

Kodasoo turbatootmisala georadari uuringu I etapp

Aruanne

Argo Jõelet

Raul Paat

TARTU ÜLIKOOL
GEOLOOGIA OSAKOND

Juuni 2021

1. Sissejuhatus

Töö tellijaks on AS Tootsi Turvas, millele on väljastatud Kodasoo turbatootmisala keskkonnaluba HARM-069. Keskkonnaloa kõrvaltingimuseks on nõue enne kaevandamise algust teostada georadari uuring, et selgitada välja täpsemas mõõtkavas, kui sügaval paikneb mineraalpinnas turbalasundi all ning vajadusel korrigeerida selle alusel kaevandamise projekti. Georadari uuringu eesmärk on selgitada välja täpsem kaevandamise plaan, et vältida mineraalpinnaseni kaevandamist ja ohtu põhjaveele.

Uuringud on kavandatud kahe etapina, millest I etapi käigus (käesolev uuring) tehakse mõõtmised piki rajatavaid piirdekraave ja kogujakraave, ning II etapis mõõdetakse tihedama võrguna väljakukraavide ala.

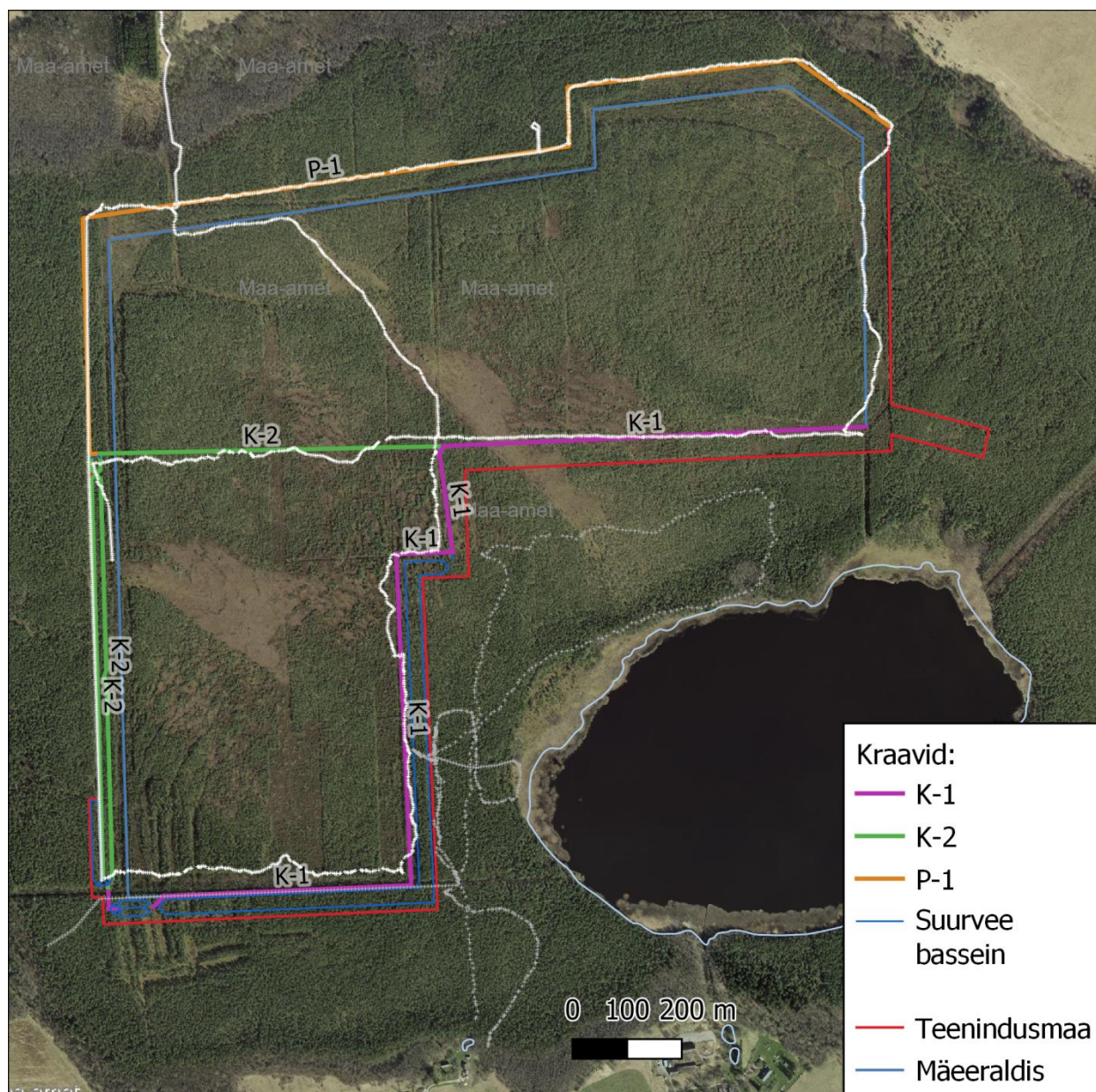
2. Metoodika

Välitööd georadariga toimusid 5. ja 18. märtsil 2021, mille käigus mõõdeti kokku üle 7 km profiile (Joonis 1). Mõõtmised tehti ~6 cm intervalliga seadmega Zond-12e sagedusel 300 MHz.

Profiilide asukohad määrati mõõtmiste ajal seadme külge kinnitatud käsiGPS-iga. GPSist tingitud asukohavead ulatusid lagedal kuni 5 meetrini ning tihedamas metsas kuni 20 meetrini. Suuremate hälvete korral parandati asukohti kasutades Maa-ameti ortofotot, reljeefimudelit, profiilile märgitud käänupunkte ja täiendava GPS seadmega fikseeritud profiilide otspunktide koordinaate. Asukohatäpsus mängib eelkõige rolli kraavide läheduses ja muutlikul maastikul reljeefipunktide määramisel, hinnanguliselt on pärast koordinaatide parandamist asukohaviga väiksem kui 10 m. Reljeefipunktid saadi Maa-ameti maapinna kõrgusmudelilt (EH2000) lahutusega 1 m.

Maapind ja kraavid olid välitööde ajal enamasti külmunud, lagedamatel aladel oli mõni sentimeeter lund, metsastes kohtades paiguti >10 cm lund, ala edelaosa vanades turbavõtukohtades ja kraavide läheduses võis olla tuisanud lund kuni 50 cm. Üle 10 cm paks lumikate vähendas kohati läbilõigete loetavust, mille tõttu ei saanud eristada turvast ja järvemuda (sapropeel), samuti ei olnud jälgitav orgaaniliste setete (turvas + järvemuda/sapropeel) ja mineraalpinnase kontakt sügavamal kui 4,5–6 m. Samasugused nähtavuse probleemid esinesid ka varasemal uuringul (Jõelett ja Paat, 2020), kui välitööde ajal ei olnud lund. Nähtavuse kadumine võib olla osaliselt seotud järvemuda levikuga ja/või rabaveest suurema soolsusega põhjavee mõjudega. Nähtavusega seotud probleemid on mineraalpinnase nõgudes asudes sügavuses, mis jääb tootmisala ja seotud kraavide põhjast oluliselt sügavamale.

Radariprofiilide töötlemiseks kasutati tarkvara Prism2, kus profiilidele rakendati sageduslikku filtreerimist ning signaali võimendamist. Georadari ajaliste läbilõigete sügavuslõigeteks muutmiseks kasutati suhtelise dielektrilise läbitavuse väärtust $\epsilon = 70$, mis on tavapärane Eesti soode puhul (Hang jt, 2009; 2012; Plado et al. 2011; Hiiemaa et al. 2014; Habicht et al. 2017; Paat jt, 2020).



JOONIS 1. GEORADARI PROFIILIDE (SEE TÖÖ – VALGE PUNKTIIR, JÖELEHT & PAAT 2020 – HALL PUNKTIIR) JA UURITUD KRAAVIDE K-1, K-2 JA P-1 ASUKOHAD.

3. Tulemused

Radari läbilõigete tõlgendamisel klikiti enamasti 5–20 m sammuga mineraalainese pealispind ehk orgaaniliste setete (turvas + sapropeel) lamam. Sammu pikkus sõltus osaliselt pinna reljeefisusest olles tasasematel aladel pikem ja muutlikes oludes lühem. Klikitud punktidest toodeti fail (elektrooniline lisa 1), kus lisaks koordinaatidele ja mineraalpinnase sügavusele sisaldub info maapinna kõrguse ja klikitud pinna kõrguse (mõlemad kõrgused EH2000) kohta.

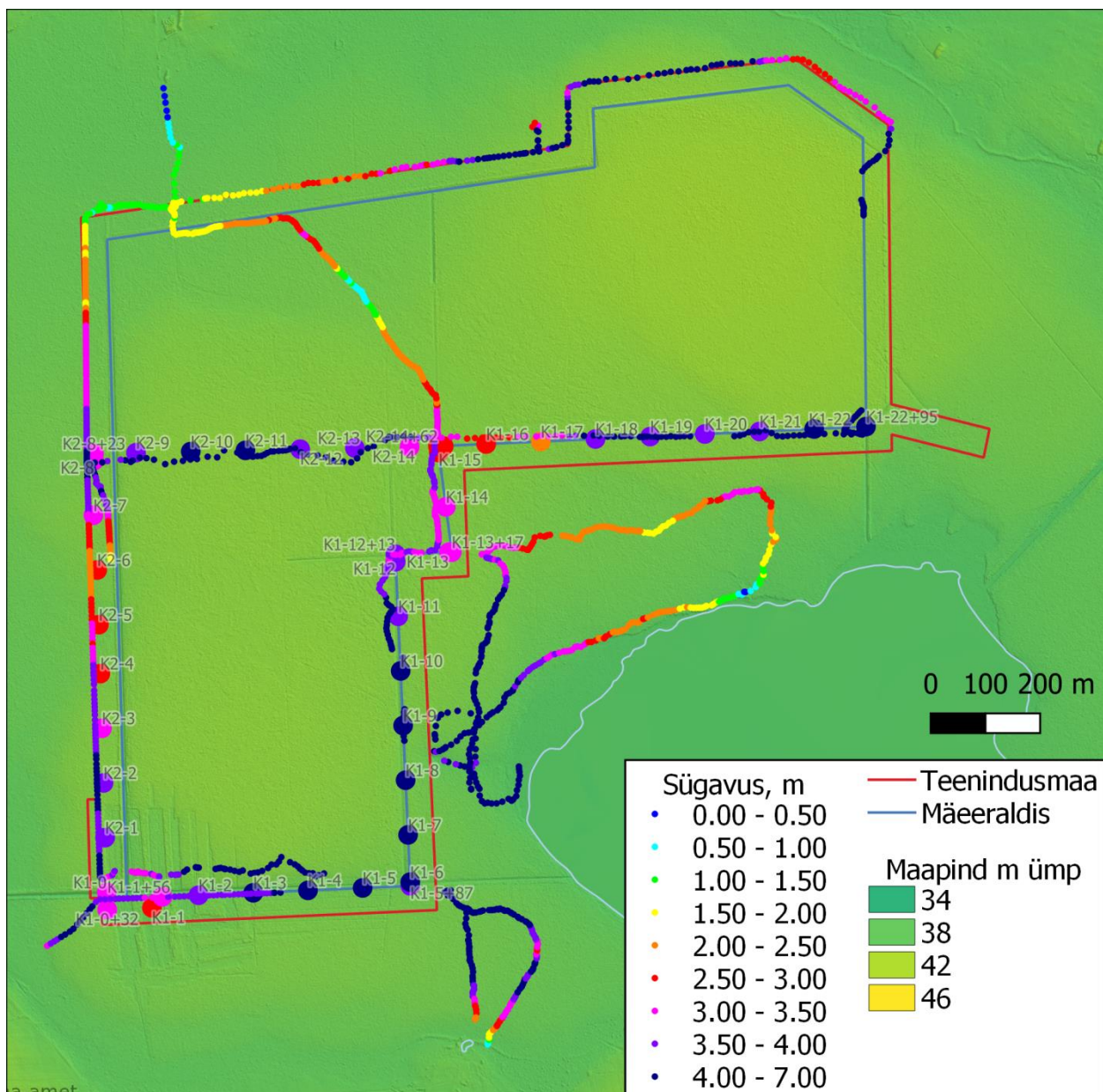
Mineraalpinnase sügavuse kaart on toodud joonisel 2. Radari profiilidel ei saanud sügavust määrata põhjapoolse ala (plokk I) idaküljel ja lõunapoolse ala (plokk II) kaguosas, kus geoloogiliste uuringute ja varasemate radaritööde alusel on teada paksu turbakihi ja järvesetete esinemine. Mineraalpinnase sügavuse suur muutlikkus kogu tootmisalal on samuti varasematest uuringutest teada.

Mineraalpinnase sügavus kogujakraavidel K-1 ja K-2 on üldiselt kooskõlas kaevandamise projektis toodud turba paksuse andmetega. Võrdlus ei ole ühene, kuna alusreljeefi sügavamates lohkudes on turba lamamiks sapropeel, mida radari läbilõigetel ei ole välja eraldatud (mineraalpinnas radari läbilõigetel võib olla sügavamal kui turba lamam). Õhema turba aladel järvesetted puuduvad ja seal peaksid mineraalpinnase sügavus ja turba paksus olema lähedased. Tulemuste lahknemise juures tuleb arvestada ka võimaliku turba kokkuvajumisega kraavide läheduses, asukoha vigadega nii radaritöödel kui ka turbauuringutel ning interpolatsiooniga turba sondeerimispunktide vahel.

Võrdlemisel hakkas silma, et kogujakraavi piketi K1-17 juures on turba paksus ligikaudu 1 m õhem kui radari andmetel. Arvestades lauged alusreljeefi radariprofiilil võib selles punktis kahtlustada andmete sisestamise viga sondeerimise tulemuste digiteerimisel. Samas ei saa välistada, et kraavi läheduses esineb seljandik, millele satuti sondeerimise käigus. Õhukest turvast on tuvastatud radari läbilõigetel nii piketist kagu pool järve lähistel kui ka loode pool.

Kogujakraavi piketil K2-6 on sondeerimise andmetele turba paksus 2,6 m, kraavi asukohas tehtud radari läbilõikel ligikaudu 2,0 m ja kraaviga paralleelselt kulgenud profiilil 1,75 m (seejuures profileerimisel seljandiku harjani ei jõutud). Piketist K2-6 kagupoole jääval lagedal alal oli radariga profileerimisel samuti näha mineraalpinnas väikeses sügavuses, kuid andmed jäid tehnilistel põhjustel salvestamata.

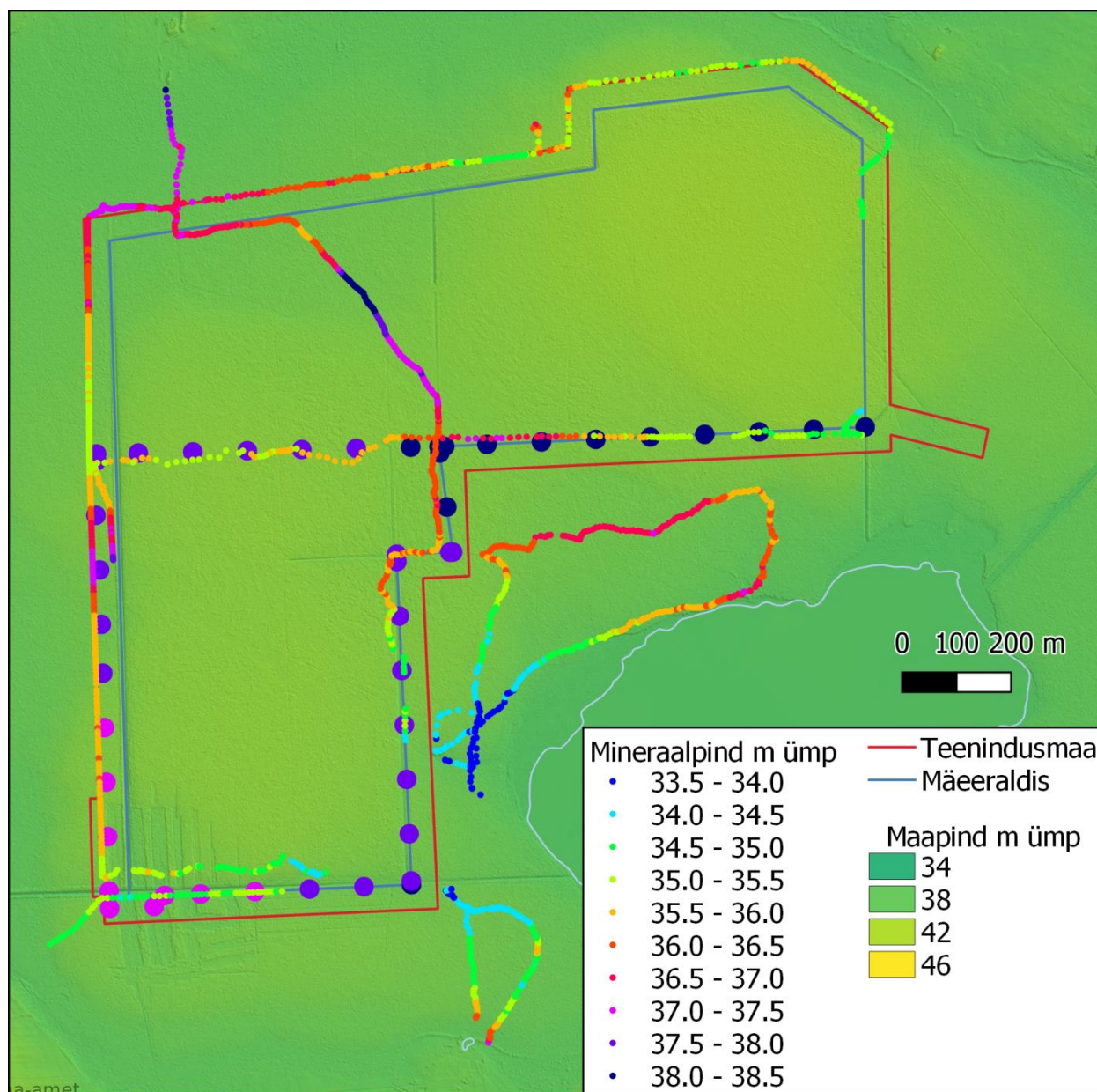
Kavandatud koguja- ja piirdekraavide asukohtadest on kõige väiksemad mineraalpinnase sügavused turbatootmisala loodenurgas kraavil P-1, kus turba paksus on vahemikus 1–2 m.



JOONIS 2. MINERAALPINNASE SÜGAVUS GEORADARI (VÄIKESED TÄPID) ALUSEL JA TURBA KOGUPAKSUS KAEVANDAMISE PROJEKTI (SUURED TÄPID) ALUSEL. TAUSTAL MAA-AMETI RELJEEFIMODEL.

Kogujakraavide põhja kõrgused EH2000 kõrgussüsteemis (kaevandamisprojekti toodud BK77 kõrgustele liideti 0,23 m) on kavandatud vahemikus 37,3 – 38,5 m. **Mineraalpinnase lasumi absoluutne kõrgus** (EH2000) kogujakraavidel (Joonis 3) on valdavalt rohkem kui 1,5 m väiksem. Kavandatud kogujakraavi K-2 põhja kõrgus piketil K2-6 on 37,62 m ümp. Kraavi asukohas mõõdetud radariläbilõikel on selle piketi ümbruses mineraalpinnase kõrgus ainult 0,3 m väiksem, kraaviga K-2 paralleelselt ~30 m kaugusel kulgeval profiilil kerkib mineraalpinnase pealispind kraavi põhja kõrgusele. Arvestades mõõtmisvigasid, alusreljeefi muutlikkust ning kopatööde täpsust on oht, et kogujakraavi rajamisel jõutakse mineraalpinnaseni. Radari läbilõikel (Joonis 4) ei ole näha seljandiku sisse, mis võib viidata moreenile, millel võib lasuda õhuke liivakiht. Kinnitamata vaatlusandmetel on selles piirkonnas olemasoleva (mäeeraldis

piiril kulgeva) kraavi kaevamisel tulnud välja lubjakivi tükke (võivad olla pinnakattest, ei pruugi olla aluspõhjast). Seljandiku koostis ja pinnakatte paksus vajavad täpsustamist puurimisel. Puurimiskoha täpsemal valikul tuleks seljandiku harja asukoht täpsustada näiteks vardaga sondeerides.



JOONIS 3. MINERAALPINNASE PEALISPINNA KÕRGUS (VÄIKESED TÄPID) JA KOGUJAKRAAVIDE PÕHJA KÕRGUS (SUURED TÄPID) EH2000 KÕRGUSSÜSTEEMIS.

Radaryläbilõige näitab, et kogujakraavi piketi K1-16 lähistel on mineraalpinnase pealispind kavandatud kraavi põhjast ligikaudu 1 meetri sügavusel. Selline kõrguste vahe peaks olema piisav, et kogujakraavi kaevamisel ei läbistata turbapinnast.

OÜ Inseneribüroo Steiger koostatud kaevandamisprojekti ei ole toodud kavandatava piirdekraavi P-1 põhja kõrgusi ning seetõttu ei ole andmeid, mida võrrelda radari läbilõigetega.

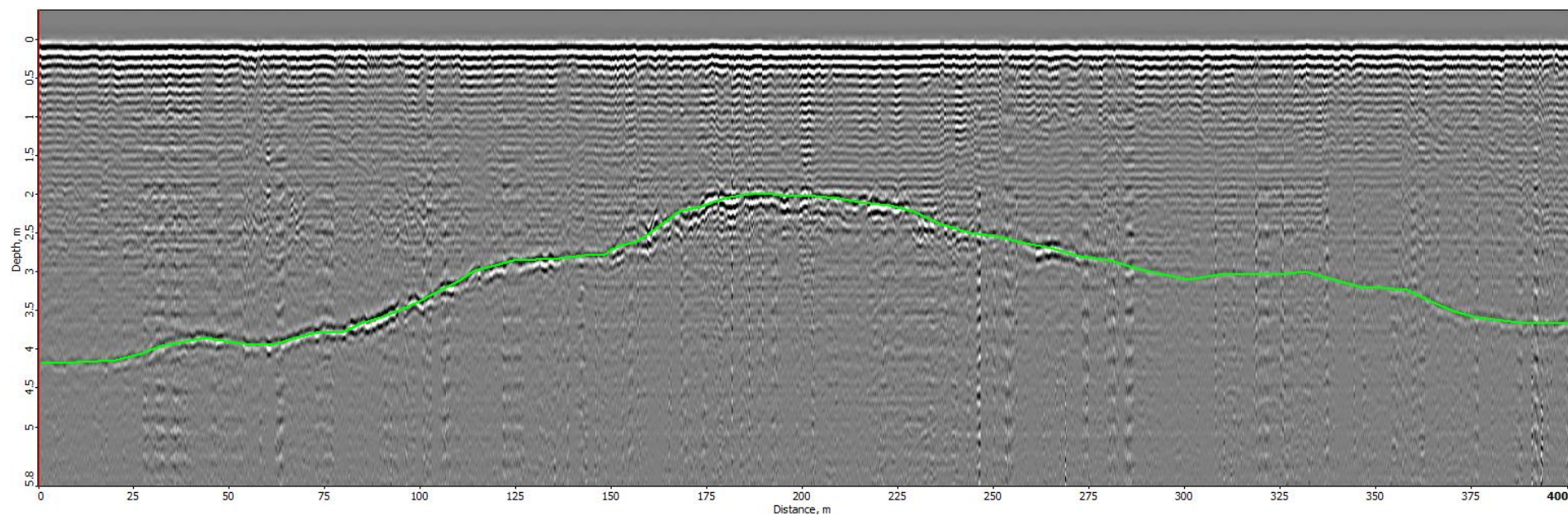
Piirdekraavi rajamisel tuleks arvestada, et mineraalpinnase kõrgus kavandatud väljaveotee nr 1 läheduses on vahemikus 37–37,4 m (turba paksus vahemikus 1–1,5 m). Mäeeraldise teenindusmaa loodenurgast lõuna suunas mineraalpinnase pealispind langeb, kuid nurgast ~160 m kaugusel on umbes 25 m laiune ja 1 meetri kõrgune liivane (radari läbilõikel on näha seljandiku sisse) seljandik (nt. rannavall või luide), mille pealispind kerkib kõrgusele 37 m ümp.

Radari uuringu käigus tehti tagasiteel auto juurde mõõtmisi ka tootmisalal. Nii põhja- kui ka lõunapoolse turbatootmisväljaku lageraba alal tuvastati õhukese turbaga lõigud. Lõunapoolisel alal piketist K2-6 kagus mõõdetud profiili andmeid ei õnnestunud tehnilistel põhjustel salvestada. Põhjapoolisel väljakul mõõdetud profiilil oli vähim turba paksus 0,7 m, mineraalpinnase kõrgus kuni 38,4 m ümp (Joonised 2 ja 3). Profiil kulges eeldatavalt seljandikuga samas suunas, tõenäoliselt mitte kõige kõrgemat harja pidi. Radariläbilõikel on näha peegeldusi seljandiku sees ja tugevamat peegeldust seljandiku all, mis viitab vähemalt mõne meetri paksusele savivaesele materjalile (liiv või kruus, rannikuvööndi setted?). Materjali esineb profiilil ka seljandiku harjaosast kagus. Seljandikku moodustava materjali koostis, selle all moreeni esinemine või puudumine ning seljandiku paiknemine vajavad täpsustamist radariuuringute II etapi käigus.

Lõunapoolse kaevevälja (plokk I) idakülje teenindusmaale on kavandatud suurvee mahutamiseks **bassin S-5**, mis on üks kolmest bassinist, mille eesmärk on tagada ühtlane veetase Kaberla ojas ka suvisel perioodil. Bassin S-5 on plaanis kaevata ümbritseva ala turba pinnast 1,1 m sügavamale ja piiritleda 1 m kõrguste turbavallidega (kõrguste vahe kokku 2,1 m). Kogujakraavi K-1 pikettide K1-8 ja K1-9 lähistel, vahetult teenindusmaa piirilt saab alguse lohkude rida, mis ulatub Rummu järveni. Kuusalu Vallavalitsuse tellitud uuring (Jõelet ja Paat, 2020) näitas, et lohkude alal on sfagnumiturvas õhenenud ja ülaosas mineraliseerunud, kuid samas läbilõike sügavam osa on sarnane ümbritsevale alale. Vaatlused viitavad lokaalsest veetaseme alanemisest tulenevale turba lagunemisele ja kokku vajumisele. Lohkude teket saab siduda turbas esinevate paremini vettjuhtivate vöönditega, mille abil kuivendatakse lohkude asukohti alates järvetaseme langetamise ajast (kinnitamata andmetel esimest korda langetati järvetaset 1970nda paiku, teist korda 1990nda paiku).

Kaevandamisprojekti läbivaatamisel tuleb lohkude piirkonnale tähelepanu pöörata, võimalikke mõjusid analüüsida ja vajadusel teha muudatusi projektis, kuna S-5 on plaanis rajada lohkudest <10 m kaugusele ja K-1 ligikaudu 45 m kaugusele. Ei saa välistada, et paremini vettjuhtiv vöönd jätkub praegustest lohkudest lääne suunas ning hakkab mõjutama veerežiimi bassinis ja kraavis. Võimalikud arengud on näiteks bassinipiirdevallide äravajumine, bassin S-5 lekkimine üle

valli või basseini põhja kaudu. Võimalikud tagajärjed on näiteks heljumi jõudmine Rummu järve, S-5 ei täida oma eesmärki kuna Kaberla ojja ei jõua piisavalt vett suvisel perioodil, aga ka täiendav (kuigi raskesti kontrollitav) toide Rummu järve, mille valgla kaevandamisega seoses kahaneb.



JOONIS 4. RADARI LÄBILÕIGE PIKETI K2-8 JUUREST LÕUNASSE. LAMEDA LAEGA SELJANDIKU HARI ASUB PIKETI K2-6 ÜMBRUSES. ROHELISEGA ON TÄHISTATUD MINERAALPINNASE PEALISPIND. KESKKONNA PERMITIIVSUSENA ON KASUTATUD $\epsilon = 70$.

4. Kokkuvõte

- Georadariga mõõdeti Kodosoo turbatootmisalal ligikaudu 7 km profiile peamiselt koguja- ja piirdekraavidel.
- Läbilõigetel tõlgendati mineraalpinnase pealispind, klikitud punktide andmed (mineraalpinnase sügavus, pinna kõrgus EH2000 süsteemis) on toodud elektroonilise lisana. Mineraalpinnast ei saanud tõlgendada kohtades, kus pinnas oli sügavamal kui 4,5–6 m ja kavandatavate kraavide põhjast oluliselt sügavamal.
- Kogujakraavi K-2 piketi 6 ümbruses on mineraalpinnas kavandatud kraavipõhja kõrgusest 0,3 m kõrgemal, paralleelsel profiilil ~25 m kraavist eemal kraavi põhjaga samal tasemel. Arvestades mõõtmisvigasid, alusreljeefi muutlikkust ning kopatööde täpsust on oht, et kogujakraavi rajamisel jõutakse mineraalpinnaseni. Seljandiku koostis ja pinnakatte paksus vajavad täpsustamist puurimisel. Puurimiskoha täpsemal valikul tuleks seljandiku harja asukoht täpsustada näiteks vardaga sondeerides.
- Kogujakraavi K-1 piketi 16 lähistel on mineraalpinnase pealispind kavandatud kraavi põhjast ligikaudu 1 meetri sügavusel, mis peaks olema piisav, et kogujakraavi kaevamisel ei läbistata turbapinnast (pikett asub loode-kagu-suunalisel muutliku kõrgusega seljandikul). Kogujakraavide K-1 ja K-2 teistel lõikudel on mineraalpinnase pealispind kraavide põhjast sügavamal kui 1 m.
- Piirdekraavil P-1 on turba paksus enamasti suurem kui 2 meetrit, kuid turbatootmisala loodenurgas on turba paksus vahemikus 1–1,5 m, kohati võib olla veelgi õhem (mineraalpinnase lasum kõrgusel 37–37,4 m). Mäeeraldise loodenurgast ~160 m kaugusel on umbes 25 m laiune ja 1 meetri kõrgune liivane seljandik, mille pealispind kerkib kõrgusele 37 m ümp.
- Põhjapoolsel tootmisväljal (plokk I) tuvastati juhusliku profiiliga seljandik, mille pealispind ulatus tasemele 38,4 m ja millel oli turbakihi paksus 0,7 m. Turbakihi väike paksus tuvastati ka lõunapoolsel tootmisväljal (plokk II) piketist K2-6 kagus, kuid radari profiil jäi salvestamata. Neid objekte uuritakse täpsemalt uuringute etapi II käigus.

5. Viited

- Habicht, Hando-Laur; Rosentau, Alar; Jõelet, Argo; Heinsalu, Atko; Kriiska, Aivad; Kohv, Marko; Hang, Tiit; Aunap, Raivo (2017). GIS-based multiproxy coastline reconstruction of the eastern Gulf of Riga, Baltic Sea, during the Stone Age. *Boreas*, 46 (1), 83–99.10.1111/bor.12157.
- Hang, T., Hiiemaa, H., Jõelet, A., Kalm, V., Karro, E., Kirt, M., Kohv, M., Marandi, A. 2009. Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks. Uuringu aruanne, Tartu Ülikool, Geoloogia osakond, Tartu, 60 lk.
- Hang, T., Hiiemaa, H., Järveoja, M., Jõelet, A., Kalm, V., Karro, E., Kohv, M., Mustasaar, M., Polikarpus, M., Plado, J. 2012. Ratva raba hüdrogeoloogiline uuring ja Selisoo seiresüsteemi rajamine. KIK projekti nr 15 aruanne. Tartu Ülikooli geoloogia osakond.
- Hiiemaa, H.; Mustasaar, M.; Kohv, M.; Hang, T.; Jõelet, A.; Lasberg, K.; Kalm, V. (2014). Geological settings of the protected Selisoo mire (northeastern Estonia) threatened by oil shale mining . *Estonian Journal of Earth Sciences*, 63(2), 97 - 107.
- Paat, R.; Jõelet, A. (2020). Georadari uuring Rummu rabas. Aruanne. Tartu Ülikool.
- Paat, R.; Jõelet, A.; Kohv, M.; Polikarpus, M. (2020). Põlevkivi piirkonna soode rajoneerimine. Aruanne. Tartu Ülikool. KIK 14533.
- Plado, J.; Sibul, I.; Mustasaar, M.; Jõelet, A. (2011). Ground-penetrating radar study of the Rahivere peat bog, eastern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(1), 31 - 42.