõttu ei saa kasutada põllumuldade kaardistamise metoodikat metsamuldadele. Osa kontuuride servades olevad punktid (A21, B01) on juba selgelt leostunud mullad. Saadud tulemused sai kanda juba esmasele kaardile (lisa 8).

Puuraukude korral arvestati mullaliigi määramisel ainult karbonaatide sisaldust mullas. Koreselisust ja gleistumist pole nende kaevete puhul võimalik adekvaatselt hinnata, välja arvatud punktis A71, kus oli puuri mullasambas selgelt näha „roostetäpid“.

4.2. Sidumine kõrgusandmetega

Reljeefi lisamine mullakaardile peaks andma ülevaate alas valitsevatest niiskusoludest ning aitama selgeks teha üldiseid seaduspärasusi.

Reljeefi ja mullastiku vahelised seosed ei tule uurimisel oluliselt esile (lisa 9). Põhjus võib olla selles, et tegemist on tasandikulise alaga (lainjas moreentasandik) ning künkatippude ja nõopõhjade erinevused ei ole nii mastaapsed. Ainsalt hästi avalduv seaduspärasus on see, et gleistunud rähkmullad asuvad pinnavormide negatiivsematel osadel. Samas puudub sellel väitel kindlam toetus, kuna enamik sügavkaeveid asus samuti põhikaardi järgi reljeefi madalamatel osadel.

4.3. Kaardianalüüsi tulemused

Maa-ameti arhiivist leiti uurimisala kohta mullastiku välikaart, millest tehti koopia (lisa 5). Kaardi number on S-445/1, 5108. Mullakaardi tööd on tehtud Rakvere rajoonis kolhoosis „Uus Elu“. Välitööd on teinud juunis-juulis 1962. aastal insener S. Veinla ning täiendanud 1971. aasta suvel vaneminsener H. Kokk. Aluskaardiks on maakasutusplaani koopia, millele on tehtud välikaart ning hilisemad täiendused.



Joonis 11. Välikaardi fragment uurimisala kohta aastast 1962. Kontuur A on kujutatud heleoranžiga, kontuur B on kujutatud halliga fragmendi keskel. Punane ring numbriga 4 tähendab ilmselt sügavkaeve asukohta.

Uuritavad kontuurid on kaardil kujutatud pisut nurgelisemalt kui digitaliseeritud kaardil. Välikaartidest kujundatud puhtandkaardid siluti ära – paberkaardid hiljem digitaliseeriti. Uurimisalad asuvad kas raiesmikul või lagedal alal, mis võib selgitada, mispärast just need kontuurid on kaardile kantud, sest metsasemal alal on mullakontuure oluliselt vähem. Kaarti hoolikalt uurides paistavad silma punased ringid, mille sees on number. Arvatavasti on tegu sügavkaevete asukohtadega, kuna digitaliseeritud kaardil need puuduvad. Kaardil on neid võimalik tuvastada neli, millest kolm on põllu- ning üks metsamuldadel. Kaeved asuvad leostunud, leetjas ja leostunud gleimulla areaalides, kuid mitte rähkmullal. Põhjuseid võib olla mitmeid: üks võimalus on, et muldade levik määrati kaudsete tunnuste põhjal, näiteks raiesmikul puude ümberkukkumisest tekkinud juurte kangutusaukude abil.

Teine põhjendus võib olla see, et kaardistaja oli teinud mõnel naabertöölehel kaeve sarnasesse mulda ning kandis seal määratud omadused üle toodud kaardile. Täiendavat infot pakuks puuraukude andmestik, kuid selle olemasolu jääb töökaardil selgusetuks. Põllumaadel uurimisel on

kantud kaardile küll väiksed punktid, millel on juures number või mõningal juhul mullaliik, kuid on raske öelda, millega on täpsemalt tegu. On võimalus, et iga lõimisevalem tähistab ühtlasi ka uurimispunkti asukohta. See on üsna tõenäoline ning niimoodi on enamikel kontuuridel nõutud 0,5 kaevet 1 ha kohta metsasel alal ja üks kaeve 1 ha kohta põllumaadel täidetud (tabel 1). Paraku ei selgu, kas lõimisevalemiga on tähistatud puuraugud või poolkaeved.

Omaette tähelepanu väärivad uuritavad kontuurid ning neile kantud info. Hoolikal vaatamisel õnnestus originaalkaardil identifitseerida mõlema kontuuride muldade liigid ja lõimisevalemid. A-seeria puhul on tegu K''' ehk keskmise sügavusega rähkmullaga ning lõimisevalemiks oli 20r-ls. Digitaalsel mullakaardil on märgitud vastavalt K ja r_2ls_1 . Digitaliseerimisel on märgitud vaid mullaliik ning väiksemaid jaotusi ei ole arvestatud. See võis olla tehniline probleem, kus ülakomad uutesse andmebaaside programmidesse üle kandes kadusid. Tähistus 20r-ls tähendab, et 20 cm sügavuses on peenese osaks liivsavi ning korest on mullas 70% või enam (Maa-amet, 2001). Siin ei ühti korese maht mullas, sest digitaalse mullakaardil olev r_2 koresemaht on ainult 8-20%. Välitööde tulemused ühtivad digitaalse kaardi tulemustega.

B-seeria puhul on välikaardil märgitud mullanimeks K'' ja lõimisevalemiks $15r_3ls$ (või $15r_2ls$, isegi originaalkaardilt on seda raske kindlaks teha), mis digitaliseeritud mullakaardil on vastavalt Kr ja r_5ls . On arusaadav, miks on märgitud K'' (õhuke rähkmuld) asemel Kr – sest lõimisevalem ütleb, et ülemises 15 cm on peeneseks liivsavi ja samas rähkuse aste on 3, mis tähendab, et rähkne osa moodustab sellest 15-30%. Kui huumushorisondis on üle 10% korest, on tegu koreserikka rähkmullaga. Teiselt poolt ei ühti jällegi koreselisuse astmed. Välikaardil on vastav mahuprotsent olenevalt rähkuseastmest (r_1, r_2) 8-30%, digitaliseeritud kaardil aga (r_5) 50-70%. Välitööde käigus ei ületanud huumushorisondis koreselisus enamasti 10% piiri, sügavamates horisontides oli see muidugi suurem.

4.4. Uue mullakaardi koostamine

Kolmeks väljavalitud mullakirjelduseks olid mõlemal seerial rähkmullad (joonis 12, joonis 13) ning lisaks üks leostunud muld (joonis 14), mis iseloomustab uurimisalale piirnevat mullaliiki. Rähkmullad olid võrdlemisi koreserikkad (huumushorisondis 3-5%) ning metsase ala tõttu tihedalt juurestatud. Muldade lõimised varieerusid saviliivast keskmise liivsavini, lähtekivimi peenese osa oli reeglina palju kergem (kerge liivsavi, liiv). Rähkmuldadel oli lähtekivimiks üldiselt kollakasvalge sorteerimata moreen, seevastu leostunud mulla lähtekivim oli valkjashall moreen. Kirjeldatud muldade huumushorisonptides oli pH 6,0-6,4 ning see muutus lähtekivimis vahemikus

6,4-6,8.

Nendele nõ „tüüpmuldadele“ tuginedes likvideeriti kaardilt gleistunud ja koreserikaste rähkmuldade mõju, mis arvestati rähkmulla alla.



O₁ – 0-2/2, halvasti lagunatud ja palju orgaanilist ainet, mustjashall, huumushorisonidiga sarnast värvi, 10YR3/2, segunenud O₂ horisonidiga, tugev juurestus, kihisemine kuni maapinnani välja.

O₂ – 7-9/5, keskmiselt lagunatud; mustjashall; vähem orgaanilist ainet; huumushorisonidiga sama värvi: 10YR3/2; segunenud O₁ horisonidiga; tugev juurestus; üleminek huumushorisoni arusaadav ainult juurestatuse järgi.

A – 9-17(24)/ 8 (15), selgelt välja kujunenud; mustjashall, 10YR3/2; juurestus võrdlemisi tugev; pH 6.4; rähasus 5%, kerge liivsavi, üleminek aeglane ja sopiline.

B_m – 17(24)-40(44)/16 (27), selgelt välja kujunenud; pruunikas, 10YR4/4; juurestus mõõdukas; pH 6.4; rähasus 10%; keskmine liivsavi; üleminek mõõdukas ja lainjas.

C – 40(44)-72/28 (32), selgelt välja kujunenud; kollakasvalge, 2,5YR6/2; mõned juured; pH 6.8, karbonaatne

sorteerimata moreen, põhimassiks liiv; rähasus 30-40%, alates 70. cm-st 50%.

Kood: K" **Nimetus:** õhuke rähkmuld

Keemine: alates maapinnast

Lõimisevalem:

Kõlvik: mets

r₁ls₁17(24)/r₂ls₂16(27)/l/r₄sl28(32)

Mikroreljeef: lauge

Huumusprofüüli valem: 2+7+0/8(15)

Taimkate: puurinne – harilik kuusk, hall lepp,

Lähtekivim: karbonaatne kollakasvalge moreen

rohurinne – harilik jäneskapsas, harilik sinilill

Joonis 12. Kaeve A07 kirjeldus.



O2 – 0–5/5; keskmiselt lagunenenud; mustjashall, 10YR3/2; suur juurestatus, üleminek ebaselge ja järsk

A – 5–20(24)/15(19); selgelt välja kujunenud; mustjashall, 10YR3/2; suur juurestatus; rähasus 3%; pH 6.0; lõimis kerge liivsavi; üleminek mõõdukas ja lainjas; 20 cm sügavusel algab kihisemine.

Bt – 20(24)–57/23(27); selgelt välja kujunenud, pruunikaskollane, 10YR4/4; juurestatus tagasihoidlik; rähasus 3%; pH 6.4; lõimiseks keskmine liivsavi; üleminek järsk ja regulaarne.

C – 57-; selgelt välja kujunenud, kollakasvalge moreen, värvus 10YR6/6; pH 6.4; lõimis keskmine liivsavi; rähasus 40% ja enam.

Kood: K"

Nimetus: õhuke rähkmuld

Lõimisevalem: 1s₁20(24)/1s₂23(27)/r₄1s₂0

Huumusprofiili valem: 0-5-0/15(19)

Lähtekivim: karbonaatne kollakasvalge moreen

Keemine: 20 cm sügavuselt

Kõlvik: mets

Mikroreljeef: lauge

Taimkate: puurinne – harilik kuusk, harilik pihlakas, rohurinne – kortsleht, metsmaasikas, harilik naat.

Joonis 13. Kaeve B02 kirjeldus.



O₂ – 0–6/6; keskmiselt lagunenud; mustjashall, 2,5Y4/4; tugev juurestus, üleminek ebaselge ja järsk

A – 6–35(45)/29(39); selgelt väljakujunenud; mustjashall, 2,5Y4/4; mõõdukas juurestus, rähasus 1%, pH 6.0; saviliiv; üleminek aeglane ja lainjas.

B_m – 35(45)–72/37(47); selgelt väljakujunenud; kollakaspruun; 10YR5/6; mõõdukas juurestus; rähasus 1%, pH 6.3; kerge liivsavi; üleminek järsk ja lainjas.

C – 72–81/9 cm, selgelt väljakujunenud; karbonaatne valkjashall moreen; rähasus 60–70%, pH 6.4; 10YR6/6; kerge liivsavi.

Kood: K0

Nimetus: leostunud muld

Lõimisevalem: s129(39)/ls137(47)/rls19

Huumusprofiili valem: 0-6-0/29(39)

Lähtekivim: karbonaatne kollakasvalge moreen

Keemine: 30 cm sügavuselt

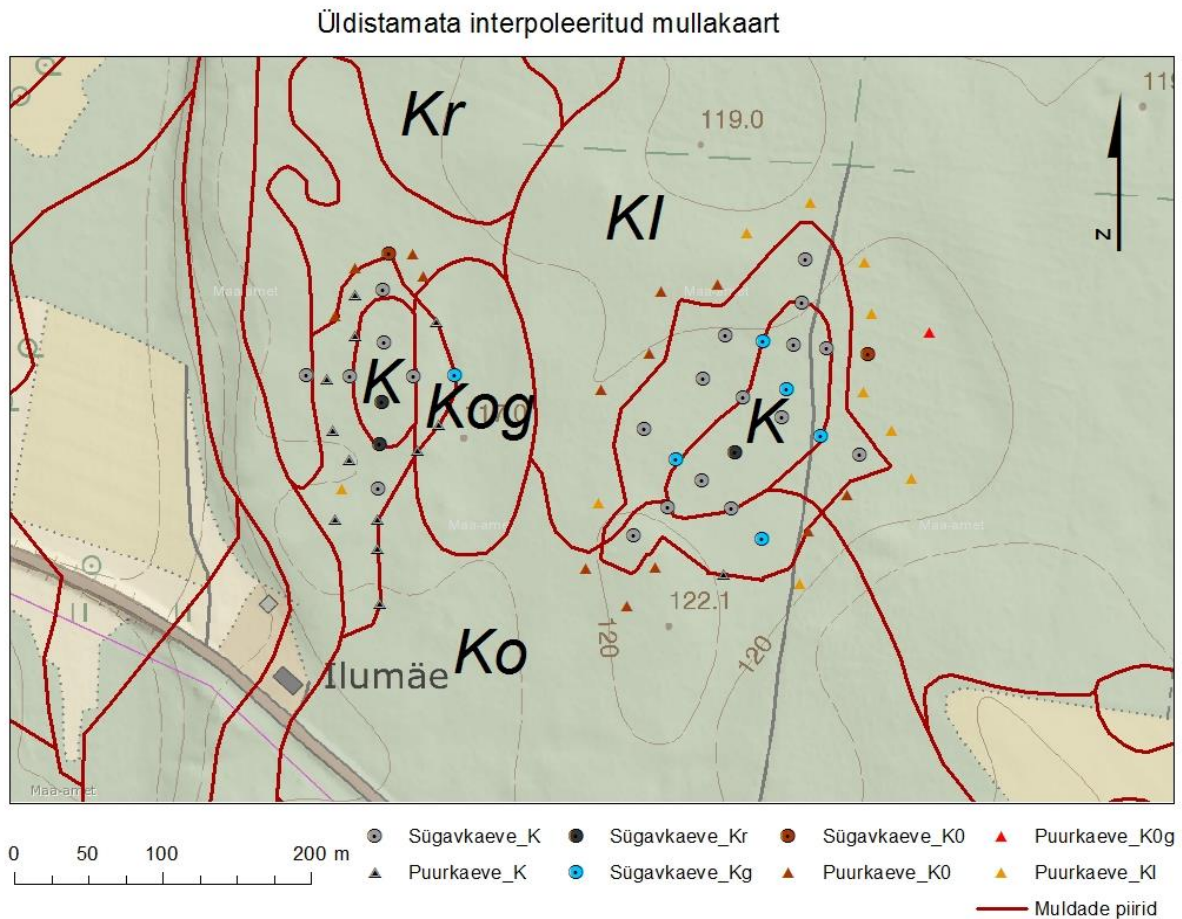
Kõlvik: mets

Mikroreljeef: lauge

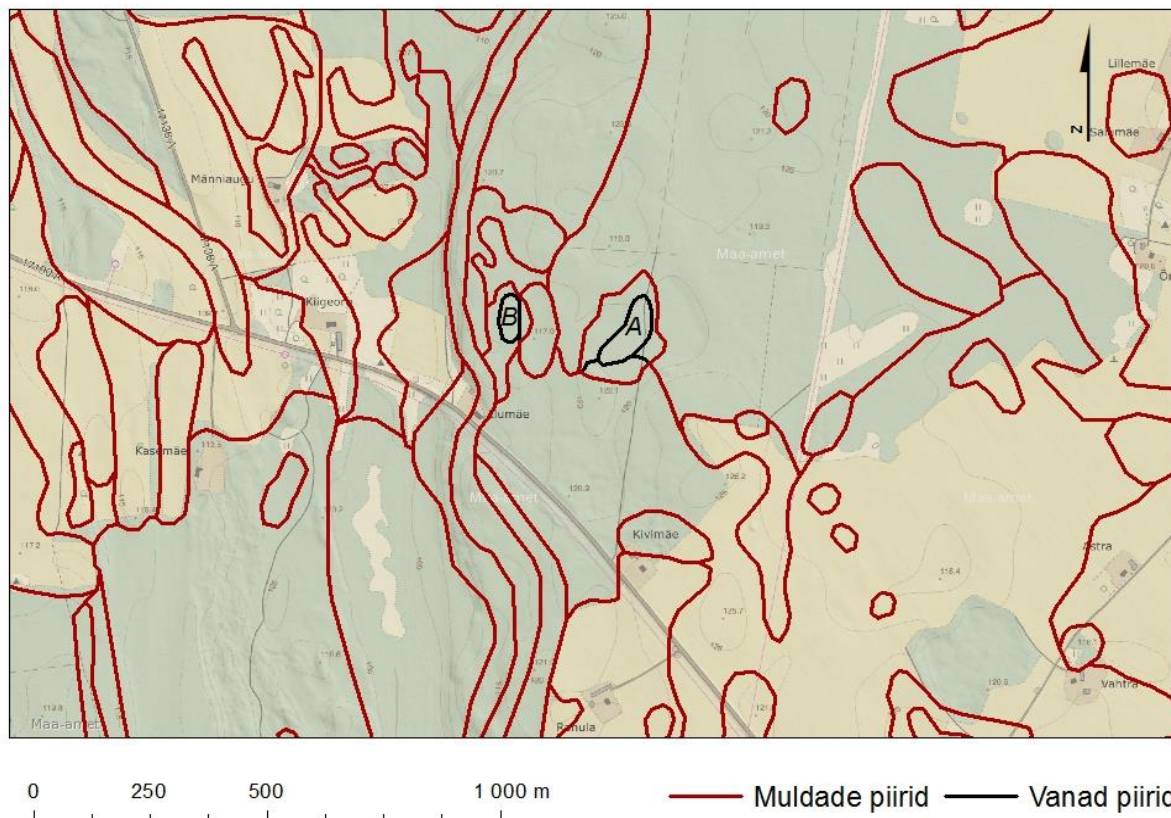
Taimkate: puurinne – harilik kuusk, rohurinne – harilik sinilill, harilik jänesekapsas

Joonis 14. Kaeve B01 kirjeldus.

Nendele üldistusi arvestades koostati karbonaatsust arvestades esimene, interpoleeritud kaart (joonis 15). Juhul, kui kontuuri piiri ei leitud ehk kõige äärmine muld oli ikka rähkmuld, digiti piir nendesamade punktide peale. Seega on saadud kaardil kujutatud antud mullakontuuri väikseim võimalik pindala. Pärast seda kaart üldistati mõõtkavasse 1:10 000 (joonis 16).



Joonis 15. Generaliseerimata interpoleeritud kaart (aluseks Maa-ameti mullastikukaart ja põhikaart.



Joonis 16. Generaliseeritud mullastikukaart. Kaart on mõõtkavas 1:10 000 (aluseks Maa-ameti mullastikukaart ja põhikaart)

Kaardilt võib näha, et isegi tagasihoidlikel arvestuste alusel on mõlema kontuuri pindalad palju suuremad. A kontuuri pindala on 2,93 ha ning B kontuuri pindala on 1,46 ha, kusjuures viimane võib olla isegi suurem, sest lõuna ja ida pool pole rähkmulla piiri kindlaks tehtud. Lubatav viga nõrga kontrastsusega muldades on kaardistamisel looduses 100 m (tabel 3), mille piir B kontuuri puhul ka ületati (110 m lõuna suunas ja ilmselt veel enam). A kontuuris oli nii keskmist (rähkmuld ja leetjas muld) kui ka nõrka (rähkmuld ja leostunud muld) kontrastsust. A kontuuri välitööde tulemusena saadud piirid ulatusid maksimaalselt 50-60 m kaugusele. Kohtades, kus rähkmuld vaheldus leetja mullaga rohkem kui 40 m tagant, oli lubatud eksimispriir ületatud. Seda juhtus siiski ainult mõnes kohas.

Pindala poolest on A kontuur oma algsest suuruselt umbes 3,3 korda ning B kontuur isegi 4 korda suurem. B kontuuri põhjal peab veel lisama, et kontuur võib olla suurem osa läänepoolsest koreserikkast rähkmullakontuurist (mis polegi koreserikas, vaid sarnaselt B kontuurile lihtsalt rähkmuld), kuid selle tõestuseks tuleb töid jätkata.

5. Järeldused

Uurimistöö tulemused olid mõneti üllatavad, sest erinevus digitaalse mullakaardi ja välitööde põhjal tehtud kaardi vahel oli oodatust suurem. Selgus, et uuritavad mullad olid mõlemad rähkmullad ning ulatusid palju kaugemale, kui kaardi alusel võis eeldada. A kontuur oli pindala poolest 3,3 korda ning B kontuur isegi 4 korda suurem. Sealjuures B kontuuri suurus võis olla isegi suurem. Seega sai töö eesmärkides püstitatud esimene hüpotees osalise tõestuse – kujutatud ja reaalselt eksisteerivad pindalalised erinevused olid tõepoolest märgatavalt erinevad. Seevastu väide, et kuni ühe hektari suurused mullakontuurid on tehtud vaid kaudsete tunnuste põhjal, ei pea suure tõenäosusega paika, mida näitab ka Maa-ameti arhiivist saadud välikaart. Teisiti pole võimalik selgitada lõimisevalemi olemasolu mullakontuuridel. On raske öelda, kas kontuuridesse on tehtud ka sügavkaeveid, kuid ilmselt on kasutatud mullapuuri ning poolkaevet. Arvatavasti oli tehtud vaid üks kaeve, mis oli sattunud erandlikku koreserikkasse rähkmulla laigukesse ning sellest tekkis ka erinevus tehtud välitööde suhtes, mis väidab, et tegu on lihtsalt rähkmullaga. Küll võib olla kasutatud kaudseid meetodeid metsamuldade piiride selgitamiseks, seda kas reljeefi või puistu/metsakasvukohatüübi abil.

Kõrgusandmete kasutamine muutus võrdlemisi kasutuks, kuna uurimisala oli võrdlemisi lauge. Samuti ei andnud erilist tulemust niivõrd paljude sügavkaevete tegemine kontuuridesse, mis oleks võinud asendada puuraukude ja poolkaevete kombinatsiooniga.

Lisaks puurimisele oleks võinud teha ka poolkaeveid, millega oleks saanud teada palju enam mulla seisundist kui lihtsalt puuraukude abil. Lisaks oleks võinud suurendada vahemaad uurimispunktide vahel, sisuliselt mõttetuks s.t. ebapraktiliseks muutus 20 m pikkune vahe kasutamine. Niisiis tuleb teine hüpotees efektiivsuse osas ümber lükata. Täpsemaks muutub kaart niigi, kuid sellise töö-ja ajamahu kulutusega ei ole mõtet seda teha.

Paraku ei saa väita, et kõik alla ühe hektari suurused mullakontuurid metsases alas oleksid valesti kaardile kantud, kuna uurimistöö keskendus ainult kahele kontuurile, mida on ilmselgelt liialt vähe. Seega tuleb hoiduda ettevaatlikult üldistamisest, kuna antud uurimisala võis olla lihtsalt erandlik nähtus.

Antud ala mullakaart koostati 1962. aastal, mil ei olnud metsamullastiku kaardistamine saavutanud veel nii kõrget taset kui 1970. aastate lõpul. Samas olid üldteadmised nii metsamullastikust kui selle kaardistamisest kindlasti olemas. Maa-ameti arhiivist saadud välikaardil on kaardistatud peamiselt

lagedaid alasid, lisaks põllumaadele ja rohumaadele ka raiesmikke. Välikaardistaja prioriteet oli ikkagi põllumajanduslik maa ning selle uurimisel on tehtud kõvasti tööd.

Tulemuste suhtes tuleb olla siiski kriitiline – kuna tegu on autori esimese järelvalveta suurema mullastikuteemalise tööga, on võimalikud kogemuste puudusest tingitud vead.

6. Kokkuvõte

Käesolev töö uuris 1:10 000 mõõtkavaga digitaalse mullakaardil paiknevate väikeste, alla ühe hektari suuruste kontuuride paiknemise täpsust maastikul. Selle eesmärgiks oli selgitada, kas need kontuurid on ka reaalselt sarnase suuruse ja kujuga ning samade mullastikutunnusega. Lisaks üritati leida vastuseid küsimustele, kuidas ja milliste tunnuste alusel selliseid kontuure kaardile kanti. Esitati hüpoteesid, mille kohaselt mullastikukaardil on alla hektari suurused kontuurid kantud vaid väliste tunnuste (reljeef, taimkate jne) põhjal ning seetõttu ei vasta reaalsele levikule. Teiseks hüpoteesiks pakuti, et mahukama välitöö abil on võimalik neid kontuure palju efektiivsemalt kujutada.

Tehtud välitööde tulemused seoti põhikaardi kõrgusandmetega, et saada aru, kuidas mõjutab reljeef muldade levikut. Olulisi seoseid paraku aga sellel teel ei tulnud, kui välja arvata gleistunud muldade paiknemist madalamatel pinnavormide osadel.

Tööst selgus, et mõlemad mullakontuurid on pindala poolest oluliselt suuremad – A kontuur 3,3 ning B kontuur 4 korda, kusjuures B kontuur võib olla lõuna ning ida suunas veelgi laialdasema levikuga. Lisaks sellele oli kontuur B puhul tegu mitte koreserikka rähkmullaga, vaid lihtsalt rähkmullaga. Kontuuride kuju ja suurus ning mullastikutunnused on erinevad digitaalsel mullakaardil kujutatust, mistõttu esimene hüpotees on osaliselt tõestatud. Originaalvälikaardi analüüsist selgus, et suure tõenäosusega on kaart valmistatud siiski mingeid kaeveid tehes. Järelikult pole need alad tehtud ainult kaudsete tunnuste põhjal, mis lükkab selle osa esimesest hüpoteesist ümber.

Teist hüpoteesi aga ei saanud tõestada, sest tehtud töö oleks olnud oluliselt efektiivsem, kui igasse kontuuri oleks paigutanud ainult 2-3 sügavkaevet ning teinud mullaleviku kindlaks poolkaevete ja puuraukude abil. Samuti tuleks suurendada puuraukude vahelisi vahemaid. Et oleks võimalik teha üldistusi, tuleks teha välitöid rohkematel kontuuridel kui kahel.

7. Summary

The Estonian Soil Map (scale 1: 10 000) is one of the few soil maps in the world which is covering the entire country (Reintam *et al*, 2003). The soil map is fully digitalised and available in Web Map Server via Land Board's webpage (www.maaamet.ee). This paper concentrates on clarifying the real magnitude, shape and soil characteristics of small contours with an area under 1 ha on 1:10 000 soil map. Such small map units are not suitable for land use decisions (Suuster *et al*, 2011), but can contain crucial information for variety of small-scale actors, for instance, private land owners. Presumably these small contours are mapped by indirect characteristics (relief, vegetation). Another question asked was whether the more extensive fieldwork would be more efficient than the work already done.

There have been issued several guidebooks how to map soils in Estonia during 1960-2013. Some of them are specialised in agricultural soils, other in forest soils. A small comparison was conducted in order to find out the right methodology.

For fieldwork two close contours were chosen within Ärina village boarder located in Väike-Maarja municipality, in Lääne-Viru county. These contours were situated in forested area on the till plain. Contours were indexed as followed: the Calcaric Cambisol contour (0,87 ha) was labelled A-series and Molli-Calcaric Cambisol contour (0,36 ha) was named B-series. The survey points were created within and outside the contours with distance of 30-40 m, also five transects were appointed. Altogether, 31 full soil profiles and 38 boreholes were conducted during following dates: 14.08.12, 19.08.12 – 22.08.12, 02.12.12 and 27.04.13.

The main characteristic of the soils observed was their carbonate content. Alongside, the proportion of coarse and indicators for gleying were researched. Additional info was gained by studying the soil pH, colour (using Munsell Color Chart), percentage of roots etc. All data was inserted to MS Access database.

In order to assess impact of elevation and relief, elevation data from Estonian Basic Map was aquired. Yet, due to plain landscape elevation gained no specific effect. Also, archives of Estonian Land Board were visited and one field map about the area was found. For this paper a scanned copy was included.

From the fieldwork data three characteristic full soil profiles were described in order to generalise

the map. These characteristic soils were two Calcaric Cambisols in the centre of the contours and one Cambisol in the fringe. Overall, soil profiles with gleying signs and Molli-Calcaric Cambisol were generalised into Calcaric Cambisol. According to these changes a final map (scale 1:10 000) was produced.

The results exhibit that both contours under 1 ha were larger according to the fieldwork. A-contour was measured to be 2,93 ha and B-contour 1,46 ha. This means that A-contour was 3,3 times and B-contour 4,0 times more extensive than portrayed on the digital soil map. B-contour features Calcaric Cambisol, not Molli-Calcaric Cambisol. Also, there was a confusion about texture between digital soil map and field map from the archives, which according to the fieldwork is more based on field map. According to the field map, small units were presumedly directly sampled in the past, not only by other, indirect characteristics.

In order to conduct similar research, some modifications should be implemented. There is no necessity to make so many full soil profile, bores may be done instead in order to clarify the borders of different soils. Also, to make work more effective, the distance between sampling points should be longer.

8. Tänuavaldused

Täna

- Toomas Terast ja Urmas Seppa abi eest mullastiku kaardistamise meetodikaga tutvustamisel.
- Kiira Mõisjat tarkvara ja kaardistamise küsimustes aitamisel.
- Anti Lillakut ja Jaanus Lindu, kes aitasid läbi viia raskeid välitöid.
- Gea-Irja Kukke Maa-ameti raamatukogust.
- Kadri Nikopensiust, kes abistas Maa-ameti arhiivis ja raamatukogus

9. Kasutatud kirjandus

Raamatud ja juhendid

1. Arold, I., 2005. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 61 – 70, 212 – 218.
2. Astover, A., 2012a. Muld ja mullateadus, raamatus: Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E., Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele, Eesti Maaülikool, Tartu, 4 – 23.
3. Astover, A., 2012b. Mullauurimine ja mullaandmete rakendamine, raamatus: Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E., Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele, Eesti Maaülikool, Tartu, 432 – 437.
4. Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kõlli, R., 2013. Muldade väliuurimine. Eesti Maaülikool, Tartu, 1 – 72.
5. Brady, N. C., 1990. The Nature and Properties of Soils. 10th ed. Macmillan, New York, 2 – 32.
6. EMLTUI ja RPI „Eesti Põllumajandusprojekt“, 1978/1983. Metsamajandite maade mullastiku kaardistamise juhend, Eesti Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituut; Riikliku Projekteerimise Instituudi „Eesti Põllumajandusprojekt“, 1 – 27.
7. EMLTUI ja RPI „Eesti Põllumajandusprojekt“, 1977. Riigi metsafondi maade mullastiku välikaardistamise juhend, Eesti Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituut; Riikliku Projekteerimise Instituudi „Eesti Põllumajandusprojekt“, 2 – 26.
8. Jenny, H., 1994. Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology. Dover Press, New York, 1 – 27.
9. Kask, R., 1988. Eesti NSV muldade süstemaatiline nimestik ja lühidiagnostika. Valgus, Tallinn, 5 – 22.
10. Kask, R., 1996. Eesti mullad. Mats, Tallinn, 2 – 239.
11. Kokk, R., Rooma, I., Valler, V., 1968. Mullastiku suuremõtkavalise kaardistamise välitööde juhend. Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1 – 108.
12. Lõhmus, E., 2004. Eesti metsakasvukohatüübid. Eesti Loodusfoto, Tartu, 7 – 79.
13. Piho, A., Rooma, I., Rõõs, O., 1960. Maafondi mullastiku uurimise välitööde juhend. Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi Maakorralduse Valitsus, Tartu, 3 – 59.
14. Reintam, E., Kõlli, R., 2012. Muldade klassifikatsioon ja leviku seaduspärasused, raamatus Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E., Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele, Eesti Maaülikool, Tartu, 251 – 275.
15. Schaetzl, R., Anderson, S., 2005. Soils Genesis and Geomorphology, Cambridge University Press, Cambridge, 3 – 8.
16. Vaus, M., 2005. Metsatakseerimine. OÜ Halo Kirjastus, Tartu, 62 – 103.

Artiklid

1. Kask, R., 1993. 102 aastat Alfred Lillema sünnist. *Agraarteadus* X(3), 173-180.
2. Kokk, R., Rooma, I., 1989. Uus Eesti mullastiku kaart. *Eesti Loodus*, okt. 10, 636 – 683.
3. Krogh, L., Paarup-Laursen, B., 1997. Indigenous soil knowledge among the Fulani of northern Burkina Faso: linking soil science and anthropology in analysis of natural resource management. *GeoJournal* 43, 189 – 197.
4. Lin, H., Wheeler, D., Bell, J., Wilding, L., 2005. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. *Ecological Modelling* 182, 271 – 290.
5. Reintam, L., Kull, A., Palang, H., Rooma, I., 2003. Large-scale soil maps and a supplementary database for land use planning in Estonia. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166, 225-231.
6. Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O.A., McArthur, D., 2003. Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography* 27, 171 – 197.
7. Suuster, E., Astover, A., Roostalu, H., Penu, P. J., 2011. Suuremõtkavalisest mullastikukaardist maakasutuse otsusteni. *Agronoomia* 2010/2011, 223 – 230.
8. Wang, C., 1982. Variability of soil properties in relation to size of map unit delineation. *Canadian Journal of Soil Science* 62, 657 – 662.

Käsikirjad ja suulised andmed

1. Sepp, U. 06.03.2013. Suulised andmed.
2. Teras, T., 2012. Suuremõtkavalise mullastiku uurimise ajaloost. Käsikiri.

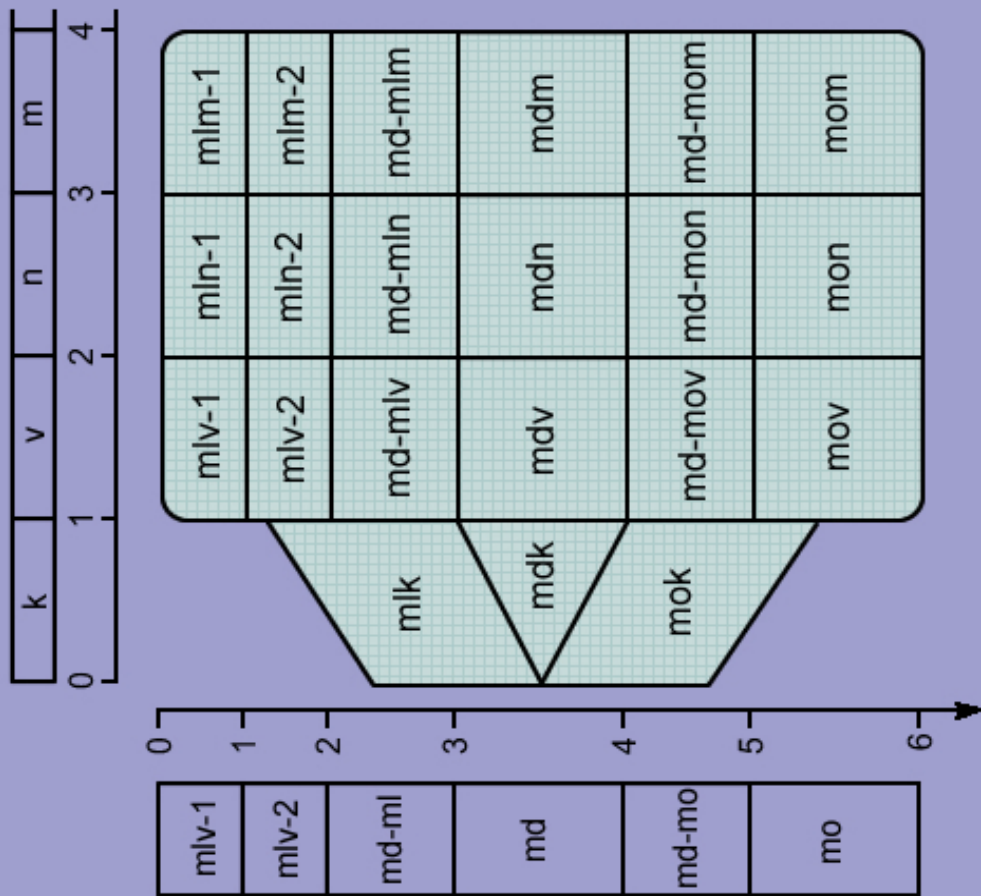
Internetiallikad

1. EMHI, 2012. Möödunud sügis oli soe ja sajune (05.12.12).
Aadressil <http://ilm.ee/?510941>, viimati vaadatud 05.05.13.
2. FAO (ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsioon), 1998. World reference base for soil resources.
Aadressil <http://www.fao.org/docrep/W8594E/W8594E00.htm>, viimati vaadatud 02.04.13.
3. FAO (ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsioon), 2006. Guidelines for soil description. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
Aadressil ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf, viimati vaadatud 12.05.13.
4. Keskkonnateabe Keskus, 2009. Keskkonnaülevaade 2009, peatükk 7. Mullastik ja maakasutus.
Aadressil http://www.keskkonnainfo.ee/failid/ky/mullastik_maakasutus.pdf, viimati

- vaadatud 09.05.13.
5. Kõlli, R., 2003. Eesti metsamuldade maatrikstabel. Eesti Põllumajandusülikool, Mullateaduse ja agrokeemia instituut, Tartu.
Aadressil <http://mullad.emu.ee/cd-d/CD-3/html/m-tab-1.htm>, viimati vaadatud 04.05.13.
 6. Kõlli, R., Ellermäe, O., Tamm, I., 2009. Eesti mullad maatrikstabelitel ver. 2. Maaülikool, Mullateaduse ja agrokeemia osakond, Tartu.
Aadressil <http://mullad.emu.ee/cd-d/CD-2/>, viimati vaadatud 07.05.13.
 7. Maa-amet, 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri, Tallinn.
Aadressil http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi_seletuskiri.pdf, viimati vaadatud 27.03.13.
 8. Maa-amet, 2007. Mullakaardi taustast.
Aadressil <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Mullakaart/Mullakaardi-taustast-p87.html>, viimati vaadatud 08.05.2013.
 9. Maa-amet, 2008.
Aadressil <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Korgusandmed-p114.html>, viimati vaadatud 04.05.2013.
 10. New Zealand Soils Portal. Landcare Research Manaaki Whenua.
Aadressil <http://soils.landcareresearch.co.nz/contents/index.aspx?menuItem=index>, viimati vaadatud 02.04.13.
 11. Soil Classification Working Group. 1998. The Canadian System of Soil Classification, Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1646.
Aadressil http://sis.agr.gc.ca/cansis/references/1998sc_a.html, viimati vaadatud 02.04.13.
 12. USDA (Ameerika Ühendriikide põllumajandusministeerium), 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys.
Aadressil ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/tax.pdf, viimati vaadatud 02.04.13.

10. Lisad

HUUMUSKATE TE MAATRIKSTABEL:
Maatrikstabeli pedo-ökoloogiline taust: Mineraalsed huumuskatted



NIISKUSOLUD (vasakult paremale):
kuiv => märg

Suureneb huumuskatte vetega küllastatus; aeglustuvad aeroobsed protsessid ja varis-kõdu mineralisatsioon; suureneb anaeroobsus ja intensiivistuvad taandumise protsessid; mulla gleistumise aste suureneb; halveneb mulla looduslik dreenaaz; aeglustub orgaanilise aine humifikatsioon ja üha rohkem pooleldi lagunenuid orgaanilist ainet kuhjub pindmisse mullakihti (AT) või mulla pinnale (OT, T).

TROOFSSUS (ülevalt alla):
mull => moor

Väheneb karbonaatsus, suureneb happesus; huumuskatte all intensiivistuvad eluviaalsed protsessid (leostumine => lessiveerumine => leetumine); väheneb varise tuhaelementide sisaldus; mullaelustikus asenduvad vähmaussid lülijalgsetega ja bakteriaalne lagunemine seenelise lagunemisega; huumusprofiil muutub suunas mull => moder => moor; mullaprofiili alumises osas väheneb ja kaob karbonaatsuse korese sisaldus; halveneb mulla struktuursus.

Suurenda

LISA 3. Muldkatte loodusliku dreenituse (gravitatsioonivee äravoolu) iseloomustus (Astover *et al*, 2013)

Ülemäära dreenitud mullad. Sademevesi (nõrguv gravitatsioonivesi) juhitakse mullast (või selle pinnalt) ära väga kiiresti, mistõttu mulda ei akumuleeru arvestatavas koguses taimekasvuks vajalikku produktiivset veevaru. Selliste muldade hulka kuuluvad positiivsetel pinnavormidel (kühmud, vallid, seljakud) paiknevad rähk-, klibu- ja veerismullad, mille väga õhukese (< 10 cm) huumuskatte peeneselise mineraalmulla sisaldus on < 50%. Niisugustele aladele on iseloomulik ka sügav põhjavee tase. Ülemäära dreenitud vähe arenenud profiiliga mullad on enamasti väga tugevasti või tugevasti põuakartlikud.

Veidi liigselt dreenitud mullad. Mullapinnale sattunud üleliigne vesi voolab ära või eemaldub muldkattest kiiresti ka pikaajalise intensiivse vihmajärgu korral. Muldkatte produktiivse veevaru sidumise võime on väike (< 50 mm 75 cm tuseduse kihi kohta). Need mullad on sügava põhjavee tasemega ja paiknevad positiivsetel pinnavormidel. Nad on kas koreserikkad, kerge lõimisega või asuvad tugevasti kallakulistel aladel. Veidi liigselt dreenitud mullad on põuakartlikud, nende profiil on enamasti vähe arenenud ja huumuskate õhuke.

Hästi või tasakaalustatult dreenitud mullad. Need on hea või normaalse dreenitusega mullad, millest vesi juhitakse ära hõlpsasti, aga mitte ülemäära kiiresti. Nad ei ole liigniisked üle 48 tunni pärast: selle aja jooksul pärast vihmahoogu on muld tahenenud. Mullas talletunud produktiivne veevaru on piisav taimkatte normaalseks kasvuks kogu vegetatsiooniperioodi jooksul. Mullaprofiilis puuduvad redokstingimustele viitavad tunnused. Eestis käsitatakse neid sügava põhjavee tasemega muldasid parasniiskete muldadena.

Võrdlemisi hästi dreenitud mullad. Teatud ajal vegetatsiooniperioodi jooksul on neis muldades vee eemaldumine muldkattest aeglane. Seetõttu on need mullad nõrkade gleistumistunnustega või esineb ajutist ülevee seiskumist. Huumuskate võib olla liigniiske vaid väga lühikest aega. Põhjavesi asub sügaval.

Ajutiselt ebapiisavalt dreenitud mullad. Liigne gravitatsioonivesi eemaldub mullast aeglaselt, mistõttu muld on ajutiselt (lühikest aega vegetatsiooniperioodil) liigniiske. Nende muldade alusmullas esineb hästi märgavaid gleistumistunnuseid. Neile on iseloomulik kas kõrge põhjavee seis või vee juurdevool valgalalt. Liigniiskus piirab siin mesofüütsete taimede kasvu ning selliste kultuuride kasvatamisel tuleb muldkatet kuivendada. Eesti muldade klassifikatsiooni järgi on tegemist gleistunud ehk niiskete (ajutiselt liigniiskete) muldadega. Metsakasvuks on need mullad parasniisked.

Ebapiisavalt dreenitud mullad. Liigse vabavee äravool muldkattest on aeglane. Suurema osa

vegetatsiooniperioodist on 25-50 cm sügavusel lasuv mullakiht märg ning gleistumistunnuseid esineb ka profiili pindmises osas. Võib esineda pinnasevee pealevalgumist naaberaladelt, kuid enamik maa-alast ei ole vee all üle 30 päeva järjest. Mesofüütsete taimede kasv on ilma kuivendamiseta takistatud. Eesti muldade klassifikatsiooni järgi on need alaliselt liigniisked ehk märjad gleimullad.

Väga halvasti dreenitud mullad. Väga aeglase vee eemaldumise tõttu ulatub vaba vesi suuremal osal vegetatsiooniperioodist maapinnani ehk sellel lasuvasse turbakihti (turvastunud metsakõdusse). Enamik muldkattest on pidevalt liigniiske üle 30 päeva järjest. Need mullad paiknevad maastiku madalamatel osadel ja lohkudes ning võivad olla sageli üle ujutatud. Peamisteks muldadeks neis tingimustes on tugevasti liigniisked turvastunud mineraalmullad ja turvasmullad.

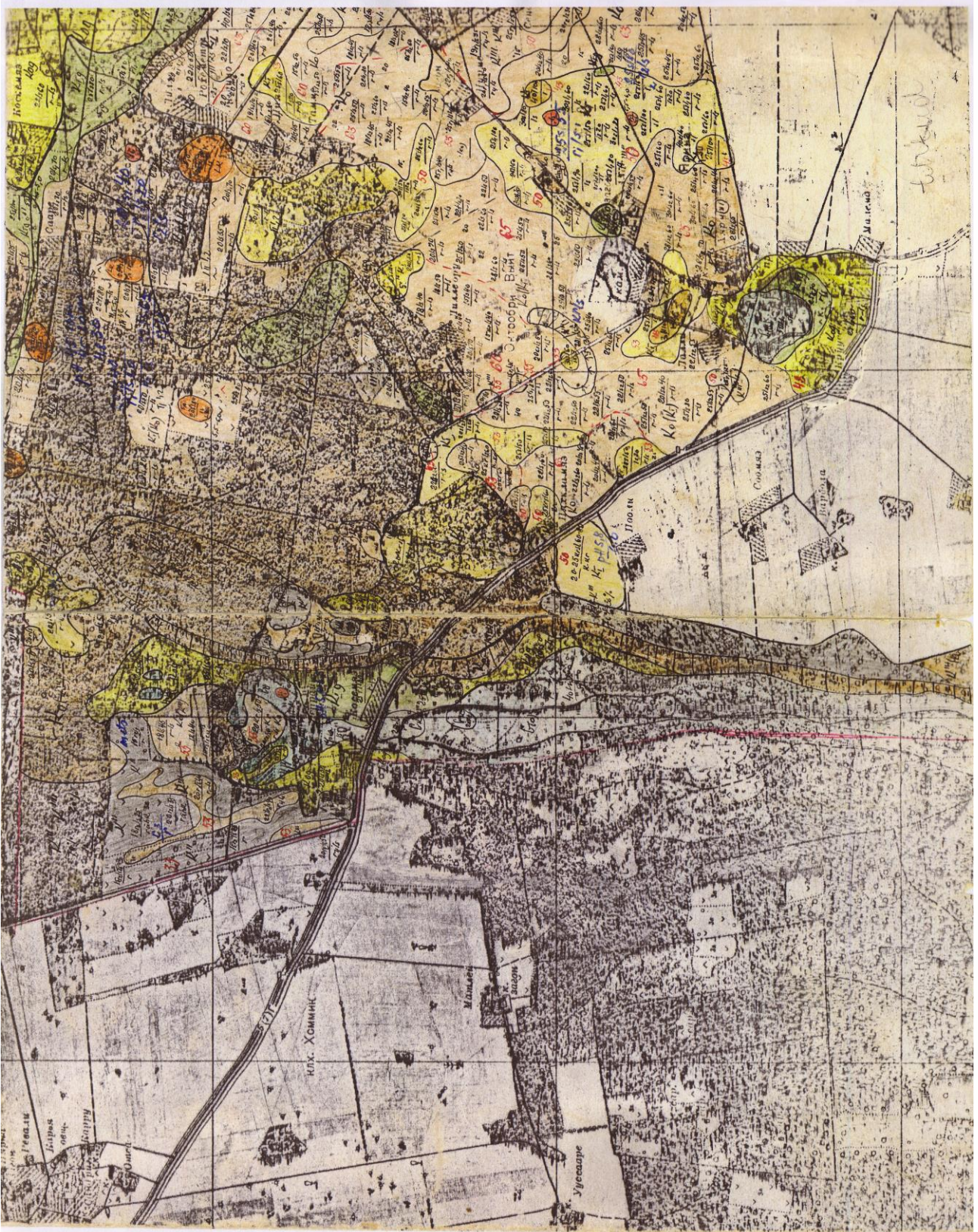
Veealused mullad on pikka aega (6-12 kuud) õhukese veekihiga üle ujutatud. Nad on enamasti kaetud kalda- või rannaroostikuga ja asuvad madalrannikul või järve või jõe kaldaaladel. Olenevalt aastaajast ja meteoroloogilistest tingimustest või neil üleujutusvesi lühiajaliselt ka puududa.

LISA 4. Pinnavormide morfoloogiline jaotus. (I. Aroldi järgi (Arold, 2005) Astover *et al*, 2013)

KÕRGENDIKUD (positiivsed pinnavormid)			NÕOD (negatiivsed pinnavormid)		
Põhijoonis	Ristprofiil		Põhijoonis	Ristprofiil	
Künkad – ümara põhijoonisega kõrgendikud; pikkus : laius = 1–2			Lohud – ümara põhijoonisega nõod; pikkus : laius = 1–2		
		Kühm (<math><10^\circ</math>) <i>moreenkünkad, mőhnad</i>			Taldrik (<math><10^\circ</math>) <i>moreenkőngaste ja mőhnade vahelised nõod</i>
		Kuppel (>math>>10^\circ</math>) <i>moreenkattega mőhnad</i>			Kauss (>math>>10^\circ</math>) <i>moreenkőngaste ja mőhnade vahelised nõod</i>
		Kuhk <i>tehiskőnkad, terrikoonikud</i>			Lehter <i>karstilehtrid</i>
		Tomp <i>limnomőhnad</i>			Kaev <i>karstilehtrid</i>
Vaardad – ovaalse põhijoonisega kõrgendikud; pikkus : laius = 2–10			Vannid – pikliku, ovaalse põhijoonisega nõod pikkus : laius = 2–10		
		Kőnnis (<math><10^\circ</math>) <i>voored</i>			Pall <math><10^\circ</math> <i>voortevahelised nõod</i>
		Seljak (>math>>10^\circ</math>) <i>voored</i>			Kőna (>math>>10^\circ</math>) <i>voortevahelised nõod</i>
		Hartseljak <i>oosid</i>			
		Lavaseljak <i>oosid, voored</i>			
Vallid – pikad ja kitsad kõrgendikud; pikkus űletab laiuse űle 10 korra			Orud – pikad ja kitsad avatud nűguvormid		
		Lamevall (<math><10^\circ</math>) <i>oosid</i>			Sőlkorg, vagu <i>jőarakud</i>
		Kumervall (>math>>10^\circ</math>) <i>oosid</i>			Moldorg, sőngorg <i>jőeorud tasandikel (uurakud)</i>
		Hartvall <i>oosid, luited</i>			Lammorg <i>jőeorud</i>
		Lavavall <i>oosid</i>			Orund <i>kűrgustikevahelised alad</i>
TASANDIKUD					
		Tasand			Kaldtasandik <i>kűrgustike nűlvad</i>
		Rűhttasandik <i>jűe-, jőrve- ja meretasandikud</i>			Lainjas tasandik <i>moreentasandik</i>

LISA 5.

LISA 5. Välikaart uurimisala kohta, koopia Maa-ameti arhiivist. Lk 47 – mullastikukaart, lk 48 – kaardi valmistamise info.



I

Rakvere raj.
kolh. Uus-Elu

Välitööd teostas 1962.a juunis-juulis.

insener S. Veinla

Täiendused tegi 1971. a suvel
hindamise käigus v. ins. H. Kork

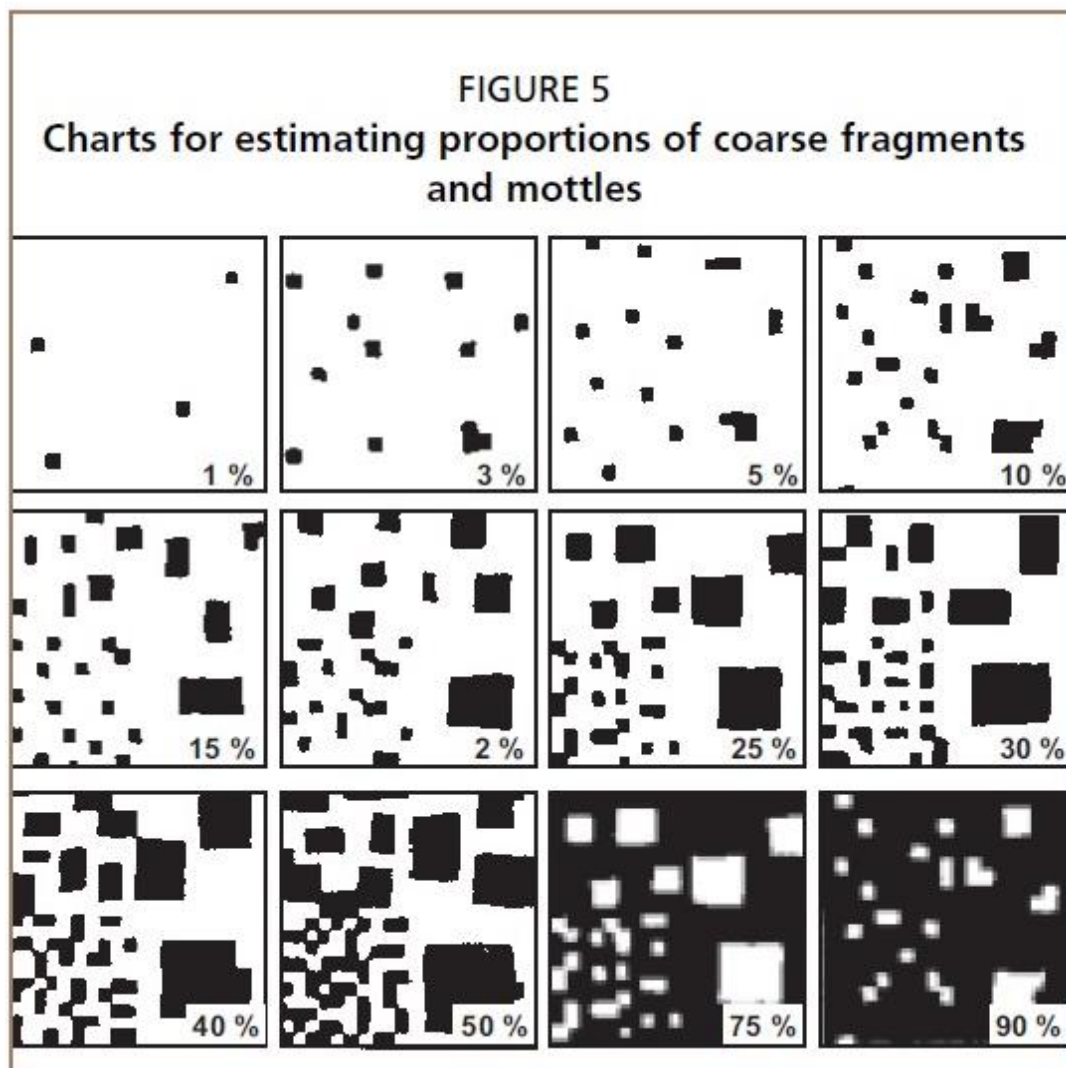
S-445/1

5108

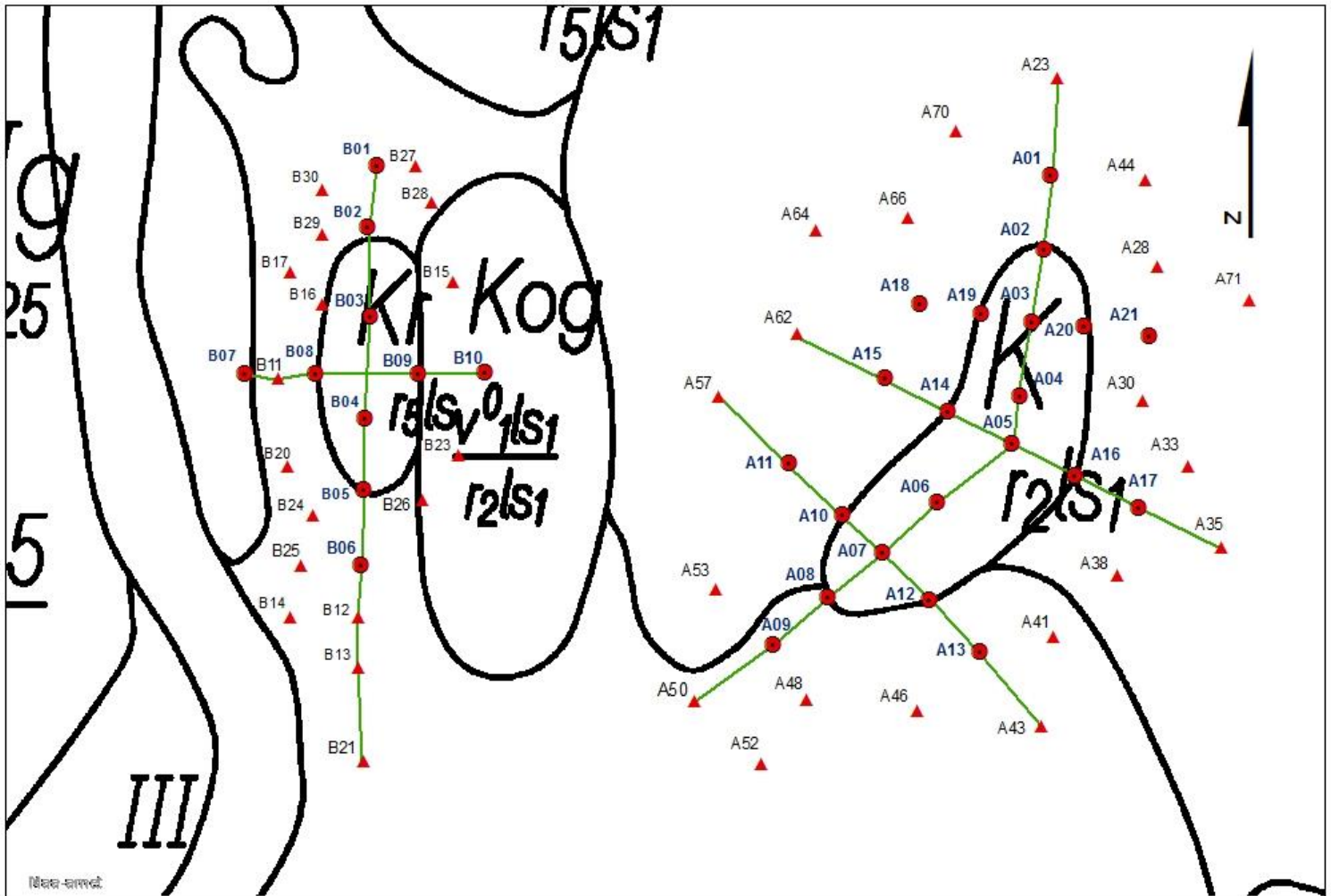
IV

S-445/1

5108



Mullakaevete ja transektide paiknemine

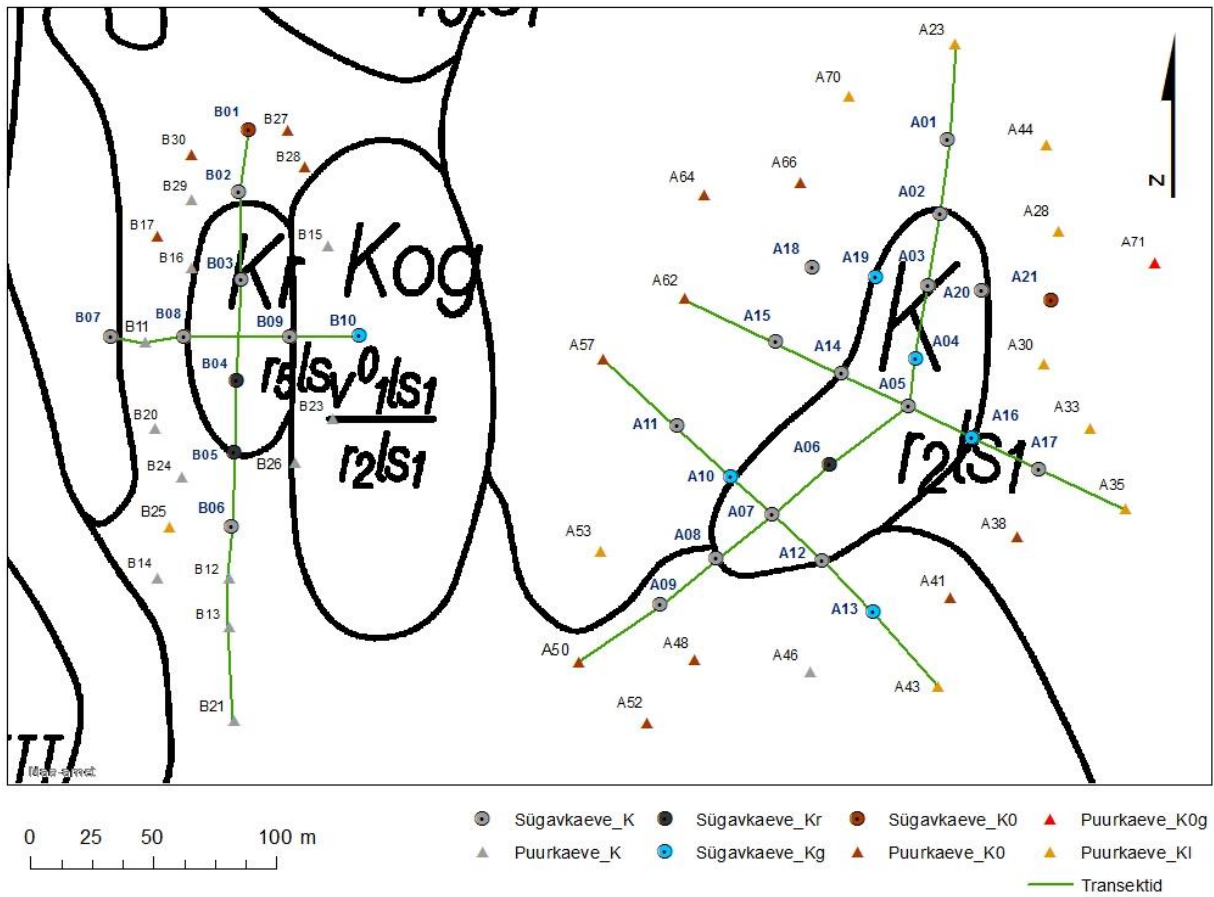


0 50 100 200 m

● Sügavkaeve ▲ Puurkaeve — Transektid

LISA 8. Välitööde tulemusena saadud esmane kaart (Aluskaardiks Maa-ameti mullakaart).

Esmane kaart



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina ___Peeter Lillak_____

(*autori nimi*)

(sünnikuupäev: _____12.04.2013_____)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
_____1:10 000 mullakaardi alla 1 ha suuruste kontuuride paiknemisest ja tegelikest
suurustest_____

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on ___Arno Kanal_____

(*juhendaja nimi*)

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, **pp.kk.aaaa**

Tartus, 13.05.2013

