

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Loodusteaduskond  
Geoloogia instituut

EESTI LIIVA- JA KRUUSAVARUDE LÕIMISE  
MATEMAATILINE TEISENDUSMEETOD  
ÜLEMINEKUKS UUTELE RIIKLIKULT  
KEHTESTATUD NÕUETELE

CONVERSION OF GRAIN SIZE DISTRIBUTIONS OF ESTONIAN SAND AND GRAVEL RESOURCES TO  
MEET THE NEW NATIONAL REGULATIONS

Magistritöö

Üliõpilane: Andres Küüsmaa  
Juhendaja: Kristjan Urtson, PhD  
Kaasjuhendaja: Rutt Hints, PhD  
Õppekava: YAEM14/15 - Maa-teadused ja geotehnoloogia

Tallinn 2019

## Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Andres Küüasmaa

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Kristjan Urtson

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees:

# Sisukord

Autorideklaratsioon .....	2
Töös kasutatud joonised ja tabelid .....	4
Abstract .....	6
Annotatsioon.....	7
1 Sissejuhatus .....	8
2 Kruus ja liiv Eestis .....	9
3 Seadustest tulenevad sõelanalüüsi uued nõuded.....	12
4 Materjal ja meetodid .....	14
4.1 Ettevalmistav etapp ja proovide kogumine .....	14
4.2 Sõelanalüüs .....	16
4.3 Lõimise matemaatiliste karakteristikute leidmine.....	18
5 Lõimise matemaatilise teisendamise võimalused.....	21
5.1 Lineaarne ja logilinearne interpoleerimine.....	21
5.2 Gompertz'i meetod .....	22
5.3 Splain meetod .....	22
5.4 Sarnasuse meetod.....	24
5.5 Uuringus analüüsitud meetodid.....	25
6 Tulemused ja arutelu.....	26
6.1 Sõelanalüüsi tulemused ja terasuuruse jaotuste statistilised karakteristikud.....	26
6.2 Lõimiseandmete teisendamine loglineaarse interpolatsiooni mudelitega.....	28
7 Kokkuvõte.....	34
8 Tänuavaldused.....	35
9 Kasutatud kirjandus.....	36

Lisa 1. Proovivõtukohtade asukohad ja kirjeldus.....	38
--	----

## **Töös kasutatud joonised ja tabelid**

Joonis 1. Kruusa ja liiva mäeeraldiste jaotus maakondade lõikes (Roosalu, 2019). .....	9
Joonis 2. Proovivõtukohtad (koostatud joonestusprogrammiga Bentley PowerCivil).....	16
Joonis 3. Sirge võrrandiga leitav väärtus kahe olemasoleva punkti vahele. ....	22
Joonis 4. Kuupsplaini ja lineaarse joone erinevus (Biran, 2019). ....	23
Joonis 5. Joonised näitavad järsu muutuse alas piiratud kuupsplainidega interpoleeritud joone täpsuse eeliseid võrreldes tavaliste kuupsplainidega ja lineaarsete meetoditega (Weltje, et al., 2011). ....	24
Joonis 6. Sarnasuse meetodiga läbindite prognoosimine. Horisontaalsel teljel on terasuurused $\varphi$ -skaalal ning vertikaalsel teljel on osakeste kumulatiivne osakaal protsentides. Horisontaalsel teljel olev A on osakese suuruse väärtus, millele otsitakse teisendit (Nemes, et al., 1999). ....	25
Joonis 7. Sõelutud Änari P1 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 10.0 mm. ....	26
Joonis 8. Sõelutud Änari 1 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 0.3 mm.....	26
Joonis 9. Sõelutud Tudulinna P3 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 125.0 mm. ....	27
Joonis 10. Sõelutud Tudulinna P3 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 5.0 mm. ....	27
Joonis 11. Lõimise sorteeritus geneetiliste tüüpide põhjal karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1.....	28
Joonis 12. Asümmeetriakordaja jaotused geneetiliste tüüpide põhjal karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1. ....	28
Joonis 13. Geneetiliste tüüpide järgi sõela ava suuruste suhteline prognoosi hälve karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1. ....	29
Joonis 14. Keskmise suhteline prognoosi hälve sõela ava suuruste järgi.....	29

Joonis 15. Prognoosi hälvete hajuvus standardhälbe alusel. Erinevad värvid tähistavad prognoosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks. ....	30
Joonis 16. Prognoosi hälvete hajuvus asümmeetriakordaja alusel. Erinevad värvid tähistavad prognoosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks. ....	31
Joonis 17. Prognoosi hälvete hajuvus ekstsessi alusel. Erinevad värvid tähistavad prognoosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks. ....	32
Joonis 18. Otsitava väärtuse võimalikud asukohad kahe olemasoleva punkti vahel.....	33
Tabel 1. Liiva ja kruusa klassifikatsioon geneetilise tüübi põhjal (Keskkonnaregister, 2019).....	11
Tabel 2. Riigile kuuluva maavara kaevandamisõiguse tasumäärad aastateks 2016–2025 (Riigikogu, 2019). ....	13
Tabel 3. Proovivõtu kohtadeks valitud karjäärid (Keskkonnaregister, 2019). ....	15

## Abstract

On 22.12.2018 a new mineral exploration procedure was adopted in Estonia and the new requirements for the registration of sand and gravel as mineral resources began to apply. Prior to that gravel was considered to be mineral resource when sediments contained more than 35% of the particles with diameter > 5 mm and sand was classified as a mineral resource containing more than 35% of the particles with diameter < 5 mm. But in the new mineral exploration procedure, gravel is redefined as a mineral resource where more than 35% of the particles should have larger diameter than 31,5 mm and for sand the same parameter needs to be less than 35%.

Before the new mineral exploration procedure the grain size analyses of sand and gravel resources was carried out according to standard GOST 12536, but now to fulfill the new requirements the standard of EVS-EN 933-1 needs to be adapted. Two standards use different sieve sets. New regulations have put mining companies into a difficult situation, where the requirements for resource classification have changed significantly, but the material names and the mining rights fee have not been changed. The fees depend on the usage of the mineral resources which is determined by the sieves. Making new geological surveys in quarries and miners would be expensive and time consuming, therefore companies would prefer alternative cheaper and faster options such as mathematical conversion of existing grain size data according to new standards.

The goal of the master's thesis was to find reliable mathematical method for conversion of the grain size data obtained according to GOST 12536 standard to the grain size data which are in agreement with EVS-EN 933-1 standard. For this purpose, 99 samples representing different particle size distributions and genetic types were collected from different quarries across Estonian mainland. The samples were sieved using both standards - GOST 12536 and EVS-EN 933-1.

The obtained grain size distributions were characterized by means of moment method for mapping principle grain size distribution variations within considered dataset.

The linear and loglinear interpolation methods were tested as possible solutions for estimating grain size distribution applicable to EVS-EN 933-1 based on measured GOST 12536 grain sizes values. The methods were selected due to their wide usage and simplicity. To evaluate the accuracy of estimated values and suitability of used interpolations the estimation errors between calculated grain size values and real measured values according to EVS-EN 933-1 standards were found. Obtained mean errors were smallest in case loglinear interpolation, which used  $\log_{10}$  cumulative percentage of grain size fraction for calculations. However, the mean errors were not uniformly distributed and remained considerably high for some small grain size fractions. Therefore linear and loglinear interpolation methods were found to be inaccurate procedures for recalculations of grain size data.

The thesis proposes other options for converting grain size data of Estonian sand and gravel deposits. One of those options is similarity method, which requires a large database of grain size data. Also the spline and the Gompertz curve method may give the better results for solving existing problem. Nevertheless, those methods are more sophisticated compared to linear models.

## Annotatsioon

22.12.2018 hakkas kehtima uus maavarade uuringu kord ning sellega uued nõuded liiva ja kruusa maavarana arvele võtmiseks. Enne kehtis regulatsioon, mille kohaselt kruus oli maavara, kus osakesi läbimõõduga üle 5 mm ei tohtinud olla alla 35% ning liiv oli maavara, kus osakesi läbimõõduga üle 5 mm pidi olema alla 35%. Uue maavarade uuringu korra järgi on kruus maavara, milles osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri on rohkem kui 35%. Liivaks loetakse materjali, milles osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri on vähem kui 35%.

Enne uut maavarade uuringu korda määrati lõimist GOST 12536 standardile vastavalt, kuid kehtiva korra kohaselt tuleb lõimise määramisel kasutada EVS-EN 933-1 standardi sõelu. Üleminek uutele standarditele on problemaatiline esmajärjekorras kaevandusettevõtetele. Uue korraga on oluliselt muutunud ehitusliiva ja ehituskruusa lõimise nõuded, kuid materjali nimetusi ega kaevandamisõiguse tasu ei ole muudetud sõltuvaks sellest, milliste sõeltega on maavara kasutusala määratud. Uute nõuete kohased geoloogilised uuringud karjäärides on aja- ja ressursikulukad. Seetõttu soovivad kaevandusettevõtted vanade lõimise andmete teisendamise lubamist, mis oleks uutest uuringutest odavam ja kiirem.

Magistritöö eesmärgiks on teisendamismeetodi väljatöötamine, mis suudaks GOST 12536 standardi sõelte lõimistulemused teisendada EVS-EN 933-1 standardi sõeltele kohaseks. Selleks koguti üle Eesti karjääridest 99 proovi, mis esindasid erinevaid lõimise ja geneetilise tüüpe, ning tehti proovidest sõelanalüüs nii GOST 12536 standardi kui ka EVS-EN 933-1 kohaselt. Saadud lõimiseandmeid võrreldi omavahel statistiliste parameetrite alusel ja analüüsiti lihtsamaid matemaatilisi teisendusmeetodeid, mida oleks võimalik kasutada teisendamaks GOST 12536 standardi järgi saadud sõelkõverad EVS-EN 933-1 standardi kohaseks.

Töös analüüsiti võimalike terasuuruse andmestiku teisendusmeetoditena lineaarset ja loglineaarset interpoleerimist. Antud meetodite eelisteks on laialdane kasutatavus ja lihtsus. Mudelite prognoosivõime hindamiseks leiti prognoosi hälve ehk GOST 12536 standardile vastava lõimiseanalüüsi andmetest uuele standardile ümberarvutatud ja reaalselt mõõdetud EVS-EN 933-1 lõimiseandmete erinevus. Kõige väiksemad prognoosi hälbed ilmsid loglineaarsel interpoleerimisel, kui interpoleerimiseks kasutati kümnendlogaritmideks ümberarvutatud sõelteläbindeid. Prognoosi hälvete jaotus lõimise fraktsioonide piires oli ebahütlane, olles keskmiselt kõrgem peeneteraliste fraktsioonide puhul. Arvestades, et ka loglineaarse interpoleerimise korral olid saadud prognoosi hälbed kohati suured, siis ei kinnita tulemused lineaarsete meetodite sobivust probleemi lahendamiseks.

Töö kirjeldab täiendavaid matemaatilisi võimalusi Eesti liiva- ja kruusamaardlates kaevandatava materjali terasuuruste andmestiku teisendamiseks eri standardite vahel. Soovitatakse lähemalt analüüsida sarnasuse meetodit, mis nõuab suurt andmebaasi olemasolu või selle koostamist. Täiendavate alternatiivsete meetoditena tuuakse välja splineidega interpoleerimist ning Gompertz'i kõvera meetodit. Antud lähenemisviisid on keerukamad, aga samas võivad potentsiaalselt lubada suurema täpsusega teisendusi.

# 1 Sissejuhatus

Liiv ja kruus on kohaliku maavarasektori olulised toormed, mis oma kogumahult moodustavad suurima osa Eestis kaevandatavate ehitusmaavarade mahust (Roosalu, 2019). Nii liiva kui ka kruusa varustuskindluse tagamine kuulub riigi strateegiliste ülesannete hulka (Keskkonnaministeerium, 2010). Üleminek liiva ja kruusa tera suuruse varasematelt kehtinud normatiividelt uutele, Euroopa Liidus laialdaselt kasutatavatele standarditega ühilduvatele nõuetele, on vaja tagada moel, mis ei tekitaks liigseid turuhäiringuid. Arvestades liiva ja kruusa suuri kaevandamismahtusid ning -kulusid, kaasnevat maksukoormust ning tihedat konkurentsi ehitusmaavarade turul on ettevõtetal põhjendatud huvi leidmaks võimalusi varasemate uuringuandmete teisendamiseks viisil, millega ei kaasneks üleliia suuri kulusi.

Magistritöö eesmärgiks on püüda leida lahendus probleemile, mis tekkis seoses 2019. a kehtima hakanud Maapõueseaduse rakendusaktile „Üldgeoloogilise uurimistöo ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvele võtmiseks“. Nimetatud akt muutis liiva ja kruusa omaduste ning kasutusalaade määramise kohta esitatavaid nõudeid maavarana arvele võtmiseks.

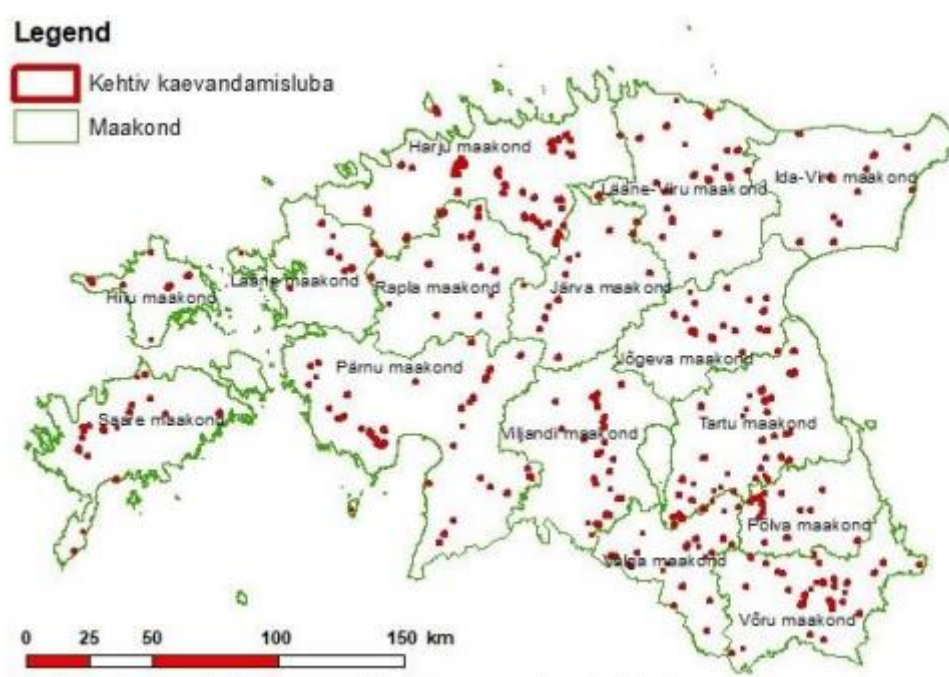
Eelmise uuringukorra järgi tuli liiva ja kruusa lõimise määramisel kasutada standardset sõelte komplekti, mis vastas GOST 12536 standardile (Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве, 2014). Kehtiva uuringukorra järgi tuleb kasutada sõelasid ava suurusega, mis vastab EVS-EN 933-1 standardile (Eesti Standardikeskus, 2012). Sellega seoses muutus ka liiva ja kruusa lõimise määramise kord, kuid kaevandamistasude kord pole sellest sõltuvalt muutunud. Hetkel peaksid liiva ja kruusa kaevandajad, kelle karjääris olev materjal on määratud GOST 12536 standardi järgi, tegema uued geoloogilised uuringud, et määrata uuesti nende karjäärides asuv materjal.

Eelkirjeldatud olukorra lahendamiseks viisil, mis ei nõuaks uusi geoloogilisi uuringuid, püütakse käesolevas töös leida võimalused GOST 12536 standardi sõelanalüüsi tulemuste matemaatiliseks teisendamiseks EVS-EN 933-1 standardile kohaseks. Töö käsitleb kõiki Eestis käesoleval ajal kaevandatavate liiva- ja kruusavarude geneetilisi tüüpe. Uuringu jaoks koguti ja analüüsiti 99 liiva- ja kruusaproovi, kokku 33 maardlast üle Eesti.



## 2 Kruus ja liiv Eestis

Kruus ja liiv on Eestis laialt kasutatavad maavarad ning nende varusid leidub Eestis peaaegu kõikjal (Joonis 1) (Pirrus, 1999). Kruusa ja liiva kasutatakse paljudes valdkondades ning sõltuvalt sellest on neile esitatud mitmesuguseid standardnõudeid. Peamine liiva tarbimine on ehitustegevuses - mörtide valmistamiseks, betooni, raudbetooni ja asfaltbetooni täiteks, silikaattoodete valmistamiseks, puiste- ja täitematerjalina teedehituses, lisandina tsemendi-, keraamika- ja klaasitööstuses jne. Kruusa kasutusala on mõnevõrra piiratumad - betoonitäiteks, teedehituses, raudtee ballastkihindiks jt. 2018. a kaevandati kruusa ja liiva kokku 6.3 miljonit m<sup>3</sup>. Maavarade koondbilansi kohaselt kaevandati Eestis 2018. aastal kokku 37.5 tuh m<sup>3</sup> tehnoloogilist liiva, 2 888.5 tuh m<sup>3</sup> ehitusliiva ja 1 857.4 tuh m<sup>3</sup> täiteliiva. Sama perioodi ehituskruusa kaevandatud maht oli kokku 2 361.1 tuh m<sup>3</sup> ja täitekruusa maht 22.1 tuh m<sup>3</sup> (Roosalu, 2019).



Joonis 1. Kruusa ja liiva mäeeraldiste jaotus maakondade lõikes (Roosalu, 2019).

Liivad ja kruusad on mineraalsest materjalist koosnevad purdsetted, mis tähendab, et need on tekkinud kivimite purunemisel, mitmete jõudude toimel teise kohta kantud ning seal ladestunud. Murenemise, edasikande ja settimise käigus on liiva- ja kruusaosakesed suuremal või vähemal määral muutunud erinevate füüsikaliste ja keemiliste protsesside tagajärjel. Seetõttu on purdsetted mitmekesise mineraloogilise koostisega, erineva osakeste suuruse ja kujuga ning jaotumusega (Reinsalu, 2011).

Purdsetete teraline koostis peegeldab setteprotsesside iseärasusi ning on tihedalt seotud Maa pinnavormide kujunemisega. Peamise tekke teguri järgi eristatakse 16 erinevat geneetilist tüüpi pinnavorme - kosmogeenseid (meteoriidi plahvatus- ja löögikraatrid), vulkaanilisi, tektoonilisi, raskusjõutekkelisi ehk gravitatsioonilisi, liustikulisi ehk glatsiaalseid, liustikujõelisi ehk fluvioglatsiaalseid, liustikujärvelisi ehk limnoglatsiaalseid, igikeltsatekkelisi ehk krüogeenseid,

vooluvelisi ehk fluviaalseid (sh. jõelisi ehk alluviaalseid, nõlvavoolutekkelisi ehk deluviaalseid, ajutise sängivoolu tekkelisi ehk proluviaalseid), meretekkelisi (merelisi), järvetekkelisi (järvelisi), allikatekkelisi (allikalisi), karstilisi, tuuletekkelisi ehk eoolilisi, elutekkelisi ehk biogeenseid ja immtekkelisi ehk antropogeenseid (tehnoogeenseid) pinnavorme (Rõuk, 1984).

Eestis ehitusmaavarana arvel olevad liiva- ja kruusavarud on seotud Kvaternaari ajastul mandriliustike ja viimaste sulavete toimel tekkinud pinnakatte ja pinnavormidega. Eesti Kvaternaari ajastul kujunenud pinnamood on mitmekesine. Saartel ja mandril mereäärsetes osades esinevad põhiliselt Antsülusjärve, Litoriina- ja Limneamere tekkelised vormid (rannavallid ja rannamoodustised). Mandril on valitsevaks viimase jääaja ajal liustikutegevusega tekkinud kuhjekulutus vormid (oosid, voored, sandurid, mõhnad, deltid ja tasandikud) (Raukas, 2011).

Kitsa kujuga ja järskude nõlvadega oosides asuv materjal on üldjuhul jämedateraline, see-eest laugema kujuga oosid koosnevad peeneteralisemast materjalist. Mõhnades asuv materjal on tavaliselt peeneteralisem, kus kruus ja liiv on settinud vaheldumisi, lisaks võib esineda ka saviläätsi. Deltades ja tasandikel moodustunud liiva- ja kruusamaardlates on materjal hästi sorteeritud ja sisaldavad vähe peenosi. Maardlad, mis on meretekkelised, on materjali poolest ühtlaselt peeneteralised (Räägel, 1997).

Eesti pinnakattes asuvatest liivadest ja kruusadest on enamus settinud seoses mandrijäaga – liustikutekkeline, liustikujõetekkeline või liustikujärvetekkeline. Seda tõestas ka enne välitööde alustamist tehtud andmete töötlus ning seda sama tões ka Räägel (1997). Kogu Eestis asuvate liivamaardlate materjalist on mandrijää tulemusel tekkinud 83% ning sama näitaja kruusamaardlate kohta on lausa 85%. Suurem osa Eestis asuvatest liiva- ja kruusamaardlatest on liustikujõetekkelised. Sageli esinevad liiv ja kruus kompleksmaardlatena, seda tänu kattuvale geneesile (Keskkonnaregister, 2019).

Teisi tüüpe materjale liiva- ja kruusamaardlates on palju vähem ning need on jagunenud enam-vähem võrdselt. Suurem osa meretekkelisi maardlaid asub Lääne-Eestis, tuuletekkelisi Lääne- ja Kirde-Eestis, jõetekkelisi asub põhiliselt Lõuna-Eestis ning järvetekkelisi põhiliselt Põhja- ja Lääne-Eestis (Keskkonnaregister, 2019).

Eesti liiva- ja kruusamaardlad saab jagada geneetiliste tüüpide järgi seitsmeks (Tabel 1). Ülejäänuid geneetiliste tüüpide järgi tekkinud liiva- ja kruusamaardlaid siin ei esine. Välitöödel koguti liiva- ja kruusaproove kõigist seitsmest tüübist.

<b>Geneetiline tüüp</b>	
<b>Klassifikaator</b>	<b>Nimetus</b>
a	jõetekkeline
f	liustikujõetekkeline
g	liustikutekkeline
l	järvetekkeline
lg	liustikujärvetekkeline
m	meretekkeline
v	tuuletekkeline

Tabel 1. Liiva ja kruusa klassifikatsioon geneetilise tüübi põhjal (Keskkonnaregister, 2019).

### 3 Seadustest tulenevad sõelanalüüsi uued nõuded

Töö alustamiseks tuli analüüsida vanu ja hetkel kehtivaid maavarade arvele võtmise nõudeid. Käesoleva aasta 1. jaanuarist jõustus uus Maapõueseaduse redaktsioon ning nimetatud seaduse § 22 lõige 3 sätestab, et maavara võetakse arvele valdkonna eest vastutava ministri määrusega (Riigikogu, 2019). Nimetatud määrus vahetas välja 10.06.2005 vastu võetud ja 31.12.2016 kehtivuse kaotanud õigusakti „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“, mis kehtis tegelikult kuni 22.12.2018 aastani, mil jõustus hetkel kehtiv määrus „Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvele võtmiseks“. Nimetatud määruse § 28 lõike 1 järgi defineeritakse kruusaks materjali, mis on mitmekomponendiline purdsetend, milles osakesi läbimõõduga üle 31.5 millimeetri on rohkem kui 35%. Sama paragrahvi lõike 2 järgi nimetatakse liivaks materjali, mis on on mitmekomponendiline purdsetend, milles osakesi läbimõõduga üle 31.5 millimeetri on vähem kui 35%. Sama Maapõueseaduse alamakti § 29 lõige 3 defineerib omakorda veel ka ehitusliiva ja -kruusa ning täiteliiva ja -kruusa. Selle järgi on ehitusliiv materjal, milles osakesi läbimõõduga alla 0.063 millimeetri ei tohi olla üle 5% ning osakesi läbimõõduga üle 31.5 millimeetri peab olema alla 35% ning ehituskruusas see-eest ei tohi olla osakesi läbimõõduga üle 31.5 millimeetri alla 35% ning osakesi läbimõõduga alla 0.063 millimeetri ei tohi olla üle 12%. Lisaks määrab § 29 lõige 4 liiva ja kruusa lõimise määramiseks kasutatavaks sõelte komplektiks sõelad ava suurustega 125, 80, 63, 40, 31.5, 20, 16, 12.5, 8, 6.3, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 ja 0.063 millimeetrit, mis vastab EVS-EN 933-1 standardile. Lisaks võib tellija nõudel kasutada teistsuguseid sõelu (Keskkonnaministeerium, 2018)

Kuni 22.12.2018 aastani kehtinud õigusakti „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“ § 21 lõike 3 järgi loeti ehitusliivaks materjali, mille peensusmoodul oli 1.3 või rohkem, savi- ja tolmuosaldus ei tohtinud olla üle 10% ja osakesi läbimõõduga üle 5 mm pidi olema alla 35%. Ehituskruusaks loeti materjali, mille osakesi läbimõõduga üle 5 mm ei tohtinud olla alla 35% ning savi- ja tolmuosakesi ei tohtinud olla üle 20%. Materjal, mis ei vastanud eelnevalt välja toodud nõuetele, oli täitepinnas. Sama määruse § 22 lõike 5 järgi tuli liiva ja kruusa lõimise määramisel kasutada standardset sõelte komplekti, mis sisaldas 70, 40, 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.63, 0.315, 0.16 ja 0.05 millimeetrise ava suurusega sõelu, mis vastab GOST 12536 standardile. Lisaks võis tellija nõudel kasutada ka teistsuguseid sõelu (Keskkonnaministeerium, 2005).

Uus määrus sunnib liiva ja kruusa kaevandajaid, kelle karjäärides asuvad maavarad on arvele võetud kasutades GOST 12536 standardi sõelu, üle minema EVS-EN 933-1 standardile vastava sõeltekomplektile. Seda sellepärast, et kaevandamisõiguse tasumäärad on seotud maavara kasutusala, maavara kasutusala on määratud lõimisega ning lõimis määratakse ülevalpool välja toodud alamaktis sätestatud sõelte komplektiga. Kuna eelmise aasta lõpul hakkasid kehtima uued nõuded liiva ja kruusa ning nende kasutusala määramisel, siis muutuvad osades liiva- ja kruusakarjäärides kaevandatava materjali kasutusala ning sellega ka makstavad kaevandamisõiguse tasud. Nimetatud tasumäärad on maavaraliikide lõikes väga erinevad (Tabel 2).

Maavaraliik	Kaevandamisõiguse tasumäär (eurodes) alates										
	Möö- ühik	01.01. 16	01.01. 17	01.01. 18	01.01. 19	01.01. 20	01.01. 21	01.01. 22	01.01. 23	01.01. 24	01.01. 25
Täitepinnas	m3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ehituskruus	m3	2,22	2,29	2,36	2,43	2,5	2,6	2,71	2,82	2,93	3,05
Täitepinnas	m3	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,47	0,5	0,53	0,56	0,6
Ehitusliiv	m3	1,42	1,46	1,51	1,55	1,6	1,68	1,76	1,85	1,94	2,04
Tehnoloogiline liiv	m3	1,81	1,9	1,99	2,09	2,2	2,33	2,47	2,61	2,77	2,94

Tabel 2. Riigile kuuluva maavara kaevandamisõiguse tasumäärad aastateks 2016–2025 (Riigikogu, 2019).

## 4 Materjal ja meetodid

### 4.1 Ettevalmistav etapp ja proovide kogumine

Probleemi püstitus eeldas võrdluskatsete läbiviimist sama proovivalimiga kahe erineva sõelanalüüsi standardi alusel. Proovivalim pidi esindama purdmaavarade geneetilisi tüüpe ja laia lõimise spektrit. Sobivate proovimiskohtade valikuks analüüsi Keskkonnaregistri maardlate nimistus olevaid Eesti liiva- ja kruusamaardlate andmeid (Keskkonnaregister, 2019), sh olemasolevaid GOST 12536 standardile vastavaid lõimiseandmeid maardlate tootsate kihindite kohta.

Maardlate ning proovimiskohtade valiku aluseks olid järgmised kriteeriumid:

1. olemasolev aktiivne karjäär;
2. geneetiliste tüüpide varieeruvus;
3. lõimisetüüpide (terasuuruse) varieeruvus;
4. asukoht (ruumiline katvus);
5. ligipääsetavus;
6. proovi võtmiseks vajaliku paljandi või materjali olemasolu.

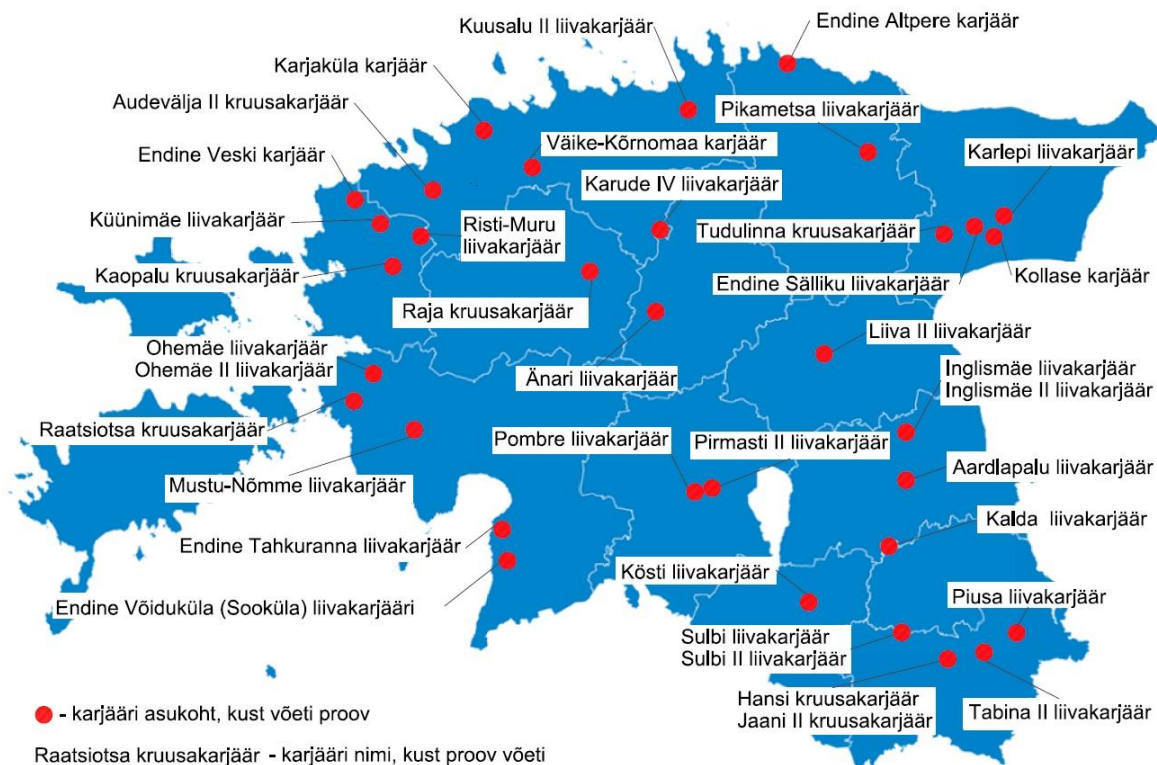
Proovimiskava koostamise lähteülesandeks oli võimalikult ühtlane Eesti mandriosa liiva- ja kruusavarude kaasamine valimisse, et tagada proovide suur geograafiline katvus. Lisaks oli oluline liiva ja kruusa geneetilise tüübi ning materjalist tekkinud pinnamoodide varieeruvus. Valiku tegemiseks töötati läbi Mandri-Eestis asuvad aktiivsed karjäärid ning lisaks geneetilise varieeruvuse suurendamiseks ka maardlad, kus mingil ajaperioodil on kaevandustegevus toimunud.

Uuringuks kaasati Mandri-Eestis kokku 13 maakonda ja nendest 33 erinevat maardlat, kust valiti 36 aktiivset või nüüdseks lõpetatud karjääri (Tabel 3 ja Joonis 2). Välitöödele eelnevalt teavitati kaevandajaid ning enamasti saadi nendepoolne nõusolek karjääridest proovid võtta. Igast karjäärist võttis käesoleva töö autor enamasti kolmest erinevast kohast proovid. Kokku koguti välitöödega 99 proovi. Proovide suurus varieerus lähtuvalt EVS 933-1 standardi nõuetest ~5 kg kuni ~100 kg sõltuvalt proovitud materjali terasuurusest. Proovivõtukohtades, mis sisaldasid jämedat kruusa ning munakaid, võeti suured, kuni 103 kg proovid ning mis sisaldasid liiva, oli proovikogus kordades väiksem. Proovivõtukohtadeks olid karjäärides olevad paljandid või oli tegu materjaliga, mis oli vee alt välja tõstetud või pumbatud.

Proovid koguti proovikottidesse labidaga, kotid märgistati ja suleti kaablisidemetega. Proovi võtmise asukoht märgistati GPS-iga. Peale proovide kogumist viidi need Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia instituudi Mäendustingimuste laborisse.

<b>Karjääri nimetus</b>	<b>Kaevandaja</b>	<b>Pinnavorm</b>	<b>Geneetiline tüüp</b>
Audevälja II kruusakarjäär	YIT Infra Eesti AS	rannamoodustis	l
Kuusalu II liivakarjäär	Kiiu Soon OÜ	glatsiofluviaalne delta	f
Väike-Kõrnoma karjäär	Merko Infra AS	marginaalne oos	lg
Karjaküla karjäär	AS Kiirkandur	rannavall	l
Tudulinna kruusakarjäär	Maanteeamet	oos	a,f
Karlepi liivakarjäär	Metsamaahalduse AS	luiteahelik	lg
Kollase karjäär	Maanteeamet	luiteahelik	v
Endine Sälliku liivakarjäär	ei kaevandata	luiteahelik	v,lg
Änari liivakarjäär	Mateko OÜ	oos	f
Karude II kruusakarjäär	AS Tariston	mõhnastik	lg,g,f
Liiva II liivakarjäär	OÜ Moreen	oos, mõhnastik	f
Kaopalu kruusakarjäär	Lääne Teed OÜ	rannavallidega kaetud oos	f
Risti-Muru liivakarjäär	AS Kiviluks	rannamoodustis	lg
Endine Variku karjäär	ei kaevandata	rannavallid ja lited	m,v
Küünimäe liivakarjäär	Variku Liiv OÜ	rannamoodustis	l
Pikametsa liivakarjäär	Eesti Teed AS	marginaalne oos	lg
Endine Altpere karjäär	ei kaevandata	rannavall	l
Ohemäe II karjäär	Lääne Teed OÜ	rannamoodustis	f,lg
Mustu-Nõmme liivakarjäär	AS Lihula Maaparandus	rannamoodustis	l
Raatsiotsa kruusakarjäär	AS Lihula Maaparandus	rannamoodustis	m
Endine Tahkuranna liivakarjäär	ei kaevandata	rannamoodustis	m
Endine Võiduküla liivakarjäär	ei kaevandata	rannamoodustis	m,v
Kalda liivakarjäär	Krüüdneri Karjäär OÜ	mõhnastik	f
Raja kruusakarjäär	OÜ Sokkel Holding	oos	lg
Inglismäe liivakarjäär	Inglismäe OÜ	mõhn	f
Inglismäe II liivakarjäär	Inglismäe OÜ	mõhn	f
Aardlapalu liivakarjäär	Osaühing Eesti Killustik	hilisglatsiaalsed jõesed	f
Kösti liivakarjäär	Osaühing Sanva	jõeoru nõlv	a, lg
Pirmastu II liivakarjäär	Osaühing Eureka	oos	g,f
Pombre liivakarjäär	Medemar OÜ	oos	f,a
Sulbi liivakarjäär	Võru Vallavalitsus	glatsiofluviaalne delta	f
Sulbi II liivakarjäär	Toftani Metsanduse OÜ	glatsiofluviaalne delta	f
Tabina II liivakarjäär	O-I Production Estonia AS	Devoni liivakivi	f,a
Piusa liivakarjäär	O-I Production Estonia AS	Devoni liivakivi	m
Hansi kruusakarjäär	TREV-2 Grupp AS	glatsiofluviaalne delta	f,g
Jaani II kruusakarjäär	TREV-2 Grupp AS	glatsiofluviaalne delta	f,g

Tabel 3. Proovivõtukohtadeks valitud karjäärid (Keskkonnaregister, 2019).



Joonis 2. Proovivõtukohtad (koostatud joonestusprogrammiga Bentley PowerCivil).

## 4.2 Sõelanalüüs

Iga kogutud proov jaotati jaotuskasti abil TalTechi Mäendustingimuste laboris kolmeks osaprooviks:

- esimene osa, mis jäi TalTechi Mäendustingimuste laborisse, kus teostati puistematerjalide sõelanalüüs vastavalt standardi EVS-EN 933-1 nõuetele;
- teine osa läks Eesti Geoloogiateenistuse laborisse, kus teostati puistematerjalide sõelanalüüs vastavalt standardi GOST 12536 nõuetele;
- kolmas osa jäi reservi, juhuks kui on vaja teha duubelkatsed.

Tallinna Tehnikaülikooli akrediteeritud Mäendustingimuste laboratooriumis (akrediteerimistunnistus L266) teostati sõelanalüüsi katsed, milles osales ka käesoleva töö autor, EVS-EN 933-1 standardi kohaselt (Eesti Standardikeskus, 2012). Eesti Geoloogiateenistuse laboratooriumis (akrediteerimistunnistus L093) teostati sõelanalüüs GOST 12536 standardi kohaselt (Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве, 2014).

Mõlema standardi kohaselt käib katseproovi sõelanalüüsi teostamise ettevalmistamine ühetaoliselt. Esmalt tuleb proovikogus ära kaaluda ja ahjus ära kuivatada kuni konstantse massi saavutamiseni ning uuesti kaaluda, et teada saada absoluutselt kuiva proovi kaal. Seejärel tuleb proovist kõige alumise sõelaga (EVS-EN 933-1 standardi järgi on selleks 0.063 mm suuruste avadega



sõel ja GOST 12536 standardi kohaselt on selleks 0.05 mm suuruste avadega sõel) peenosised välja pesta. Peale seda tuleb proov jälle ära kuivatada kuni konstantse massi saavutamiseni ja kaaluda, et saada teada peenosiste sisaldus katseproovis. Seejärel saab alustada katseproovi sõelumisega sõeltekomplektis. Sõelumise järel sõela peale jäänud materjali kogus kaalutakse, tulem registreeritakse (Eesti Standardikeskus, 2012).

Igale sõelale jäänud materjali kogusest leitakse sõelale jäänud koguse protsendiline suurus võrrandiga:

$$M_p = R_i / M_1 \times 100 \quad (1)$$

kus

$M_p$  – massiprotsent (%);

$R_i$  – jääk sõelal (g);

$M_1$  – üldine kuiv mass, peale esimest proovi kuivatamist (g).

Edasi leitakse täisjääk, et oleks võimalik arvutada proovi kogus, mis läbis mingi suurusega sõela. Täisjääk leitakse sõelale eelnevate sõelte massiprotsentide summana. Saadud summa tuleb maha lahutada sajast protsendist. Sõelte läbindid leitakse võrrandiga:

$$t = 100 - \sum (R_i / M_1 \times 100) \quad (2)$$

kus

$t$  – sõelte läbind (%);

$R_i$  – jääk sõelal (g);

$M_1$  – üldine kuiv mass, peale esimest proovi kuivatamist (g).

Arvutatakse peenosiste, mis pestakse proovist välja ning mis läbivad sõelumisel alumise sõela (EVS-EN 933-1 standardi järgi on selleks 0.063 mm suuruste avadega sõel ja GOST 12536 standardi kohaselt on selleks 0.05 mm suuruste avadega sõel, sisaldus võrrandiga:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 \quad (3)$$

kus

$f$  – sõelte läbind (%);

$M_1$  – üldine kuiv mass, peale esimest proovi kuivatamist (g);

$M_2$  – kuiv mass peale peenosiste välja pesemist (g);

$P$  – põhjale jäänud materjal ehk materjal (g).

Sõelanalüüside tegemisel eksisteerib alati mõõtemääramatus. Määramatust põhjustavad sisendsuurused on sõelte avade ebatäpsused, fraktsioonide kaalumise määramatus ning uuritava materjali niiskuse mõju. Täpsus on suuresti sõltuv sõelte koormamisest, ülekoormatud sõelte puhul täpsus kahaneb ning vähem koormatud sõelte puhul täpsus paraneb.

Standard EVS-EN 933-1 annab juhised sõelanalüüsi mõõtemääramatuse hindamiseks tuginedes üleeuroopalise laborite vahelise võrdluskatse kahe katseseeria tulemustele, kus teostati kolme peentäitematerjali sõelanalüüs. Võrdluskatse tulemuste analüüs tõi välja laborisisese korduvuse ja laboritevahelise korratavuse statistilised hinnangud (Eesti Standardikeskus, 2012). Korduvust saab arvutatada võrrandiga:

$$r_1 = 0.042\sqrt{X \cdot (100 - X)} \quad (4)$$

Korratavust saab arvutada võrrandiga:

$$R_l = 0.086\sqrt{X \cdot (100 - X)} \quad (5)$$

kus

$r_1$  – korduvus;

$R_l$  – korratavus;

$X$  – keskmine protsent tegelikust sõela läbindist.

Käesoleva töös osalenud laborite analüüsitulemuste mõõtemääramatuse hindamisel võib juhinduda ülal toodud juhistest.

### 4.3 Lõimise matemaatiliste karakteristikute leidmine

Sõelaanalüüsi andmete statistiliseks analüüsiks ja visualiseerimiseks kasutati Microsoft Excel-it. Lõimiseandmete esmaseks analüüsiks kasutati aritmeetilist momentide meetodit, et leida purdsetete tera suuruse jaotusi iseloomustavate karakteristikute punkthinnangud. Nimetatud meetodi väärtused arvutati GOST 12536 sõelumise andmete järgi eesmärgiga leida algandmete jaotuse kujukarakteristikute seoseid teisendatud andmetega. Momentide meetodit kasutatakse väga laialdaselt erinevate geoloogiliste probleemide lahendamiseks. Antud uuringus kasutati momentide meetodil lõimise karakteristikute leidmiseks ühele sõelale leitud proovikoguse protsendilist väärtust ja sõelte keskmisi avasuursi  $\varphi$ -skaalal. Nimetatud skaala võimaldab kasutada rahvusvaheliselt levinud sorteerituse ja asümmeetria klassifikaatoreid (Boggs, 2006).

Uddeni-Wentworthi skaalal põhinev logaritmiline  $\varphi$ -skaala (Krumbein, 1934) on üks kahest terasuuruse analüüsil kõige sagedamini kasutatavast skaalast.  $\varphi$ -skaala väärtused arvutatakse vastavalt võrrandile:

$$\varphi = -\log_2 d \quad (6)$$

kus

$d$  – terasuurus (mm).

Antud töös kasutati otsitavate väärtuste leidmiseks mitte terasuurust, vaid sõle avade läbimõõte. Sellega teisendati  $\varphi$ -skaalasse mitte terasuurused, vaid sõle ava suurused. Erinevalt sõela avade väärtuste esitamisest lineaarses millimeetri-skaalas võimaldab logaritmiline skaala kasutamine erinevaid sõela ava suuruse väärtusi näidata sama suurusjärgu ühikutena.

Momentide meetodil saab leida 4 terasuuruse jaotuse kuju iseloomustava parameetri punkthinnangud:

1. Aritmeetiline keskmine, mis iseloomustab lõimise keskmist terasuurust (Loog, et al., 1982). See arvutatakse vastavalt võrrandile:

$$x_{\varphi} = \frac{\sum fm}{n} \quad (7)$$

kus

$x_{\varphi}$  – aritmeetiline keskmine ( $\varphi$ );

f – sõelale jäänud materjali kogus (%);

m – sõela ava suuruse keskmine väärtus ( $\varphi$ );

n – proovide kogus, aga kuna käesoleva töös kasutatakse sõela peale jäänud proovi koguse märkimisel protsente, siis  $n=100$  (%)

2. Standardhälve, iseloomustamaks lõimise sorteeritust ehk setendit moodustava purdmaterjali terade ühtlus. See arvestab kõiki proovis esinevaid terasuuri ning näitab kui palju üksikud suurused erinevad keskmisest. Mida suurem on hajuvus, seda rohkem nad erinevad ning seda suurem on standardhälve. Kui kogu materjal on ühesugused terasuurusega, siis hajuvust ei ole ja standardhälve on 0 (Boggs, 2006).
  - A.  $<0,35\varphi$  – väga hästi sorteeritud;
  - B.  $0,35 - 0,50\varphi$  – hästi sorteeritud;
  - C.  $0,50 - 0,71\varphi$  – keskmiselt hästi sorteeritud;
  - D.  $0,71 - 1,00\varphi$  – keskmiselt sorteeritud;
  - E.  $1,00 - 2,00\varphi$  – halvasti sorteeritud;
  - F.  $2,00 - 4,00\varphi$  – keskmiselt halvasti sorteeritud;
  - G.  $>4,00\varphi$  – väga halvasti sorteeritud (Boggs, 2006).

Standardhälve arvutatakse võrrandiga:

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{\frac{\sum f(m - x_{\varphi})^2}{100}} \quad (8)$$

kus

$\sigma_{\varphi}$  – standardhälve ( $\varphi$ );

$x_{\varphi}$  – aritmeetiline keskmine ( $\varphi$ );

f – sõelale jäänud materjali kogus (%);

m – sõela ava suuruse keskmine väärtus ( $\varphi$ ).

3. Asümmeetriakordaja iseloomustab uuritava lõimise jaotuskõvera sümmeetriat. See näitab, kas kõige suurema protsentuaalse sisaldusega osakeste diameeter on nihutatud keskmise diameetri suhtes suuremate või väiksemate osakeste poole (Loog, et al., 1982). Kui asümmeetriakordaja on 0, siis on jaotus sümmeetriline. Kui asümmeetriakordaja on positiivse väärtusega, ehk suurem kui 0, siis on jaotus väljavenitatud paremalt. Kui asümmeetriakordaja on negatiivse väärtusega, ehk väiksem kui 0, siis on jaotus väljavenitatud vasakule (Boggs, 2006).

- A. > +0,30 – tugevalt väljavenitatud paremale (väga peeneteraline);
- B. +0,30 kuni +0,10 – venitatud paremale (peeneteraline);
- C. +0,10 kuni -0,10 – peaaegu sümmeetriline;
- D. -0,10 kuni -0,30 – venitatud vasakule (jämedateraline);
- E. < -0,30 – tugevalt väljavenitatud vasakule (väga jämedateraline) (Boggs, 2006).

Asümmeetriakordaja arvutatakse võrrandiga:

$$Sk_{\varphi} = \frac{\sum f(m - x_{\varphi})^3}{100\sigma_{\varphi}^3} \quad (9)$$

kus

$Sk_{\varphi}$  – asümmeetriakordaja;

$\sigma_{\varphi}$  – standardhälve ( $\varphi$ );

$x_{\varphi}$  – aritmeetiline keskmine ( $\varphi$ );

f – sõelale jäänud materjali kogus (%);

m – sõela ava suuruse keskmine väärtus ( $\varphi$ ).

4. Ekstsess iseloomustab jaotuskõvera lameda- ja teravatipulisust (Loog, et al., 1982). Momentide meetodil määratud ekstsessi korral (avasuurused  $\varphi$ -skaalas) vastab normaaljaotusele väärtus 3. Sellest suuremad ekstsessi väärtused – teravatipulised jaotused, sellest väiksemad – lamedatipulised (Blott, et al., 2001). Ekstsess arvutatakse võrrandiga:

$$K_{\varphi} = \frac{\sum f(m - x_{\varphi})^4}{100\sigma_{\varphi}^4} \quad (10)$$

kus

$K_{\varphi}$  – ekstsess;

$\sigma_{\varphi}$  – standardhälve ( $\varphi$ );

$x_{\varphi}$  – aritmeetiline keskmine ( $\varphi$ );

f – sõelale jäänud materjali kogus (%);

m – sõela ava suuruse keskmine väärtus ( $\varphi$ ).

## 5 Lõimise matemaatilise teisendamise võimalused

Käesoleva magistritööga püüti leida ja analüüsida erinevaid moodusi teisendamaks GOST 12536 standardile vastavaid lõimise tulemusi EVS-EN 933-1 standardile vastavaks. Taolisi terasuuruste prognoosimisele suunatud uuringuid pole Eestis enne tehtud. Väljaspool Eestit on publitseeritud rida uuringuid terasuuruse teisendusi puudutavas valdkonnas (Nemes, et al., 1999), (Weltje, et al., 2011), mis enamasti on analüüsinud lõimiseandmete interpoleerimist erineva keerukusastmega matemaatiliste funktsioonide abil. Käesolevas töös kasutati Eesti liiva- ja kruusamaardlate materjali teisendamiseks loglineaarset interpoleerimist. Vastav meetod on lõimiseandmete puhul laialdaselt kasutusel ning võimaldaks sobivuse korral leida olemasolevale probleemile lihtsaima lahenduse. Lisaks käsitleb töö ka lühidalt täiendavaid võimalusi – nagu interpoleerimine splineidega, sarnasuse ning Gompertz meetodit – erinevate standardite alusel saadud lõimiseandmete integreerimiseks.

### 5.1 Lineaarne ja loglineaarne interpoleerimine

Lineaarse interpoleerimise korral interpoleeritakse katseandmed nii, et iga kahe mõõdetud punkti vahel interpoleeritakse sirge. Sirge võrrandit kasutades saab arvutada punkti (prognoositava väärtuse) olemasoleva kahe punkti vahele (Joonis 3), ehk sirgete võrrandi abil leitakse x-y koordinaatteljestikus kolmas punkt kahe punkti vahele võrrandiga:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (11)$$

Sama võrrandi teisendatud kuju otsitava väärtuse arvutamiseks avaldub võrrandina:

$$y = \left( \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) \times (y_2 - y_1) + y_1 \quad (12)$$

Lineaarse interpoleerimise asemel kasutatakse lõimiseandmete puhul reeglina loglineaarset „prognoosimist“. Sel juhul peavad tera suurused olema  $\varphi$ -skaalal (Nemes, et al., 1999). Loglineaarse interpolatsiooni matemaatiline valem  $\varphi$ -skaalal on antud võrrandiga:

$$CP_n = CP_{n-1} + \frac{(-\varphi_n) - (-\varphi_{n-1})}{(-\varphi_{n+1}) - (-\varphi_{n-1})} \times (CP_{n+1} - CP_{n-1}) \quad (13)$$

kus

$CP_n$  – puudu olev jaotise kumulatiivne väärtus;

$\varphi_n$  – puudu oleva jaotise osakese suuruse väärtus;

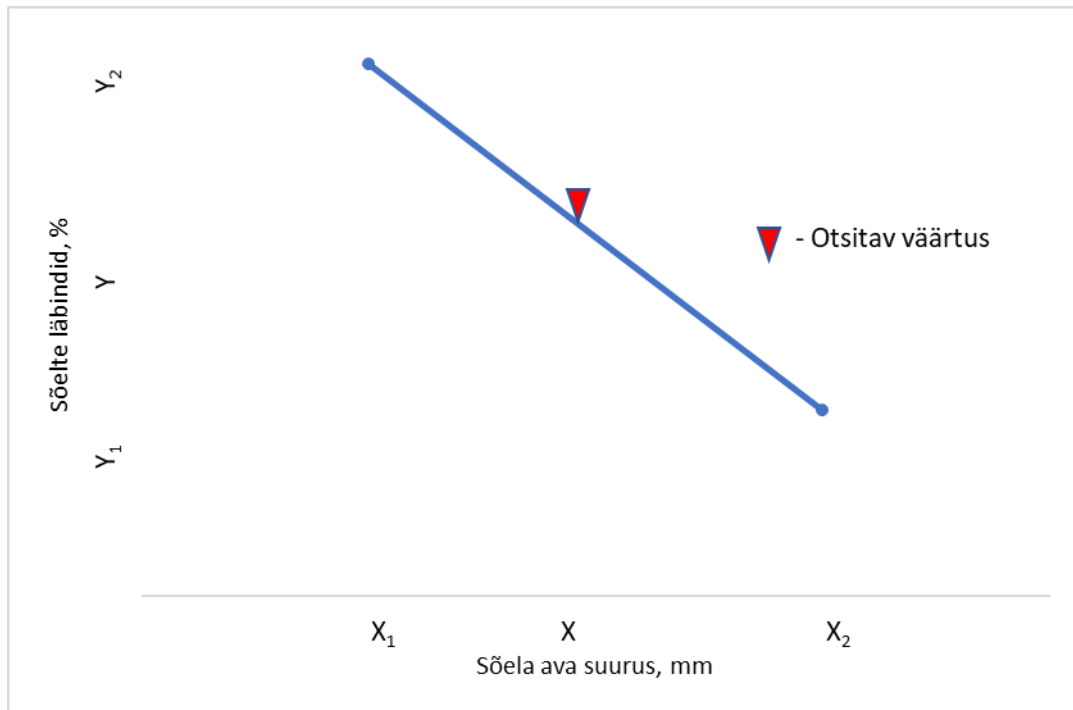
$CP_{n-1}$  – eelnev osakese suuruse väärtus;

$CP_{n+1}$  – järgnev osakese suuruse väärtus;

$\varphi_{n-1}$  – eelneva osakese jaotise kumulatiivne väärtus;

$\varphi_{n+1}$  – järgnev osakese jaotise kumulatiivne väärtus.

Lineaarne interpoleerimine lubab teoreetiliselt lõimisväärtusi prognoosida ka mõõdetud lõimise diapasoosist väljapool. Selleks pikendatakse sirget jaotuse kahe viimase mõõdetud välimise punkti vahet mõõdetud vahemikust väljapoole ja leitakse prognoositav väärtus saadud sirgel.



Joonis 3. Sirge võrrandiga leitav väärtus kahe olemasoleva punkti vahele.

## 5.2 Gompertz'i meetod

Gompertz kõverat, mis on üldise logistilise kõvera spetsiaalne juhtum, on ka võimalik rakendada väärtuste interpoleerimiseks (Tjørve, et al., 2017). Tegemist on logistilise kõvera liigiga, mis on määratletud asümmeetrilise suletud võrrandiga:

$$y_i = \alpha + \gamma \exp(-\exp(-\beta(x_i - \mu))) \quad (14)$$

kus

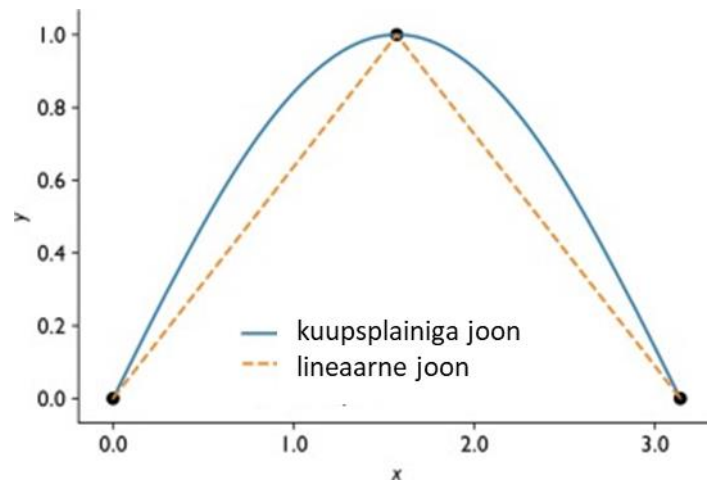
$\alpha, \beta, \gamma$  ja  $\mu$  – joone kuju parameetrid;  
 $y_i$  – tulem.

Gompertz'i meetod näitas kõige väiksemat tundlikkust kasutatud proovide terasuuruste vahel. Kuid siiski mõnede terasuurustega võib anda see meetod väga suure hälbe (Nemes, et al., 1999).

## 5.3 Splain meetod

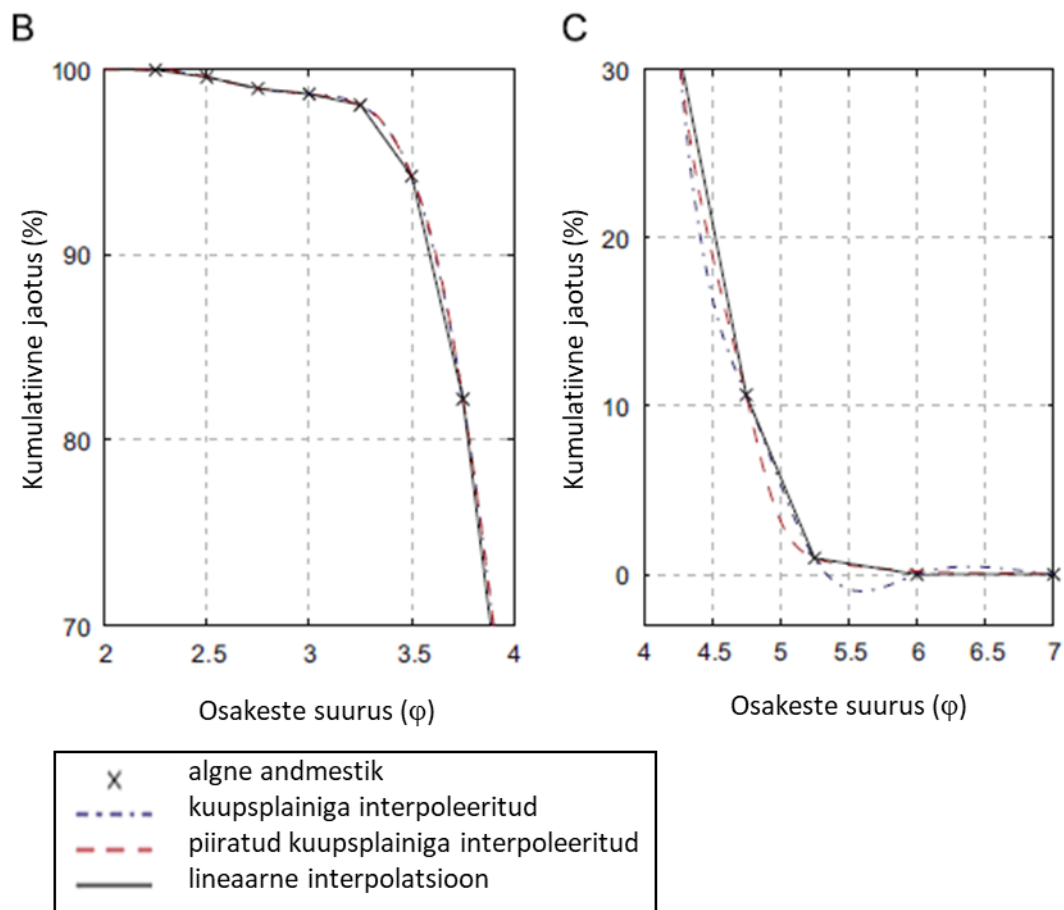
Splainideks nimetatakse siledaid, ühesuguse struktuuriga, tükati polünoomiaalseid funktsioone. Splain meetod kasutab polünoome, et minimeerida kumerusi, mille tulemuseks on silutud pind, mis läbib täpselt proovipunkte. Polünoom võib-olla esimese, teise või kolmanda astme polünoom ning splaini nimetatakse sellisel juhul vastavalt lineaar, ruut- või kuupfunktsiooniks (Nemes, et al., 1999).

Üldjuhul kasutatakse interpoleerimiseks kuupsplaine (Joonis 4). See meetod annab üldiselt hea täpsuse ning täpsus suureneb veel väiksemate osakeste suuruste võrdlemisel (Nemes, et al., 1999).



Joonis 4. Kuupsplaini ja lineaarse joone erinevus (Biran, 2019).

Eraldi on väljatöötatud ka piiritletud kuupsplainide meetod. Nimetatud meetod annab interpoleerimisel veel täpsemaid tulemusi kui tavaline kuupsplainide meetod, kaotades viimase tekitatud kõvera liialdused (Joonis 5). Täpsused saadakse, kui tavapärased kuupsplainid kasutavad teisendatava funktsiooni esimese ja teise astme tuletisi, siis piiritletud kuupsplain kasutab ainult esimese astme tuletist igas punktis (Weltje, et al., 2011).

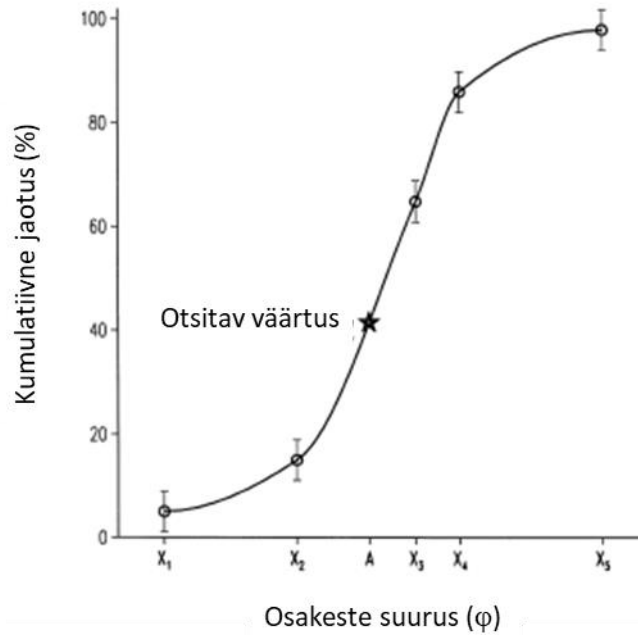


Joonis 5. Joonised näitavad järsu muutuse alas piiratud kuupsplainidega interpoleeritud joone täpsuse eeliseid võrreldes tavaliste kuupsplainidega ja lineaarsete meetoditega (Weltje, et al., 2011).

## 5.4 Sarnasuse meetod

Sarnasuse meetod ei kasuta ühtegi matemaatilist interpolatsiooni funktsiooni. Nimetatud meetod seisneb selles, et teisendatavale proovile otsitakse andmebaasist kõige sarnaneva terastikulise koostisega proov. Selleks tuleb kasutada andmebaasi, mis sisaldab võimalikult palju erinevaid katseproovide tulemusi. Tuleb leida mitmeid sarnaseid proove sellele, mida tuleb teisendada. Terasuurused teisendati  $\varphi$ -skaalale vastavaks. Arvutati leitud sarnaste proovide keskmised väärtused ning leiti teisendatavale proovile otsitavad väärtused (Joonis 6). Uuringud on näidanud selle meetodi kasutamisel kõige täpsemaid tulemusi. Kuid siiski annab seesugune meetod häid tulemusi ainult siis, kui suudetakse leida palju sarnaseid proove (Nemes, et al., 1999).





Joonis 6. Sarnasuse meetodiga läbindite prognoosimine. Horisontaalsel teljel on terasuured  $\varphi$ -skaalal ning vertikaalsel teljel on osakeste kumulatiivne osakaal protsentides. Horisontaalsel teljel olev A on osakese suuruse väärtus, millele otsitakse teisendit (Nemes, et al., 1999).

## 5.5 Uuringus analüüsitud meetodid

Algselt kasutati teisendamiseks lineaarset interpolatsiooni (Võrrand 12) ja loglineaarset interpolatsiooni sõelte avadega  $\varphi$ -skaalas (Võrrand 13), mis aga andsid väga ebatäpsed tulemused. Loglineaarne interpoleerimine kümnendlogaritmitud sõelte läbinditega andis eelnevatest täpsemaid tulemusi, seda meetodit kasutati lõplikuks andmestiku teisendamiseks ja prognoosi hälvete analüüsimiseks. Selleks kasutati võrrandit:

$$\log_{10} y = \left( \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) \times (\log_{10} y_2 - \log_{10} y_1) + \log_{10} y_1 \quad (15)$$

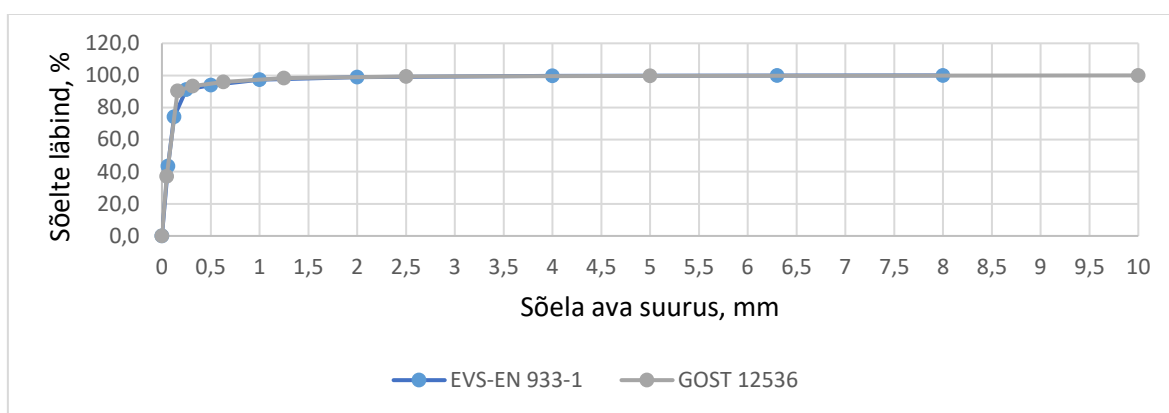
EVS-EN 933-1 standardile vastav väärtus leiti kahe GOST 12536 standardi sõela ava vahele. Viimati nimetatud standardi järgi on suurimaks sõelaks ava suurusega 70 mm, aga EVS-EN 933-1 standardi järgi kasutatakse lisaks sõelasid ava suurustega 80 mm ja 125 mm, mis ei jää ühegi GOST 12536 standardis välja toodud sõelte vahele. Väärtuste leidmiseks sõelale avadega 80 mm kasutati ekstrapoleerimiseks GOST 12536 standardi sõelte avadega 40 mm ja 70 mm tulemusi, kuid väärtusi 125 mm läbimõõduga sõelale ei olnud võimalik nimetatud meetodiga leida.

Antud meetodi järgi leiti prognoosi suhteline hälve, mis annab hinnangu meetodi sobivusele ja tekkiva hälbe suurusele. Suhteline hälve leiti GOST 12536 sõelanalüüsi tulemuste järgi teisendatud väärtuse ja EVS-EN 933-1 standardi järgi sõelutud väärtuse protsendilise erinevusena.

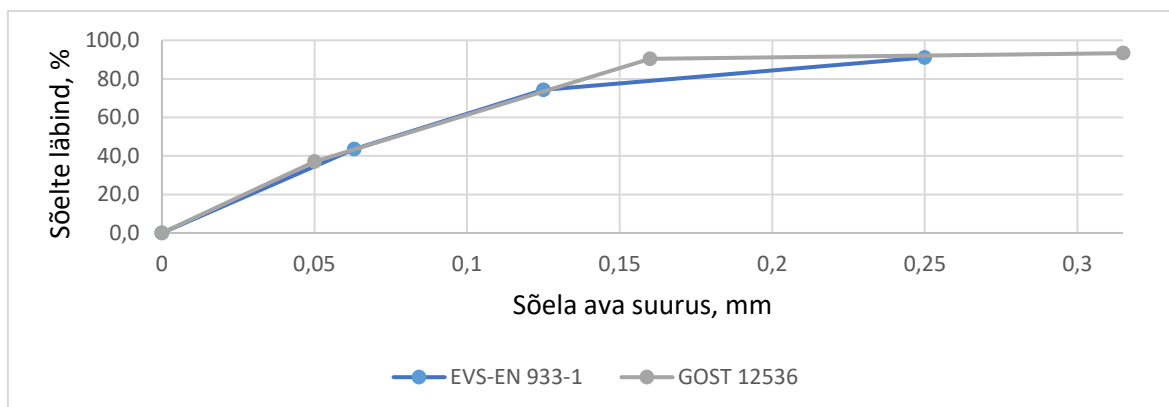
## 6 Tulemused ja arutelu

### 6.1 Sõelanalüüsi tulemused ja terasuuruse jaotuste statistilised karakteristikud

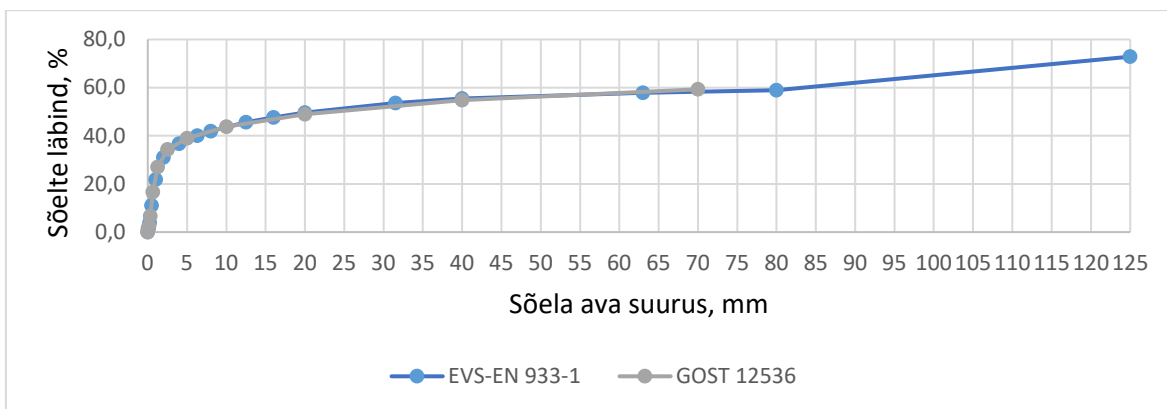
Kõikidest sõelutud 99 proovist tehti lõimiskõverad. Nendest oli näha, et mõlema standardi järgi saadud tulemuste lõimiskõverad ei ühtinud. Proovide tulemuste järgi saab kogutud materjali jagada kaheks – liiv ja kruus (Keskkonnaministeerium, 2018). Joonis 7 näitab liiva proovi (Änari P1) lõimiskõverat EVS-EN 933-1 ning GOST 12536 standardite järgi sõelutud kogu proovi ulatuses ning Joonis 8 näitab sama proovi alumise otsa kõverat. Joonis 9 näitab kruusa proovi (Tudulinna P3) lõimiskõverat mõlemate standardite järgi sõelutud kogu proovi ulatuses ning Joonis 10 näitab sama proovi alumise otsa kõverat.



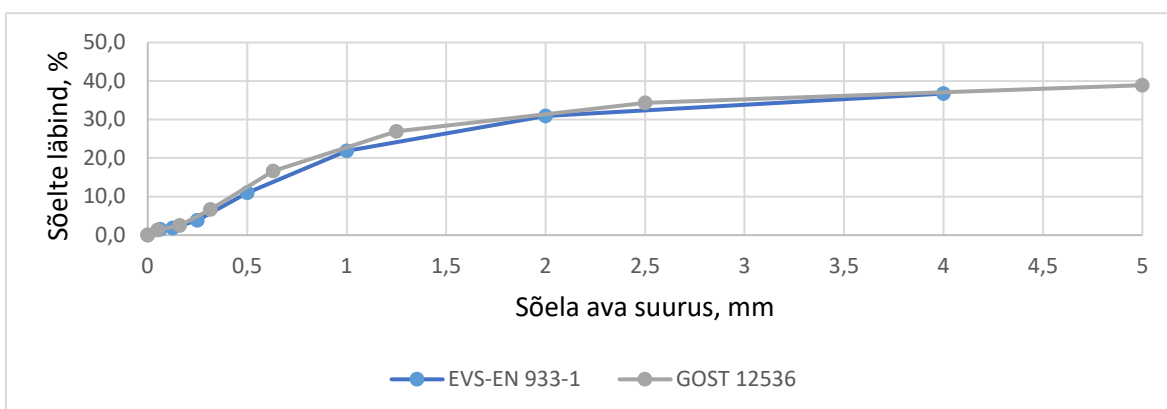
Joonis 7. Sõelutud Änari P1 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 10.0 mm.



Joonis 8. Sõelutud Änari 1 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 0.3 mm.

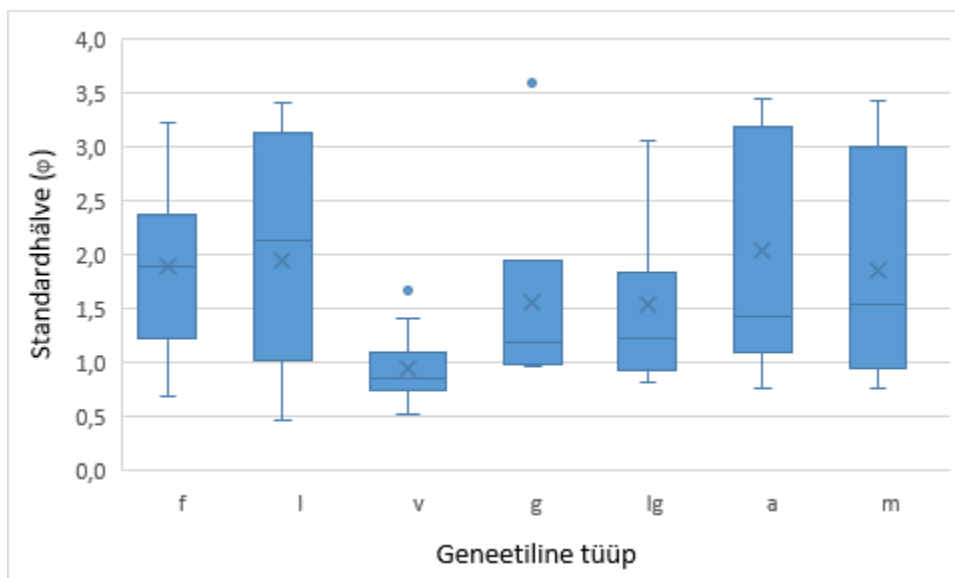


Joonis 9. Sõelutud Tudulinna P3 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 125.0 mm.



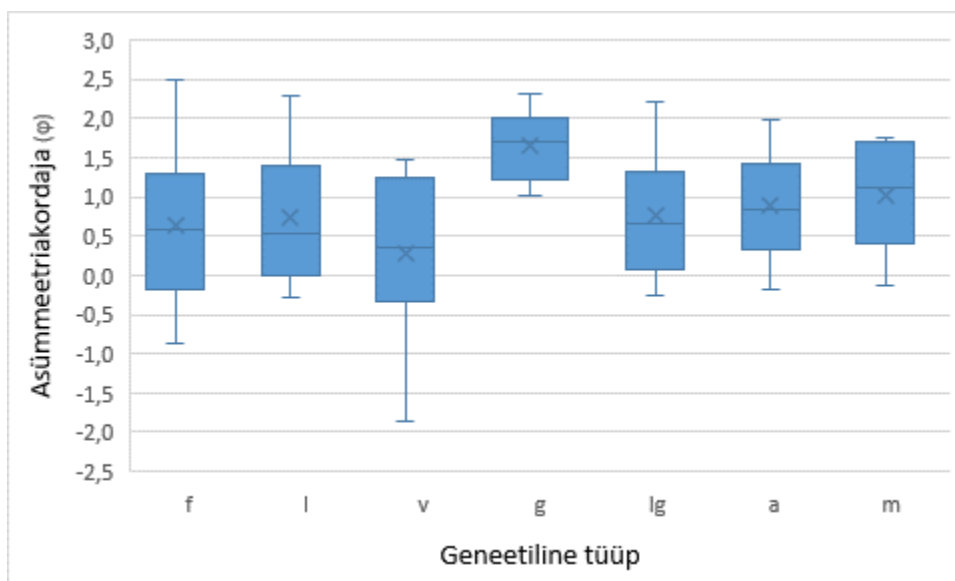
Joonis 10. Sõelutud Tudulinna P3 proovi lõimiskõver ava suurustele 0.0 – 5.0 mm.

Standardhälbe, mis iseloomustab materjali sorteeritust ehk terasuuruste varieeruvust, järgi on kõige parema sorteeritusega geneetilise tüübiga maardlad tuuletekkelised. Kogutud tuuletekkelise materjali proovide geneetilise tüübi keskmine standardhälbe väärtus on 0.9, mis tähendab, et tegemist on keskmiselt sorteeritud materjaliga. Ülejäänud geneetilised tüübid jäävad 1.5 ja 2.0 vahele, mis tähendab, et tegemist on halvasti sorteeritud materjaliga (Joonis 11).



Joonis 11. Lõimise sorteeritus geneetiliste tüüpide põhjal karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1.

Asümmeetriakordaja näitab jaotuskõvera sümmeetriat ehk kas kogutud proov on peenteralisuse või jämedateralisuse poole venitatud. Saadud tulemuste põhjal võib väita, et kogutud proovid on enamasti liivakad ning seega peenteralisuse poole venitatud (Joonis 12).

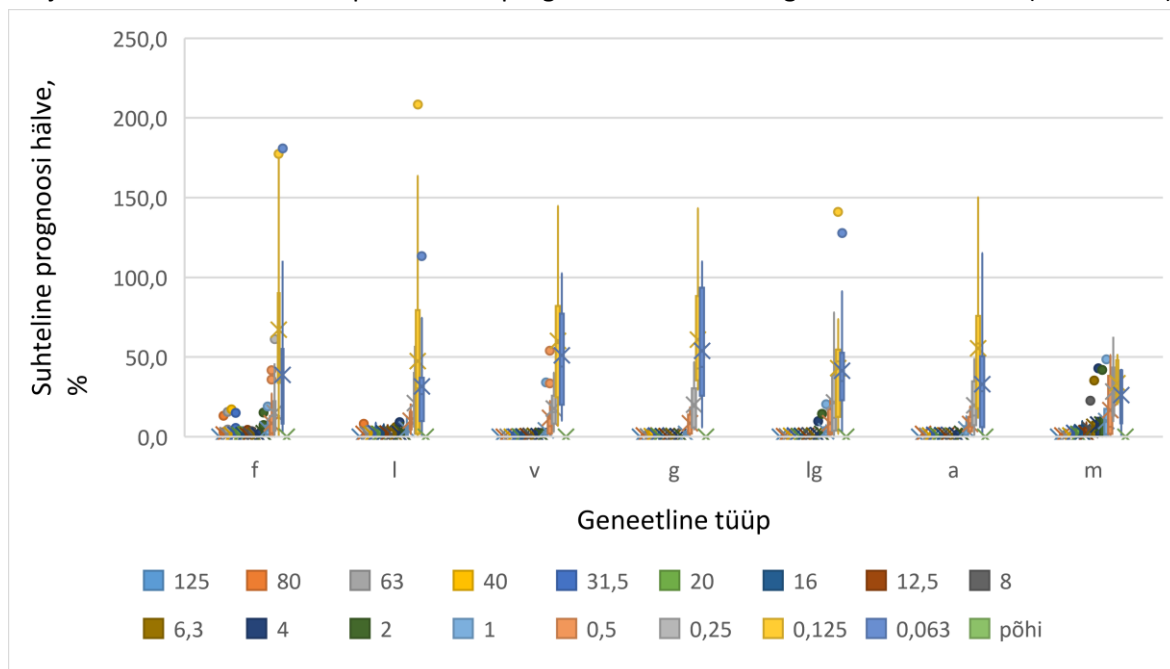


Joonis 12. Asümmeetriakordaja jaotused geneetiliste tüüpide põhjal karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1.

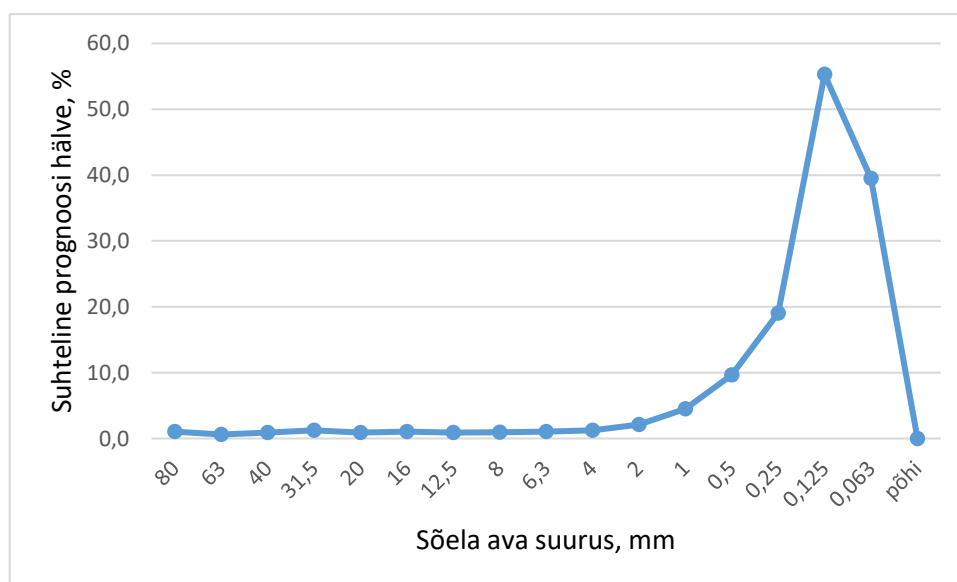
## 6.2 Lõimiseandmete teisendamine loglineaarse interpolatsiooni mudelitega

Loglinearsel interpoleerimisel põhineva mudeli prognoosivõime hindamiseks võrreldi GOST 12536 standardi põhjal mõõdetud ja EVS-EN 933-1 standardile vastavalt ümberarvutatud tulemusi

mõõdeti EVS-EN 933-1 lõimisejaotustega. Võrdlus näitas, et mudeli prognoosivõime on suuresti erinev sõltuvalt vaadeldavast lõimisefraktsioonist (Joonis 13). Kõige suurem oli prognoosi hälve enamuste geneetiliste tüüpide puhul ava suurusega 0.125 mm korral, siis järgnes 0.063 mm sõelte läbind ning edasi 0.5 mm, kus prognoosi hälbed ulatusid kohati sadadesse protsentidesse. Ülejäänud ava suuruste puhul oli prognoosi hälve märgatavalt väiksem (Joonis 14).



Joonis 13. Geneetiliste tüüpide järgi sõela ava suuruste suhteline prognoosi hälve karp-vurrud-diagrammil. Geneetiliste tüüpide tähised vaata Tabel 1.

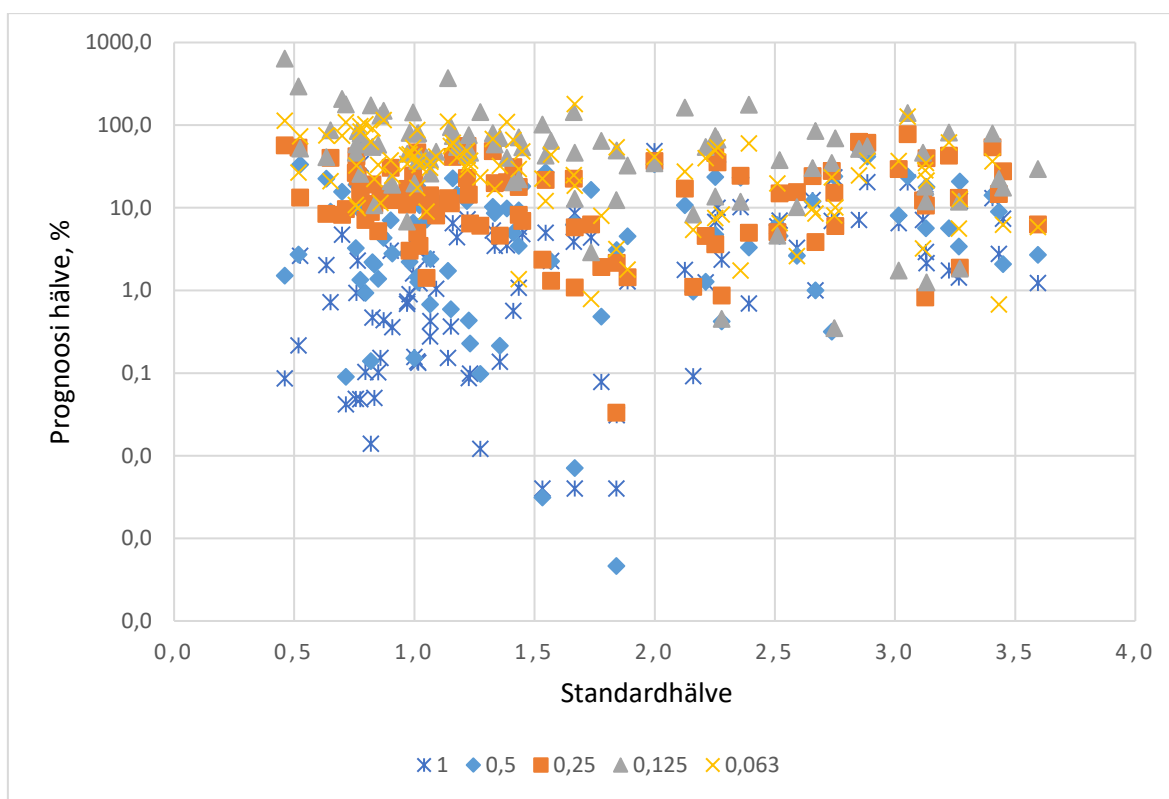


Joonis 14. Keskmise suhtelise prognoosi hälve sõela ava suuruste järgi.

Prognoosi hälbe suuruse muutus väiksemate sõela avade suunas on tõenäoliselt tingitud olukorrast, kus sõelale jääva proovi kogus järsult langeb ning sellega koos muutub terasuurse

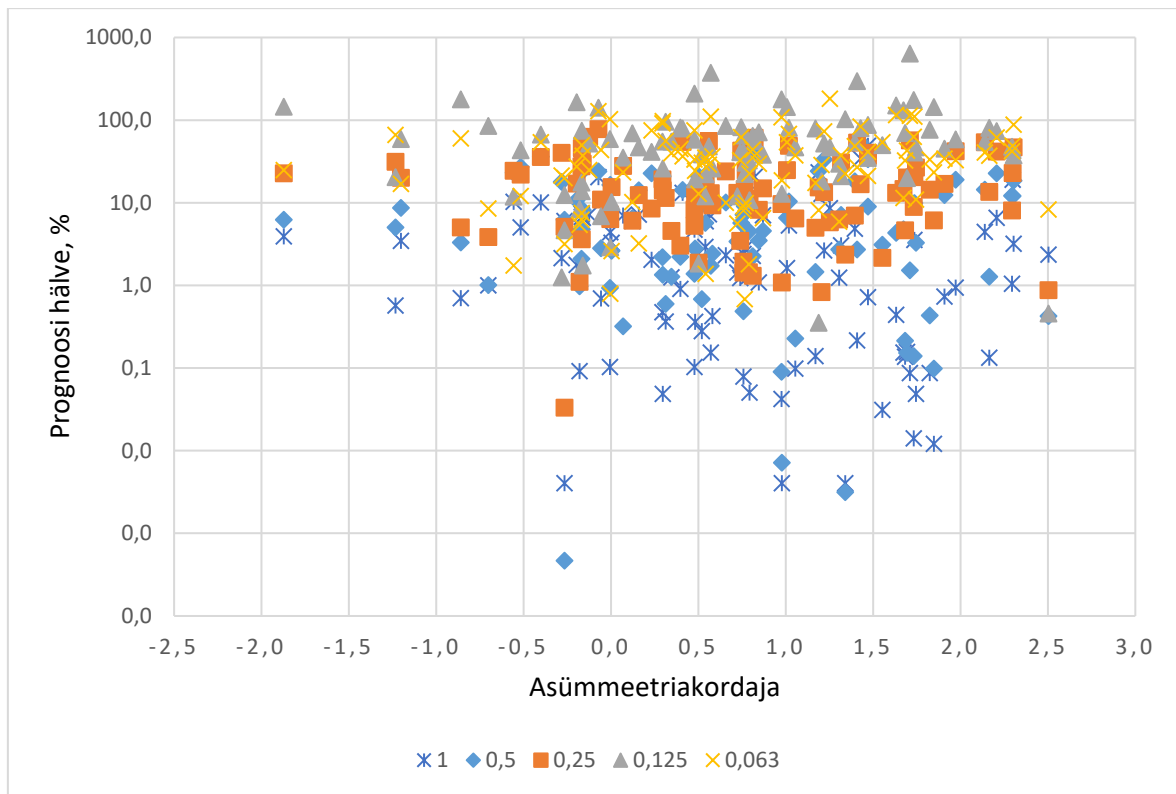
jaotusfunktsiooni kuju. Kuna nimetatud vahemikus toimuvad sageli suured muutused sõela peale jääva proovi koguses, siis on prognoosi hälbed selles mudeli piirkonnas suured, kuna lineaarne mudel ei kirjelda piisavalt täpselt tegeliku lõimisekõvera kuju. Probleemi saaks lahendada kui kasutada alumiste sõelte läbindite lineaarfunktsiooni asemel, näiteks splaine, mis suudaksid arvutada sõelkõverat antud piirkonnas täpsemalt. Antud probleemi poleks, kui GOST 12536 standardi sõelte komplekti oleks kuulunud rohkem sõelasid vahemikus 1 mm kuni põhi, mis oleks täpsustanud kogu sõelkõverat.

Analüüsi ka seda, kuidas mõjutab lõimiskõvera kuju prognoosi hälbe suurust. Alumiste sõelte puhul, kus prognoosi hälve oli alati suurem ja kus loglineaarse mudeli ennustustäpsus keskmisest madalam, analüüsi hälbe hajuvust momentide meetodi leitud lõimisekarakteristikute suhtes. Standardhälbe hajuvus näitab ainult, et suurem osa proove on keskmiselt või halvasti sorteeritud, mida konstateeriti ka enne, aga seotust prognoosi hälvete suurustega ei täheldatud (Joonis 15).



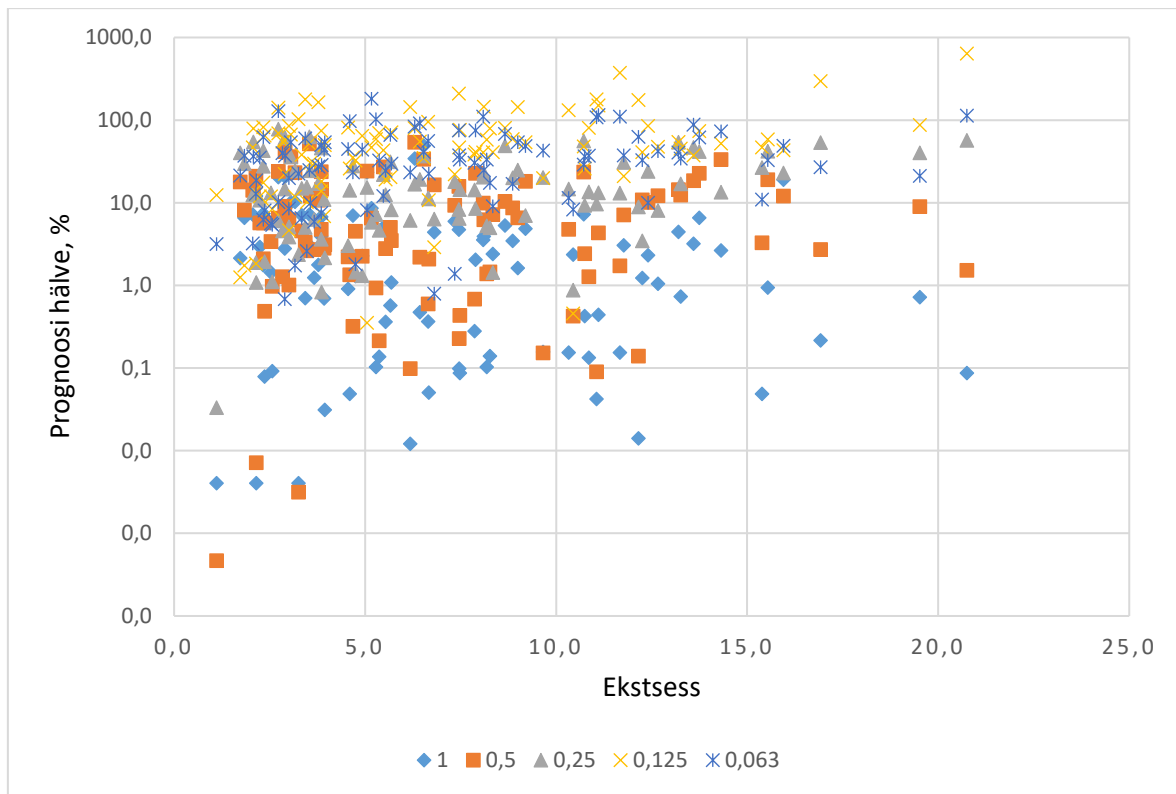
Joonis 15. Prognoosi hälvete hajuvus standardhälbe alusel. Erinevad värvid tähistavad prognoosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks.

Samuti analüüsi hälbe võimaliku sõltuvust asümmeetriakordajast (Joonis 16). Tulemuseks saab öelda, et proovid on peeneteralisuse poole venitatud, mida samuti ülevalpool väideti, aga ka asümmeetriakordaja puhul ei ole täheldatavad ühesed seosed tekkiva hälbega.



Joonis 16. Prognosi hälvete hajuvus asümmeetriakordaja alusel. Erinevad värvid tähistavad prognosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks.

Ekstsessi järgi on näha, et umbes pooled proovid on ligilähedased normaaljaotusega, sest väärtus on 3 lähedal (Joonis 17). Kuid ülejäänud proovid on normaaljaotisest enamasti suuremad. Asümmeetriakordaja ja ekstsessi järgi saab öelda, et kogutud proovide materjal esindab enamasti paremale poole venitatud lamedatipulisi kõveraaid.

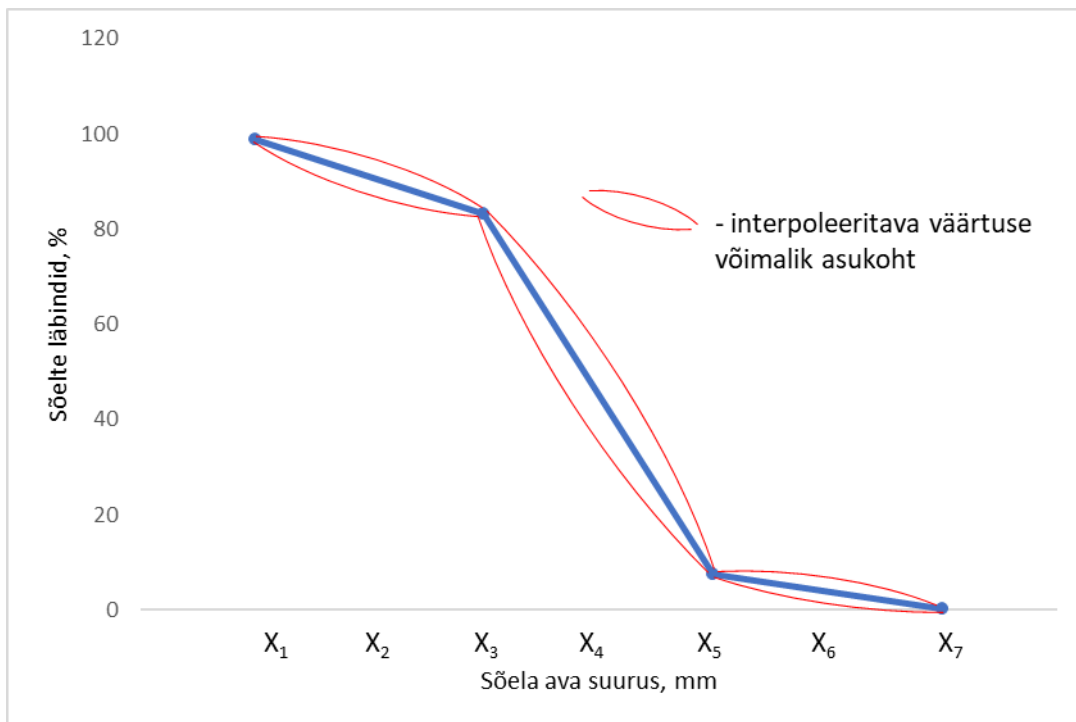


Joonis 17. Prognoosi hälvete hajuvus ekstsessi alusel. Erinevad värvid tähistavad prognoosi hälbeid erinevate sõelte läbindite jaoks.

Teised võimalikud prognoosi hälbe tekke põhjused on seotud sõelanalüüsi täpsusega. Sõelumise hälbed tulevad väga hästi välja vaadates 40 ja 20 mm sõelte läbindeid, mis on GOST 12536 ja EVS-EN 933-1 standardite vastavate sõelanalüüside ühised punktid. Mõlema nimetatud sõela ava puhul on erinevused kahe erineva sõelanalüüsi vahel kuni 6%. Üheks hälvete allikaks võib olla erinevate standardite sõelaavade kuju. GOST 12536 standardi sõeltel, mis on suuremad kui 1 mm, on ümmargune kuju ja EVS-EN 933-1 standardi sõeltel on kogu komplekti ulatuses ruudukujulised avad.

Loglineaarse meetodiga ei ole võimalik kogu sõelkõverat teisendada, sest hälbed on alumiste sõelte puhul liiga suured. Kasutatud meetodi prognoosi hälvete põhjus on tõenäoliselt seotud sirgete võrrandi kasutamisel otsitava väärtuse leidmine sirgjoonelisel, eriti veel väiksemate ava läbimõõdutega sõelte puhul. Purdmaterjali jaotus tegelikus lõimisekõveras ei ole piisavalt täpselt kirjeldatav lineaarfunktsiooni abil. Jättes kõrvale sõelanalüüsiga seotud mõõtemääramatuse, võib väita, et otsitav tegelik väärtus kahe olemas oleva mõõtepunkti vahelisel alal jääb mõttelisest sirgest punkti vahel allpool või ülevalpool (Joonis 18).





Joonis 18. Otsitava väärtuse võimalikud asukohad kahe olemasoleva punkti vahel.

Uuring näitas, et loglineaarse meetodiga saaks teisendada sõelte ülemist osa, kuid alumise osa teisendamiseks tuleks kasutada mingit muud meetodit. Selleks võiks sobida splineide või Gompertz meetod. Lisaks oleks võimalik sõelkõvera järskude muutuste piirkonnas täpsuse suurendamiseks rakendada ka piiritletud kuupsplineide meetodit. Nimetatud võimalused on küll matemaatiliselt keerukamad, aga see-eest võivad anda tegelikule otsitavale väärtusele lähema tulemuse. Sarnasuse meetodi kasutamine on olemuselt lihtsam kui eelnevalt nimetatud teisendamisvõimalused, sest ei eelda matemaatilise funktsiooni kasutamist ja on andnud eelnevates purdsetete lõimise uuringutes häid tulemusi. Meetodi kasutamine aga eeldaks suurt võrdlusproovide andmebaasi olemasolu Eesti kruusa- ja liivamaardlate lõimiseandmetega.

## 7 Kokkuvõte

Käesoleva aasta 1. jaanuaril jõustus Maapõueseaduse redaktsioon ja selle alamaktina määrus „Üldgeoloogilise uurimistöo ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks“, vahetades välja liiva ja kruusa omaduste määramise kehtiva regulatsiooni. Muuhulgas muutus sõelte komplekt, mida kasutatakse liiva ja kruusa proovide lõimise määramiseks. Varasemalt kasutati komplekti, kus sõeltel olid avad suurustega 70, 40, 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.63, 0.315, 0.16 ja 0.05 mm, mis vastab GOST 12536 standardile, kehtiva korra järgi tuleb seda teha sõelte ava suurustega 125, 80, 63, 40, 31.5, 20, 16, 12.5, 8, 6.3, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 ja 0.063 mm, mis vastab EVS-EN 933-1 standardile. Kuna kaevandustasude määrad ei muutunud sellega vastavaks, siis tuleb kaevandajatel teha liiva- ja kruusakarjäärides uued geoloogilised uuringud, et määrata uuesti karjäärides olevad liiva- ja kruusa kasutusviisid. Vastavad uuringud oleksid kaevandajatele aja- ja ressursimahukad ning selle tõttu sooviti leida võimalikult lihtne teisendusviis, mis võimaldaks varasemalt kasutatud sõelte komplektiga määratud lõimistulemused teisendada uutele sõeltele vastavaks.

Probleemi lahendamiseks koguti välitöödel 99 liiva- ja kruusaproovi ning teostati mõlema standardi järgi sõelanalüüs. Tulemusi võrreldi omavahel ning kasutati lineaarset ja loglineaarset interpoleerimist probleemi lahendamiseks. Antud meetodite eelisteks on laialdane kasutatavus ja lihtsus. Need meetodid kasutavad sirgete võrrandit arvutamaks otsitavat väärtust kahe olemasoleva punkti vahele. Mudelite prognoosivõime hindamiseks leiti prognoosi hälve ehk GOST 12536 standardile vastava lõimiseanalüüsi andmetest uuele standardile ümberarvutatud ja reaalselt mõõdetud EVS-EN 933-1 lõimiseandmete erinevus. Kõige väiksemad prognoosi hälbed ilmnisid loglinearsel interpoleerimisel, kui interpoleerimiseks kasutati kümnendlogaritmideks ümberarvutatud sõelteläbindeid. Loglinearse interpoleerimise korral olid saadud prognoosi hälbed kohati suured ning sellega ei kinnita tulemused lineaarsete meetodite sobivust lõimiseandmete teisendamiseks.

Tuvastatud hälbed on osalt tingitud kahes erinevas laboratooriumis kahe erineva sõeltekomplektiga läbiviidud sõelanalüüsi mõõtemääramatusest, kuid see ei seleta väiksemate ava suurustega sõelte puhul kohati esinevat ülisuurt prognoosi hälvet. Selgitamiseks erinevate lõimisejaotuste kuju mõju hälbe tekkele võrreldi saadud hälbeid momentide meetodil leitud lõimise karakteristikutega, kuid üheseid sõltuvusseoseid ei tuvastatud. Tõenäoliselt on tekkivate suurte prognoosi hälvete põhjus otsitava väärtuse leidmine sirgjooneliselt. Lisaks hälbe suuruse muutus väiksemate sõela avade suunas on tõenäoliselt tingitud olukorrast, kus sõelale jääva proovi kogus järsult langeb. Kuna nimetatud vahemikus toimuvad suured muutused sõela peale jääva proovi koguses, siis on prognoosi hälbed ka suured.

Saadud tulemustest lähtuvalt soovitatakse lähemalt analüüsida teisi teisendamise meetodeid, mis võiksid sobida Eesti kruusa- ja liivamaardlate lõimiseandmete teisendamiseks. Potentsiaalseteks meetoditeks on sarnasuse meetod, mis nõuab suure lõimiseandmebaasi koostamist, splineidega interpoleerimine ja Gompertz'i kõvera meetod.

## 8 Tänuavaldused

Käesoleva lõputöö valmimisel avaldan suurt tänu järgnevatele inimestele:

- Oma juhendajale Kristjan Urtsonile ning kaasjuhendajale Rutt Hintsule. Nende abi ning mõttevahetused olid töö valmimisel hindamatud.
- Sander Kanterile, kellega koos sain kogu Mandri-Eesti läbi sõita ja sajakiloseid proovikotte vedada.
- Eesti Geoloogiateenistuse laborijuhatajale Mare Kalkunile ning kogu tema kolleegiumile, kelle abi proovide sõelanalüüside tegemisele oli väga suur.
- Headele kolleegidele Arvu Pundile ja Jaanus Kuusele, kes võimaldasid mul võtta töö juurest vabad päevad, et magistritöö õigeks ajaks valmiks.
- Chantal Famoso Cano'le, kelle teadmised Microsoft Exceli vallas olid nii mõnigi kord suureks abiks ja edasiminekuks.
- Tiia Lepikule keelelise korrektuuri ja enese tekstiliselt selgemalt väljendamise eest.

## 9 Kasutatud kirjandus

Biran, A. 2019. Geometry for Naval Architects. Oxford : Butterworth-Heinemann.

Blott, S. J., Pye, K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 26 (11), 1237-1248.

Boggs, S. 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. 4rd ed. New Jersey : Merrill Publishing Company.

Täitematerjalide geomeetriliste omaduste katsetamine. 2012. Sõelumismeetod. Osa 1. Terastikulise koostise määramine : EVS-EN 933-1:2012. Tallinn : Eesti Standardikeskus.

Keskkonnaministeerium. Ehitusmaavarade kasutamise riiklik arengukava 2011-2020. [WWW] (01.05.2019).

Üldgeoloogilise uurimistöo ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord. 2005. – *Riigi Teataja* 2005, 60, 866.

Üldgeoloogilise uurimistöo ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana. 2018. – *Riigi Teataja I*, 19.12.2018, 28.

Keskkonnaregister. Maardlate nimistu väljavõte (seisuga 28.02.2019. a.). [WWW].

Krumbein, W. C. 1934. Size frequency distributions of sediments. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 4 (2), 65-77.

Loog, A., Oraspõld, A. 1982. Settekivimite ja setete uurimismeetodid. Tartu : TRÜ trükikoda.

Nemes, A., Wosten, J.H.M., Lilly, A., Oude Voshaar, J.H. 1999. Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases. – *Geoderma*, 90 (3-4), 187-202.

Pirrus, E. A. 1999. Maavarade geoloogia. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastuse trükikoda.

Raukas, A. Eesti pinnamood. [WWW] (15.05.2019).

Reinsalu, E. 2011. Eesti mäendus. Tallinn : Tallinna Raamatutrükikoda.

Maapõueseadus. 2019. – *Riigi teataja I*, 12.12.2018, 53.

Riigile kuuluva maavara kaevandamisõiguse tasumäärad. Lisa 1. 2019. – *Riigi teataja I*, 28.12.2018, 49.

Roosalu, R. 2019. Eesti Vabariigi 2018. aasta maavaravarude koondbilansid (seisuga 31.12.2018. a.). [WWW] (27.05.2019).

Rõuk, A. M. 1984. Eesti NSV pinnavormide genees. Tallinn : Valgus.

Räägel, V. 1997. Sand and gravel. In: Raukas, A. ja Teedumäe, A. (eds.). Geology and mineral resources of Estonia. Tallinn: Estonian Academy publishers, 356-360.

Tjørve, E., Tjørve, K. 2017. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. – PLOS ONE, 12(6).

Weltje, G. J., Roberson, S. 2011. Numerical methods for integrating particle-size frequency distributions. – Computers & Geosciences, 44, 156-167.

Грунты. 2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава : Росстандарт ГОСТ 12536-2014. Москва : Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве.

## Lisa 1. Proovivõtukohtade asukohad ja kirjeldus

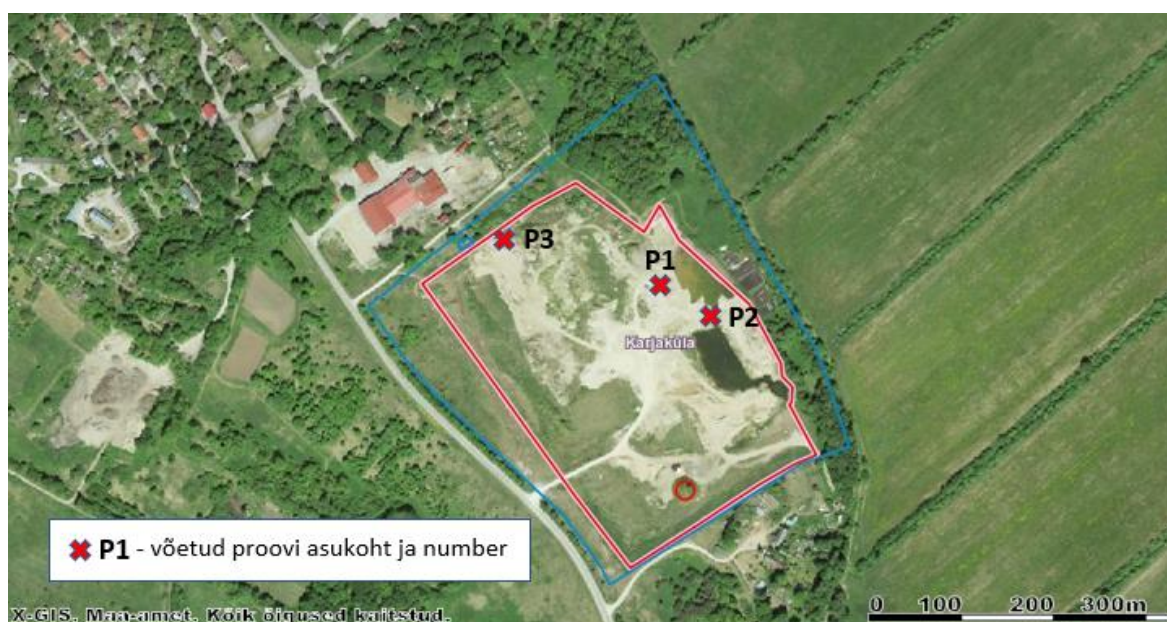
Lisa 1 kirjeldab täpsemalt välja valitud proovikohti. Kõik välja toodud joonised on koostatud kasutades Microsoft Excelit ja aluskaardina on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust. Tabelid on samuti koostatud Microsoft Excelit kasutades.

### 1 Harjumaa

Harjumaa maardlad on suuremas osas liustikujõetekkeline, vähemal määral on ka järve- ja liustikujärvetekkeline. Nimetatud maakonnas valiti töö läbiviimiseks välja neli erinevat maardlat, kust proovid koguti ning maardlates võeti proovid aktiivsetest karjäärdest. Nendest kaks olid järvetekkeline, üks liustikujärvetekkeline ning üks liustikujõetekkeline.

#### 1.1 Karjaküla maardla

Karjaküla maardlast võeti proovid aktiivsest Karjaküla karjäärdest. See asub Harjumaal Lääne-Harju vallas Karjaküla alevikus ~2 km Keila linnast põhjapool Karjaküla karjäär kinnistul (katastritunnus 29501:001:0746). Kaevandajaks on AS Kiirkandur ning kaevandusloa number on HARM-058 (L.MK.HA-32027) (Joonis 2 ja tabel 2). Karjaküla maardla asub Antsülsjärve rannavallil.



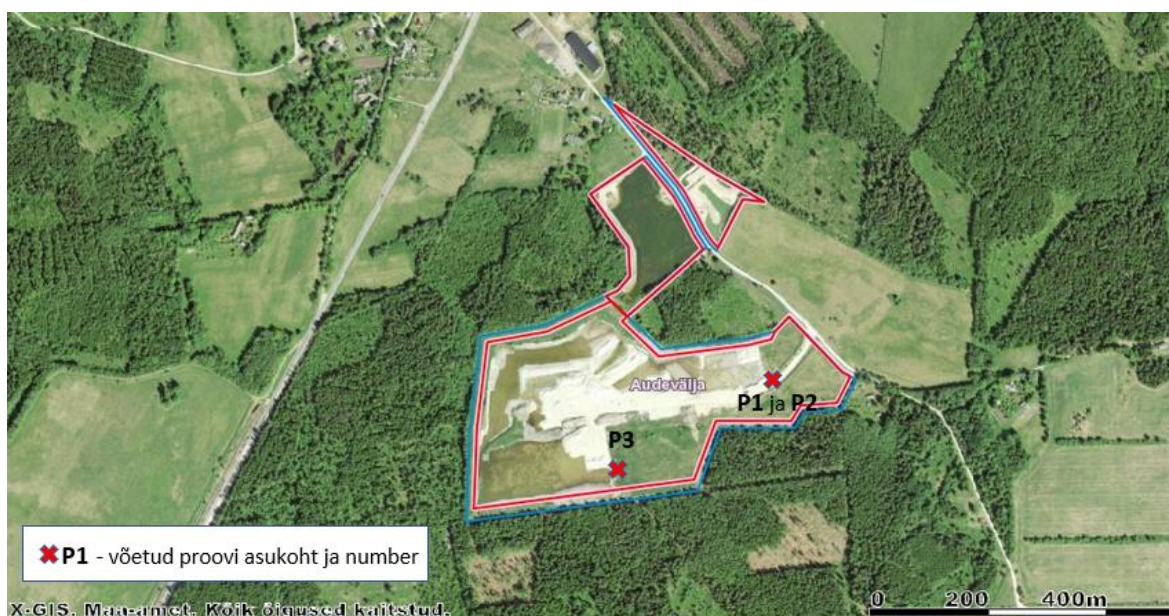
Joonis 2. Karjaküla karjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendust).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Karjaküla P1	59°20'13.7"	24°23'58.7"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	I	93.6	varasemalt vee alt välja tõstetud
Karjaküla P2	59°20'13.0"	24°24'01.6"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	I	90.6	eelneval päeval vee alt välja tõstetud
Karjaküla P3	59°20'16.2"	24°23'47.1"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	I	81.7	paljand

Tabel 2. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 1.2 Audevälja maardla

Audevälja maardlast võeti proov Audevälja II kruusakarjäärist (joonis 3). Nimetatud karjäär asub ~8 km Rummu alevikust edela pool Harjumaal Lääne-Harju vallas Audevälja külas Söödi (katastritunnus 56202:002:0091) ja Kännuvalli (katastritunnus 56202:002:0078) kinnistutel. Kaevandajaks on AS YIT Eesti ning kaevandusloa number on HARM-103 (L.MK/317838) (Joonis 3 ja tabel 3). Audevälja maardla asub Antsulüsjärve rannamoodustisel.



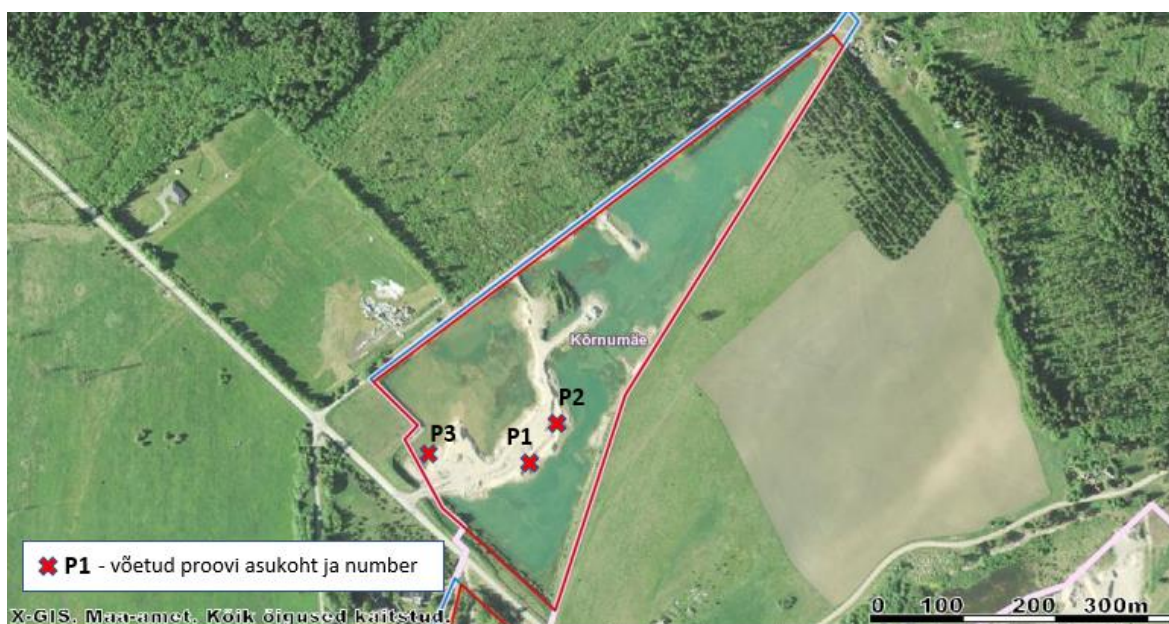
Joonis 3. Audevälja II kruusakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendust).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Audevälja P1	59°10'36.5"	24°05'38.7"	kruusakas liiv	I	42.3	paljand, 0.00-2.00
Audevälja P2	59°10'36.6"	24°05'38.3"	suure jämeda kruusa osakaaluga liiv	I	64.3	sama paljand, 2.00-4.00
Audevälja P3	59°10'31.8"	24°05'18.5"	peeneteralie liiv	I	3.1	paljand

Tabel 3. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 1.3 Kõrnomäe maardla

Kõrnomäe maardlast võeti proovid Väike-Kõrnomaa karjäärist. Nimetatud karjäär asub Harjumaal ~2 km Kiisa alevikust kirde pool Saku vallas Kirdalu külas Väike-Kõrnomaa (katastritunnus 71801:006:0119) ja Kuuseheki (katastritunnus 71801:006:0226) kinnistutel. Kaevandajaks on Tallinna Teede Aktsiaselts ning kaevandusloa number on HARM-086 (L.MK.HA-185326) (Joonis 4 ja tabel 4). Kõrnomäe maardla asub marginaalsel oosil.



Joonis 4. Väike-Kõrnomaa karjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

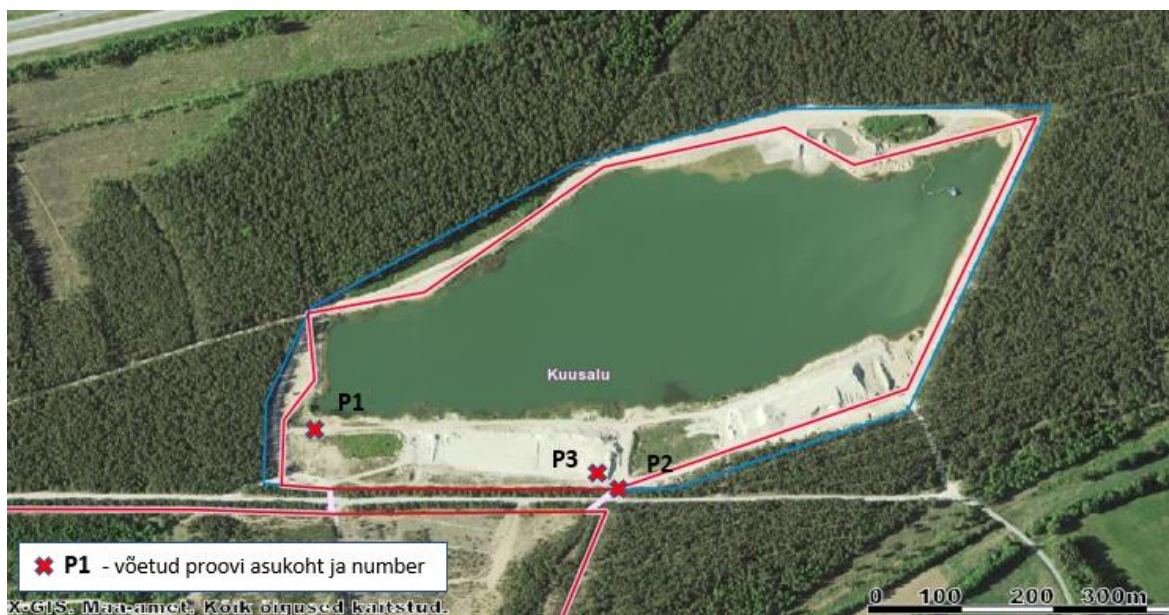


Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kõrnomäe P1	59°15'07.1"	24°42'57.1"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	lg	50.4	paljand
Kõrnomäe P2	59°15'08.1"	24°42'58.3"	keskmiseteraline liiv	lg	4.7	paljand
Kõrnomäe P3	59°15'06.7"	24°42'49.6"	keskmiseteraline liiv	lg	3.5	paljand

Tabel 4. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 1.4 Kuusalu maardla

Kuusalu maardlast võeti proovid Kuusalu II liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Harjumaal Kuusalu alevikust ~2 km ida pool Kuusalu vallas Ilmastalu külas Kuusalu liivakarjäär 2 (katastritunnus 35203:004:0065) ja Liivalao (katastritunnus 35203:004:0179) kinnistutel. Kaevandajaks on Osaühing KIIU SOON ning kaevandusloa number on HARM-067 (Joonis 5 ja tabel 5). Kuusalu maardla asub glatsiofluviaalsel delta.



Joonis 5. Kuusalu II liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kuusalu P1	59°26'52.0"	25°28'15.7"	peeneteraline liiv	f	3.9	paljand
Kuusalu P2	59°26'48.8"	25°28'37.2"	peeneteraline liiv	f	3.8	vee alt välja pumbatud
Kuusalu P3	59°26'49.3"	25°28'35.7"	peeneteraline liiv	f	4.1	vee alt välja pumbatud

Tabel 5. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 2 Läänemaa

Lääne maakonnas on liiva- ja kruusamaardlaid üldiselt vähe ning pooled neist on liustikujõetekkeline. Lisaks on mõned maardlad mere- ning järvetekkelised. Läänemaalt koguti töö läbiviimiseks proovid neljast erinevast maardlast. Nendest kolm olid aktiivsed mäeeraldised ja üks oli mahajäetud karjääri ala. Maardlad, kust proovid võeti, oli kaks liustikujõetekkeline, üks liustiku järvetekkeline ning üks maardla oli meretekkeline.

### 2.1 Variku maardla

Variku maardlas ühtegi aktiivset karjääri pole, see-eest asub nimetatud maardlas endine Variku karjääri. Aivar Pajupuu toob 2014 aastal ilmunud raportist „Kaevandamisega rikutud ja mahajäetud ehitusmaavarade karjääride revisjon lääne-eesis (hiiu, lääne, pärnu, rapla, saare, viljandi maakond) I köide“ välja, et Variku karjääris toimus kaevandamine Nõukogude ajal ning seal kaevandas liiva Haapsalu KEK, Haapsalu MEK ning Nõukogede Liidu sõjavägi, kuid tänaseks on ala kaitse alla võetud ja kaevandamistegevust ei toimu. Karjääri ja selle lähiümbrust asustab kaks kaitsealust liiki – kõre (I kaitsekategooria) ja kivisisalik (II kaitsekategooria).

Proovid võeti endise karjääri alalt, mis asub Läänemaal Lääne-Nigula vallas Hindaste küla territooriumil Nõva metskond 1 kinnistul (katastritunnus 53101:002:0711) (Joonis 6 ja tabel 6). Variku maardla asub Litoriinamere rannavallil ja luitel.



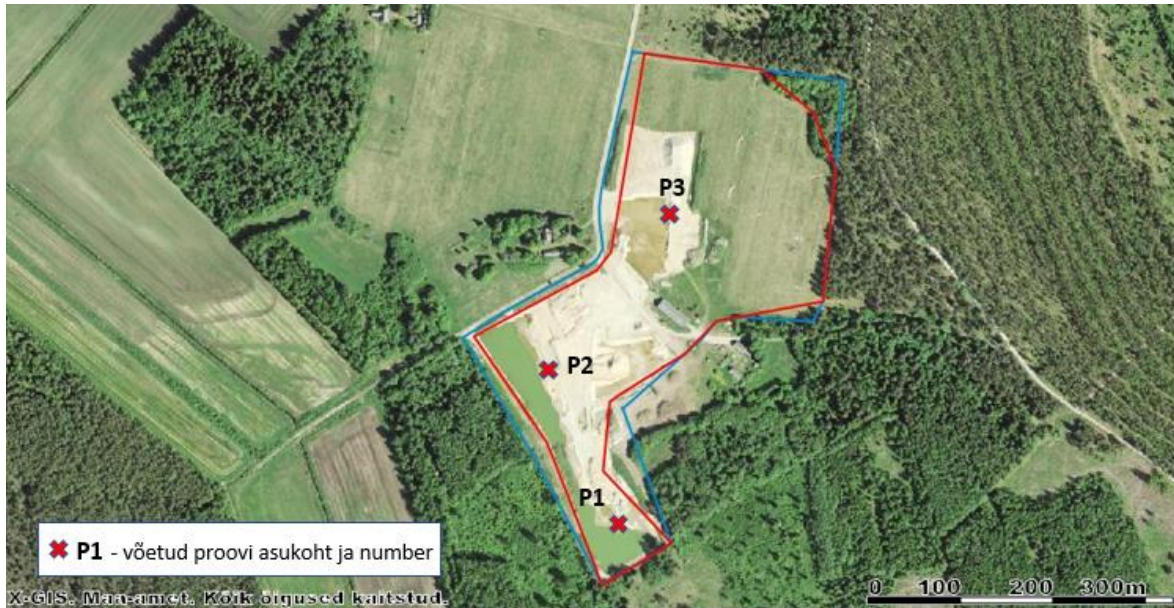
Joonis 6. Endise Variku karjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Variku P1	59°10'44.0"	23°44'17.0"	keskmiseteraline liiv	v	4.5	paljand, 0.00-2.00
Variku P2	59°10'44.0"	23°44'17.0"	keskmiseteraline liiv	v	4.2	sama paljand, 2.00-4.00
Variku P3	59°10'44.1"	23°44'16.9"	keskmiseteraline liiv	v	4.5	sama paljand, 4.00-6.00

Tabel 6. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 2.2 Küünimäe maardla

Küünimäe maardlast võeti proovid Küünimäe liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Lääne maakonnas Lääne-Nigula vallas Variku külas Põllu (katastritunnus 53101:002:0140) ja Nurgapõllu (katastritunnus 53101:002:0139) kinnistutel. Kaevandajaks on Variku Liiv OÜ ning kaevandusloa number on L.MK/321488 (Joonis 7 ja tabel 7). Küünimäe maardla asub Litorinamere rannamoodustisel.



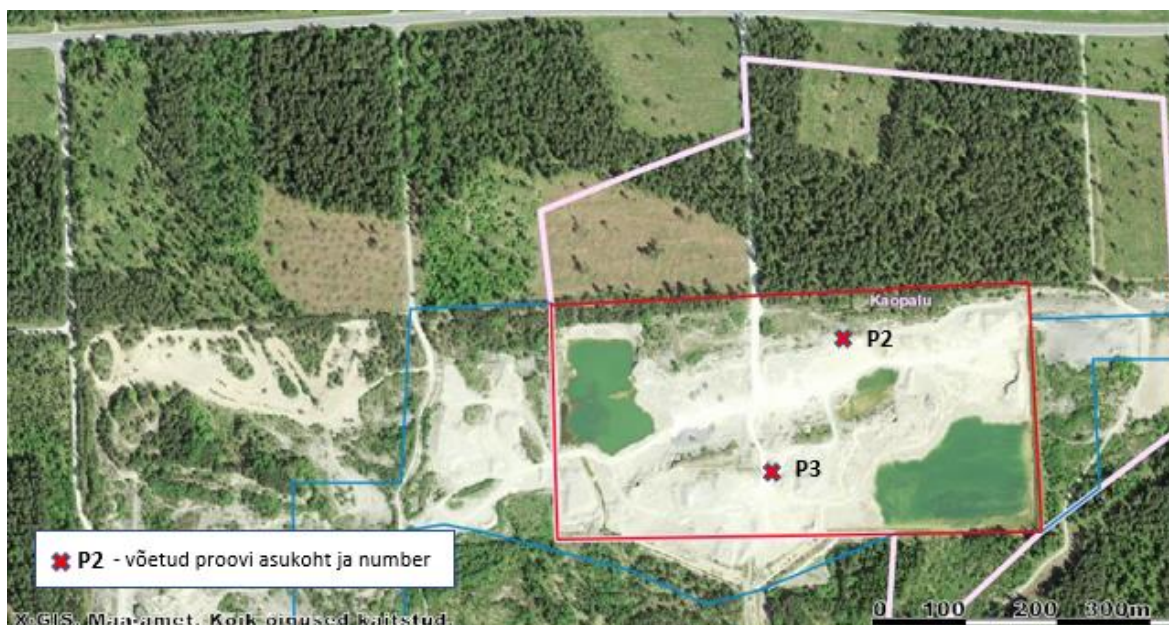
Joonis 7. Kүүnimäe liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kүүnimäe P1	59°05'34.9"	23°50'40.2"	keskmiseteraline liiv	I	3.7	eelneval päeval vee alt välja tõstetud
Kүүnimäe P2	59°05'40.7"	23°50'35.9"	keskmiseteraline liiv	I	4.7	paljand
Kүүnimäe P3	59°05'46.1"	23°50'43.3"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	I	69.1	eelneval päeval vee alt välja tõstetud

Tabel 7. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 2.3 Kaopalu maardla

Kaopalu maardlast võeti proovid Kaopalu kruuskarjäärist. Kolmest võetud proovist esimene ei läinud hilisemas sõelanalüüsis käiku, sest proov sisaldas betooni tükke. Nimetatud karjäär asub Haapsalu linnast ~20 km ida pool Lääne maakonnas Lääne-Nigula vallas Allikmaa külas Kaopalu kruusakarjäär 1 (katastritunnus 43601:001:0149) ja Kaopalu kruusakarjäär 2 (katastritunnus 43601:001:0148) kinnistutel. Kaevandajaks on Lääne Teed OÜ ning kaevandusloa number on L.MK/330426 (Joonis 8 ja tabel 8). Kaopalu maardla asub oosil, mis on kaetud Joldia rannavallidega.



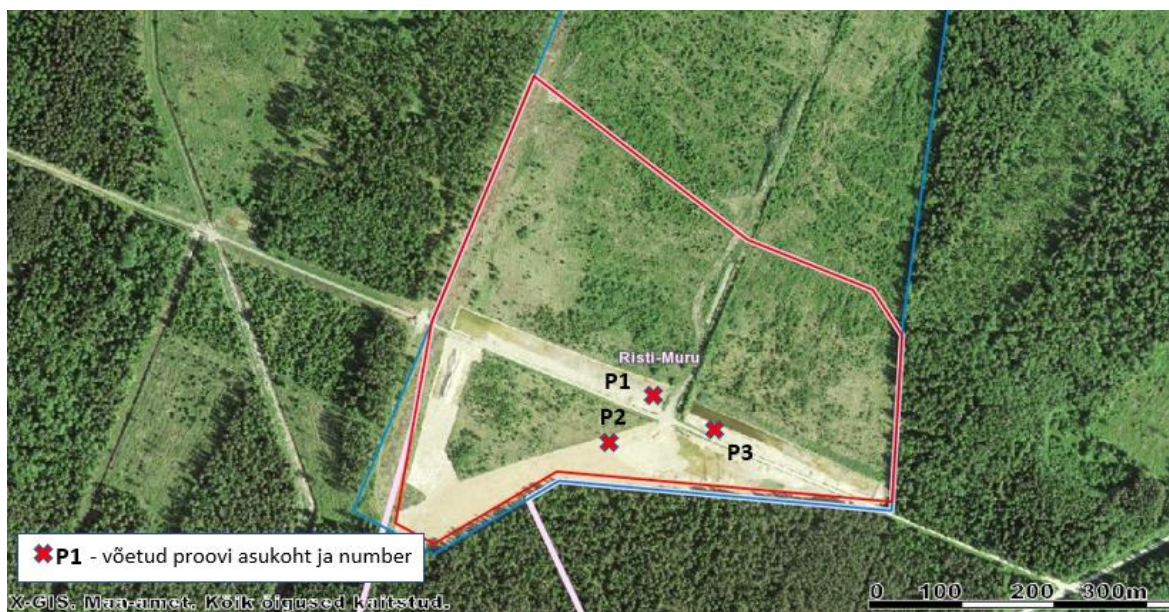
Joonis 8. Kaopalu kruuskarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kaopalu P2	58°58'14.3"	23°55'46.5"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	f	56.7	paljand
Kaopalu P3	58°58'08.2"	23°55'42.1"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	f	66.2	paljand

Tabel 8. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 2.4 Risti-Muru maardla

Risti-Muru maardlast võeti proovid Risti-Muru liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Turba alevikust ~5 km lääne pool Lääne maakonnas Lääne-Nigula vallas Piirsalu külas Piibenõmme (katastritunnus 43601:001:0149) kinnistul. Kaevandajaks on AS Kiviluks ning kaevandusloa number on L.MK/321097 (Joonis 9 ja tabel 9). Risti-Muru maardla asub Joldiamere rannamoodustisel.



Joonis 9. Risti-Muru liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Risti-Muru P1	59°03'52.9"	24°08'09.0"	keskmiseteraline liiv	lg	4.0	paljand
Risti-Muru P2	59°03'54.1"	24°08'10.6"	keskmiseteraline liiv	lg	4.6	paljand
Risti-Muru P3	59°03'53.1"	24°08'14.3"	keskmiseteraline liiv	lg	5.4	paljand

Tabel 9. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 3 Pärnumaa

Pärnu maakonnas on maardlate geneetiline varieeruvus lai ning ükski geneetiline tüüp ei domineeri. Käesoleva töö jaoks koguti proovid viiest erinevast maardlast, millest kolm olid aktiivsed mäeeraldised ja kaks kunagised karjääri alad. Kahest maardlast koguti meretekkelised proovid, ühest tuule-, ühest järve- ja ühest liustikujõetekkelised.

#### 3.1 Häädemeeste (Võiduküla) maardla

Häädemeeste (Võiduküla) maardlas ühtegi aktiivset karjääri pole, see-eest asub nimetatud maardlas endine Võiduküla (Sooküla) liivakarjääri. Aivar Pajupuu toob 2014 aastal ilmunud raportist „Kaevandamisega rikutud ja mahajäetud ehitusmaavarade karjääride revisjon lääne-eestis (hiu,

lääne, pärnu, rapla, saare, viljandi maakond) IV kõide Pärnu maakonna karjäärid“ välja, et kaevandamine toimus nimetatud karjääris 1980.-ndatel kuni 1990.-ndate aastate lõpuni. Tänapäevaks asub ala Luitemaa looduskaitseala koosseisu ning kaevandamist ei toimu. Karjääri alale kujunenud veekogudes on elukoha leidnud kõred ehk juttself-kärnkonnad, kes kuuluvad I kategooria kaitsealuste liikide hulka.

Proovid võeti endise karjääri alalt, mis asub Häädemeeste alevikust ~3 km kirde suunas Pärnumaal Häädemeeste vallas Sooküla territooriumil Luitemaa looduskaitseala 31 kinnistul (katastritunnus 21301:001:0310) (Joonis 10 ja tabel 10). Häädemeeste (Võiduküla) maardla asub Antsülusjärve rannamoodustisel.



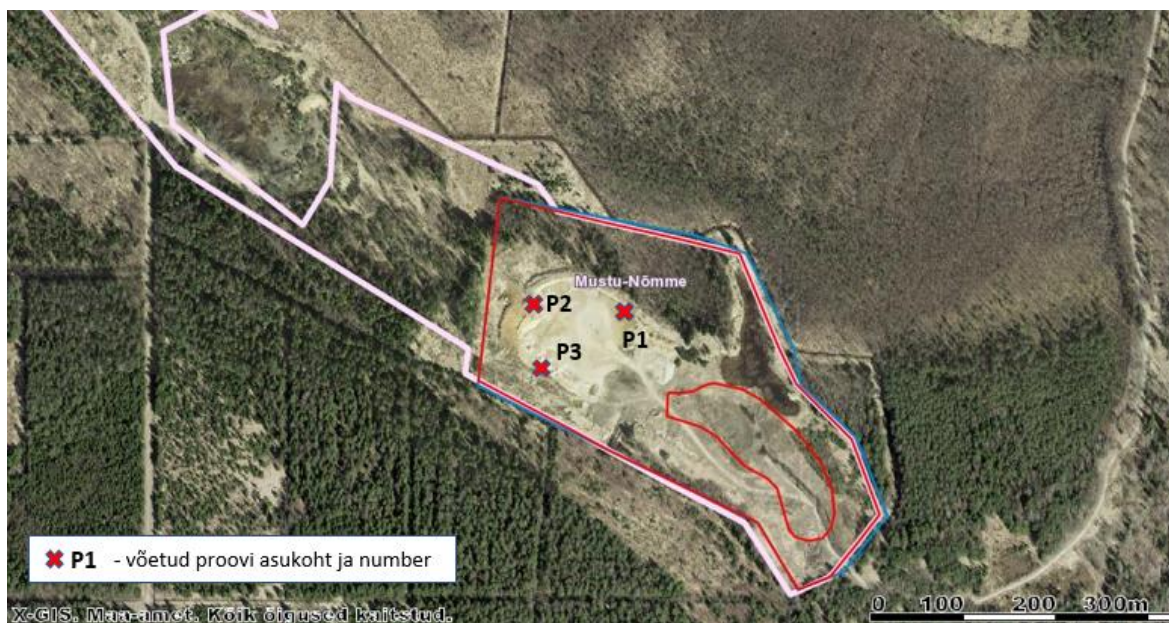
Joonis 10. Endise Võiduküla (Sooküla) liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Häädemeeste P1	58°06'56.8"	24°33'09.6"	keskmiseteraline liiv	v	5.4	paljand
Häädemeeste P2	58°07'13.0"	24°33'22.2"	keskmiseteraline liiv	v	5.1	paljand
Häädemeeste P3	58°07'12.5"	24°33'20.9"	keskmiseteraline liiv	v	5.4	paljand

Tabel 10. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 3.2 Mustu-Nõmme maardla

Mustu-Nõmme maardlast võeti proovid Mustu-Nõmme liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Palatu külas Mustunõmme (katastritunnus 33402:002:0121) kinnistul. Kaevandajaks on AS Lihula Maaparandus ning kaevandusloa number on L.MK.PM-28419 (Joonis 11 ja tabel 11). Mustu-Nõmme maardla asub Antsülusjärve rannamoodustisel.



Joonis 11. Mustu-Nõmme liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Mustu-Nõmme P1	58°31'45.2"	23°56'43.9"	mõningase kruusa sisaldusega jämedateraline liiv	I	31.7	paljand
Mustu-Nõmme P2	58°31'44.9"	23°56'39.2"	mõningase kruusa sisaldusega jämedateraline liiv	I	46.5	paljand
Mustu-Nõmme P3	58°31'42.9"	23°56'38.9"	mõningase kruusa sisaldusega jämedateraline liiv	I	37.9	paljand

Tabel 11. Välitööl kogutud proovide andmed.



### 3.3 Raatsiotsa maardla

Raatsiotsa maardlast võeti proovid Raatsiotsa kruusakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Virtsu sadamast ~8,5 km ida pool Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Äila külas Raatsiotsa karjäär (katastritunnus 19502:002:0168) kinnistul. Kaevandajaks on AS Lihula Maaparandus ning kaevandusloa number on L.MK.LÄ-39029 (Joonis 12 ja tabel 12). Raatsiotsa maardla asub Limneamere rannamoodustisel.



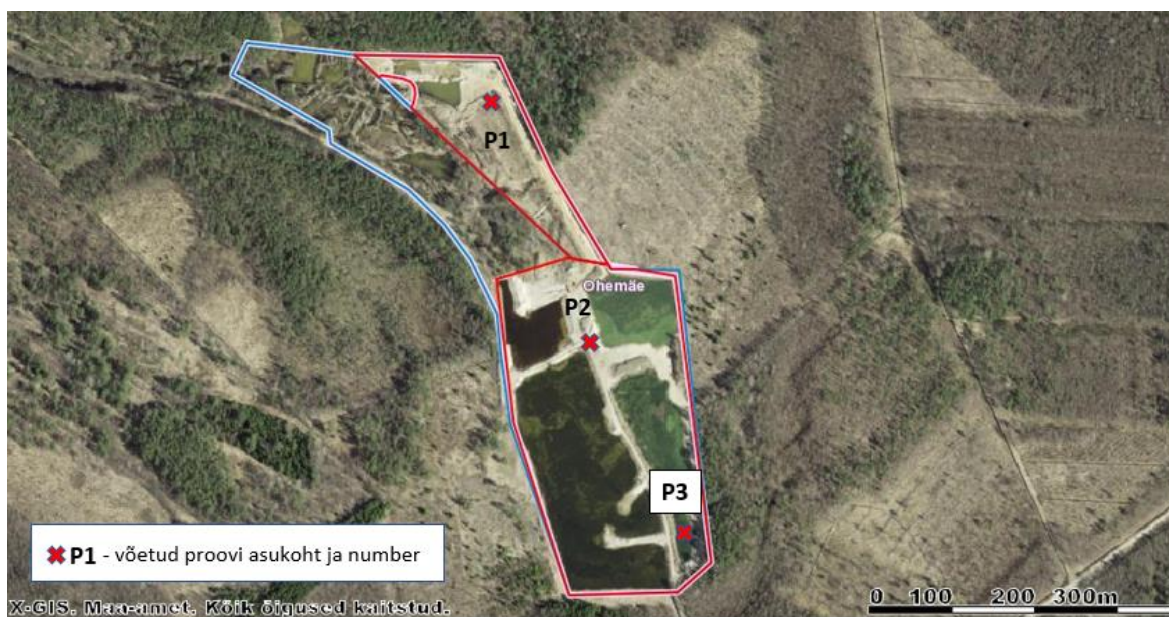
Joonis 12. Raatsiotsa kruusakarjäärist proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Raatsiotsa P1	58°33'56.4"	23°41'28.3"	suure jämeda kruus osakaaluga liiv	m	77.8	paljand
Raatsiotsa P2	58°33'55.0"	23°41'20.2"	suure jämeda kruus osakaaluga liiv	m	78.5	vee alt välja tõstetud materjal
Raatsiotsa P3	58°33'58.7"	23°41'26.3"	suure jämeda kruus osakaaluga liiv	m	55.6	paljand

Tabel 12. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 3.4 Ohemäe maardla

Ohemäe maardlast võeti proovid Ohemäe liivakarjäärist ja Ohemäe II karjäärist. Nimetatud karjäärid asuvad Lihula linnast ~5 km edela pool Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Tuudi külas Ohemäe karjäär (katastritunnus 41101:003:0770) ning ilma nimeta (katastritunnus 41101:003:0153) kinnistutel. Kaevandajaks on mõlemal karjääril Lääne Teed OÜ ning kaevandusloa numbrid on vastavalt L.MK/324941 ning L.MK/321307 (Joonis 13 ja tabel 13). Ohemäe maardla asub Litoriinamere rannamoodustisel.



Joonis 13. Ohemäe liivakarjääri ja Ohemäe II karjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Ohemäe P1	58°38'37.1"	23°44'59.6"	jämeda suure kruus osakaaluga liiv	f	80.8	paljand
Ohemäe P2	58°38'30.9"	23°45'03.7"	keskmiseteraline liiv mõningase kruusaga	f	46.4	paljand
Ohemäe P3	58°38'20.5"	23°45'12.6"	keskmiseteraline liiv mõningase kruusaga	f	44.2	paljand

Tabel 13. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 3.5 Võiste maardla

Võiste maardlas asub ainult üks aktiivne karjäär - Võiste liivakarjäär (kaevandamisloa nr L.MK/330078), aga nimetatud karjäär pole veel avatud ning sellest polnud proove võimalik võtta. See-eest asub nimetatud maardlas endine Tahkuranna liivakarjääri. Aivar Pajupuu toob 2014 aastal ilmunud raportist „Kaevandamisega rikutud ja mahajäetud ehitusmaavarade karjääride revisjon lääne-eestis (hiiu, lääne, pärnu, rapla, saare, viljandi maakond) IV köide Pärnu maakonna karjäärid“ välja, et kaevandamist alustas alal Pärnu TREV. 1980.-ndatel karjääri ala laiendati ja alal hakkas liiva kaevandama Pärnu KEK. 2001. a asus veel ammendamata alal kaevandama Lindamäe OÜ, kelle luba kehtis kuni 2011. aastani. Hetkel on Tahkuranna liivakarjääri ala korrastatud veekoguks.

Proovid võeti endise karjääri alalt, mis asub Pärnu linnast ~13 km lõuna pool Pärnumaal Häädemeeste vallas Leina küla territooriumil Surju metskond 64 kinnistul (katastritunnus 84801:004:0572) (Joonis 14 ja tabel 14). Võiste maardla asub Antsülusjärve rannamoodustisel.



Joonis 14. Endise Tahkuranna liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Võiste P1	58°12'47.1"	24°30'01.1"	keskmiseteraline liiv	m	4.9	sama paljand, 0.00-2.00
Võiste P2	58°12'46.9"	24°30'01.4"	keskmiseteraline liiv	m	5.1	sama paljand, 2.00-4.00
Võiste P3	58°12'46.7"	24°30'01.7"	keskmiseteraline liiv	m	4.7	sama paljand, 4.00-6.00

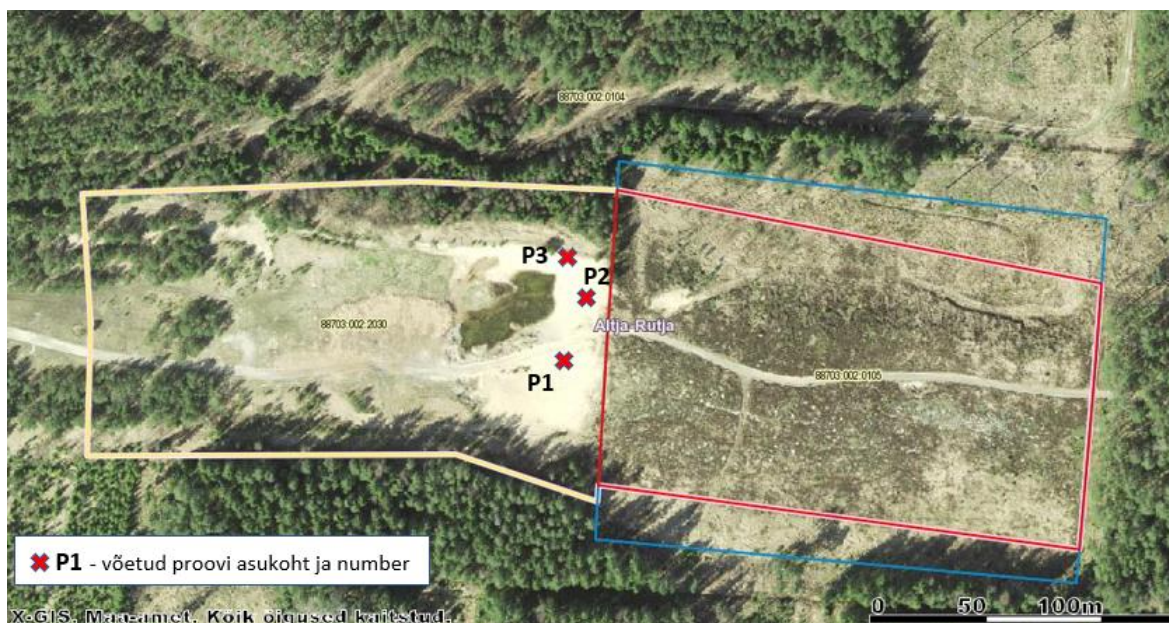
Tabel 14. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 4 Lääne-Virumaa

Lääne-Virumaa liiva- ja kruusamaardlad on suures osas liustikujõetekkeline. Esineb ka üksikuid liustikujärve- ja järvetekkelisi maardlaid. Nimetatud maakonnast võeti proovid ühest liustikujärvetekkelisest aktiivsest karjäärist ja ühest järvetekkelisest mitteaktiivsest karjäärist.

### 4.1 Altpere maardla

Altpere maardlast võeti proovid Altpere II liivakarjäärist vahetult idapool asuvast endise Altpere karjääri ala lääne nõlvast. Karjäärid asuvad Võsu alevikust ~15 km ida pool Lääne-Viru maakonnas Haljala vallas Pajuveski külas. Mare Laan toob 2019 aastal raportis „Altpere liivakarjäär (Maa-amet)“ välja, et endise Altpere karjääri (katastritunnus 88703:002:2030) alal kaevandas liiva kuni 2017. aastani, mil kaevandusloa kehtivus lõppes, Maanteeamet (kaevandusloa nr LVIM-020, kehtivuse lõpp 15.04.2012). Altpere II liivakarjääris kaevandab liiva Maanteeamet ning kaevandusloa number on L.MK.LV-205561 (Joonis 15 ja tabel 15). Altpere maardla asub Antsülusjärve rannavallil.



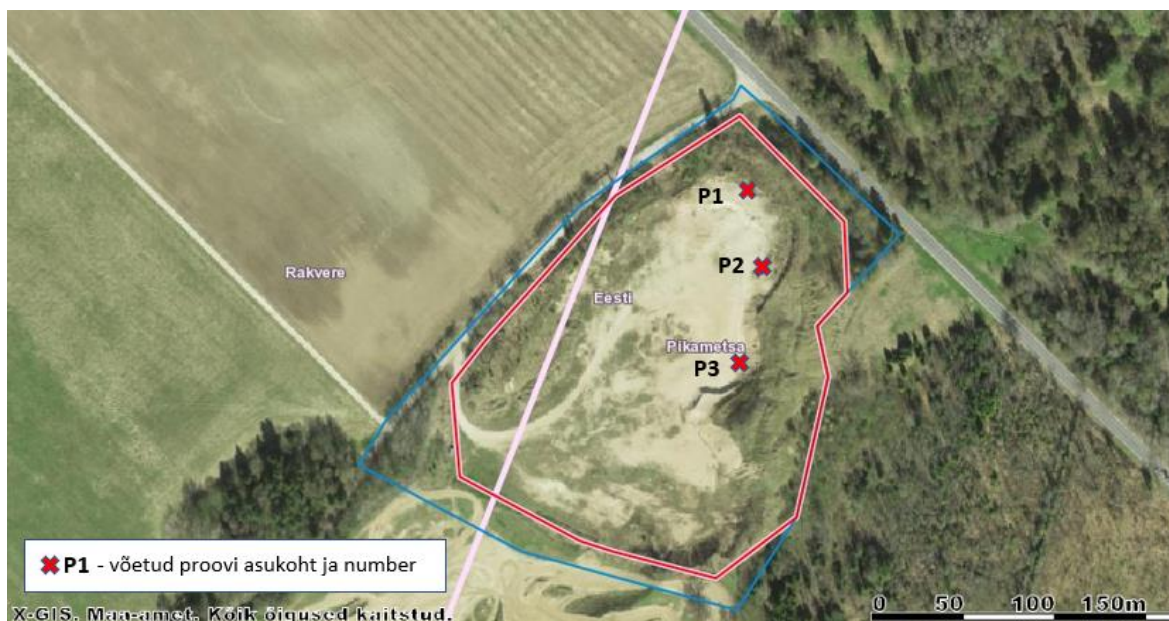
Joonis 15. Endise Altperes karjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Altperes P1	59°33'42.0"	26°15'11.2"	peeneteraline liiv	I	5.1	paljand
Altperes P2	59°33'43.1"	26°15'12.2"	peeneteraline liiv	I	4.8	paljand
Altperes P3	59°33'43.6"	26°15'11.7"	peeneteraline liiv	I	4.5	paljand

Tabel 15. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 4.2 Pikametsa maardla

Pikametsa maardlast võeti proovid Pikametsa liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Rakvere linnast ~7 km kagu suunas Lääne-Viru maakonnas Rakvere vallas Rägavere külas Pikametsa karjääri nimelisel (katastritunnus 77004:002:0370) kinnistul. Kaevandajaks on Eesti Teed AS ning kaevandusloa number on L.MK/326702 (Joonis 16 ja tabel 16). Pikametsa maardla asub marginaalsel oosil.



Joonis 16. Pikametsa liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Pikametsa P1	59°18'59.5"	26°30'41.9"	keskmiseteraline liiv	lg	4.4	paljand
Pikametsa P2	59°18'59.0"	26°30'42.6"	väga peeneteraline liiv	lg	4.4	paljand
Pikametsa P3	59°18'57.4"	26°30'42.1"	väga peeneteraline liiv	lg	3.8	paljand

Tabel 16. Välitööl kogutud proovide andmed.

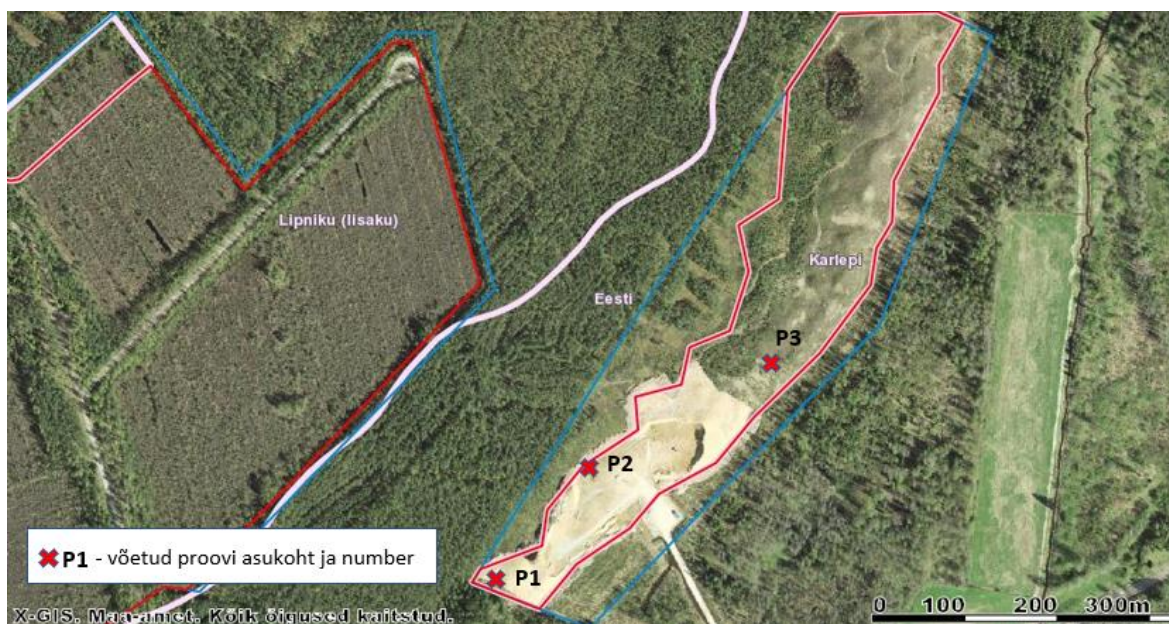
## 5 Ida-Virumaa

Ida-Virumaal esineb samuti enamasti liiva-kruusa maardlates liustikujõetekkeline materjal. Lisaks asub nimetatud maakonnas ka veel mõned tuule- ja liustikujärvetekkeline maardlad. Proovid koguti neljast aktiivsest ja ühest mitteaktiivsest karjäärist. Proovidena saadi ühest karjäärist jõetekkelist, kahest tuuletekkelist ja ühest liustikujärvetekkelist materjali.

### 5.1 Karlepi maardla

Karlepi maardlast võeti proovid Karlepi liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub lisaku alevikust ~2 km ida pool Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Varesmetsa külas Liivametsa nimelisel

(katastritunnus 22401:003:0280) kinnistul. Kaevandajaks on Metsamaahalduse AS ning kaevandusloa number on L.MK/323385 (Joonis 17 ja tabel 17). Karlepi maardla asub Balti jääjärve luiteahelikul.



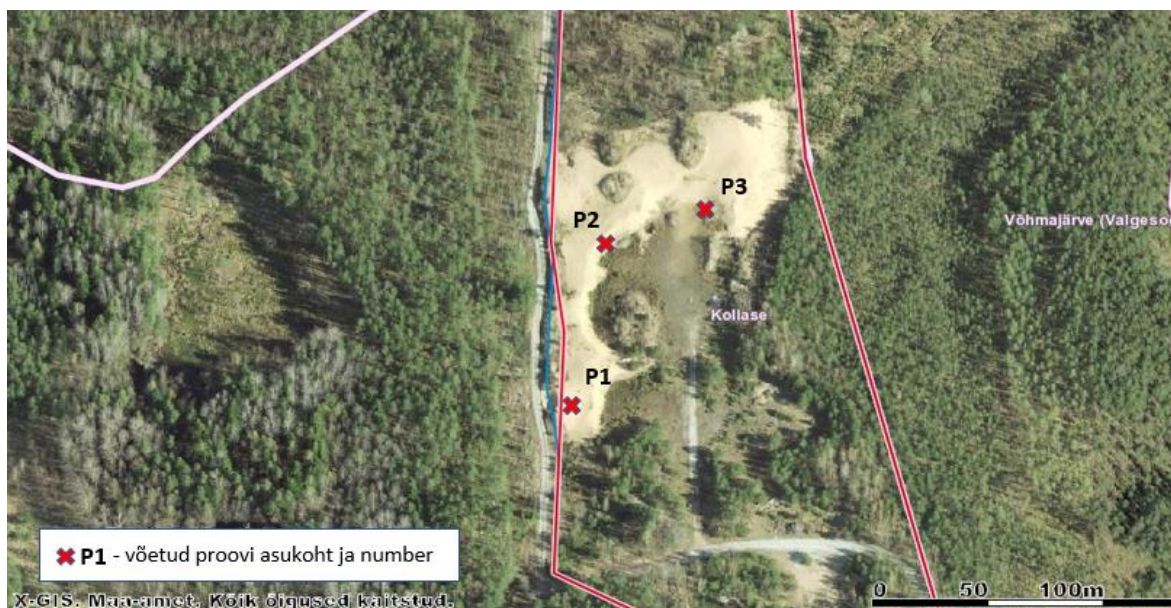
Joonis 17. Karlepi liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Karlepi P1	59°05'50.8"	27°21'03.6"	peeneteraline liiv	lg	4.6	paljand
Karlepi P2	59°05'54.7"	27°21'11.3"	peeneteraline liiv	lg	4.6	paljand
Karlepi P3	59°05'57.6"	27°21'23.1"	keskmiseteraline liiv	lg	4.8	paljand

Tabel 17. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 5.2 Kollase maardla

Kollase maardlast võeti proovid Kollase liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub lisaku alevikust ~6,5 km lõuna pool Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Sälliku külas Kollane karjäär nimelisel (katastritunnus 22401:004:0240) kinnistul. Kaevandajaks on Maanteeamet ning kaevandusloa number on L.MK/318029 (Joonis 18 ja tabel 18). Kollase maardla asub Balti jääjärve luiteahelikul.



Joonis 18. Kollase liivakarjääri proovivõtukoht (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kollase P1	59°01'44.9"	27°18'21.2"	peeneteraline liiv	v	4.9	paljand
Kollase P2	59°01'47.1"	27°18'23.0"	peeneteraline liiv	v	4.3	paljand
Kollase P3	59°01'47.8"	27°18'25.1"	peeneteraline liiv	v	4.8	paljand

Tabel 18. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 5.3 Sälliku maardla

Sälliku maardlast võeti proovid endisest Sälliku liivakarjäärist. Karjäär asub lisaku alevikust ~4 km edela pool Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Sälliku külas. 2009 aastal mainib OÜ Inseneribüroo STEIGER raportis „Ehitusmaavara kaevandamise load seisuga 07.08.2009“ lisa 2, et endine Sälliku liivakarjäär asub Tähkvere nimelisel kinnistul (katastritunnus 22401:004:0215) ning alal kaevandas liiva kuni 2018. aastani, mil kaevandusloa kehtivus lõppes, FIE Aulis Paal (kaevandusloa nr L.MK.IV191428, kehtivuse lõpp 18.07.2018) (Joonis 19 ja tabel 19). Sälliku maardla asub Balti jääjärve luiteahelikul.





Joonis 19. Sälliku liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Sälliku P1	59°03'30.0"	27°16'28.9"	peeneteraline liiv	v	4.4	paljand
Sälliku P2	59°03'32.8"	27°16'33.2"	peeneteraline liiv	v	4.7	paljand
Sälliku P3	59°03'34.3"	27°16'37.7"	peeneteraline liiv	v	4.4	paljand

Tabel 19. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 5.4 Tudulinna maardla

Tudulinna maardlast võeti proovid Tudulinna kruusakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Tudulinna alevikus Tudulinna kruusakarjäär nimelisel (katastritunnus 81501:005:0730) kinnistul. Kaevandajaks on Maanteeamet ning kaevandusloa number on L.MK.IV-191590 (Joonis 20 ja tabel 20). Tudulinna maardla asub oosil.



Joonis 20. Tudulinna kruusakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendust).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Tudulinna P1	59°02'12.6"	27°04'19.0"	kruusakas munakate rikkas liiv	a	84.0	paljand
Tudulinna P2	59°02'12.4"	27°04'13.7"	kruusakas munakate rikkas liiv	a	95.0	paljand
Tudulinna P3	59°02'17.3"	27°04'19.5"	kruusakas munakate rikkas liiv	a	97.5	varasemalt vee alt välja tõstetud

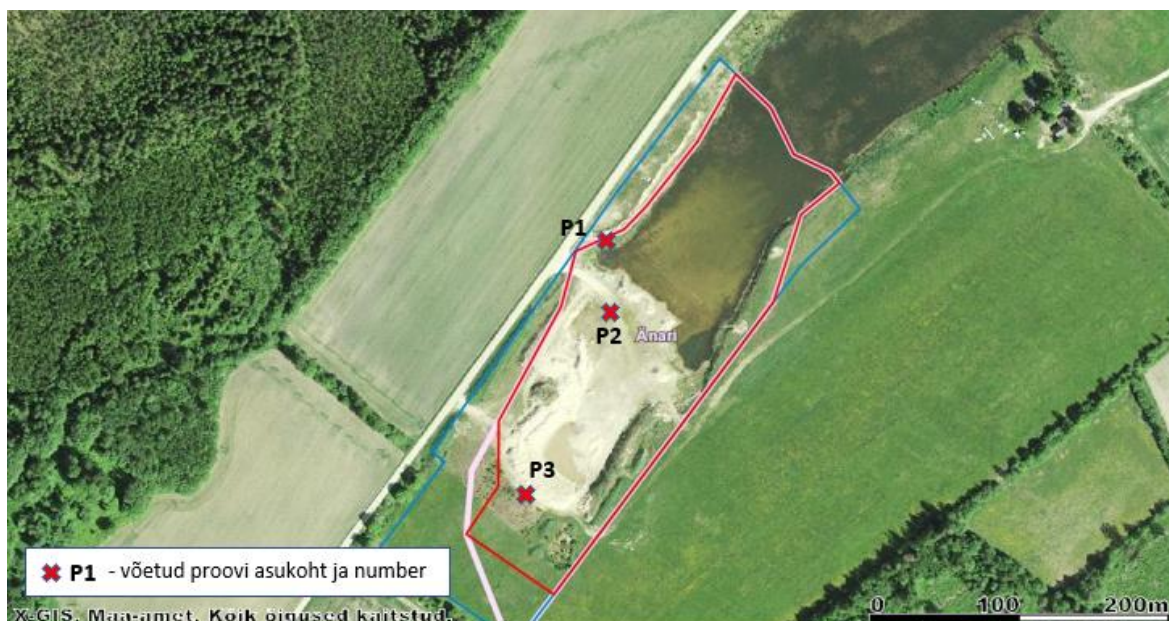
Tabel 20. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 6 Järva maakond

Järva maakonnas on suuremas osas liiva-kruusa maardlates esindatud liustikujõetekkeline materjal. Proovid koguti kahest aktiivsest karjäärist ning kogutud materjal oli liustikujõe- ja liustikutekkeline.

### 6.1 Änari maardla

Änari maardlast võeti proovid Änari liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Türi linnast ~5 km loode suunas Järva maakonnas Türi vallas Änari külas Nõosauna nimelisel (katastritunnus 83601:001:0442) kinnistul. Kaevandajaks on Mateko OÜ ning kaevandusloa number on JARM-026 (Joonis 21 ja tabel 21). Änari maardla asub oosil.



Joonis 21. Änari liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Änari P1	58°50'18.6"	25°19'58.7"	keskmiseteraline liiv	f	4.2	paljand
Änari P2	58°50'17.0"	25°19'58.9"	keskmiseteraline liiv	f	4.0	varasemalt vee alt välja tõstetud
Änari P3	58°50'13.1"	25°19'57.2"	peeneteraline liiv	f	4.0	paljand

Tabel 21. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 6.2 Karude maardla

Karude maardlast võeti proovid Karude IV liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Ardu alevikust ~2,5 km kagu pool Järva maakonnas Paide linnas Mustla-Nõmme külas Karude liivakarjäär 4 nimelisel (katastritunnus 56501:001:0364) kinnistul. Kaevandajaks on AS Tariston ning kaevandusloa number on JARM-034 (Joonis 22 ja tabel 22). Karude maardla asub möhnastikul.



Joonis 22. Karude IV liivakarjääri proovivõtukoht (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Karude P2	59°04'51.4"	25°23'46.3"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	g	96.3	paljand
Karude P3	59°04'48.8"	25°23'46.1"	jämeda suure kruusa osakaaluga liiv	f	69.9	paljand

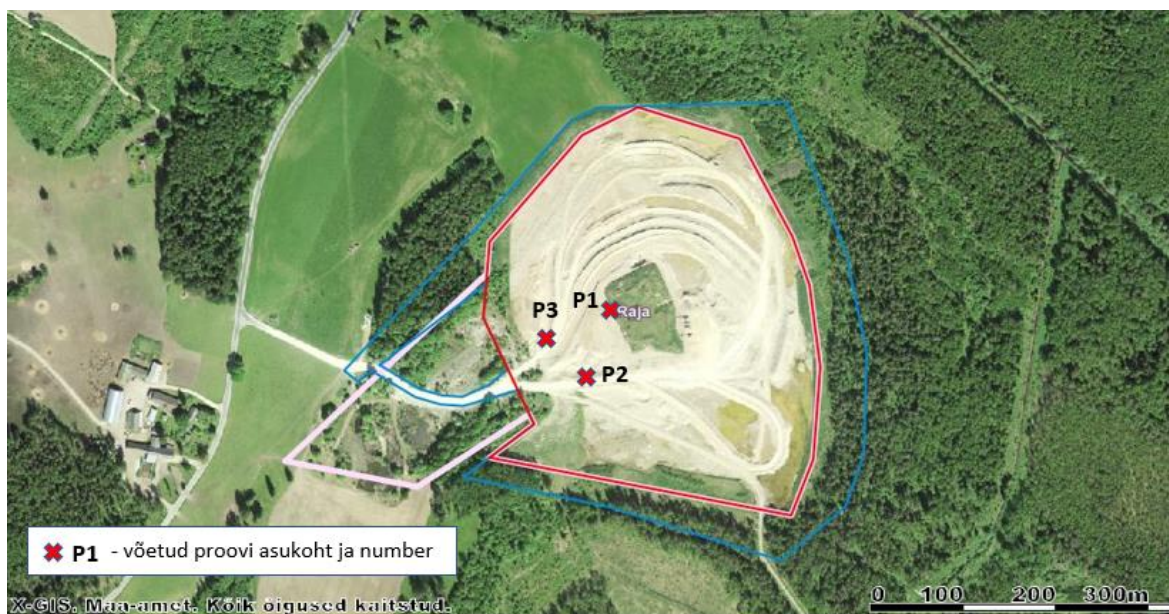
Tabel 22. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 7 Rapla maakond

Rapla maakonnas domineerivad liustikujõetekkeline karjäärid koos liustikujärvetekkeline karjääridega. Nimetatud maakonnast võeti proovid ühest liustikujõetekkeline karjäärist.

### 7.1 Raja maardla

Raja maardlast võeti proovid Raja kruusakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Rapla linnast ~9 km kagu pool Rapla maakonnas Kehtna vallas Lau külas Raja-Põllu (katastritunnus 29201:003:0630), Raja-Metsa (katastritunnus 29201:003:0640) ning Raja nimelistel (katastritunnus 29201:003:0413) kinnistutel. Kaevandajaks on OÜ Sokkel Holding ning kaevandusloa number on Rapm-084 (Joonis 23 ja tabel 23). Raja maardla asub oosil.



Joonis 23. Raja kruusakarjääri proovivõtukoht (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Raja P1	59°20'13.7"	24°23'58.7"	jämedateraline liiv kruusa sisaldusega	lg	32.6	paljand
Raja P2	59°20'13.0"	24°24'01.6"	jämedateraline liiv kruusa sisaldusega	lg	28.3	paljand
Raja P3	59°20'16.2"	24°23'47.1"	jämedateraline liiv	lg	4.7	paljand

Tabel 23. Välitööl kogutud proovide andmed.

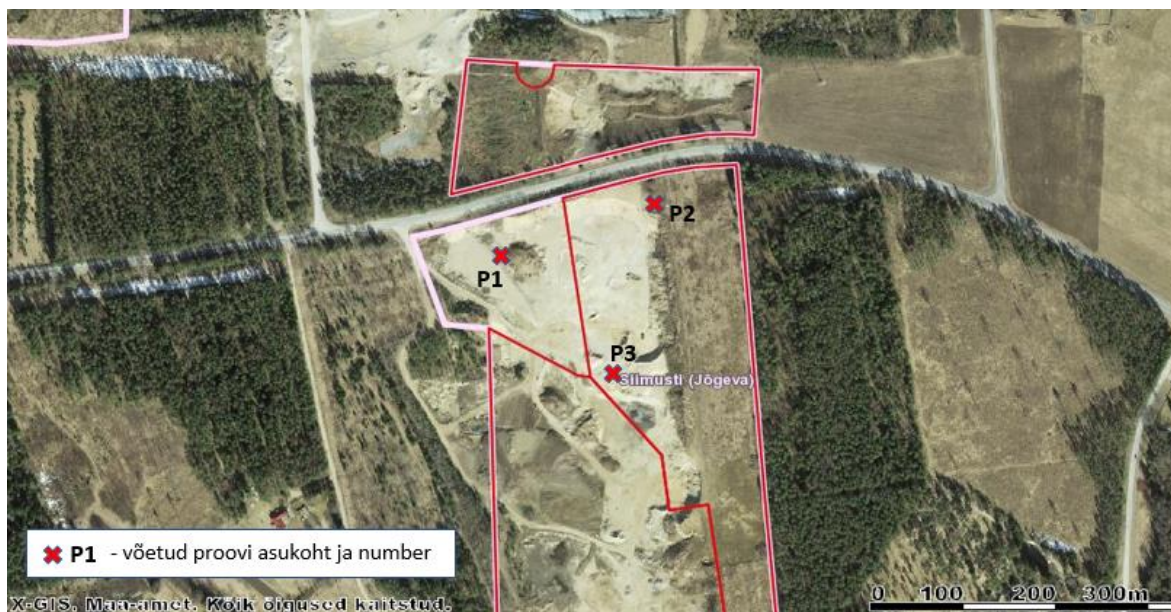
## 8 Jõgeva maakond

Jõgeva maakonnas on tugevasti esindatud ainult liustikujõetekkeline liiva-kruusa maardlad. Proovid koguti ühest liustikujõetekkellisest aktiivsest karjäärist.

### 8.1 Siimusti (Jõgeva) maardla

Siimusti (Jõgeva) maardlast võeti kaks proovid Liiva II liivakarjäärist ning üks proov nimetatud karjäärist vahetult läänepoolt juba kaevandatud alalt. Liiva II liivakarjäär asub Jõgeva linnast 13 km lääne pool Jõgeva maakonnas Jõgeva vallas Kurista külas Nõmme (katastritunnus 24802:006:1870), Timmani (katastritunnus 24802:006:0343) ning Voore nimelistel (katastritunnus 24802:006:0491)

kinnistutel. Kaevandajaks on OÜ Moreen ning kaevandusloa number on JÕGM-047 (Joonis 24 ja tabel 24). Siimusti maardla asub liustikujõetekkelisel mõhnastikul ning Siimusti-Ebavere oosil.



Joonis 24. Liiva II liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Siimusti P1	58°43'54.6"	26°18'58.1"	jämedateraline liiv	f	5.2	paljand
Siimusti P2	58°43'55.8"	26°19'08.0"	suure jämeda kruus sisaldusega liiv	f	89.5	paljand
Siimusti P3	58°43'50.1"	26°19'03.1"	suure jämeda kruus sisaldusega liiv	f	84.9	paljand

Tabel 24. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 9 Tartu maakond

Tartumaal esineb liiva-kruusa maardlates põhiliselt ainult liustikujõe- või liustikujärvetekkelist materjali. Proovid koguti kolmest liustikujõetekkelisestest aktiivsetest karjääridest.

## 9.1 Inglismäe (Inglimäe) maardla

Inglismäe (Inglimäe) maardlast võeti kaks proovi Inglismäe II liivakarjäärist ning üks proov Inglismäe liivakarjäärist. Nimetatud karjäärid asuvad Tartu linnast ~4,5 km põhja pool Tartu maakonnas Tartu vallas Möllatsi külas Inglismäe karjääri (katastritunnus 79403:002:0001) ja Inglimäe (katastritunnus 79403:002:0871) nimelistel kinnistutel. Kaevandajaks on mõlemal karjääril Inglismäe OÜ ning kaevandusloa numberid on TARM-069 (Inglismäe II liivakarjäär) ja L.MK/325495 (Inglismäe liivakarjäär) (Joonis 25 ja tabel 25). Inglismäe (Inglimäe) maardla asub mõhnal.



Joonis 25. Inglismäe liivakarjääri ja Inglismäe II liivakarjääri proovivõtukoht (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Inglismäe P1	58°26'14.6"	26°47'56.3"	peeneteraline liiv	f	3.6	paljand
Inglismäe P2	58°26'13.3"	26°47'59.5"	peeneteraline liiv	f	4.3	paljand
Inglismäe P3	58°26'06.6"	26°47'52.3"	peeneteraline liiv	f	3.9	paljand

Tabel 25. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 9.2 Aardlapalu maardla

Aardlapalu maardlast võeti proovid Aardlapalu liivakarjäärist. Nimetatud karjäär Tartu linnast ~1 km lõuna pool asub Tartu maakonnas Kambja vallas Soinaste külas Karjääri (katastritunnus 94901:006:0709) ja Aardlapalu (katastritunnus 94901:006:0202) nimelistel kinnistutel. Kaevandajaks on Osaühing Eesti Killustik ning kaevandusloa number on L.MK/329738 (Joonis 26 ja tabel 26). Aardlapalu maardla asub hilisglatsiaalsel jõesetel.



Joonis 26. Aardlapalu liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Aardlapalu P1	58°19'54.0"	26°45'22.9"	peeneteraline liiv	f	5.2	vee alt välja pumbatud
Aardlapalu P2	58°19'51.4"	26°45'27.1"	peeneteraline liiv	f	4.3	vee alt välja pumbatud
Aardlapalu P3	58°19'49.3"	26°45'40.1"	peeneteraline liiv	f	3.9	vee alt välja pumbatud

Tabel 26. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 10 Põlva maakond

Põlva maakonnas esineb liiv-kruusa maardlates enamasti ainult liustikujõetekkeline materjal. Proovid koguti ühest liustikujõetekkellisest aktiivsest karjäärist.



## 10.1 Kүүdneri maardla

Kүүdneri maardlast võeti proovid Kalda liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Otepää linnast ~13 km kirde pool Põlva maakonnas Kanepi vallas Krүүdneri külas Kalda (katastritunnus 85601:002:0815) nimelisel kinnistul. Kaevandajaks on Krүүdneri Karjäär OÜ ning kaevandusloa number on L.MK.PÕ-23974 (Joonis 27 ja tabel 27). Kүүdneri maardla asub mõhnastikul.



Joonis 27. Kalda liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kalda P1	58°07'33.0"	26°41'44.6"	keskmiseteraline liiv	f	4.3	paljand
Kalda P2	58°07'39.9"	26°41'46.4"	kruusa sisaldusega jämeliiv	f	41.5	paljand
Kalda P3	58°07'39.9"	26°41'44.4"	kruusa sisaldusega jämeliiv	f	37.8	paljand

Tabel 27. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 11 Võru maakond

Võru maakonnas on suurem osa liiva-kruusa maardlates liustikujõetekkelised, aga samas esineb maardlates ka palju teisi geneetilisi tüüpe. Proovid koguti neljast erinevast aktiivsest karjäärist ning materjali oli geneetiliselt väga varieeruv.

### 11.1 Sulbi maardla

Sulbi maardlast võeti kaks proovi Sulbi liivakarjäärist ning üks proov Sulbi II liivakarjäär. Nimetatud karjäärid asuvad Võru linnast ~13 km loode suunas Võru maakonnas Võru vallas Pulli külas Karjääri (katastritunnus 76701:001:0142) ja Sulbi (katastritunnus 76701:001:0931) nimelistel kinnistutel. Kaevandajaks on Sulbi liivakarjääris Võru Vallavalitsus (kaevandusloa nr L.MK/319360) ning Sulbi II liivakarjääris Toftani Metsanduse OÜ (kaevandusloa nr L.MK/326487) (Joonis 28 ja tabel 28). Sulbi maardla asub glatsiofluviaalsel deltaal.



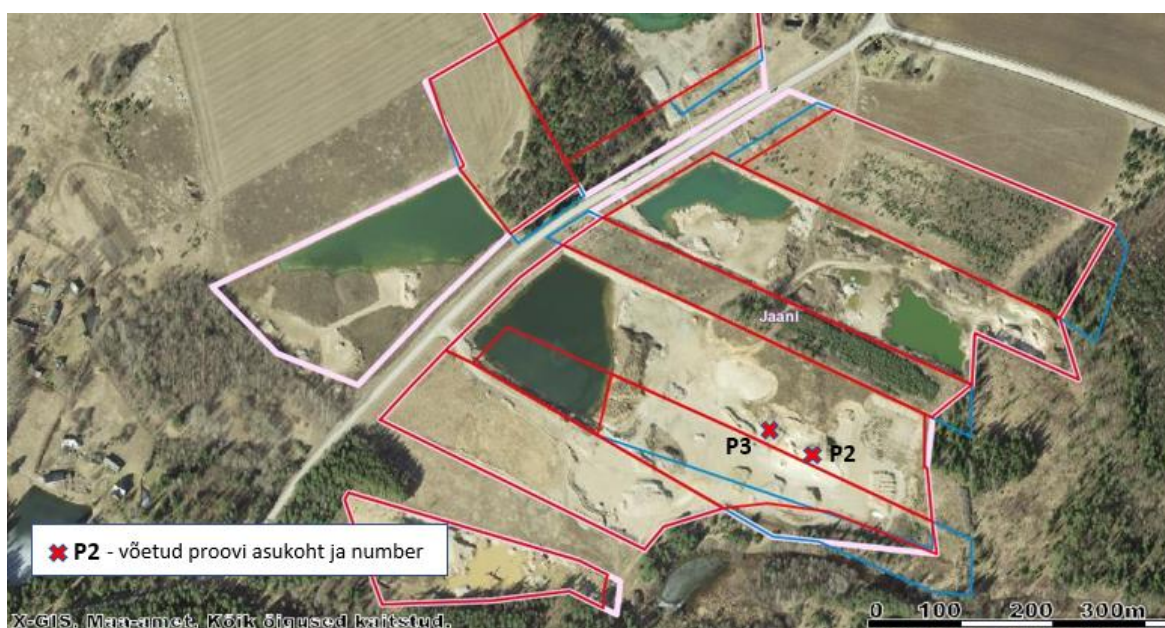
Joonis 28. Sulbi liivakarjääri ning Sulbi II liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Sulbi P1	57°53'50.9"	26°44'51.4"	suure jämeda kruusa osakaaluga liiv	f	57.2	paljand
Sulbi P2	57°53'53.5"	26°44'44.9"	jämeliiv kruusaga	f	53.1	paljand
Sulbi P3	57°53'55.7"	26°44'45.5"	jämeliiv kruusaga	f	5.3	paljand

Tabel 28. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 11.2 Jaani maardla

Jaani maardlast võeti kaks proov Hansi kruusakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Võru linnast ~4,5 km ida suunas Võru maakonnas Võru vallas Umbsaare külas Mäe-Andri (katastritunnus 91801:001:0331), Andri (katastritunnus 91804:004:0748), Hansi (katastritunnus 91804:004:2094) ning Ede-Pangi (katastritunnus 91804:004:0562) nimelistel kinnistutel. Kaevandajaks on AS TREV-2 Grupp ning kaevandusloa number on L.MK.VÕ-174219 (Joonis 29 ja tabel 29). Jaani maardla asub glatsiofluviaalsel deltal.



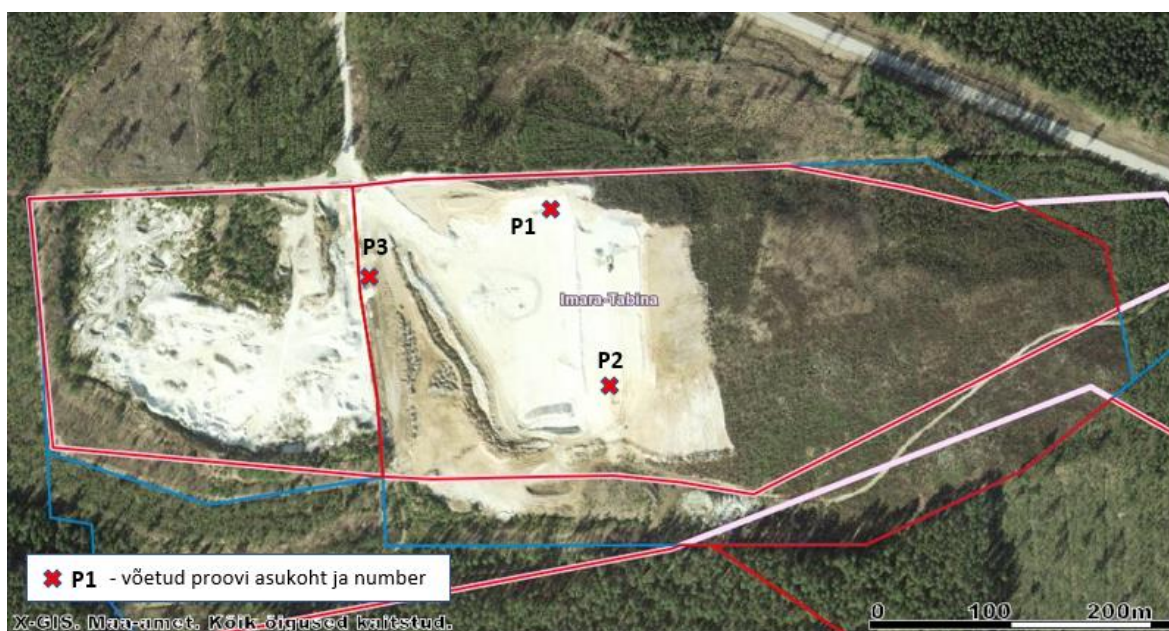
Joonis 29. Jaani III kruusakarjääri ning Hansi kruusakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen.tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Jaani P2	57°49'02.5"	27°07'33.8"	keskmiseteraline valge liiv	g	4.4	paljand
Jaani P3	57°49'03.1"	27°07'31.9"	keskmiseteraline valge liiv	g	4.0	paljand

Tabel 29. Välitööl kogutud proovide andmed.

### 11.3 Imara-Tabina maardla

Imara-Tabina maardlast võeti proovid Tabina II liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Võru linnast ~14 km ida suunas Võru maakonnas Võru vallas Sutte külas Uue-Tabina liivakarjäär (katastritunnus 87401:001:0160) nimelisel kinnistul. Kaevandajaks on O-I Production Estonia AS ning kaevandusloa number on L.MK/325834 (Joonis 30 ja tabel 30). Imara-Tabina maardla asub Devoni liivakivi paljandil.



Joonis 30. Tabina II liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendust).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Tabina P1	57°49'07.8"	27°16'57.3"	valge keskmiseteraline liiv	a	4.8	paljand
Tabina P2	57°49'03.4"	27°16'58.2"	valge keskmiseteraline liiv	a	4.5	paljand
Tabina P3	57°49'06.6"	27°16'48.0"	valge keskmiseteraline liiv	f	4.9	paljand

Tabel 30. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 11.4 Piusa maardla

Piusa maardlast võeti proovid Piusa liivakarjääri idapool asuvalt teenindusmaalt, mis on juba eelneva kaevandamistegevusega muudetud. Karjäär asub Piusa koobaste vahetuslähedal Võru maakonnas Võru vallas Piusa külas. Altpere II liivakarjääris kaevandab liiva O-I Production Estonia ning kaevandusloa number on KMIN-012 (Joonis 31 ja tabel 31). Piusa maardla asub Devoni liivakivi paljandil.



Joonis 31. Piusa liivakarjääri teenindusmaa proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Piusa P1	57°50'44.7"	27°28'04.6"	valge keskmiseteraline liiv	m	4.8	paljand
Piusa P2	57°50'46.0"	27°28'06.2"	valge keskmiseteraline liiv	m	4.3	paljand
Piusa P3	57°50'44.3"	27°28'08.6"	valge keskmiseteraline liiv	m	4.1	paljand

Tabel 31. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 12 Valga maakond

Valga maakonna maardlad on samuti enamasti liustikujõetekkelised, kui samas esineb ka palju liustikujärvetekkelisi ning mõned jõetekkelised liiva-kruusa maardlaid. Proovid võeti ühest jõetekkelisest liiva-kruusa maardlast.

### 12.1 Kösti maardla

Kösti maardlast võeti proovid Kösti liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Sangaste alevikust ~0,5 km põhja pool Valga maakonnas Otepää vallas Laukülas Kösti (katastritunnus 72402:003:0981) nimelisel kinnistul. Kaevandajaks on Osaühing Sanva ning kaevandusloa number on VALM 017 (Joonis 32 ja tabel 32). Kösti maardla asub kunagise jõeoru nõlval.



Joonis 32. Kösti liivakarjääri proovivõtukoht (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendust).

Proovi tähis	Asukoht		Materjal	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Kösti P1	57°55'44.4"	26°20'53.0"	jämedateraline liiv	a	5.1	paljand
Kösti P2	57°55'44.2"	26°20'46.6"	peeneteraline liiv	a	5.0	paljand
Kösti P3	57°55'40.6"	26°20'44.4"	keskmiseteraline liiv	a	5.0	paljand

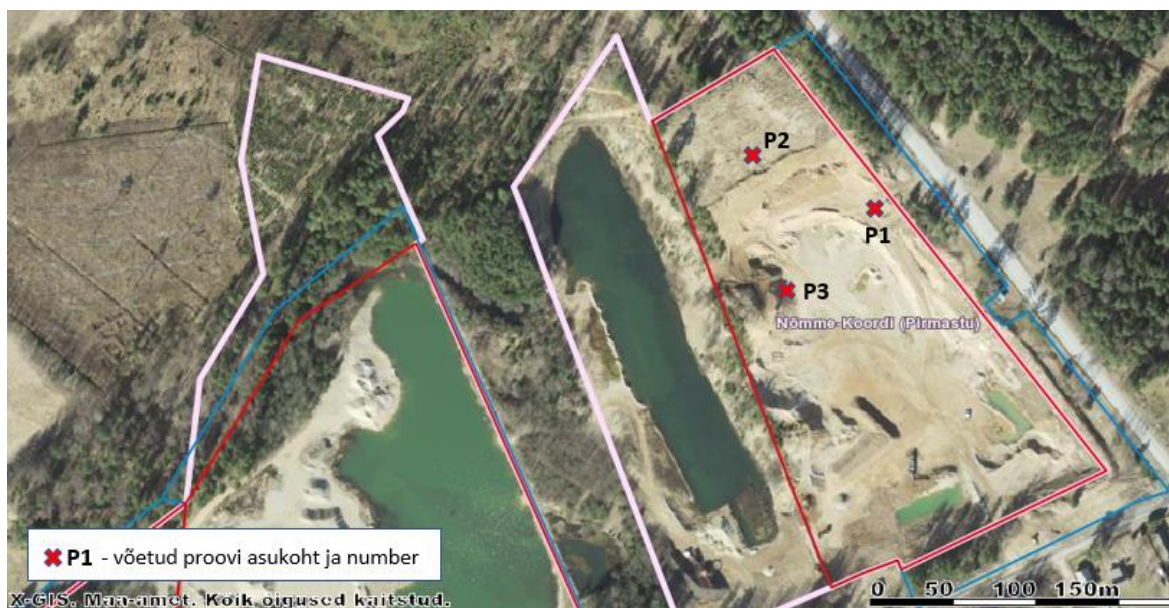
Tabel 32. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 13 Viljandi maakond

Viljandimaa liiva-kruusa maardlad koosnevad samuti enamasti liustikujõetekkellisest materjalist. Lisaks esineb palju ka jõe- ja liustikutekkelisi liiva-kruusa maardlaid. Proovid koguti kahest aktiivsest karjäärist ja kogutud materjal oli geneetiliselt väga varieeruv.

### 13.1 Nõmme-Koordi (Pirmastu) maardla

Nõmme-Koordi (Pirmastu) maardlast võeti proovid Pirmastu II liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Viljandi linnast ~4,5 km lõuna pool Viljandi maakonnas Viljandi vallas Lolu külas Matsi (katastritunnus 89801:001:0629) nimelisel kinnistul. Kaevandajaks on OÜ Eureka ning kaevandusloa number on VILM-045 (Joonis 33 ja tabel 33). Nõmme-Koordi (Pirmastu) maardla asub oosil.



Joonis 33. Pirmastu II liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

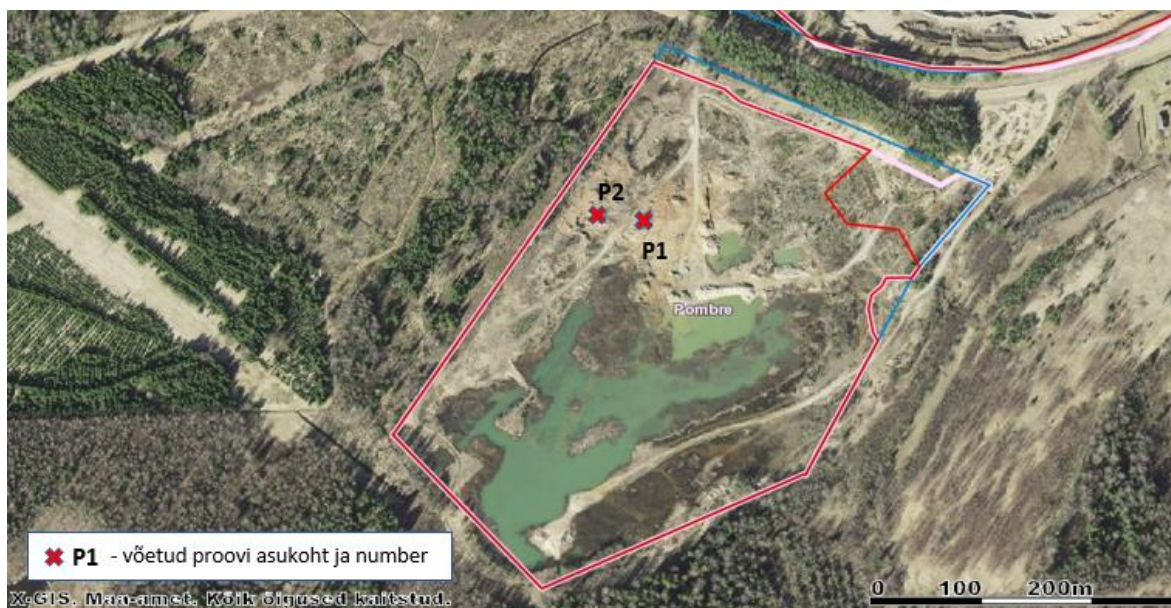
Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Nõmme P1	58°18'59.5"	25°39'54.4"	keskmiseteraline liiv	g	4.6	paljand
Nõmme P2	58°19'00.9"	25°39'49.7"	keskmiseteraline liiv	g	3.9	paljand
Nõmme P3	58°18'58.4"	25°39'51.2"	peeneteraline liiv	g	3.8	paljand

Tabel 33. Välitööl kogutud proovide andmed.

## 13.2 Pombre maardla

Pombre maardlast võeti proovid Pombre liivakarjäärist. Nimetatud karjäär asub Viljandi linnast ~4,5 km lõuna pool Viljandi maakonnas Viljandi vallas Lolu külas Pombre karjäär (katastritunnus 57001:001:0170) nimelisel kinnistul. Kaevandajaks on Medemar OÜ ning kaevandusloa number on VILM-068 (Joonis 34 ja tabel 34). Pombre maardla asub oosil.





Joonis 34. Pombre liivakarjääri proovivõtukohtad (aluskaart: Maa-ameti kaardirakendus).

Proovi tähis	Asukoht		Materjali kirjeldus	Gen. tüüp	Kogus, kg	Märkus
	N	E				
Pombre P1	58°18'17.6"	25°38'11.4"	keskmiseteraline liiv kruusa sisaldusega	a	37.9	paljand
Pombre P2	58°18'17.0"	25°38'08.3"	keskmiseteraline liiv	f	4.3	paljand
Pombre P3	58°18'20.1"	25°38'21.4"	jäme suure kruusa osakaaluga liiv	f	51.0	paljand

Tabel 34. Välitööl kogutud proovide andmed.