EESTI GEOLOOGILINE BAASKAART
GEOLOGICAL BASE MAP OF ESTONIA

5422
VÕRU

SELETUSKIRI
EXPLANATION TO THE MAPS

Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

TARTU 2016

Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

EESTI GEOLOOGILINE BAASKAART
GEOLOGICAL BASE MAP OF ESTONIA

Mõõtkava 1:50 000
Scale 1:50 000

5422
VÕRU

SELETUSKIRI
EXPLANATION TO THE MAPS

Tartu 2016

Esikaanel: Vaade Haanja kõrgustikul asuvale Vaskna järvele Suure-Munamäe vaatetornist.
Front cover: View to the Vaskna Lake at Haanja Upland from the tower on Suur Munamägi Hill.

Eesti Geoloogiakeskus, 2016
Kadaka tee 82
Tallinn 12618
ISBN 978-9985-815-87-8 (pdf)

OÜ EESTI GEOLOOGIAKESKUS
Tartu Regionaalosakond

Ain Põldvere
Anne Põldvere
Rein Grünberg
Ranek Rohtla
Kaidi Ariva
Tarmo All

BAASKAARDI VÕRU (5422) LEHE GEOLOOGILISE KAARDIKOMPLEKTI KOOSTAMINE JA DIGITAALSE ANDMEBAASI LOOMINE

SELETUSKIRI

Juhatuse liige Aivar Pajupuu

Tartu 2016

Annotatsioon

Ain Põldvere, Anne Põldvere, Rein Grünberg, Ranek Rohtla, Kaidi Ariva, Tarmo All. Eesti geoloogilise baaskaardi Võru (5422) kaardilehe seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus. Tartu Regionaalosakond, Tartu, 2016. Tekst 113 lk, 46 fotot, 19 joonist, 6 tabelit, 2 tekstilisa (OÜ Eesti Geoloogiakeskuse geoloogiafond, Maa-amet).

Eesti baaskaardi (mõõtkava 1:50 000) Võru (5422) kaardilehe digitaalsete kaartide komplekti ja nende juurde kuuluva seletuskirja koostamisel on kasutatud eelmise sajandi viie- kuni seitsmekümnendatel läbiviidud geoloogilise kaardistamise (mõõtkava 1:200 000), nafta-gaasi otsingute ja hüdrogeoloogiliste uuringute, perioodil 2007–2008 toimunud geoloogilise kaardistamise (mõõtkava 1:50 000) välitööde ja mitmeid eriaegseid, muudel eesmärkidel tehtud tööde geoloogilisi andmeid. Kaardistatud ala hõlmab Haanja kõrgustiku kesk- ja põhjaosa, Kagu-Eesti lavamaa kaguosa ja Võru orundi.

Kaardikomplekti kuulub 4 põhikaarti: aluspõhja geoloogiline, pinnakatte geoloogiline, hüdrogeoloogiline ja põhjavee kaitstuse kaart. Põhikaartide juurde kuuluvad 4 abikaarti: aluspõhja reljeefi, pinnakatte paksuse, geomorfoloogia ja aeromagnetiliste anomaaliate kaart.

Seletuskirjale on lisatud aluskorda ulatuva Väimela puuraugu ja Kvaternaari setteid läbiva Munamäe (363) puuraugu südamiku kirjeldus. Kaardid ja seletuskiri on digitaalsed ning nende aluseks olnud faktiline materjal on koondatud digitaalsetesse andmebaasidesse.

Ain Põldvere, Anne Põldvere, Rein Grünberg, Ranek Rohtla, Kaidi Ariva, Tarmo All. The explanatory note to the geological maps of the Võru (5422) sheet.

The 1:50 000 geological maps and the concurrent explanatory note of the Võru (5422) sheet are based on the geological mapping (1:200 000) data, oil-gas exploration and hydrogeological studies, all accomplished in 1950ies to 1970ies, on field work for 1:50 000 geological mapping in 2007–2008 and on miscellaneous geological data obtained for different purposes. The mapped area covers the central and northern part of Haanja Upland, the southeastern part of the Southeast Estonian Plain and Võru Valley.

The main map set includes the following four maps: bedrock geology, Quaternary geology, hydrogeology and groundwater vulnerability maps. The supplementary maps to the main set are: bedrock relief, thickness of Quaternary deposits, geomorphology and aeromagnetic anomalies maps.

The explanatory note is amended with description of the Väimela drill core (extending to the crystalline basement) and description of the Munamäe (363) drill core (penetrating Quaternary deposits). Maps and explanatory note are released in a digital form and the original geological data are stored in digital databases.

Märksõnad: geoloogiline kaardistamine, aluskord, aluspõhi, pinnakate, aluspõhja reljeef, pinnakatte paksus, maavara, hüdrogeoloogia, põhjavee kaitstus, aeromagnetiline anomaalia, raskusjõuvälja anomaalia, puurauk, Võru- ja Põlvamaa, Haanja kõrgustik, Kagu-Eesti lavamaa, Võru orund.

SISUKORD

SISSEJUHATUS (Ain Põldvere, Ranek Rohtla) 6
1. KRISTALNE ALUSKORD JA SETTELINE ALUSPÕHI (Anne Põldvere) 20
2. PINNAKATE JA PINNAMOOD (Ain Põldvere, Kaidi Ariva) 42
2.1. PLEISTOTSEEN 47
2.2. HOLOTSEEN 51
3. HÜDROGEOLOOGIA JA PÕHJAVEE KAITSTUS (Rein Grünberg) 61
3.1. KVATERNAARI VEEKOMPLEKS 63
3.2. ALUSPÕHJA JA ALUSKORRA VETTANDVAD JA VETTPIDAVAD KIHID 65
3.3. PÕHJAVEE TARBEVARU JA SELLE KASUTAMINE 69
3.4. PÕHJAVEE RIIKLIK VAATLUSVÕRK JA PÕHJAVEETASEME MUUTUMINE 71
3.5. PÕHJAVEE KAITSTUS 72
3.6. PÕHJAVEE KOOSTIS 74
4. MAAVARAD (Ranek Rohtla, Ain Põldvere) 75
4.1. ALUSPÕHJA MAAVARAD 78
4.2. PINNAKATTE MAAVARAD 81
5. GEOFÜÜSIKALISED VÄLJAD (Tarmo All) 101
KASUTATUD MATERJALID 103

Lisa 1: VÄIMELA PUURAUGU SÜDAMIKU GEOLOOGILINE KIRJELDUS 114
Lisa 2: MUNAMÄE (363) PUURAUGU SÜDAMIKU GEOLOOGILINE KIRJELDUS 133

Komplekti kuuluvad kaardid:

1. Aluspõhja geoloogiline kaart (R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla)
2. Aluspõhja reljeefi kaart (R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla)
3. Pinnakatte geoloogiline kaart (K. Ariva, R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla, K. Ariva)
4. Pinnakatte paksuse kaart (R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla)
5. Geomorfoloogiline kaart (K. Ariva, R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla, K. Ariva)
6. Hüdrogeoloogiline kaart (R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla)
7. Põhjavee kaitstuse kaart (R. Rohtla; tehn. teostus R. Rohtla)
8. Aeromagnetiliste anomaaliate kaart (T. Kalberg; tehn. teostus T. Kalberg)

SISSEJUHATUS

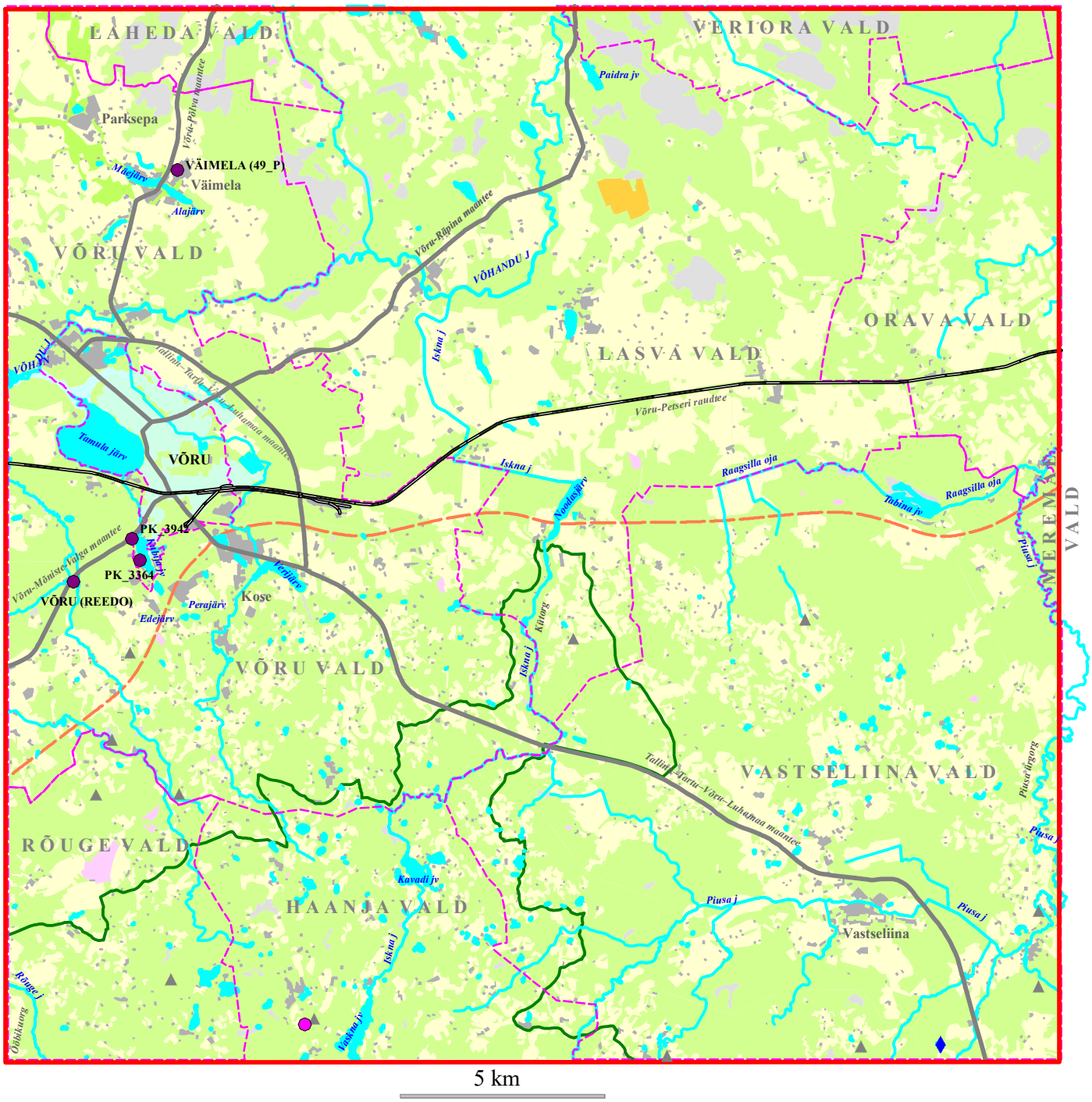
Seletuskiri aitab paremini mõista Eesti Geoloogilise Baaskaardi (mõõtkavas 1:50 000) Võru (5422) kaardilehe piirkonda (joonis 1) jääva ala geoloogilist ehitust ja tutvustab selle rakenduslikke võimalusi. Seletuskirjaga kaasnevasse kaardikomplekti kuuluvad põhikaartidena aluspõhja geoloogiline, pinnakatte geoloogiline, hüdrogeoloogiline ja põhjavee kaitstuse kaart ning abikaartidena aluspõhja reljeefi, pinnakatte paksuse, geomorfoloogilise ehituse ja aeromagnetiliste anomaaliate kaart. Koostati ka maavarade leviku ülevaade. Võru kaardilehe (5422) piires gravitatsioonivälja pindalalist kaardistamist ei toimunud. Aluspõhja reljeefi ning mattunud orgude täpsustamiseks tehti raskuskiirenduse mõõdistamise marsruute ligikaudu 215 jooksva kilomeetri ulatuses ja rajati 48 vertikaalse elektrilise sondeerimise punkti. Raskuskiirenduse mõõdistamistel lähtuti riiklikust gravimeetrilisest tasemest GV-EST95.

Kaardistamisel ja seletuskirja koostamisel on lähtutud Maa-ameti digitaalsete geoloogiliste kaartide koostamise juhendist (Juhend...2015) ja sellega kaasnevaist lisanõudeist. Kaartide topograafiliseks aluseks on Lamberti konformses koonilises projektsioonis ellipsoidil GRS-80 (Lambert-Est, lõikeparalleelid 58º00’ ja 59º20’) mõõtkavas 1:50 000 esitatud Eesti Baaskaart. Koordinaadivõrk: L-EST97; 5 km võrk. Kõrgusjooned 10 m intervalliga Balti 1977. a kõrgussüsteemis. Kaardilehe nurgakoordinaadid on: NW 6425 000 ja 675 000; NE 6425 000 ja 700 000; SW 6400 000 ja 675 000 ning SE 6400 000 ja 700 000. Geoloogilise suunitlusega teabe paremaks esiletoomiseks on aluskaardina kasutatava kaardi topograafilist koormatust mõnevõrra vähendatud. Kaardid on koostatud programmis ArcGIS.

Kaartide koostamiseks koguti ja sisestati digitaalsesse andmebaasi geoloogiliste uuringute puuraukude, puurkaevude ning vaatluspunktide andmestik (kokku 6777 uuringupunkti). Neist 4145 on saadud vaatluspunktidena valdavalt kaardistamise marsruutide käigus. Geoloogiliste uuringute väga erineva sügavusega puurauke on andmebaasis 2414 ja puurkaeve 209. Käesoleva kaardistamise käigus rajati 78 kuni 12 m sügavust uuringupuurauku kogumetraažiga 692 m.

Aluskorda avavaid puurauke/kaeve on 4, neist kolm asuvad Võru linnas või selle lähistel ja üks Väimelas. Pinnakatet läbivaid puurauke koos puurkaevudega on andmebaasis 625 (joonis 2). Kuna aluspõhjakivimitesse ulatuvate puuraukude paiknemine on väga ebaühtlane ja puurkaevude läbilõigete kirjeldused on koostatud enamasti vaid puurhiiva põhjal, siis niivõrd keeruka geoloogilise ja hüdrogeoloogilise ehitusega ala kohta on andmestik piirkonniti ebapiisav ja selle tõttu ei vasta Võru lehe aluspõhja, hüdrogeoloogia ning põhjavee kaitstuse kaardid valdavas osas 1:50 000 kaardistuse nõuetele.

Seletuskirjale on lisatud Väimela (ulatub aluskorrakivimitesse) ja Munamäe (läbib pinnakattesetteid) puursüdamiku kirjeldused.



5 km

Legend

Haanja kõrgustik
Haanja upland

Haanja looduspark
Haanja nature park

Valla piir
Borderline of municipality

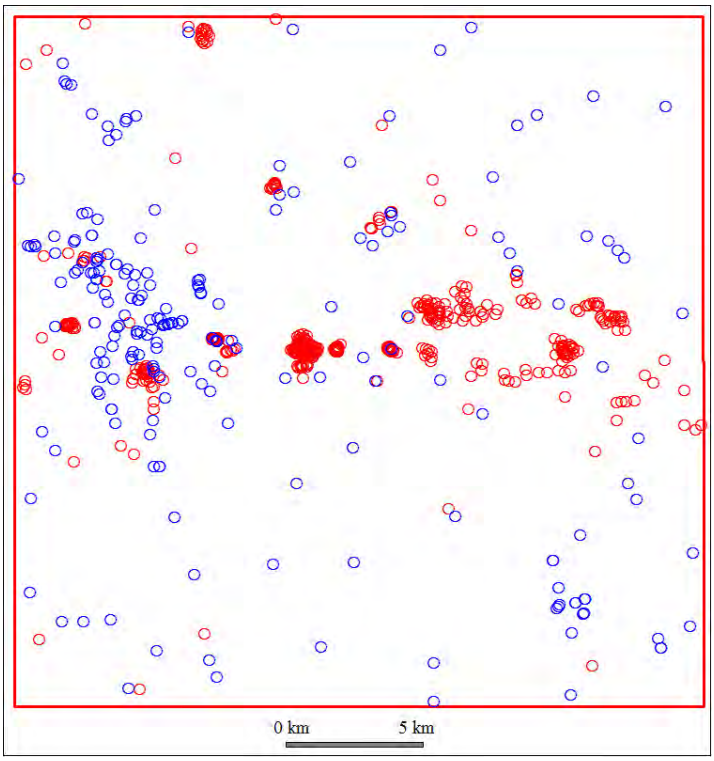
Rändrahn
Boulder

Karst
Karst

Aluskorra puurauk
Drillhole in crystalline basement

Munamäe (363) puurauk
Drillhole of Munamäe (363)

Joonis 1. Võru (5422) kaardilehe ülevaade.
Figure 1. Overview of the Võru (5422) sheet.



Joonis 2. Kvaternaari setteid läbivate puuraukude (punased ringid) ja puurkaevude (sinised ringid) paiknemine Võru (5422) kaardilehe piires.

Figure 2. Drill holes (red circles) and wells (blue circles) penetrating Quaternary sediments on the area of Võru (5422) sheet.

Kagu-Eesti, sh Võru (5422) kaardilehe piirkonna geoloogilise ehituse tundmaõppimisele on suur panus antud möödunud sajandi viie- kuni seitsmekümnendatel aastatel, kui tehti nafta–gaasi otsinguid ja tektooniliste struktuuride uuringuid Ida-Euroopa platvormil (Petrov, Aleksandrova 1953; Paasikivi 1955) ja geoloogilist kaardistamist mõõtkavas 1:200 000 (Tratsevski jt 1964; Väärsi jt 1964; Vanamb jt 1966; Kajak jt 1974). Aluspõhja kivimite ja pinnakatte setete litoloogiat ja stratigraafiat on omaaegsete puursüdamike põhjal ka hiljem täpsustatud. Kokkuvõtlikult on need materjalid esitatud monograafias "Geology and mineral resources of Estonia" (Raukas, Teedumäe 1997). Piirkonna tektoonilist arengulugu ja struktuurset ehitust on ülevaatlikult käsitletud veel mitmetes töödes (Kajak 1962; Puura jt 1983; Sildvee jt 1990; Koistinen jt 1994; Niin 1997; Suuroja 1994). Piirkonna kireva geomorfoloogilise ehituse – glatsiaalsete, glatsiofluviaalsete ja jääjärveliste pinnavormide tundmaõppimisele ja rajoneerimisele on aastakümnete jooksul pühendunud mitmed uurijad (Hang, Lepasepp 1961; Kajak jt 1975; Raukas 1978, Raukas, Karukäpp 1979; Karukäpp 1997; Arold 2005) Holotseeni setteid on käsitletud paljudes töödes (Ramst 1982; Saarse 1994; Orru 1995). Piirkonna hüdrogeoloogilist ehitust on uuritud lisaks varasemale komplekssele kaardistamisele ka põhjaveevarude uuringute (Suuroja, Tassa 1973; Tšeban, Suuroja 1975; Kuptsov jt 1987; Tassa, Ploom 1992; Polikarpus, Lemberpuu 2015) ja riikliku põhjaveeseire käigus (Truu jt 2016). Tehtud on ka aeromagnetilist kaardistamist (Boiko 1991; Stepanov jt, 1992). Piirkonna maavarasid on uuritud pika aja jooksul mitmete geoloogide poolt. Maapinna pindmise osa geoloogilise ehituse täpsustamisel on suure panuse andnud ehitusgeoloogilised ja maaparandusega seotud uuringud. Geoloogilist uuritust on käsitletud ka seletuskirja teistes peatükkides.

Üldiseloomustus. Võru (5422) kaardilehe pindala on 625 km^2, millest 558,15 km^2 jääb Võru ja 66,85 km^2 Põlva maakonda (joonis 1). Lääneosas asub Tamula järve ääres Võru linn (foto 1). Täies ulatuses asub kaardilehe keskosas Võru maakonda kuuluv Lasva vald. Osaliselt asuvad kaardilehe piires Võru maakonda kuuluva Võru valla ida-, Haanja valla põhja-, Rõuge valla ida-, Meremäe valla väike lääne- ja Vastseliina valla põhjaosa. Kaardilehe piiresse jääb Põlva maakonda kuuluva Veriora valla edela-, Laheda valla kagu- ja Orava valla lääneosa. Kaardilehe piiresse jääb neli suuremat alevikku: Vastseliina, Kose, Väimela ja Parksepa. Suurematest küladest vajaks mainimist Lasva, Haanja, Tsolgo ja Lepassaare.

Võru linn (13,24 km^2; 1. mai 2016. a seisuga 12 573 elanikku), mis on Võrumaa keskuseks, asub kaardilehe lääneosas. Linna ümbritseb Võru vald. Linna läbib Peterburi–Pihkva–Riia raudtee Valga–Petseri raudteelõik ja linnast möödub põhja poolt Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa maantee. Linna territooriumil asub neli järve – Tamula järv (231,3 ha), Kubija järv (15,9 ha), Mustjärv ja Kubija Veskijärv (1,7 ha). Tamula järvest on väikese Vahejõe kaudu olemas ühendus Vagula järvega. Loodest ja põhjast piirab linna Võhandu jõgi.

Vastseliina alevik asub kaardilehe kaguosas, kus 1. jaanuari 2012. a seisuga oli 2125 elanikku. Alevik asub Piusa jõe ääres.

Kose alevik asub kaardilehe lääneosas, Võru linnast mõned kilomeetrid kagus. Kose elanikke oli 2011. a jaanuaris 565. Aleviku peatänavaks on Kose tee nimeline lõik Võru–Verijärve maanteest. Alevikus asuvad Pappjärv ja Kasaritsa Valgjärv.

Väimela alevik asub Võru linna keskusest 5,7 kilomeetrit põhja pool. Alevikku poolitab Võru–Põlva maantee. Läänest piirab alevikku Puskaru–Väimela maantee (endine Võru–Tartu maantee). Väimelas elas 2014. a seisuga 573 inimest ja aleviku rahvaarv pole aastatega palju muutunud. Väimela asub Mäe- ja Alajärve kaldal. Järvede, mõisahoonete ja Loosu külakabeli ümbruses paikneb **Väimela-Loosu maastikuala**. Maastikukaitsealal elavad erinevad nahkhiired: põhja-nahkhiir, tiigilendlane, pargi-nahkhiir, veelendlane ja kääbus-nahkhiir. Lisaks kasvab ka kaitsealune taim vahelmine lõokannus.

Parksepa alevik asub Võru linna keskusest 6,5 km põhja pool. Parksepas elas 2015. aasta seisuga ligikaudu 700 elanikku.

Maastikulise liigestuse alusel jääb kaardistatud ala põhjaosa Kagu-Eesti ehk Ugandi lavamaale, mille idapoolsemat osa nimetatakse lainelist moreentasandikku katvate jääjärveliste liivakate setete (ligikaudu 40% ulatuses) tõttu Palumaaks (Arold, 2005). Kaardilehe lõunapoolsele osale jääb Haanja kõrgustiku kõrgeim, suurkünklik keskosa ja põhjanõlv. Kagu-Eesti lavamaad ja Haanja kõrgustikku eraldab ida-läänesuunaline Võru orund, mis Võru linna ümbruses laieneb ja kulgeb Võru–Hargla orundina lääne poole. Võru orundi idapoolseks jätkuks on kitsam ja järsuveerulisem Piusa org, mis kaardilehe idapiiril pöördub lõunasse. Võru orundisse suubuvad lõuna poolt mitmed sügavad orud, näiteks Kütiorg. Kaardilehe edelanurka läbib Rõuge org.

Kaardilehe põhjapoolses osas, lainja reljeefiga moreenkattega lavamaal, suureneb maapinna absoluutne kõrgus läänest itta, jäädes lääneosas 70–80 m ja idaosas 90–100 m vahemikku. Kirdenurgas, Madala oja orus, langeb maapind 60 m absoluutse kõrguseni. Ligikaudu samale kõrgusele langeb maapind kaardilehe idapiirile jäävas Piusa orus. Haanja kõrgustiku põhjaosa iseloomustab väike- kuni suurkünklik moreen- ning fluvio- ja limnomõhnade reljeef,

kus maapinna suhtelised kõrgused võivad ulatuda 20 kuni 80 meetrini. Haanja kõrgustiku põhja- ja keskosas ulatub maapinna absoluutne kõrgus 140–310 meetrini.

Pinnakatte paksus on Ugandi lavamaa ja Palumaa piires Võru orundi nõlvapealsetel kohati vaid 2–3 m. Piusa ürgoru nõlvadel kohati aga 1–2 m, mille tõttu esineb aluspõhjakivimite (Kesk-Devoni Gauja kihistu liivakivid) paljandeid Piusa oru veerudel. Tuntumad paljandid on Härma Mäemine müür ehk Keldri müür (foto 2) ja Härma Alumine müür ehk Kõrgusniidu müür (foto 3). Härma Mäemise müüri paljand on Eesti kõrgeim liivakivipaljand, kuni 43 m kõrgune ja kaljuseina pikkus on kokku 150 meetrit. Mäemise müüri paljandi nähtava osa kõrgus on 19 meetrit.

Võru (5422) kaardilehe piiresse jääb arvukalt jõgesid, ojasid ja kraave. Eesti pikim, Võhandu jõgi (162 km), läbib diagonaalselt ja enam-vähem edela–kirde sihiliselt ala loodeosa (foto 4) mõnekümne kilomeetri ulatuses. Jõe vooluhulk on keskmiselt 10–11 m^3/s. Lasva asulast läänes suubub Võhandu jõkke lõuna poolt Iskna jõgi. Jõgi saab alguse Vaskna järvest, olles 29 km pikk ja 86 km^2 valgalaga. Kaardilehe lõunaosas lääne–ida suunaliselt (Vastseliina orus) ja idaosas lõuna–põhja suunaliselt (Piusa orus) voolab Piusa jõgi (foto 3), mille vooluhulk on keskmiselt 5–6 m^3/s. Piusa on Eesti suurima langusega jõgi. Kaardilehe piires suubuvad Piusa jõkke Raagsilla, Loosi ja Tabina oja. Raagsilla oja voolab Võru orundis. Väiksel alal kaardilehe edelanurka jäävas Rõuge orus voolab Rõuge jõgi.

Suuremad järved asuvad kaardilehe keskosa orundil (Tamula järv; foto 1), Kubija järv, Noodasjärv (foto 5) ja Tabina järv; foto 6) ja Haanja kõrgustikul (Vaskna järv; foto 7 ja Kavandi järv). Tamula järve pindala on 231,3 ha ja sügavus kuni 7,5 meetrit. Järv on nõrga läbivooluga, sisse voolavad Kubija oja ja mõned kraavid. Väljavool toimub Võhandu jõkke. Väiksemaid järvi esineb arvukalt Haanja kõrgustiku küngastevahelistes nõgudes. Haanja kõrgustik on Eesti järverikkamaid piirkondi. Väiksemad järvi on ka kaardilehe põhja- ja kirdeosas. Vagula, Tamula ja Kubija järve vee-elustiku kaitseks on moodustatud loodusalad (Natura alad). Kaitse alla on seal võetud saarmas, hink, vingerjas ja tiigilendlane.

Ala metsasus on ligikaudu 69% ehk tublisti üle Eesti keskmise (50,3%). Suuremad haritavad alad jäävad kaardilehe kesk- ja loodeossa.

Kaardilehe piires asub mitmeid turba-, liiva- ja kruusamaardlaid (vt peatükk 4), millest kasutust on leidnud vaid liiv (nii aluspõhjaline kui ka pinnakatteline) ja kruus. Varudelt suurimad on Imara–Tabina liivamaardla ja Püssapalu kruusamaardla. 2015. aastal kaevandati Imara–Tabina maardla karjääridest 16,2 tuh. m^3 tehnoloogilist liiva ning Püssapalu maardla karjääridest 78,4 tuh. m^3 ehituskruusa ja 0,2 tuh. m^3 ehitusliiva.

Suuremad sood ja rabad (koos turbamaardlatega) on koondunud enamasti kaardistatud ala keskossa (idast läände jääv Võru soo) ja põhjaossa (Kääpa, Iskna, Pindi, Saarepera ja Meenikonna sood). Ala kaguossa jääb Illimäe soo samanimelise turbamaardlaga. Meenikonna soo (raba) jääb kaardilehele osaliselt, sellest suurem osa asub Põlva (5424) kaardilehel. Väikesi soid leidub arvukalt Haanja kõrgustikul küngaste vahelistes nõgudes.

Üle kaardilehe keskosa kulgeb diagonaalselt loodest kagusse Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa maantee (foto 8) ja ala keskosas suundub läänest itta Võru–Petseri raudtee. Võrust kirde suunas kulgevad Võru–Räpina ja Võru–Põlva maantee, Võrust edelasse Võru–Mõniste–Valga maantee.

Kaardilehe alale jäävad nii Haanja kõrgustiku kui ka Eesti kõrguselt esimene **(Suur Munamägi 318 m ümp)** ja teine **(Vällamägi 304 m ümp)** mägi.

Suure Munamäe (foto 9) kõrgus on 318 m ja suhteline kõrgus ligikaudu 60 m. Ajaloo jooksul on Suure Munamäe kõrguse mõõtmistel saadud erinevaid tulemusi. 1933.–1934. aasta topograafilisel kaardil on mäe kõrguseks märgitud 316,8 meetrit. Eestis tänapäeval üldtunnustatud kõrgus (318,1 meetrit) saadi 1947–1960 tehtud mõõtmistega. 2013. aastal Maa-ameti korraldatud mõõdistamisel selgus, et laserkiire abil lennukilt maapinna kõrgust mõõtnud LIDAR-seadme kohaselt on mäe kõrgus 317,4 meetrit. Tartu ülikooli geograafia instituudi geoinformaatika ja kartograafia professori Tõnu Oja sõnul tuleks LIDARi andmeid kontrollida ka teiste meetoditega. Baltikumi kõrgeimaks tipuks jääb Suur Munamägi siiski ka juhul, kui LIDARi andmeid leiavad kinnitust. Suure Munamäe tipus asub 1939. aastal valminud Suure Munamäe vaatetorn. Vaatetorni kõrgus on 30 m. Suure Munamäe nõlvad on kaetud põlise loodusmetsaga.

Kuigi Vällamägi (foto 10) on kõrguselt teine, on mäe suhteline kõrgus (kõrgus jalamilt tippu on 84 m) suurim. Vällamäe nõlvad on väga järsud, kohati kuni 40 kraadi. Pikematel ja järsematel nõlvadel on tekkinud uhtorud. Nõlvakallete järgi liigituvad Vällamäe nõlvad keskmiselt kuni tugevalt erosiooniohtlikeks. Vällamäel asub järskude tõusude ja laskumistega matkarada (foto 11).

Kaardilehe idaservas asuva Piusa jõe ürgoru kaitseks on loodud **Piusa jõe ürgoru maastikukaitseala** (foto 12), mis algab Vana-Vastseliina piiskopilinnuse varemete juurest ja kulgeb allavoolu. Kaitseala pindala on 1237 hektarit. Kaitseala ajalugu ulatub 1962. aastasse, mil kaitse alla võeti Piusa jõe ürgorg ja selle kallaste Devoni liivakivipaljandid ehk nn müürid (Piusa jõe liivakivipaljandid). Kaitseala praegused piirid on aastast 1997. Hiljem (peale 1997. aastat) võeti kaitse alla ka Piusa jõe ürgorus kasvavad metsa- ja niidukooslused. Kaitsealal on üks sihtkaitsevöönd – Härma sihtkaitsevöönd ja üks piiranguvöönd – Piusa jõe ürgoru piiranguvöönd. Kaitsealal paikneb ka Piusa ürgoru 15 km pikkune matkarada, mis kulgeb Vana-Vastseliina linnusevaremete juurest mööda Piusa jõe ürgorgu Lindora külani.

Võru (5422) kaardilehe lõuna ja keskossa jääb **Haanja looduspark.** Haanja looduspark on looduskaitsealune piirkond Võru maakonnas, mis piirneb Haanja, Võru, Rõuge, Lasva ja Vastseliina vallaga. Looduspargi pindala on 16 903 hektarit. Kaitseala ajalugu ulatub 1957. aastasse, mil võeti kaitse alla Suur Munamägi, Vällamägi koos järvedega ja nende lähialad. Hiljem, 1997. aastal, loodi Haanja kõrgustiku maastiku ja omapärase looduse kaitseks **Haanja maastikukaitseala** pindalaga 9200 hektarit. Looduspargi atraktiivseimad loodusobjektid on teiste seas Hinni kanjon ja Ööbikuorg ning mitmed põlispuud (näiteks Sinisilla tamm) ja järved. Looduspargi alal on muu hulgas Andri, Kuuda, Vihtla, Veesi ja Luhte järv ning Hainjärv ja Puustusjärv.

Võru (5422) kaardilehe edelanurka, Haanja looduspargi territooriumile, jääb väike osa **Rõuge ürgorus** asuvast Ööbikuorust. Rõuge ürgorg jääb Haanja kõrgustiku loodeserva. Ürgorg on kuni 60 meetri sügavune ja selle põhjas asub seitse järve, nende seas ka Rõuge Suurjärv. Rõuge ürgorus asub 10 km pikkune matkarada. Kaardilehele jääva Ööbikuoru pikkus on 300 meetrit ja selle sügavus 12–15 meetrit. Ööbikuorus asub kaks vesioinast (pumbad, mis töötavad hüdraulilise löögi jõul).

Haanja looduspargi territooriumile jääb ka Eestimaa suurim ja võimsam ürgorg – **Kütiorg**. Kütioru uhtusid liustike sulaveed viimase jääaja lõpul. Oru pikkus on 4,7 kilomeetrit, laius 60–600 meetrit, sügavus kuni 70 m. Oru põhjas voolab Iskna jõgi. Kütioru nõlvadesse lõikuvad vee poolt uuristatud uhtorud ehk tsorid (Suur tsori, Rebäsetsori, Juudijõõratus jt). Tsoride laius ulatub 60 meetrini, pikim tsori on 370 meetrit, suurim sügavus 20 meetrit. Kütioru kirdenõlval asub muistne ohverdamiskoht Tammetsõõr ja Ilmamägi. Oru põhjaosas paikneb piki Iskna jõge kolm vesiveskit, millest üks ka töötab, ehkki juba elektrijõul. Kütiorus elab palju haruldasi taimi, loomi ja linde. Seal asub loodusreservaat, kus igasugune inimtegevus on keelatud. Kütiorus on 9,6 km pikkune Kütioru matkarada, mis saab alguse Kütioru mäesuusakeskuse lähedal olevast parklast.

Haanja looduspargi territooriumile, Võrust lõunasse, jäävad kaks rändrahnu: Juhan Kunderi kivi ja Ivanikivi (Ivannikivi, Iivanikivi, Kõrgemäe Ivannikivi). Juhan Kunderi rändrahn asub Suure Munamäe nõlval, vaatetornist 50 m lõuna pool. Kivi maksimaalne kõrgus on 1,3 m, keskmine kõrgus 1,1 m, pikkus 3 m ja laius 1,7 m. Kivi on nimetatud Eesti kirjaniku Juhan Kunderi järgi, kuna see kivi olnud tema meelispaigaks. Ivanikivi rändrahn asub Haanja külast läände jäävast Kurgjärvest 0,5 km läänes, Kõrgõmäe otsas. Kivi maksimaalne kõrgus on 2,1 m, pikkus 4,4 m ja laius 3,2 m.

Kose alevikust vahetult kagusse jääb **Verijärve maastikukaitseala**. Kaitseala moodustati 1962. aastal. Kaitseala on loodud järsuveerulise ürgoru ja selles asuva Verijärve kaitseks. Ürgorg koos järvega on umbes 40 m sügavune. Verijärve põhja- ja kirdekaldal leidub kaitsealust taime – palu-karukella. Maastikukaitsealale on tehtud ka 1 km pikkune õpperada (matkarada).

Kose alevikust mõni kilomeeter edelasse jääb **Andsu järvede maastikukaitseala,** kuhu kuuluvad sõsarjärved Edejärv ja Perajärv. 1962. aastal võeti järved koos 100 m laiuse kaldaribaga kaitse alla kui kohaliku tähtsusega veekogud. 1985. aastaks oli selge, et järvede praktiliseks kaitseks on vaja enamat ja kaitsealust territooriumi laiendati 36 hektarini. Maastikukaitsealast saab rääkida alates 2001. aastast, kui järved said uuendatud kaitse-eeskirja. Kaitseala pindala suurenes 36 ha-lt 51 ha-ni. Kõrged järvede kalda-alad (suhteline kõrgus kuni 40 m) on kõikjal inimtegevusest mõjutatud. Jalgsi liikujale kaitseala piiranguid ei sea, jalgrattad ja mootorsõidukid peavad aga püsima neile ettenähtud teedel või parklates, telkimine ja lõkke tegemine on lubatud selleks ettevalmistatud paikades ning kala võib püüda kasvõi paadist, kui sel just mootorit küljes pole.

1,8 km ulatuses jääb Võru (5422) kaardilehe põhjaossa Paidrast põhja poole kulgev **Võhandu jõe ürgoru loodusala**. Keskkonnaregistri andmetel on Võhandu loodusala pindala 1147,3 ha. Kaitseala loodi 1957. aastal. Natura 2000 võrgustikku liideti ala 2004. aastal. Looduskaitseala eesmärk on säilitada ürgorgu maastikulises tervikus ja kaitsta Devoni liivakivi paljandeid. Võhandu jõe ürgoru loodusalal on mitu matkarada.

Võru (5422) kaardilehe kirdenurka jäävad **Meenikunno looduskaitseala** ja **Oodsipalu metsise püsielupaik**. Mõlemad alad jäävad kaardilehe piiridesse osaliselt ning jätkuvad vastavalt Põlva (5424) ja Petseri (5511) kaardilehel.

Meenikunno looduskaitseala (varem Meenikunno maastikukaitseala) loodi 1981. aastal Meenikunno raba kaitseks ja see organiseeriti ümber looduskaitsealaks 2015. aastal. Kaitsealal asub mitmeid järvi. Neist suurimad on Nohipalu Mustjärv, Nohipalu Valgjärv, Suur Suujärv ja

Keskmäne Suujärv. Maismaaosa pindala on 2991,3 ha ja siseveekogude alla jääb 36,3 ha. Kaitsealal on viis sihtkaitsevööndit (Meenikunno, Nohipalu, Oodsipalo, Saapasaarte ja Vinso) ning kaks piiranguvööndit (Liipsaarõ ja Mustjärve). Meenikunno looduskaitsealal on 5,8 km pikkune ringikujuline matkarada, mis koosneb 2,4 km pikkusest laudteest ja 3,4 km pikkusest metsarajast.

Oodsipalu metsise püsielupaik loodi 2005 aastal. Püsielupaik, mis hõlmab 335 ha, koosneb piiranguvööndist ja sihtkaitsevööndist.

Kaardilehe kagunurka jääb **Kurekivi karstiala**. Kurekivi karstiala jääb Vastseliina valda Illi küla lähedale. Kurekivi karstiala asub paelaval, kus asub järskude veergudega nõgu (*Liisa lohk*, ka: *Liisalohk*), mille laius on 50 m ja sügavus 5 m. Paarkümmend meetrit kaugemal paikneb 1 ha suurune Kurekivi Mudajärv. Nõos neelduv vesi avaneb Kurekivi allikatena.

Võru (5422) kaardilehe piiresse jäävad lisaks veel mitmeid rändrahne. Võru linnast lõunasse jäävad Liivakupalu kivi, Tallimäe-Linnamäe lodukivi, Kubija-Rootsi rahn ja Suurkivi (Tsutsukivi, Piirikivi). Vastseliina ümbrusse (lõuna ja ida suunas) jäävad aga Suurekivi soorahn (Kündja-kalluga kivi), Pütsepa suurkivi (Jeremi rahn, Viidrik Mokra kivi), Laagri rändrahn ja Vahtseliina rahn. Vastseliinast põhja poole jäävad Mõrsjakivi ja Piiskopikivi.

Võru (5422) kaardilehele jääb ka palju vääriselupaiku ning kotkaste ja kulliliste püsielupaiku. Lasva küla juures on Lasva tammiku loodusala. Kaardilehe idaservani ulatub Piusa-Võmmorski loodusala.

Foto 1. Tamula järv Võru linna lähedal.
Photo 1. Tamula Lake near the Võru City.

Foto 2. Härma ülemine ehk Keldri müür Piusa jõe paremal kaldal.

Photo 2. Härma upper or Keldri wall on the right bank of the River Piusa.

Foto 3. Härma alumine ehk Kõlksniidu müür Piusa jõe paremal kaldal.

Photo 3. Härma lower or Kõlksniidu wall on the right bank of the River Piusa.

Foto 4. Võhandu jõgi Kääpa külas.
Photo 4. Võhandu River at Kääpa village.

Foto 5. Noodasjärv Nasva vallas.
Photo 5. Noodas Lake in Lasva Parish.

Foto 6. Kinnikasvav Tabina järv Vastseliina vallas.
Photo 6. Eutrofic lake of Tabina in Vastseliina Parish.

Foto 7. Vaskna järv Haanja kõrgustikul.
Photo 7. Vaskna Lake at Haanja Upland.

Foto 8. Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa maantee Võru linnast lõuna pool.
Photo 8. Highway of Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa in the southside of Võru City.

Foto 9. Suur Munamägi Haanja kõrgustikul.
Photo 9. Hill Suur Munamägi at Haanja Upland.

Foto 10. Vällamägi Haanja kõrgustikul.
Photo 10. The Vällamägi Hill at Haanja Upland.

Foto 11. Vällämäe matkaraja kaart.
Photo 11. Vällämäe Hill walking tour map.

Foto 12. Piusa jõe ürgorg Vana-Vastseliina linnuse juures.
Photo 12. Piusa River Ancient Valley at Vana-Vastseliina fortress.

1. KRISTALNE ALUSKORD JA SETTELINE ALUSPÕHI

Võru 5422 kaardilehe aluspõhja kristalse aluskorra ja settelise aluspõhja geoloogilise ehituse tundmaõppimisele on suurima panuse andnud möödunud sajandi viie- kuni seitsmekümnendatel aastatel läbi viidud nafta-gaasi otsingud ja tektooniliste struktuuride uuringud Ida-Euroopa platvormil (Petrov, Aleksandrova 1953; Paasikivi 1955) ning geoloogiline kaardistamine mõõtkavas 1:200 000, mille tulemusena koostati Kagu-Eesti aluspõhja kivimite geoloogilised kaardid ning uuriti kristalse aluskorra ehitust (Tratsevski jt 1964; Väärsi jt 1964; Vanamb jt 1966; Kajak jt 1974). Aluspõhja kivimite litoloogiat ja stratigraafiat on omaaegsete puursüdamike põhjal ka hiljem täpsustatud. Kokkuvõtlikult on need materjalid esitatud monograafias "Geology and mineral resources of Estonia" (Raukas, Teedumäe 1997). Piirkonna tektoonilist arengulugu ja struktuurset ehitust on ülevaatlikult käsitletud veel mitmetes töödes (Kajak 1962; Puura jt 1983; Sildvee jt 1990; Koistinen jt 1994; Niin 1997; Suuroja 1994).

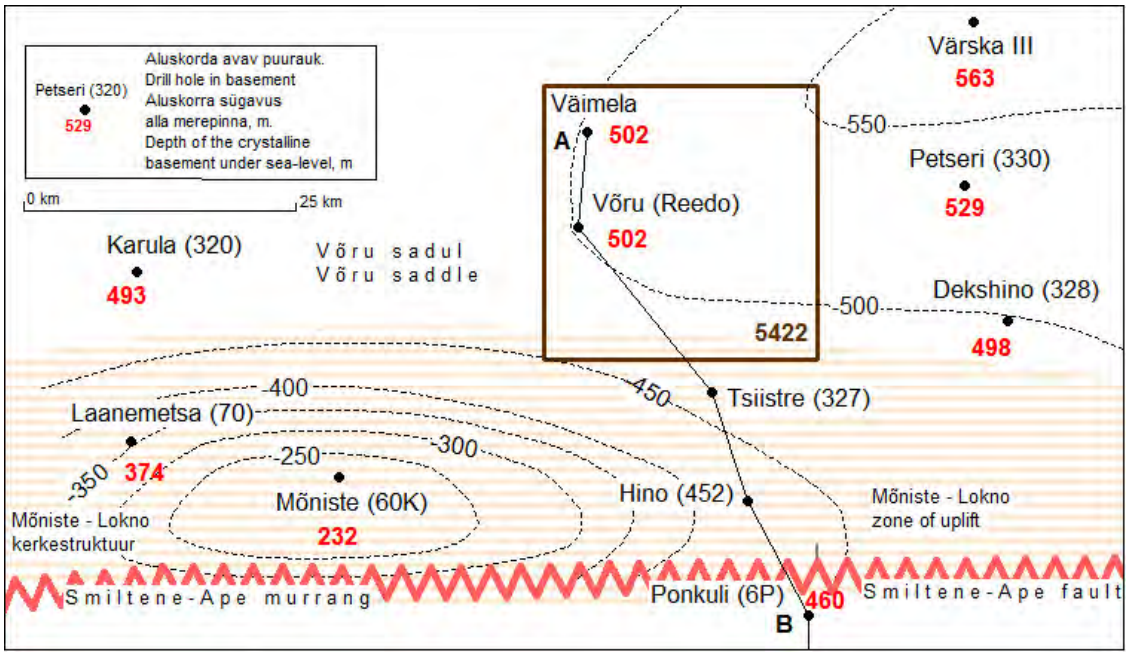
Kaardistatud alal on neli aluskorra murenemiskoorikut avavat puurauku (3364; Võru; Võru–3942; Väimela–11293), millest kahe viimase kirjeldused on abiks piirkonna geoloogilise ehituse detailsemal iseloomustamisel. Väimela puursüdamiku (algne tähis 49P, puurimise aeg 1947 või 1952) kirjelduse on koostanud nafta-gaasi otsingute käigus L. B. Paasikivi (1955). Tema detailiderohke välikirjelduse juurde kuulub põhjalik kokkuvõte laboratoorsete uuringute tulemustest, mis on enamasti esitatud arvandmetena ja on seetõttu ühemõtteliselt tõlgendatavad ka tänapäeval (vt lisa 1).

Võru–3942 (Reedo) puurauk on puuritud 1973. aastal mineraalvee otsingute käigus (Vingisaar, Tassa 1973). Hüdrogeoloogilise uuringu tarbeks sobiliku lakoonilise puursüdamiku kirjelduse aluskorrast kuni Ordoviitsiumini on koostanud P. Vingisaar, Devoni osa on kirjeldanud K. Kajak.

Nende vanade puursüdamike kirjelduste täiendamisel ja stratigraafia kaasajastamisel on abiks olnud geoloogid M. Niin (aluskord), K. Mens ja E Pirrus (Ediacara, Kambrium) ning A. Kleesment (Devon). Aluskorra ning karbonaatkivimite struktuuride ja tekstuuride esitamisel on jäädud Eesti traditsiooniliste klassifikatsioonide juurde (Kalm jt 1999, lk 49; Vingisaar jt 1965), purdkivimite osas on faktide olemasolul tehtud kohandusi lähtuvalt kaardistamise juhendist (Maa-amet 2015).

Kristalse aluskorra, mille lõuna suunas madalduv pealispind jääb kaardilehe piires ligikaudu 450 kuni 550 m merepinnast madalamale (joonis 1.1), moodustavad paleoproterosoilise Svekofennia kurrutustsükli Lõuna-Eesti tsooni granuliidid (Puura, Huhma 1993; Soesoo jt 2004).

Väimela–11293 (edaspidi Väimela) puursüdamiku (intervall 598,1–609,0 m; aluskorra paksus 10,9 m) peene- ja keskmisekristallilises varigraniidis (varimigmatiidis) esineb aluselise kivimi relikte. Kivim on tugevasti murenenud (murenemiskooriku II aste) ja raua-hüdroksiididest punane. Paiguti esineb selles tumedavärviliste mineraalide ja roosakasrohelise värviga laike. Murenemisproduktide põhjal otsustades on melanokraatseks mineraaliks amfibool.



Joonis 1.1. Aluskorra pealispinna reljeefi ja tektooniliste struktuuride skeem Sildvee jt (1990) järgi kaardilehe Võru (5422) piirkonnas. Läbilõige A–B joonisel 1.2.

Figure 1.1. Scheme of the basement relief and tectonic structures in the area of Võru (5422) map sheet (modified from Sildvee et al. 1990). Section A–B on the figure 1.2.

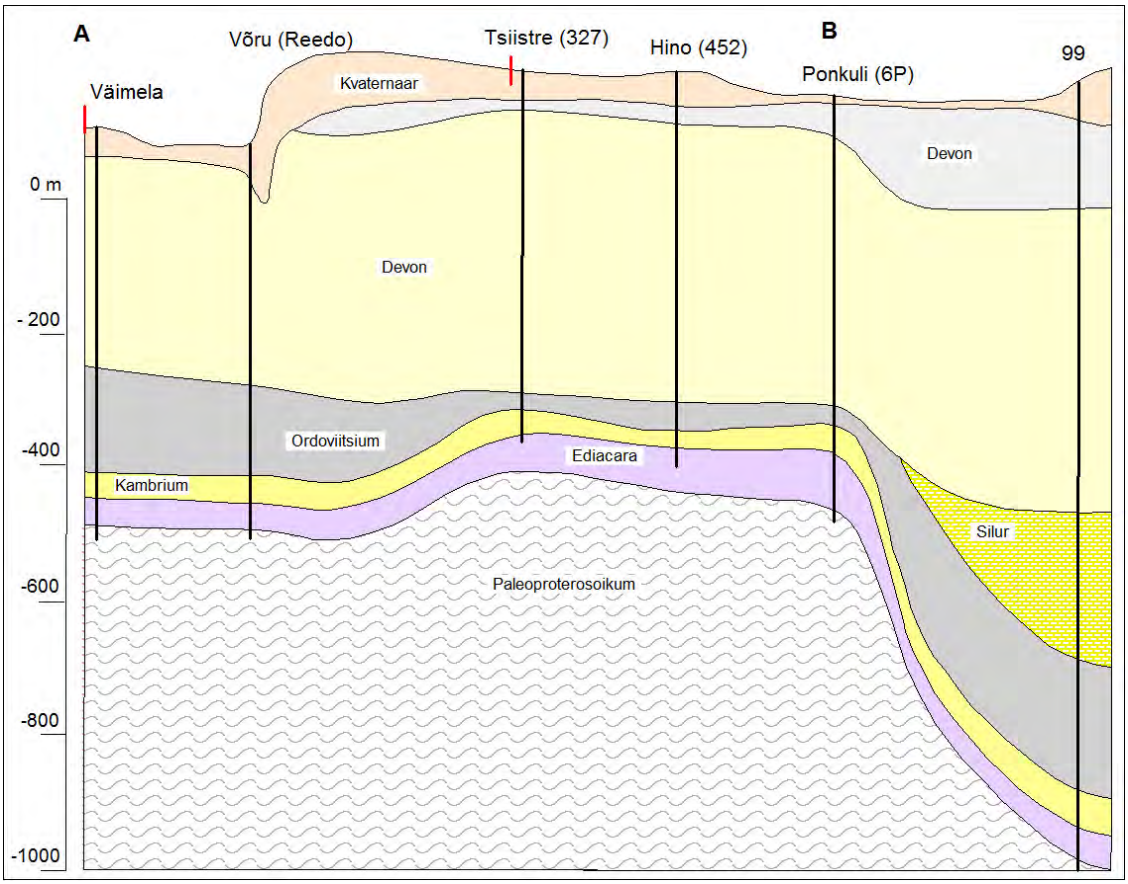
Graniidi koostis varieerub puursüdamikus suurtes piirides. Peenekristallilised erimid on rikastunud murenenud tumedavärviliste mineraalide ja magnetiidiga: mikrokliini on 30–60%, kvartsi 10–35%, plagioklassi 5–30%, murenenud amfibooli 0–10%, magnetiiti 0–0,5%; aktsessooridena esineb apatiiti, monatsiiti, tsirkooni, sekundaarsete mineraalidena epidooti? ja karbonaati. Pruunikas mikrokliinis on plagioklassi reliktid. Leitud on pertiidi peeneid sooni. Plagioklass on albiidistunud, sossüriidistunud ja raua hüdroksiidide tõttu pruunika tooniga; terad on ebakorrapärase kujuga ja laiguti moodustavad olulise osa kivimist, kus struktuur on graniidiline või granoblastiline.

Puursüdamiku leukokraatsetes laikudes esinevad kvartsi terad on erineva kujuga ning korrodeerivad mikrokliini ja plagioklassi teri. Tumeda kivimi laikudes on kvartsi vähe. Amfibool on asendunud värvitu või helerohelise kloriidiga, milles on magnetiidi peeneid vööte ja laike. Magnetiidis on apatiidi prismalisi kristalle. Tsirkoon on idiomorfne, pruuni tooniga, vahel on terade välispind korrodeerunud. Monatsiidi peened kristallid on ümardunud.

Võru–3942 puurkaevu aluskorra osa (intervall 584,0–600,0 m; paksus 16,0 m) moodustavad tugevalt kaoliinistunud heledavärvilised gneisid, mille kildalisuspind on horisontaalpinna suhtes kallutatud 60–70°.

Struktuurses plaanis paikneb kaardistatud ala nn Võru sadula piirkonnas (joonis 1.1 ja 1.2), millest lõuna poole jääb ida-läänesuunaline Valmiera–Mõniste–Lokno aluskorraline kerkestruktuur, mida lõunast piirab omakorda Riia–Pihkva süvamurrangute süsteemi kuuluv

Smiltene–Ape murrang. Ulatuslikul kerkestruktuuril on välja eraldatud iseseisev Haanja–Lokno kerge (Sildvee jt 1990).



Joonis 1.2. Aluspõhja skemaatiline läbilõige Sildvee jt (1990) järgi (Devoni terrigeensed settekivimid on kahvatukollased, karbonaatsed hallid). Punased jooned märgivad Võru (5422) kaardilehe piire. Läbilõikejoon joonisel 1.1.

Figure 1.2. Schematic section of bedrock (modified from Sildvee et al. 1990; Devonian terrigenous rocks are pale yellow, carbonaceous grey). Red lines marking borders of Võru (5422) map sheet. Line of the cross section on the figure 1.1.

Setteline pealiskord on kaardilehe piires esindatud Ediacara (Vend), Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Devoni ladestu kivimitega (tabel 1.1). Neoproterosoilistest ja paleosoilistest kivimitest koosnev pealiskord lasub suure ajalise lünga ja põiksusega aluskorral. Kaardilehe 5422 (Võru) loodeosas asuvas Väimela puuraugus on läbitud settekivimite paksus 569,1 m ja ligikaudu 9 km lõuna pool olevas Võru–3942 puurkaevus 549,0 m (joonis 1.2).

Mõniste–Lokno piirkonna aluskorra kerkestruktuuri areng Siluri ajastu lõpus ja Devoni algul on jätnud olulise lünga siinsete settekivimite läbilõikesse – täielikult puuduvad Siluri ja osaliselt Ülem-Ordoviitsiumi settekivimid (joonis 1.2). Piirkonna kerkimine jätkub ka tänapäeval, kusjuures kõige intensiivsemalt tõuseb vana kerkestruktuuri põhjanõlv (Sildvee, Vaher 1995).

Tabel 1.1. Aluspõhja stratigraafiline liigestus Võru (5422) kaardilehe alal
Table 1.1. The bedrock stratigraphic scheme on the area of Võru (5422) map sheet

Ladestu ***System***	**Ladestik** ***Series***	**Lade** ***Stage***	**Litostratigraafiline üksus** ***Lithostratigraphical unit***
Devon Devonian	D_3	Plavinase	Pskovi (D_3 *ps*)
			Snetnaja Gora (D_3 *sn*)
	D_2	Amata	Amata (D_2 *am*)
		Gauja	Gauja (D_2 *gj*)
		Burtnieki	Burtnieki (D_2 *br*)
		Aruküla	Aruküla (D_2 *ar*)
		Narva	Kernave (D_2 *kr*)
			Vadja (D_2 *vd*) – Leivu (D_2 *lv*)
		Pärnu	Pärnu (D_2 *pr*)
	D_1	Rezekne	Mehikoorma (D_1 *mh*)
Ordoviitsium *Ordovician*	O_3	Pirgu	Jonstorpi (O_3 *jn*) – Jelgava (O_3 *jl*)
		Vormsi	Tudulinna (O_3 *td*)
		Nabala	Saunja (O_3 *sn*)
			Paekna (O_3 *pk*)
		Rakvere	Rägavere (O_3 *rg*)
		Oandu	Mosseni (O_3 *ms*) (Variku (O_3 *vr*))
		Keila	Blidene (O_3 *bl*)
			Adze (O_3 *adz*)
		Haljala	
		Kukruse	Dreimani (O_3 *dr*)
	O_2	Uhaku	Taurupe (O_2 *tr*)
		Lasnamäe	Stirna (O_2 *st*)
		Aseri	Segerstadi (O_2 *sg*)
		Kunda	Baldone (O_2 *bl*)
			Šakyna (O_2 *sk*)
			Kriukai (O_2 *kri*)
		Volhovi	
	O_1	Billingen/Hunneberg	Zebre (O_1 *zb*)
		Pakerort?	Kallavere? (O_1 *kl*)
Kambrium *Cambrian*	$Є_3$		
			Petseri (Ca_3 *pt*)
	$Є_2$	Paneriai	Paala (Ca_2 *pl*)
	$Є_1$	Lontova	Lontova (Ca_1 *ln*)
Ediacara *Ediacaran*	V_2	Kotlini	Kotlini (V_2 *kt*)
			Gdov (V_2 *gd*)

Ediacara ladestu terrigeensed kivimid on avatud Väimela (intervall 559,5–598,1 m, paksus 38,6 m) ja Võru–3942 (intervall 541,0–584,0 m, paksus 43,0 m) puuraugus. Kivimite iseloomustamisel saame toetuda Võru–3942 puuraugu kirjeldusele, kus puursüdamiku väljatulek on hea. Vanem, **Gdovi kihistu** (V_2 *gd*; Moldova ja Uusküla kihistik koos) paksusega 31–37 m, koosneb valdavalt pruunides ja roosades toonides kollasest, halvasti sorteeritud, peene- kuni jämedateralist kvartsliivakivist, milles esineb vahekihtidena pruuni kuni pruunikaspunast aleuriitsavi ja sinakashalli aleuroliiti (Väimela: intervall 567,0–598,1 m; Võru–3942: intervall 547,0–584,0 m). Gdovi kihistu alumise piiril lamab aluskorra kivimitel kas aleuriitsavi, aleuroliidi või liivakivi kiht.

Noorema, **Kotlini kihistu** (V_2 *kt*) paksusega 6,0–7,5 m (Väimela: intervall 559,5–567,0 m; Võru–3942: intervall 541,0–547,0 m) moodustavad Võru–3942 läbilõikes sinakashallid horisontaalse peenekihilisusega savid. Väimela puuraugus on kihistu ülemise osa savides üksikute läätsedena või vahekihtidena sideriiti. Savi kompleksides on erineval määral lisandina aleuriiti ja aleuroliidi vahekihte.

Kotlini kihistu ülemisel piiril on murenemiskoorik paksusega kuni 4,5 m. Murenemiskoorik koosneb horisontaalse mikrokihilisusega savidest. Allosas kollast ja ülaosas violetjaspruuni värvi kompleksi katab ligikaudu 10 cm paksune helehall kaoliinsavi kiht. Kaardistatud alal on Kotlini kihistu alumiseks piiriks kontaktpind Gdovi kihistu liivakivide ja Kotlini kihistu savide vahel.

Kambriumi ladestu terrigeensed kivimid on läbitud Väimela (intervall 510,7–559,5 m, paksus 48,8 m) ja Võru–3942 (intervall 487,7–541,0 m, paksus 53,3 m) puuraugus. Väimela puuraugu kivimite koostist on hinnatud valdavalt puurhiiva väljatuleku alusel ja piiride täpsustamiseks on kasutatud puuraugu karotaaži.

Lamava, Alam-Kambriumi **Lontova kihistu** (Ca_1 *ln*) paksus on kaardistatud alal 4–12 m (Väimela: intervall 547,2–559,5 m; Võru–3942: intervall 537,4–541,0 m). Võru–3942 puursüdamikus moodustavad kihistu väheste liivakate vahekihtidega aleuriidikad savid. Kihistu ülaosas on ühe meetri paksune pruunikaskollane peenekihiline aleuriitsavist murenemiskoorik, mille allosas on ligikaudu 10 cm paksune plastse savi kiht. Kihistu alumiseks piiriks on kontakt Ediacara murenemiskoorikuga.

Kesk-Kambriumi **Paala kihistu** (Ca_2 *pl*) paksusega 23–25 m on esindatud valkjaskollaste pudedate liivakividega (Väimela: intervall 522,0–547,2 m; Võru–3942: intervall 514,2–537,4 m). Furongi **Petseri kihistu** (Ca_3 *pt*) paksusega 11–26 m (Väimela: intervall 510,7–522,0 m, paksus 18,2 m; Võru–3942: intervall 487,7–514,2 m) on kaardistatava ala puuraukude andmetel kolmeosalise liigestusega. Kihistu alumine osa (paksus 6,8–15,8 m) koosneb nõrga kaoliinse põhitsemendiga pisi- kuni keskmiseteralisest kvartsliivakivist ja aleuroliidist. Kvartsi terad on vähekulunud, harva nõrgalt ümardunud ja korrodeeritud, päevakivi on kaoliinistunud ning veel esinevad lagunemise produktid – kaoliniit ja muskoviit. Aktsessoorsetest mineraalidest on leitud üksikuid titaani mineraalide teri, tsirkooni, turmaliini ja püriiti.

Kihistu keskmise osa (paksus 1,2–1,5 m; Väimela: intervall 513,7–515,2 m; Võru–3942: intervall 497,0–498,2 m) moodustab läätsjas õhukesekihiline aleuriidikas-liivakas savi, milles esineb vilgu ja püriidi lisand. Savi koosneb peen-soomuselistest savi mineraalidest (illiitide

grupp), mis on kõrge kaksikmurdumisega. Savi soomused on ebakorrapäraselt orienteeritud. Savi põhimass sisaldab 10–12% aleuriiti ja liiva, mis on ebaühtlaselt jaotunud või kuhjunud kohati peenetesse läätsedesse; terade suurus on 0,05–0,16 mm, domineerib 0,08 mm. Savides on erikujulised kuivalõhed, nihkepeeglid (kallakusnurk 30–35°) ja rohkelt fauna fragmente. Aleuriit ja liiv koosnevad vähekulutatud kvartsi ja kaaliumpäevakivi (mikrokliin, plagioklass) teradest ning vilgu lehekestest. Päevakivi on osaliselt lagunenud ja kaoliinistunud. Vilgule sarnane mineraal on pruunikaspunase tooniga, esinedes kuhjatiste ja suurte kristallidena, mis on orienteeritud kihilisusega paralleelselt. Veel on leitud maakmineraalide, turmaliini ja titaani mineraale.

Kihistu ülemise osa (paksus 3,0–9,3 m) moodustab hall, läätsjalt õhukesekihiline, nõrgalt tsementeerunud aleuriitne peeneteraline kvartsliivakivi. Kihilisust rõhutavad 2–3 mm paksused vahekihid, milles on rikkalikult fauna fragmente (*Ungula* sp.). Fauna fragmendid on orienteeritud paralleelselt kihilisusega, kihtide kallakus on 20°. Purdmaterjal koosneb vähekulutatud kuni ümardunud kvartsi (81%) ja päevakivi (12%) teradest ning vilgu lehekestest. Terade suurus on 0,01–0,25 mm, keskmiselt 0,16 mm. Vähene tsement koosneb mikrokristallilisest kaltsiidist, lisandiks on savi. Üksikute vahekihtidena esineb siin kildalise tekstuuriga savi (paksus kuni 3 mm) ja dolomiitset liivakivi (paksus kuni 10 cm).

Ordoviitsiumi ladestu kivimeid eraldab kaardistatud alal Kambriumist ligikaudu 10 mln aasta pikkune ajaline lünk. Ordoviitsiumi valdavalt karbonaatseid kivimeid on läbitud Väimela (intervall 353,0–510,7 m, paksus 157,7 m) ja Võru–3942 (intervall 354,6–487,7 m, paksus 133,1 m) puuraugus (joonis 1.2). Ordoviitsiumi basaalse osa (intervall 487,2–487,7 m) moodustab Võru–3942 puursüdamikus peeneteraline kvartsliivakivi (allosas) ja tumeroheline jämedateraline savikas glaukoniit-kvartsliivakivi (ülaosas), mille stratigraafilist kuuluvust ei ole väga väikese puursüdamiku väljatuleku tõttu täpsustatud. Kaardistatud alast lõuna pool katavad Kambriumi kivimeid teadaolevalt Kallavere kihistu (O_1 *kl*) pisi- ja peeneteralised liivakivid, mille paksus on 15,0 m Tsiistre (327) puursüdamikus.

Võru–3942 puursüdamiku Ordoviitsiumi basaalse osa liivakivil lasuvad **Zebre kihistu** (O_1 *zb*) glaukoniitlubjakivid. Need on punakaspruunid, lillade ja hallide laikudega või rohekas-helehallid, ümberkristalliseerunud fauna fragmente (täidetud karbonaadiga) sisaldavad, dolomiidistunud ja peenekristallilised (Väimela: intervall 503,10–510,70 m, paksus 7,6 m; Võru–3942: intervall 486,8–487,2 m, paksus 0,4 m). Lubjakivi kihilisus on ebaühtlane ja lainjas, kihtide paksus on 1,5–6,0 cm. Kühmulistel ja ebatasastel kihipindadel on peeneteralise glaukoniidi ja püriidi kuhjed. Glaukoniit on rohelist värvi ja peen-agregaadilise ehitusega (suured terad on lõhelised) jaotudes põhimassis ebaühtlaselt. Glaukoniidi terad on läbilõikes tasemeti koondunud, kadudes ülemises osas, kus kivim on heledavärviline. Kohati on kivim raua hüdroksiidide impregnatsiooni tõttu punakaspruun; raua hüdroksiidid esinevad helveste ja kuhjetena. Zebre kihistu alumisel piiril olevate kivimite kohta andmed puuduvad.

Kriukai kihistu (O_2 *kri*) dolokivid (intervall 477,2–486.8 m Võru–3942 puursüdamikus) ja dolomiidistunud lubjakivid on punakaspruunid harvade rohekashallide laikudega (Väimela: intervall 484,90–503,10 m, paksus 18,2 m; Võru–3942: intervall 467,0–486,8 m, paksus 19,8 m). Kivimikihtide paksus on 0,01–1,0 m, kihilisuse põhjustavad rohekashallid vahekihid. Lubjakivi kihipindadel on savi kihid (0,5–1 mm). Kihipinnad on ebatasased, konarlikud (kühmude ja

lohkude vaheldumine) andes kihtidele läätsja ja lainja iseloomu. Piklike ja kerakujuliste kühmlike purdosade läbimõõt on 0,6–1,1 cm ja diameeter 0,5–1,4 cm. Kühmude pinnal olev savi on alumises osas rohekas ja ülemises osas punakaspruun. Lubjakivid on ilmelt konglomeraadilised.

Lubjakivi sisaldab ohtralt makro- ja mikrofaunat, mis on hajutatult teralis-detriidilises põhimassis. Esineb peajalgsete, trilobiitide, ostrakoodide, krinoiide ja puuduluksete brahhiopoodide fragmente. Skeletifragmendid on tihti ümberkristalliseerunud ja täidetud raua hüdroksiide sisaldava karbonaadiga.

Lahustumatu jääk lubjakivis on 17–20%. Põhimassi moodustab peenekristalliline kaltsiit, osaliselt ümberkristalliseerunud ja tugevalt dolomiidistunud. Põhimassis esineb romboeedriline peenekristalliline dolomiit. Osa karbonaadi põhimassist on tugevalt raua hüdroksiididega impregneerunud ja seetõttu läbipaistmatu. Raua hüdroksiide on nii põhimassis kui ka karpide õõnsustes. Lubjakivi kihi alumises osas esinevad üksikud ümardunud glaukoniidi terad. Kihistu alumine piir on üleminekuline. Kriukai kihistu paksus kaardistatud alal kahaneb lõuna suunas ja on kaudsetele andmetel tuginedes hinnanguliselt ligikaudu 8,0 m.

Šakyna kihistu (O_2 *sk*) moodustavad sinaka või roheka tooniga helehallid, savikad ja mikroteralised ning peene- kuni mikrokristallilised lubjakivid (Väimela: intervall 483,1–484,9 m, paksus 1,8 m; Võru–3942: intervall 464,7–467,0 m, paksus 2,3 m). Lubjakivi kihid (paksus 2–3 cm) vahelduvad erineva savikusega lubjakivi, mergli ja tumehalli savi peente vahekihtidega. Kihipinnad on hargnevad ja lainjad. Savi vahekihtides esinevad lubjakivi purdosad. Lubjakivis (lahustumatu jääk 12%) on hajutatult püriidi terasid ja väikeseid agregaate. Lubjakivis ja savis on suures koguses purdosi ja fauna fragmente (mikrofauna). Skeletifragmendid on tihti ümberkristalliseerunud. Püriiti leidub nii põhimassis kui karpide õõnsustes. Võru–3942 puursüdamikus on sügavusel 465,3 m metabentoniidi kihti meenutav 2 cm paksune mustja ja rohelise kihiga, vähesel määral biotiiti sisaldav vahekiht. Sügavusel 466,0 m on katkestuspind. Kihistu alumine piir on üleminekuline.

Baldone kihistu (O_2 *bl*) moodustavad rohekas- ja sinakashallide laikudega ning vahekihtidega punakaspruunid, ebaühtlase savikusega peene- kuni mikrokristallilised lubjakivid (Võru–3942: intervall 454,7–464,7 m, paksus 10,0 m). Kivimi tekstuur on kihistu allosas valdavalt peenmuguljas (konglomeraadiline), ülaosas keskmise- ja peenekihiline, paiguti poolmuguljas. Kihipinnad on enamasti ebatasased. Lubjakivi kuni 10 cm paksuste kihtidega vahelduvad kuni 1 cm paksused savi ja mergli vahekihid. Hajusalt esinevad skeletifragmendid kuuluvad valdavalt brahhiopoodidele, ostrakoodidele, peajalgsetele ja trilobiitidele.

Karbonaadi põhimass koosneb mikroteralisest ja mikrokristallilisest kaltsiidist, milles on hajutatult peened (0,02–0,04 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Skeletifragmendid on osaliselt ümberkristalliseerunud. Kogu põhimass on intensiivselt raua hüdroksiididega impregneeritud, eriti just karpide fragmendid. Põhimassis on lisandina peendispersne savi. Karbonaatse kivimi lahustumatu jääk on 10–30%, suurenedes alt üles. Kihistu alumisel piiril muutub kivimi värvus ja tekstuur.

Segerstadi kihistu (O_2 *sg*) moodustavad harvade rohekashallide laikudega punakaspruunid, ebaselgelt peenmuguljad, savikad pisikristallilised lubjakivid (Võru–3942: intervall 448,9–454,7 m, paksus 5,8 m). Skeletifragmendid esinevad kivimis peendetriidina hajusalt paiknevates laikudes. Skeletifragmendid on osaliselt ümberkristalliseerunud. Karbonaadi

põhimass koosneb pisikristallilisest kaltsiidist, milles on hajutatult peened romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Põhimass on valdavalt raua hüdroksiididega impregneeritud ja lisandina esineb peendispersne savi. Kihistu alumisel piiril muutuvad kivimi värvus, tekstuur ja struktuur.

Stirna kihistu (O_2 *st*) moodustavad rohekashallid, rohkete peenete skeletifragmentidega ja muutuva savikusega pisi- ja peenekristallilised lubjakivid (Võru–3942: intervall 444,4–448,9 m, paksus 4,5 m). Kihistu allosas, alates sügavusest 446,0 m ilmuvad violetsed ja punakaspruunid laigud, allpool muutub kivim punakaspruuniks ja ilmuvd rohekashallid vahekihid, laigud ja läätsed. Kivimi tekstuur on keskmise- ja peenekihiline. Hallid mergli vahekihid on enamasti lainjad ja hargnevad.

Karbonaadi põhimassis esinevad hajusalt romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Kihiti on põhimass raua hüdroksiididega impregneeritud, lisandina esineb peendispersne savi. Sügavusel 446,6 m on püriidistunud katkestuspind. Kihistu alumisel piiril muutub kivimi tekstuur.

Taurupe kihistu (O_2 *tr*) moodustavad roheka tooniga helehallid ja püriidilaigulised, peenekihilised kuni peenmuguljad, rohkete skeletifragmentidega mikro- ja peitkristallilised lubjakivid (Väimela: intervall 453,00–464,50 m, paksus 11,5 m; Võru–3942: intervall 427,7–444,4 m, paksus 16,7 m). Lubjakivi kihid (paksus 5–10 cm) vahelduvad tumehalli savika lubjakivi ja mergli vahekihtidega (paksus 0,1–0,3 cm ja 1–5 cm, harvem kuni 10 cm) ning massiivsemate, kohati konglomeraadilise ilmega vahekihtidega. Kontaktpinnad lubjakivi ja savikate erimite vahel on ebaselged. Kihipinnad on ebatasased ja hargnevad. Rohkelt esineb püriitse impregnatsiooniga katkestuspindu. Organismide jäänused on orienteeritud paralleelselt kihilisusega. Fauna fragmendid kuuluvad enamasti brahhiopoodidele, gastropoodidele, nautiloididele, trilobiitidele ja ostrakoodidele. Lahutumatu jääk erinevates kihtides on 9–40%, põhiliselt saviaines vähese kvartsi ja püriidiga.

Kivimi põhimass koosneb mikroteralisest ja peitkristallilisest kaltsiidist, milles on lisandiks ebaühtlaselt jaotunud savi. Fauna fragmendid (30–40%) on sageli ümberkristalliseerunud. Kvartsi teri on väga harva. Pruunikas orgaaniline aines esineb korrapäratute laikudena või juusjate moodustistena. Karbonaadis on peeneid romboeedrilise dolomiidi kristalle ja püriiti. Püriit on koos teralise karbonaadiga koondunud karbikaantesse. Esineb üksikud fosfaatseid faunafragmente ja räniainega täidetud karpe. Põhimassis on hajutatult raua hüdroksiidide helbekujulisi agregaate.

Kihistu alumine piir on üleminekuline: muutub kivimi värvus, tekstuur ja struktuur.

Dreimani kihistu (O_3 *dr*) moodustavad helehallid (kihiti pruunika, sinaka, roheka tooniga), peeneid skeletifragmente sisaldavad, tasemeti savikad pisi- ja mikrokristallilised lubjakivid (Väimela: intervall 437,25–453,00 m, paksus 15,75 m; Võru–3942: intervall 417,0–427,7 m, paksus 10,7 m). Lubjakivi (kihi paksus kuni 8 cm) vaheldub tumehalli tugevalt savika lubjakivi (kihtide paksus 3–8 cm) ja mergli vahekihtidega (paksus 1–3 cm, harva kuni 5 cm). Kihipinnad on ebatasased ja väljakiilduvad. Lubjakivi kihid on ilmelt massiivsed, sageli konglomeraadilised. Organismide fragmendid on orienteeritud kihilisusega paralleelselt, rõhutades kihilisust.

Karbonaadi põhimass koosneb mikrokristallilisest ja mikroteralisest kaltsiidist, milles on lisandiks peensoomuseline, kõrge kaksikmurdumisega saviaines (illiit). Põhimassis esinevad

peened romboeedrilised dolomiidi kristallid. Kivim sisaldab üksikuid püriidi teri, sageli kuhjatisi, asendades tihti ka karbikaantes olevat karbonaati; karbikaaned on sageli ümberkristalliseerunud. Purdmaterjali on väga vähe, valdavalt kvarts. Hajutatult esineb helbekujulisi raua hüdroksiidide agregaate. Orgaaniline aines esineb põhimassis korrapäratute või kiudjate eraldistena, leitud on ka püriidistunud või fosfaatseid skeletifragmente. Võru puuraugus on sügavusel 427,2 m püriitse impregnatsiooniga katkestuspind. Kihistu alumisel piiril muutub kivimi tekstuur.

Adze (O_3 a*dz*) ja **Blidene** (O_3 *bl*) kihistu moodustavad allosas enamasti pruunika ja ülaosas roheka tooniga helehallide lubjakivikihtide kompleksid, milles varieerub savika lubjakivi ja mergli vahekihtide osakaal (Väimela: intervall 424,90–437,25 m, paksus 12,35 m; Võru–3942: intervall 404,6–417,0 m, paksus 12,4 m).

Kahe kihistu kompleksi allosa keskmisekihilistes, tasemeti mikrokihilistes lubjakivides on rikkalikult organismide jäme- ja peendetriiti ning peeneid läätselisi pesi (läbimõõt kuni 2 cm) ooidilaadsete moodustistega, mis koosnevad karbonaadist ja raua hüdroksiididest. Karbonaadi põhimassi moodustab kaltsiit, milles on romboeedrilised dolomiidi kristallid (0,02–0,04 cm). Õhikus on näha suures koguses peeneid skeletifragmente, mis on täidetud karbonaadi ja raua hüdroksiididega. Fauna on osaliselt ümberkristalliseerunud. Purdmaterjali on paiguti kuni 50%. Kivimis on karbonaadist ja raua hüdroksiididest läätsjad moodustised, võib-olla on need fauna fragmentide jäljed (karbikaaned).

Kihistute kompleksi ülemises pooles on poolmuguljas kuni keskmisekihiline, peene- ja mikrokristalliline lubjakivi dolomiidistunud. Savika lubjakivi vahekihtide paksus on 2–8 cm. Pinnad vahekihtide vahel on ebaselged, ebatasased ja hargnevad. Savikama lubjakivi kihtides on puhtama lubjakivi purdosad (läbimõõt on 3–4 cm), mis annavad kivimile konglomeraadilise tekstuuri. Savikad vahekihid (tihedad ja kõvad) paksusega 1–3 cm on massiivse tekstuuriga ja konarliku murdega. Võru puuraugu kirjelduses on mainitud sügavusel 409,6 m ka bentoniidi kihti rohke biotiidiga.

Lubjakivides olevatest makro- ja mikrofauna fragmentidest on hästi säilinud karbid. Püriit esineb terade ja agregaatidena, leidub ka üksikuid kvartsi teri. Kivimi lahustumatu jääk on 19–26%. Karbonaadi põhimassi moodustab peene- ja mikrokristalliline kaltsiit, milles on romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Kohati koosneb lubjakivi täielikult fauna fragmentidest ja on tsementeerunud peendetriidilise savika lubjakiviga. Organismide jäänused on täidetud karbonaadiga, milles on musta orgaanilise ainese lisand ja areneb püriit. Põhimassis on hajutatult üksikud püriiditerad, leidub ka püriidi kuhjatisi. Sageli asendab püriit fauna jäänuseid. Adze kihistu alumisel piiril on katkestuspinna peal tasemeti ooidilaadsed moodustised.

Mosseni kihistu (O_3 *ms*), põhjapoolses osas **Variku kihistu** (O_3 *vr*) tunnustega roheka tooniga tumehallis püriiti sisaldavas massiivses merglis on harvad rohekashalli savika lubjakivi mugulad (Võru–3942: intervall 390,4–404,6 m, paksus 14,2 m; Väimela: intervall 411,0–424,9 m, paksus 13,9 m). Kihistu ülemises, ühe meetri paksuses osas, on merglis savika lubjakivi vahekihid, mis annavad kivimile keskmise- ja peenekihilise tekstuuri. Skeletifragmendid, mis on iseloomulikud rohkem kihistu ülaosale, kuuluvad enamasti sammalloomadele, brahhiopoodidele, ostrakoodidele ja trilobiitidele. Väimela puursüdamiku väljatulek on selles läbilõike osas väga väike, mistõttu andmed Mosseni kihistu kohta on mõnevõrra ebaselged. Kivimite lahustumatu jääk on siin kuni 52%. Raske fraktsiooni maakmineraale on 25%, määramata titaanimineraale

17%, püriiti 19%, tsirkooni 18% ja läbipaistmatuid maakmineraale 7%. Vähesel määral esineb granaati, rutiili, turmaliini, bruniiti, titaniiti.

Kivimi põhimassis on mikrokristalliline kaltsiit, milles on hajutatult romboeedrilised dolomiidi kristallid (suurusega 0,016–0,03 mm) ja peen orgaaniline detriit (koosneb kaltsiidist, harvem dolomiidist). Väikeses koguses (kuni 10%) esineb aleuriiti (terade suurus on 0,02–0,04 mm, harvem 0,1 mm): kvartsi terad (74%; vähekulunud kuni ümardunud), päevakivi (26%) ja üksikud vilgu lehed (0,2%). Põhimassis on üksikud püriiditerad, mis sageli täidavad karpe ja moodustavad kuhjatisi ning agregaate. Kihistu alumisel piiril muutub kivimite koostis.

Rägavere kihistu (O_3 *rg*) moodustavad pruunikashallid, allosas beežid dolomiidistunud lubja- ja dolokivid lubimergli ja mergli vahekihtidega (Väimela: intervall 404,2–411,0 m, paksus 6,8 m; Võru–3942: intervall 381,6–390,4 m, paksus 8,8 m). Kihistu ülaosas on peene- kuni keskmisekihilised, pisi- ja peenekristallilised dolokivid ja tugevalt dolomiidistunud lubjakivid. Kavernoossetes, urbsetes ja lõhelistes dolokivides esinevad 0,1–1,0 cm paksused mergli vahekihid ja püriitse impregnatsiooniga katkestuspinnad (Võru–3942: sügavus 383,6 m ja 387,4 m). Lubjakivides on lõhed täidetud kristallilise kaltsiidi, dolomiidi, püriidi ja galeniidiga. Püriidiga täidetud tühikutes esineb tihti roosaka värvusega barüüdi konkretsioone. Kivimi lahustumatu jääk on 8%. Kivimi põhimassis esineb keskmiseteraline kaltsiit, milles on suures hulgas näha romboeedrilise kujuga vööndilise ehitusega dolomiidi kristalle. Fauna reliktid on kohati asendunud püriidiga. Püriiti on ka hajutatult põhimassis nii üksikute terade kui agregaatidena.

Kihistu allosas on keskmisekihilistes, tasemeti ebaselgelt muguljates dolomiidistunud lubjakivides savikamad peened vahekihid (lahutumatu jääk 20%, põhiliselt savi ja püriit). Kivimit moodustavaks mineraaliks on mikrokristalliline kaltsiit. Põhimassis on rikkalikult peent orgaanilist detriiti. Väikeses koguses esineb jämedaid skeletifragmente, mis on täidetud kristalse kaltsiidi, fosfaadi ja harvem glaukoniidiga. Põhimassis esineb peeneid püriiditeri suurusega 0,016–0,04 mm ja tihti ka agregaate (0,03–0,04 mm). Kihistu alumisel piiril muutub kivimi koostis ja värvus.

Paekna kihistu (O_3 *pk*) moodustavad roheka tooniga helehallid ja hallid, vahekihiti pruunika tooniga helehallid, pisi- ja mikrokristallilised lubjakivid (Väimela: intervall 402,5–404,2 m, paksus 1,7 m; Võru–3942: intervall 379,4–381,6 m, paksus 2,2 m). Kihistu keskosas esineb tasemeti dolomiidistunud lubjakivi või dolokivi. Lubjakivid või teised põhikivimi erimid on lainja peene- ja keskmisekihilisusega, rohekashallid savirikkad vahekihid on 0,5–2,0 cm paksused. Erimite vahelised piirid on üleminekulised ja lainjad. Võru puuraugus on sügavustel 381,0 m ja 381,6 m püriitse impregnatsiooniga katkestuspinnad.

Põhimassis on tasemeti suures koguses peeneid (0,04–0,06 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristalle, ümberkristalliseerunud fauna fragmente ja peent orgaanilist detriiti. Väimela puursüdamikus on peene fauna fragmendid (kohati suures koguses) täidetud kaltsiidi, püriidi ja harvem glaukoniidiga (Mõntu kihistu (O_3 *mn*) tunnus). Kihistu alumisel piiril muutub kivimi koostis ja värvus, Võru puursüdamikus on piiril katkestuspind.

Saunja kihistu (O_3 *sn*) moodustavad helehallid, kihiti pruunika tooniga ja püriidikirjalised, valdavalt pisikristallilised dolomiidistunud lubjakivid ja erineval määral kavernoossed dolokivid (Väimela: intervall 400,0–402,5 m, paksus 2,5 m; Võru–3942: intervall

366,0–379,4 m, paksus 13,4 m). Väimela puuraugus on intervalli paksus määratud puuraugu karotaaži põhjal, puursüdamiku väljatulek puudub. Kihistu peene- ja keskmisekihilistes lubja- ja dolokivides esinevad lainjad, enamasti kuni 1 cm paksused roheka tooniga helehallid savikama lubjakivi ja mergli vahekihid. Kontaktid kivimi erimite vahel on selged. Kihistu alumisel piiril suureneb kivimi savikus.

Tudulinna kihistu (O_3 *td*) moodustavad tumehallid, muutuva savikusega mergli kihid (Väimela: intervall 392,75–400,0 m, paksus 7,25 m; Võru–3942: intervall 363,9–366,0 m, paksus 2,1 m). Kihistu ülaosas esineb roheka tooniga helehalli keskmisekihilist lubjakivi. Välisilmelt massiivses merglis on värvuse järgi eristatavad horisontaalsed peened kihid. Väimela puursüdamiku väljatulek kihistu piires on tagasihoidlik. Kirjeldatud on põhiliselt peendetriitset, tugevalt dolomiidistunud, peene- kuni mikrokristallilist lubjakivi, mida liigestavad tugevalt savika kivimi 2–4 cm paksused vahekihid (kontaktpinnad ebatasased, lainjad). Savikate kivimite kihtides on puhta lubjakivi purdosad (mugulad), mis annavad kivimile tasemeti konglomeraadilise tekstuuri. Ümberkristalliseerunud fauna fragmendid on tihti täidetud püriidi ja kristallilise kaltsiidiga. Väimela puursüdamikus on kompleksi ülemise osa lubjakivid (lahustumatu jääk on 8,–15%) pruunika värvusega, mis on tingitud orgaaniline aine sisaldusest kivimis. Siin–seal esineb raua hüdroksiidide impregnatsiooniga laike.

Õhikus on kivimil pseudobretšaline ehitus. Leitud on graptoliitide ja brahhiopoodide peeneid fragmente (umbes 10% kivimist). Peamiseks mineraalseks komponendiks on peene- ja mikrokristalliline kaltsiit, milles on romboeedrilise dolomiidi kristallid suurusega 0,02–0,05 mm ja 0,1–0,75 mm. Üksikute terade suurus on 0,25–0,4 mm, esineb ka peendispersse-savika aine lisand. Püriit esineb hajutatult põhimassis väikeste kristallidena, aga ka suurte agregaatidena. Glaukoniit on kivimis üksikute teradena, kuhjatistena ja karpide poolmetes, tihti karpe tervikuna asendades. Harva esineb aleuriiti, peamiselt kvartsi purdosad. Kihistu alumisel piiril on selge kontaktpind erineva koostisega kivimite vahel.

Jonstorpi (O_3 *jn*) ja **Jelgava** (O_3 *jl*) kihistu kompleks on kaardistatud alal muutliku paksusega (Väimela: intervall 353,0–392,75 m, paksus 39,75 m; Võru–3942: intervall 354,6–363,9 m, paksus 9,3 m). Väimela puursüdamiku kirjeldus on vähese väljatuleku tõttu eriti Jonstorpi kihistu osas väga üldistav, kuid eeldatavasti on puuraugu karotaaži andmetel määratud kihistute paksused siiski õiged. Võru puursüdamikus on juba Jonstorpi kihistu ülemisel piiril sügavusel 354,6 m kulutuspind, mistõttu siin Jelgava kihistu puudub ja Ordoviitsiumi karbonaatkivimite läbilõige jätkub siin oluliselt nooremate Devoni terrigeensete kivimitega.

Jonstorpi kihistu moodustavad roheka ja sinaka tooniga helehallide vahekihtide ja laikudega valdavalt pruunikaspunased, peenekihilised savikad lubjakivid ja tumedama värvusega merglid (Väimela: intervall 374,0–392,75 m, paksus 18,75 m; Võru–3942: intervall 354,6–363,9 m, paksus 9,3 m). Kivimis esinevad sinakashallid ja tumedamad punakaspruunid väikesed (1–5 mm) ovaalsed ja ümmargused laigud (elutegevuse jäljed). Lubjakivi on dolomiidistunud, peene- kuni mikrokristalliline. Kohati on lubjakivis peened (0,2–0,5 cm ja 1 cm) savikad vahekihid, mis annavad kivimile läätsja, lainja ja katkendlik-kihilise tekstuuri. Kompleksi alumise osa peenkihilisus tuleneb üksteisega paralleelselt orienteeritud elutegevuse jälgedest. Lahustumatu jääk kivimites on kuni 42%.

Peamiseks kivimit moodustavaks mineraaliks on mikrokristalliline kaltsiit. Karbonaadi põhimassis esinevad väikesed (0,02–0,06 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid, mis on tihti tsonaalse ehitusega. Väikeses koguses (3–4%) leidub vähekulunud ja ümardunud kvartsi teri. Kivimis leidub orgaaniliste jäänuste relikte, mis on sageli täidetud jämedate karbonaadi teradega ja raua hüdroksiididega. Väimela puursüdamiku andmetel on kerges fraktsioonis kvartsi (78%) ja päevakivi (22%), harva kohtab muskoviiti (0,4%); raskes fraktsioonis esinevad tsirkoon (24%), granaat (20%), turmaliin (3%), rutiil (0,8), bruniit (0,2%) ja määramata titaani mineraalid (10%). Maakmineraale on 20%, lisaks veel püriit (20%) ja läbipaistmatud mitte-maakmineraalid (3%). Kihistu alumisel piiril muutub kivimi koostis ja värvus.

Jelgava kihistu alumise osa moodustavad rohekashallid, ülaosas tumedama tooniga, savikad ja dolomiidistunud, peene- kuni mikrokristallilised lubjakivid ja mergel (Väimela: intervall 362,60–374,00 m, paksus 11,40 m). Mergli (lahustumatu jääk 32%) vahekihtide paksus on valdavalt 1–3 cm. Erinevate kihtide kontaktpinnad on osaliselt hajusad, ebatasased ja lainelised. Lubjakivis on palju hästi säilinud fauna fragmente (graptoliidid), mis on tihti asendunud püriidiga. Peamised kivimit moodustavad komponendid on mikrokristalliline kaltsiit ja savi. Saviaines on lehelise ehitusega ja kõrge kaksikmurdumisega (illiit), kohati on saviosakesed orienteeritud. Siin–seal on orgaanilist peendetriiti. Fauna fragmentides ja kivimi põhimassis leidub hajusalt väikseid püriiditeri ja agregaate. Põhimassis esineb pisikesi (0,016–0,05 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristalle. Aleuriitne materjal (5–6% kivimist) koosneb kvartsiteradest (0,02–0,04 mm) ja üksikutest vilgu lehekestest. Üksikud fauna fragmendid on täidetud räniainesega. Väga harva esineb tilgakujulist ainest, mille moodustiste diameeter jääb 0,02–0,04 cm vahele. Immersioonimeetodi andmetel on kerge fraktsiooni sisaldus järgmine: kvarts 62–76%, päevakivi 29–37% ja muskoviit 0,3–1%. Raskes fraktsioonis esineb püriit (2%), maakmineraale (3–31%), raua hüdroksiide (9%), määramata titaani mineraale (10–31%), tsirkooni (24%), granaati (10–19%), turmaliini (0,9–4%) ja läbipaistmatud mitte-maakmineraale (6%). Kihistu alumisel piiril muutub kivimi värvus ja mõnevõrra väheneb üldine savikus.

Jelgava kihistu ülemise osa (Väimela: intervall 353,00–362,60 m, paksus 9,60 m) moodustavad punakaspruunid, roostekollased ja violetsed, kohati hallid (intervall 360,0–361,0 m, 355,9–354,0 m) savikad ja dolomiidistunud lubjakivid. Kivimi halli fooni taustal on näha palju erivärvilisi väikeseid laike (läbimõõt 1 mm ja 2–3 mm) ja peenikesi (0,1–1 cm) sooni, mille läbilõiked on ümarad ja ovaalsed. Peenikesed sooned on tihti painutatud ja tavaliselt üksteise suhtes paralleelselt orienteeritud, andes kivimile läätsja ja katkendliku peenekihilise ilme. Laigud ja sooned kivimis on orgaaniliste jäänuste (vetikad) ja elutegevuse jäljed, milles on punakaspruune raua hüdroksiide.

Savikate kivimite (mergel) vahekihid on paksusega 2–3 cm ja 7–10 cm. Kihipinnad on ebatasased, lainjalt kaardunud, kihipindade kallakusunurk on 45–50°.

Lubjakivis on peened lõhed (1–1,5 mm), mis on täidetud punakaspruunide raua hüdroksiididega. Eriti palju on lõhesid kihi ülemises osas, kus nad on erineva suuna ja kallakusnurgaga. Arvatavasti on lõhed tekkinud epigeneetilises faasis. Kompleksi ülaosas (5 cm paksune kiht Devoni kivimite all) on karbonaadis rikkalikult liiva ja aleuriiti. Kontaktpind liivakiviga on selge.

Lubjakivis leidub palju krinoidide ja brahhiopoodi *Parmorthis* sp. (iseloomulik Siluri ajastule) fragmente ning graptoliitide jälgi. Viimased on koos vetikate fragmentidega, mis on sageli asendunud punakaspruunide raua hüdroksiididega. Kivimit moodustavaks mineraaliks on peenekristalliline kaltsiit, sisaldades väikseid romboeedrilisi dolomiidi kristalle, mis on sageli tsonaalse ehitusega. Fauna on ümberkristalliseerunud ja täidetud suurte kaltsiidi kristallidega, püriidi ja raua hüdroksiididega. Orgaaniline aines esineb väikeste (0,02–0,03 mm) pesakestena. Väikeses koguses (1–2%) leidub ebaühtlaselt jaotunud vähekulunud ja ümardunud kvartsaleuriiti ja -liiva (0,03–0,08 mm).

Õhikus on vöödilised alad, kus on rikkalikult püriiti ja raua hüdroksiide, mis asendavad orgaanilist ainest. Heledad laigud õhikus on täidetud värvitute raua hüdroksiididega.

Immersioonimeetodi järgi on kerges fraktsioonis kvartsi (72%), päevakivi (26%), muskoviiti (0,8–4%) ja kloriiti (0,3%). Raskes fraktsioonis on maakmineraale (23–34%), raua hüdroksiide (0,1–0,5%), tsirkooni (8–18%), granaati (7–17%), turmaliini (4–6%), rutiili (1%), läbipaistmatut mittemaaki (6%), bruniiti (0,1%), anataasi (0,2%) ja ebamääraseid titaani mineraale (33%).

Devoni ja Ordoviitsiumi kivimeid eraldab Kagu-Eestis hinnanguliselt ligikaudu 20 mln aasta pikkune ajaline lünk. **Devoni ladestu** basaalne osa lasub kaardistatud alal vahetult Ülem-Ordoviitsiumi Pirgu lademe kas Jonstorpi või Jelgava kihistu ülemise osa dolomiidistunud lubjakividel. Kõige vanemad Devoni setted on Väimela puusüdamiku andmetel (intervall 350,8–353,0 m, paksus 2,2 m) Alam-Devoni Tilže lademe (D_1 tl) Tilže kihistu (D_1 *tl*) kvartsliivakivid. Puursüdamiku väljatulek selles osas on vaid 0,39 m. Kivimeid on kirjeldatud puurhiiva põhjal. Kihistu piiride määramiseks on kasutatud puuraugu karotaaži andmeid.

Tilže kihistu moodustavad rohekashallid, allosas punakas-pruunikas-roosade laikudega aleuriitsed eriteralised kvartsliivakivid, mis on nõrgalt tsementeerunud karbonaatse (dolomiit ja kaltsiit) põhitsemendiga. Liivakivi alumine kiht on tihe ja tugev. Aleuriidi ja väikeste liivaterade hulgas on hajusalt jämedad (1–2 mm) poolümardunud ja ümardunud kvartsiterad ja detriit (mereline ümbersetitatud fauna). Kihistu ülemisel piiril on tumehalli, kihiti punakaspruuni, peenkihilise, nõrgalt aleuriidika ja vilgu lisandiga tiheda savi (illiitne) 1,2 m paksune kiht. Peenkihilisus tuleneb eri värvi peenikeste (1,0–2,3 mm) savikihtide vaheldumisest. Kihistu alumisel piiril on ebatasane nõrgalt laineline kontakt Ordoviitsiumi lubjakiviga, milles on peenikesi (1–2 mm) pruunikaspunaseid rauarikkaid karbonaadi vahekihte.

Mehikoorma kihistu (D_1 *mh*), uuendatud stratigraafilise skeemi soovituste järgi Rezekne kihistu (D_1 *rz*), moodustavad punakaspruunid ja roosaka tooniga helehallid, kihiti violetsed ja rohekad, nõrgalt kuni keskmiselt tsementeerunud kvartsliivakivid, milles esinevad savi, aleuroliitsavi, aleuroliidi ja tugevalt tsementeerunud liivakivi vahekihid (Väimela: intervall 322,0–350,8 m, paksus 28,8 m; Võru–3942: intervall 327,0–354,6 m, paksus 27,6 m). Savi vahekihid moodustavad kihistu mahust kuni kolmandiku. Kihistu paksus on kaardistatud ala piires ühtlane.

Kvartsliivakivid, harvem päevakivi-kvartsliivakivid on peeneteralised (0,08–0,2 mm) ning mikro-, peene- ja põimkihilised. Kihistu allosas sisaldavad liivakivi kihid värvitu vilgu lehekesi. Tsement koosneb enamasti kristallilisest karbonaadist. Rasketest mineraalidest leidub enam granaadi, maakmineraalide, tsirkooni, turmaliini, disteeni ja rutiili teri.

Aleuriitsavi ja erineval määral aleuriidikas savi (illiitne) on punakaspruun, kihistu allosas tumehall, ülaosas violetjasroosa, nähtava kihilisuseta või peenekihiline. Savides esineb üksikuid kvartsi teri ja erineval määral kihilisusega paralleelselt orienteeritud vilku. Savi põhimassis on raua hüdroksiidide peeneid korrapäratuid hargnevaid soonekesi ja suletisi ning püriidi koorikuid ja väikeste terade kuhjeid. Kihistu ülaosa savides on rikkalikult kvartsiliiva ja vahekihtidena esineb savikat dolokivi.

Väimela puursüdamiku intervallis 329,00–331,00 m on punakaspruuni savi nõrgalt ümardunud purdosadest (suurus 0,5–3,0 cm) ning savi ja kvartsliiva tsemendist koosnevad konglomeraadi kihid. Tsemendis esineb rohkelt kvartsi teri (nõrgalt ümardunud), päevakivi (plagioklass ja mikrokliin), muskoviiti (harvem biotiiti), püriiti, turmaliini, läbipaistmatuid mittemaakmineraale ja raua oksiidi.

Pärnu kihistu (D_2 *pr*) moodustavad roosakashallid ja punakaspruunid, peene- ja põimkihilised, nõrgalt kuni tugevalt tsementeerunud, keskmise- kuni peeneteralised kvartsliivakivid aleuroliidi ja savi peente vahekihtidega (Väimela: intervall 280,5–322,0 m, paksus 41,5 m; Võru–3942: intervall 295,0–327,0 m, paksus 32,0 m). Väimela puursüdamikus on kihistu ülaosas 2,5 m paksune vetiklubjakivi kiht.

Liivakivi kihiline tekstuur on tingitud peenikeste vilgu lehekestega rikastatud kihtide vaheldumisest vilguta kihtidega. Vilgu lehekesed on orienteeritud kihilisuse järgi. Tsement on karbonaatne (mikrokristalliline) ning tugevalt impregneeritud raua hüdroksiididega. Kivimit moodustavad mineraalide terad (kvarts, mikrokliin, plagioklass) on korrodeerunud ja vähekulunud, harvem ümardunud. Raskes fraktsioonis on maakmineraale, tsirkooni, granaati, turmaliini ja rutiili. Väikeses koguses on raua oksiidi, püriiti, epidooti, stauroliiti, titaniiti ja teisi titaani mineraale. Väimela puuraugus on liivakivi intervallis 283,00–286,00 m rikkalikult valgeid ümmargusi ja ovaalseid lubivetikate (*Trochiliscus*) jäänuseid. Liivakivi on peetud kollektoriks sobivaks (poorsus on 32%).

Pärnu kihistu ülaosas on Väimela puuraugus (intervall 280,50–283,00 m) kirjeldatud kollakashalli, peenekihilist dolomiidistunud, peenekristallilist vetiklubjakivi. Lubjakivi sisaldab valge settelise ränidioksiidi – opaali ümmargusi, ovaalseid ja neerjaid moodustisi suurusega 1–2 mm. Kohati on ümberkristalliseeruv opaal muutunud sferoliidiks, kaltsedoniks ja kristalliliseks kvartsiks. Tihti on opaalis kuivalõhesid meenutavad väiksed lõhed, mis on tekkinud algaine kõvastumisel. Peenekihilisus on tingitud karbonaadikihtide vaheldumisest, mille orgaanilise aine sisaldus ja struktuur on erinevad. Kivim laguneb kergesti mööda kihipindu õhukesteks plaatideks.

Õhikus on näha, et lubjakivi põhimassi moodustab kaltsiit (kristallide suurus 0,04–0,15 mm), mille lisandiks on tolmjas orgaaniline aines. Kohati on karbonaat ümberkristalliseerunud (0,12–0,16 mm) ja romboeedrilise kujuga. Leidub üksikuid püriiditeri (0,016–0,08 mm) ja nende kuhjeid.

Vadja (D_2 *vd*) ja **Leivu** (D_2 *lv*) kihistu moodustavad violetjaspruuni, punakaspruuni, harvem halli värvi kirjud domeriidid, milles esinevad hele- kuni tumehalli, harvem pruunikaspunase savi, aleuroliidi ja liivakivi ning helehalli dolo- ja lubjakivi vahekihid (Väimela: intervall 231,5–280,5 m, paksus 49,0 m; Võru–3942: intervall 235,0–295,0 m, paksus 60,0 m). Võrreldes Võru puursüdamikuga on Väimela puursüdamiku väljatulek mõlema kihistu osas väga tagasihoidlik. Komplekside piiride hindamisel on kasutatud karotaaži andmeid ja pudedaid

komplekse on kirjeldatud puurhiivast lähtuvalt. Kahest kihistust koosneva kivimikompleksi paksus kaardistatud alal kasvab lõuna suunas hinnanguliselt kuni 65 meetrini.

Domeriit on massiivne (kihtide paksus enamasti 10–50 cm) ja sisaldab ühtlaselt hajutatud aleuriitset materjali, mis koosneb kvartsist (läbimõõt 0,016–0,08 mm), päevakivist, muskoviidi lehekestest ja kloriidist. Raske fraktsiooni mineraalidest esineb domeriidis maakmineraale, granaati, tsirkooni, rutiili ja turmaliini, väikesel määral ka titaani mineraale, raua oksiidi ja anataasi. Autigeenne püriit moodustab väikesi sfäärilisi konkretsioone, mis on segatud orgaanika jäänustega (spoorid ja vetikad). Samas on leitud ka kalade fragmente.

Savi kihid (illiit; paksus 10–50 cm) on enamasti tumehallid ja sisaldavad värvitu vilgu väikeseid lehekesi. Kihtide kallakus savi ja ümbriskivimi kontaktil on umbes 4°. Nii savis kui domeriidis esinevad nihkepeeglid ning ebatasaste krobeliste kontaktpindade peal on sageli väikeseid (läbimõõt 1–2 mm) bituminoosse peenekristallilise kaltsiidi pruunikaspunaseid koorikuid. Väikesed (1–2 mm) tulpjad pruunid kaltsiidi kristallid täidavad väikesi tühimikke (suurus 2–3 mm), moodustades druuse ja pesi. Kaltsiidi kristallide hulgas on näha kaksikkristallide kokkukasveid.

Aleuroliidi ja liivakivi kihid on nõrgalt kuni tugevalt tsementeerunud ning moodustavad kuni 5 m paksuseid varieeruva teralisusega mikrokihilisi ja läätsjaid komplekse.

Dolokivi, harvem helehalli pisikristallilise lubjakivi, plaatjalt peenekihiliste ja erineval määral savikate kihtide paksus on enamasti 5–30 cm, komplekside paksus 1–5 m. Nende kihipindadel esineb väikeseid kuivalõhesid, kivimis on vähesel määral brahhiopoodide jälgi ja kalade fragmente.

Vadja kihistu alumisel piiril on halli, kollakashalli ja violetjaspruuni kirju karbonaatse bretša kiht (paksus kuni 1,5 m), mille moodustavad 0,5–8 cm suurused teravanurgalised dolomiidi, lubjakivi ja domeriidi tükid (tsement savikas-karbonaatne). Bretšas on ränidioksiidi nõru kerajaid suletisi, opaali ja püriiti.

Kernave kihistu (D_2 *kr*) moodustavad violetse, violetjashalli ja -pruuni ning pruuni värvi kirjud liivakivid ja domeriidid, mis vahelduvad aleuroliidi, harvem dolokivi vahekihtidega (Väimela: intervall 207,0–231,5 m, paksus 24,5 m; Võru–3942: intervall 207,0–235,0 m, paksus 28,0 m). Puursüdamiku väljatulek Võru puuraugust on 60%, Väimelas puudub.

Domeriidi ja savidomeriidi massiivse ilmega kihid moodustavad üle poole kihistu mahust kaardistatava ala lääneosas. Võru puuraugus kirjeldatud domeriidi komplekside paksus on 1,5–5 m, kus vahekihtidena esineb kas hall tugevalt tsementeerunud aleuroliit, liivakivi või kirjuvärviline mikrokristalliline dolokivi (kihi paksus kuni 40 cm).

Aleuroliidi kihid on hallid, sinakashallid ja pruunid, harvem violetse tooniga pruunid või violetsed, peenekihilised, keskmiselt ja tugevalt tsementeerunud ning sisaldavad erineval määral liiva või liivakivi vahekihte (paksus kuni 50 cm). Aleuroliidi komplekside paksus läbilõikes on 1–4 m.

Liivakivi kihid on violetjas- ja roosakaspruunid ning sinaka tooniga helehallid, paiguti massiivse ilmega, keskmiselt tsementeerunud, peeneteralised ning sisaldavad erineval määral aleuriiti ja aleuroliidi vahekihte. Komplekside paksus kihistu läbilõikes ulatub 1–3 m. Liivakivi osatähtsus Kernave kihistu läbilõikes kasvab kaardistatava ala lõunaosas.

Dolokivi kihid (paksus 0,2–0,4 cm, Väimela puuraugu karotaaži andmetel 1–2 m) on kirjuvärvilised ja helehallid, nende osatähtsus läbilõikes on marginaalne.

Kihistu alumisel piiril on kollakashall, peene- ja põimkihiline, keskmiselt tsementeerunud peeneteralise liivakivi kiht (Võru–3942: intervall 233,9–235,0 m). Liivakivi kihipindadel on vilgu lisand, kihistu allosas on kivim ebaühtlase tsementatsiooni tõttu mügarjas (herneskivi), ülaosas kasvab aleuriidi osatähtsus.

Aruküla kihistu (D_2 *ar*) moodustavad violetjas- ja punakaspruunid, harva kollased, roosad või sinakashallid, nõrgalt kuni keskmiselt tsementeerunud, peenekihilised, vilku sisaldavad ja peeneteralised, muutuva koostisega kvartsliivakivid ning aleuroliidid, milles esineb vahekihtide või kompleksidena savi, harva ka domeriiti (Väimela: intervall 115,0–207,0 m, paksus 92,0 m; Võru–3942: intervall 124,0–207,0 m, paksus 83,0 m). Puursüdamiku väljatulek Väimelas puudub ja Võrus on väga väike, kivimit on iseloomustatud puurhiiva ja kihtide paksuseid on hinnatud puuraugu karotaaži andmete põhjal. Kaardistatud alal väheneb kihistu paksus lõuna suunas hinnanguliselt kuni 75 meetrini.

Väimela puuraugu karotaaži ja puurhiiva andmetel on kihistu läbilõike intervallis 119,0–164,0 m suure osakaaluga liiva sisaldava savi (illiitne) kihid. Kihistu alumises osas (intervall 164,0–207, 0 m) on pakutud savi kihtide paksuseks 1–5 m.

Kihistu alumine piir on üleminekuline: läbilõikes esinevad aleuroliidid, paiguti domeriidi ja dolokivi vahekihid asenduvad paksemate põimkihiliste liivakividega.

Burtnieki kihistu (D_2 *br*) moodustavad violetse, roosaka või sinaka tooniga helehallid või kollased, ülaosas sageli punakaspruunid, põimkihilised või ebaselge kihilisusega, nõrgalt tsementeerunud, vähesel määral vilku sisaldavad ja peeneteralised kvartsliivakivid, milles on vahekihtidena aleuroliiti ja savi (Väimela: intervall 29,0–115,0 m, paksus 86,0+ m; Võru–3942: intervall 61,0–124,0 m, paksus 63,0 m). Kivimi koostist on iseloomustatud puurhiiva järgi ja kihistu paksust on hinnatud puursüdamiku karotaaži andmete põhjal. Kihistu paksus kaardistatud ala lõunaosas ulatub hinnanguliselt kuni 90 m. Kihistu alumisel piiril on kollane, tugevasti tsementeeritud halvasti sorteeritud liivakivi kiht, milles võib esineda ka veeriseid.

Burtnieki kihistu avaneb kaardistatud alal aluspõhja kivimitesse uuristunud mattud orgude sügavamates osades Kvaternaari setete all.

Gauja kihistu (D_2 *gj*) moodustavad valged, helekollased ja -pruunid, nõrgalt tsementeerunud, valdavalt põimkihilised ja peeneteralised liivakivid, milles on aleuroliidi ning savi vahekihid (Võru–3942: intervall 35,0–61,0 m, paksus 26,0+ m). Aleuroliidid on hallid, tihti sinaka või violetse tooniga, nõrgalt tsementeerunud ja savikad. Aleuroliitidega sama värvi savid sisaldavad erineval määral aleuriiti, hüdrovilke ja kaoliniiti. Kihistu alumisel piiril muutub liivakivide mineraloogiline koostis: suureneb tsirkooni ja väheneb granaadi osatähtsus.

Gauja kihistu avamus hõlmab valdava osa kaardistatud alast, välja arvatud ala kagu- ja edelanurk, kus nooremate kivimite lasundid katavad Gauja kivimeid. Kihistu paksus nooremate kivimite all ulatub hinnanguliselt kuni 80 meetrini.

Gauja kihistu liivakivide looduslikud paljandid paiknevad kaardistatud ala idapiiril Piusa jõe orus. Jõe paremal kaldal on Piusa jõe maastikukaitsealal 1965. aastal looduskaitse alla võetud Härma müürid (foto 1.1 peatüki lõpus). Härma ülemine ehk Keldri müür on 43 m kõrge (Eesti kõige kõrgem Devoni liivakivipaljand). Järsul nõlval paljanduvate kivimite profiili kõrgus on

30 m ja pikkus jõe kaldal 150 m. Gauja lademe ülemise osa moodustavad siin Lode kihistiku kollakasroosad ja valkjaskollased keskmiselt tsementeerunud põimkihilised liivakivid rohkete roostepruunide limoniitsete pindadega. Põimkihiliste seeriate paksus on valdavalt 5–15 cm.

Härma alumine ehk Kõlksniidu ehk Roikina müür paikneb samuti Piusa jõe paremal kaldal. Ligi 20 m kõrgel kaldajärsakul paljanduvad 60 m pikkusel lõigul Keldri müüriga analoogsed liivakivid. Paljandi muudab omapäraseks maapüramiidi nime kandev „torn“ ja selle alt algav 20 m pikkune sünklinaalne paine. Torn on paljandist eraldunud ja kuni 19 m kõrge ning koosneb tugevalt tsementeerunud liivakivist. Painde alumisel pinnal esinevad väikesed uurded ja paljandi jalamil väike, 0,5 m kõrgune allikakoobas, kust voolab välja allikas.

Gauja kihistu kvartsliivakivid paljanduvad veel Imara-Tabina, Kaku ja Jaani maardlas. Võru orundi lõunakaldal paikneva Imara-Tabina maardla praegu töötavas Tabina II liivakarjääris avanevad valkjashallid, horisontaal- ja kaldkihilised, nõrgalt kuni keskmiselt, harvem tugevalt tsementeerunud eriteralised liivakivid, milles esinevad üksikud rohekashallid, erineval määral savika aleuroliidi, plastse savi ja saviveermete vahekihid (foto 1.2 ja 1.3) . Enamasti lapikute saviveermete läbimõõt on kuni 20 cm ja nad paiknevad kuni 30 cm paksustes vahekihtides (foto 1.4 ja 1.5). Nendega koos esineb ka enamasti kvartsist või päevakividest koosnevaid kulutatud purdosi (läbimõõt keskmiselt kuni 1 cm). Veel on karjääri seintel võimalik jälgida vertikaalseid liiva ja savika aleuriidiga täitunud settesooni laiusega kuni 10 cm. Neid piiravad pinnad on siledad ja rauaühenditest impregneerunud. Pikaajaliste vaatluste käigus ei ole karjääri kivimitest leitud kivistisi. Viimane asjaolu koos kvartsiterade ümardatuse ja mattide pealispindadega ning kivimite tekstuuridega viitavad liivakivide moodustumisele eoolilistest setetest.

Puuraukude andmetel on liivakivide suurim paksus sälkorgudega liigendatud Tabina II liivakarjääri alal 25 m. Liivakivide all lamab punakaspruun sitke savi, milles on sinakasrohelise aleuroliidi vahekihid (Sinisalu jt 1996).

Imara-Tabina maardlast 5 km lääne pool on Gauja kihistu liivakivid avatud Võru orundi põhjakaldal asuvas Kaku maardla liivakarjääris (foto 1.6 ja 1.7). Kvaternaari setete 1–4 m paksuse katte all on siin beeži ja pruuni värvi peene- ja põimkihiline, nõrgalt tsementeerunud, savikas peeneteraline liivakivi (paksus 2–3 m), milles on helepruunid tugevama tsementatsiooniga rauaühenditega impregneeritud peened vahekihid. Allpool on enamasti valge, põimkihiliste seeriatega, nõrgalt tsementeerunud, väga peeneteraline liivakivi (paksus kuni 17 m). Liivakivide lamamiks on liivakivi läätsedega punakaspruun savi (paksus 2–4 m). Liivakivide mineraalses koostises on kvartsi 81–95%, päevakive 1–4% ja raske fraktsiooni mineraale alla 1% ning keemilises koostises SiO_2 95–97%, Al_2O_3 0,9–3% ja Fe_2O_3 (üld) 0,4–0,8% (Barankina 1982).

Kaardistatud ala keskosas, sälkorgudest liigendatud Võru orundi lõunaserval paiknevas Jaani maardlas avanevad 2–6 m paksuse kruusakihi all kas valged, harvem kollased ja punakaspruunid kirjud kvartsliivakivid (foto 1.8) või violetja tooniga punasevärvilised savid, milles esineb ka liivakivi vahekihte. Sälkorgudes on kruusa kaevandatud 12 m sügavuselt kihti läbimata (Jürgenson 2005).

Kaardistatud ala põhja-loodeosas paikneva Joosu maardla uuringute käigus on puurimisega kontuuritud ulatuslikud rohelise, punase ja kirjuvärvilise rasksulava (1380–1450 °C)

savi lasundid. Enam kui 10 m paksused ja kuni 150 m pikkused savi läätsjad lasundid on ümbritsetud aleuroliidi või liivakivi kihtidega ning neisse on lõikunud kuni 40 m laiused ja 12 m sügavused Kvaternaari-aegse liivaga täitunud sälkorud (Tallinn 1963). Savid sisaldavad erineval määral aleuriiti. Nende mineraalses koostises on kvartsi 50–75%, glaukoniiti 0,5–30% ja vilke 3–35% ning keemilises koostises SiO_2 58–84%, Al_2O_3 6–20% ja Fe_2O_3 (üld) 2–7%. Savide looduslik niiskus on ligikaudu 12%. Rasksulava savi läätsedega kompleksi all lasuvad kvartsliivakivid ja neid katavad kuni 9 m paksused liustikusetted, põhiliselt moreen (Tallinn 1991).

Amata kihistu (D_2 *am*) moodustavad allosas roheka tooniga helehallid aleuroliidid savikate pesade ja vahekihtidega ning ülaosas violetsed, roosakashallid ja hallid, nõrgalt ja keskmiselt tsementeerunud aleuroliidid ja aleuriitsavid. Kihistu alumisel piiril on rohekas helehall bretšalaadne kompleks, milles esinevad kollaka tooniga helehalli savi ja aleuroliidi purdosad (läbimõõt 5–8 cm). Purdosad paiknevad liivakivist, savikast aleuroliidist ja sinaka tooniga helehallist savist koosnevas tsemendis.

Amata kihistu kivimite liigendatud piiridega avamusalad Kvaternaari setete all (andmed paljandite kohta puuduvad) on kõige ulatuslikumad kaardistatud ala lõunaosas. Neist põhja poole jäävad üksikud eraldiseisvad jäänuksaared Võru orundist lõuna pool. Kihistu paksus kaardistatud alal on 0,0–70 m.

Snetnaja Gora, Pskovi ja Tšudovo kihistu kompleksist (D_3 *sn-ts*) esinevad kaardistatud ala lõunaosas mõned Snetnaja Gora ja Pskovi kihistu kivimite jäänuksaared.

Snetnaja Gora kihistu (D_3 *sn*) moodustavad kollaka, violetse ja roheka tooniga helehallid, peenekihilised ja läätsjad, aleuriiti ja liiva sisaldavad peenekristallilised dolokivid, milles esinevad savi, aleuriitsavi, aleuroliidi, domeriidi ja aleuriitdolomiidi vahekihid. Dolomiidis esinevad korrapäratu kujuga kavernid läbimõõduga 1–3 cm, mis on erineval määral täidetud saviga ja kalade kivistised. Kihistu alumist piiri markeerib savika dolokivi kiht. Kihistu paksus kaardistatud alal on 0,0–7,5 m.

Pskovi kihistu (D_3 *ps*) moodustavad kollaka, pruuni ja roheka tooniga helehallid, horisontaalselt keskmise- ja peenekihilised, jämeda- kuni peenekristallilised dolokivid, mis vahelduvad aleuriitdolomiidi ja aleuroliidi vahekihtide ning läätsedega. Dolokivides esineb kaverne (läbimõõt kuni 2 cm), kalade ja brahhiopoodide kivistisi ning vähesel määral ka savi kelmeid. Kihistu alumisel piiril on selge kontaktpind peenekihiliste savidega. Kihistu paksus kaardistataval alal on 0,0–5 m. Kaardistatud alal Snetnaja Gora ja Pskovi kihistu ei paljandu.

Foto 1.1. Härma ülemine ehk Keldri müür Piusa jõe paremal kaldal (Gauja kihistu liivakivid).
Photo 1.1. Härma upper or Keldri wall on the right bank of the Piusa River (sandstones of the Gauja Formation).

Foto 1.2. Gauja kihistu liivakivid Tabina II karjääris.
Photo 1.2. The sandstones of the Gauja Formation in Tabina II quarry.

Foto 1.3. Gauja kihistu muutuva kihilisusega liivakivid Tabina II karjääris.
Photo 1.3. Differently bedded sandstones of the Gauja Formation in Tabina II quarry.

Foto 1.4. Savi veermed Gauja kihistu liivakivides Tabina II karjääris.
Photo 1.4. Clay balls in the sandstone of the Gauja Formation in Tabina II quarry.

Foto 1.5. Savi veermed ja kvartsi purdosad Gauja kihistu liivakivides Tabina II karjääris.
Photo 1.5. Glay balls and quartz pebbles in sandstones of the Gauja Formation in Tabina II quarry.

Foto 1.6. Gauja kihistu liivakivid Kaku karjääris.
Photo 1.6. The sandstones of the Gauja Formation in Kaku quarry.

Foto 1.7. Gauja kihistu liivakivide ülemine osa Kaku karjääris.
Photo 1.7. The upper part of sandstones of the Gauja Formation in Kaku quarry.

Foto 1.8. Gauja kihistu liivakivi (valge) Jaani maardla Hillepi kruusakarjääris.
Photo 1.8. Sandstone of the Gauja Formation (white) in Hillepi gravel pit (Jaani mineral deposit).

2. PINNAKATE JA PINNAMOOD

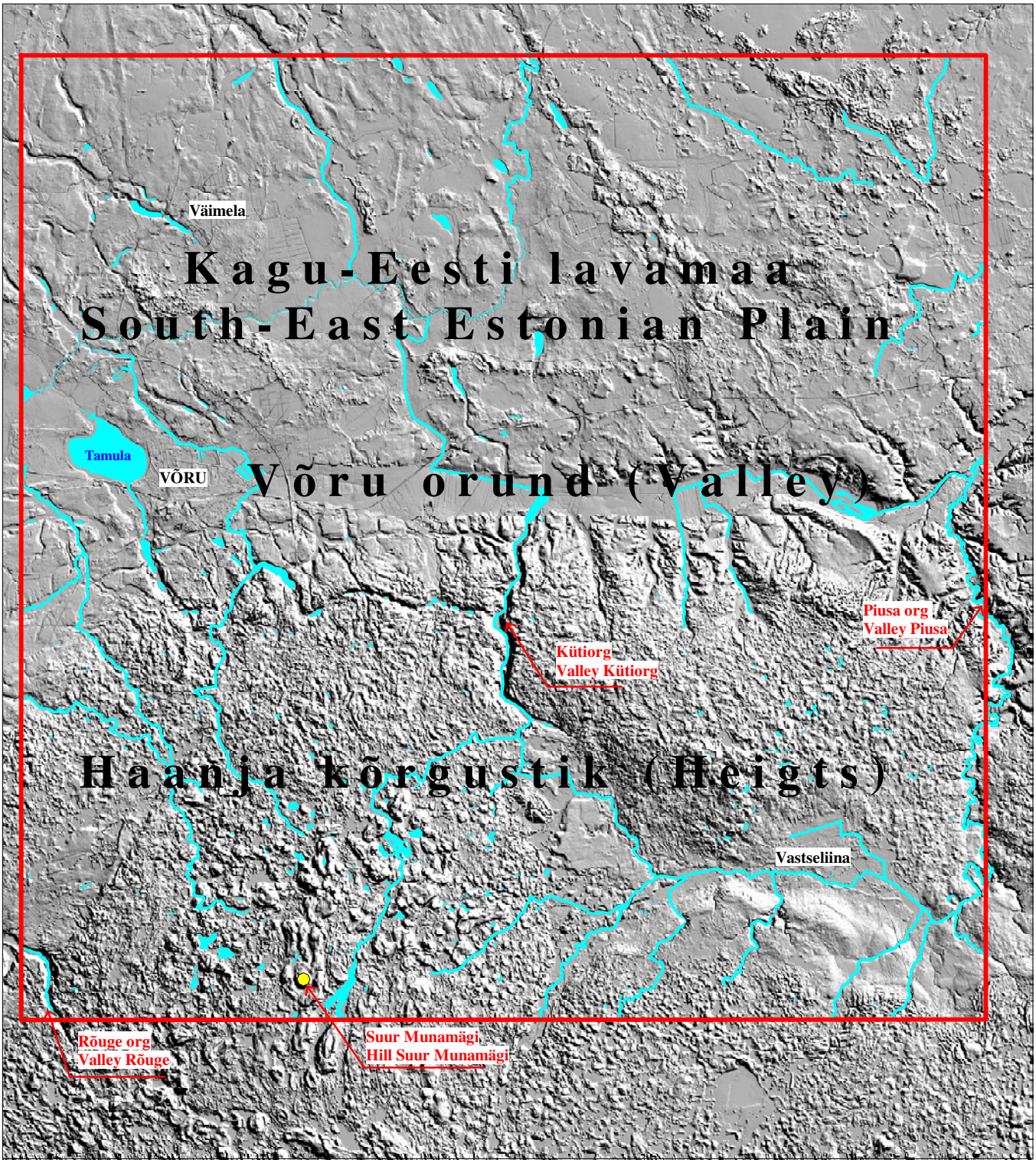
Võru 5422 kaardilehe (mõõtkavas 1:50 000) pinnakatte geoloogilise, geomorfoloogilise ja pinnakatte paksuse kaardi koostamisel on kasutatud varasema kaardistamise (mõõtkavas 1:200 000; (Väärsi jt 1964), ehitusgeoloogiliste, hüdrogeoloogiliste, maavarade ja maaparandusobjektide geoloogiliste uuringute, puurkaevude (http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main), täiendava marsruutkaardistamise ning kaardistamise käigus rajatud 78 puuraugu andmeid.

Stratigraafiliste ja geneetiliste ühikute väljaeraldamisel ja kirjeldamisel on aluseks peamiselt varasematel skeemidel ja tugilegendidel (Raukas, Kajak 1995; Kajak jt 1992; Raukas jt 1995 jpt) põhinev "Juhend Eesti geoloogiliseks digitaalkaardistamiseks mõõtkavas 1:50 000 (versioon 2.4)" (Juhend…2015) ning selle seletuskiri. Tabelis 2.1 on esitatud pinnakatte setete stratigraafiline skeem.

Tabel 2.1. Eesti pinnakatte setete stratigraafiline skeem (Kalm 2006; Raukas, Kajak 1995; Gibbard & van Kolfschoten 2004; Donner 1995)
Table 2.1. Stratigraphical scheme of the Quaternary deposits (Kalm 2006; Raukas, Kajak 1995; Gibbard & van Kolfschoten 2004; Donner 1995)

Ladestik, Ladejärk	**Eesti**			**OIS**	**Lääne-Euroopa**		Alumise piiri vanus, tuhat a.
	Kihistu	Alamkihistu	Kihistik		Lade		
Holotseen				1	Flandria		11,5
Ülem-Pleistotseen	Järva	Ülem-	Võrtsjärve	2	Weichsel	Ülem-	25
		Kesk-	Savala	3-4		Kesk-	74
		Alam-	Valgjärve	5a-d		Alam-	
			Kelnase				115
	Prangli/ Rõngu			5e	Eem		126
Kesk-Pleistotseen	Ugandi			6-8	Saale		347
	Karuküla			9-	Holstein		370
	Sangaste				Elster		475

Pinnakatte geoloogilisel kaardil kujutatakse kvaternaarsete setete pindalalist levikut üldistatuna. Pinnavorme vaadeldakse koos neid moodustavate setete ja neid kujundanud protsessidega. Kaasaegne reljeef Võru kaardilehe piires on esitatud joonisel 2.1. Kaardilehe põhjapoolne osa jääb lainjale Kagu-Eesti lavamaale (joonis 2.1), kus aluspõhjalise Kesk-Devoni platoo terrigeenseid kivimeid katavad pinnakatte setted, mille valdav paksus on 10–20 m. Kolmkümmend meetrit ja enam on pinnakatte setteid Väimela ümbruses, kohati esinevatel mõhnastikel ja mattunud orgudes. Maapinna absoluutne kõrgus suureneb läänest itta, jäädes lääneosas 70–80 m ja idaosas 90–100 m vahemikku. Kõrgem idaosa jääb maastikulise



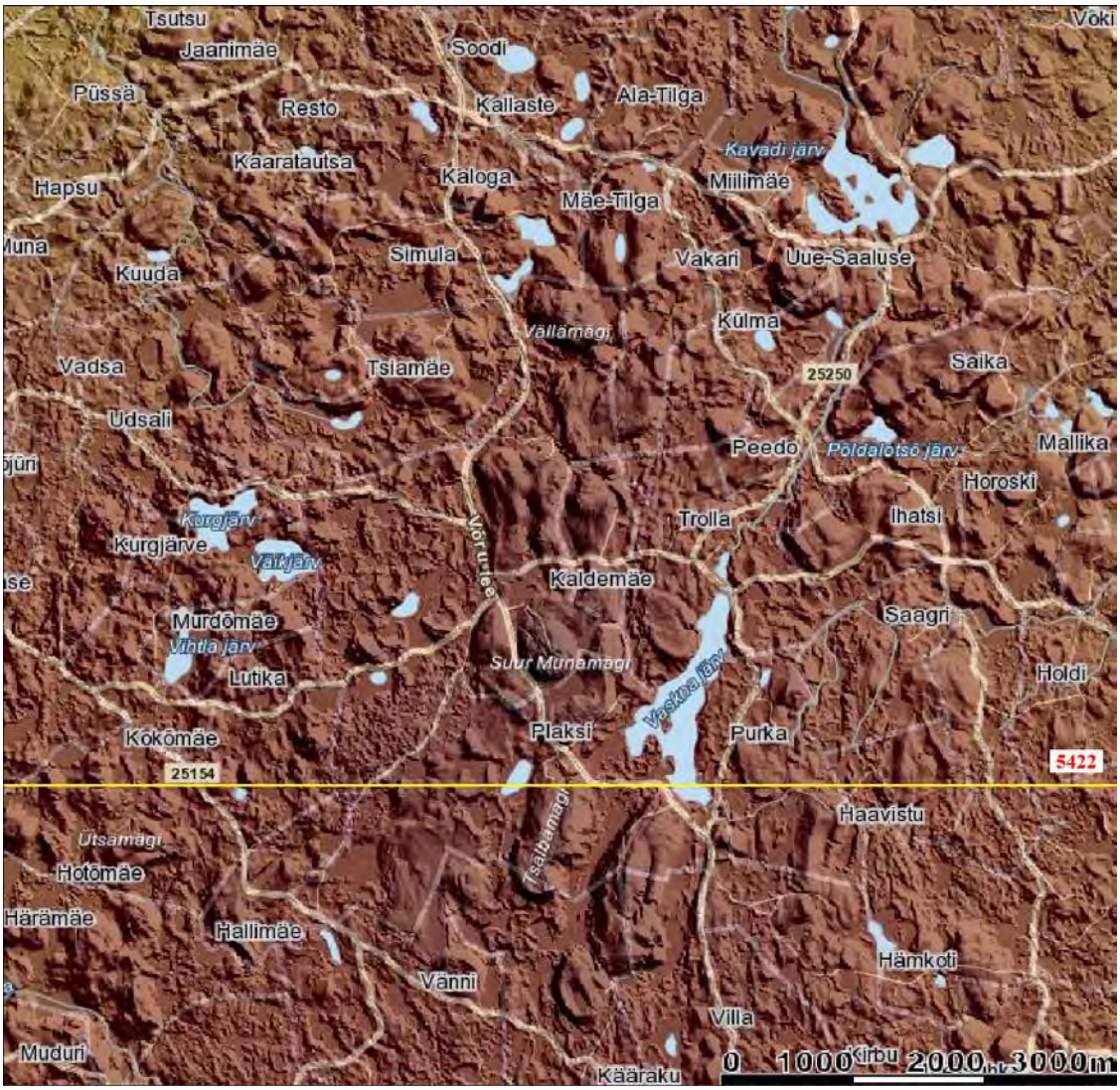
Joonis 2.1. Kaasaegne reljeef Võru kaardilehe (5422) piires varjutatud reljeefi kaardil.
Mõõtkava 1:150 000 (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 2.1. Contemporary topography of the Võru (5422) sheet on the shaded topography map.
Scale 1:150 000. (Land Board map server).

liigestuse alusel (Arold 2005) Palumaale, mida iseloomustab moreeni katvata jääjärveliste liivade laialdasem levik.

Kaardilehe lõunapoolsele osale jääb Haanja kuhjekõrgustiku kõrgeim, suurkünklik keskosa (joonis 2.2) ja põhjanõlv. Kõrgustik on kujunenud Kesk- ja Ülem-Devoni terrigeenetest ja karbonaatsetest setetest koosnevale, ürgorgudest liigendatud platoole. Kuhjekõrgustike kujunemisel eristatakse nelja morfogeneesi etappi (liustikualune kuhjumine, liustikusisene kuhjumine, perifeerne marginaalne kuhjumine ja irdjää etapp; Karukäpp 1997). Erandlikult tüseda pinnakatte kujunemise põhjuseks oli liustikuvoolude konvergentne liikumine kõrgustiku tuumiku (aluspõhjaline kõrgendik, varasemate liustikusetete kuhjumine) suhtes ja akumulatsiooni domineerimine kulutuse üle. Konvergentne liustiku liikumine oli ka põhjuseks suhteliselt varasele liustiku stagneerumisele kõrgustikul ja suure paksusega irdjää tekkele, mille sulamine setete alla mattunult kestis tõenäoliselt kauem, kui kõrgustikku ümbritsevates keelenõgudes ja keelenõos Vastseliina piirkonnas.

Haanja kõrgustiku lael ulatub maapinna absoluutne kõrgus kuni 318 meetrini (Suur Munamägi) ja pinnakattesetete paksus jääb seal 100–190 m vahemikku. Kõrgustiku nõlvadel on settekiht õhem, valdavalt 50–60 m. Nõlvade jalamil on pinnakattesetteid mõnest meetrist paarikümne meetrini. Kaardilehe idaosas liigestab Haanja kõrgustikku mattunud orgude kohal paiknev Vana-Saaluse–Vastseliina nõgu (joonis 2.3), kus võrreldes ümbritseva alaga on maapind oluliselt madalam, jäädes valdavalt 150–170 m absoluutse kõrguse vahemikku. Nõo piires on pinnakattesetete valdav paksus 40–60 m.

Kagu-Eesti lavamaad ja Haanja kõrgustikku eraldab ida-läänesuunaline Võru orund (joonis 2.1), mis on lõikunud sügavale aluspõhja kivimitesse ja kus pinnakatte setete paksus ulatub 60–80 meetrini või enamgi, sest lõuna poolt Võru orundisse suubuvas Kütiorus (joonis 2.4) on Noodasjävest lõuna pool mõõdetud pinnakattesetete paksuseks üle 150 m (Väärsi jt 1964). Kaardilehe keskosa läbiv orund Võru linna ümbruses laieneb ja kulgeb Võru–Hargla orundina lääne suunas. Võru ümbruses, liivakiviplatool, ulatub pinnakattesetete paksus mõnest meetrist paarikümne meetrini, mattunud orgudes kuni saja meetrini. Võru orundi idapoolseks jätkuks on kitsam ja järsuveerulisem Piusa org, mis kaardilehe idapiiril pöördub lõunasse (joonis 2.4). Kaardilehe edelanurka läbib Rõuge ürgorg (joonis 2.5), kus pinnakattesetete paksus (väljaspool kaardilehte) ulatub 187 meetrini (Väärsi jt 1964).

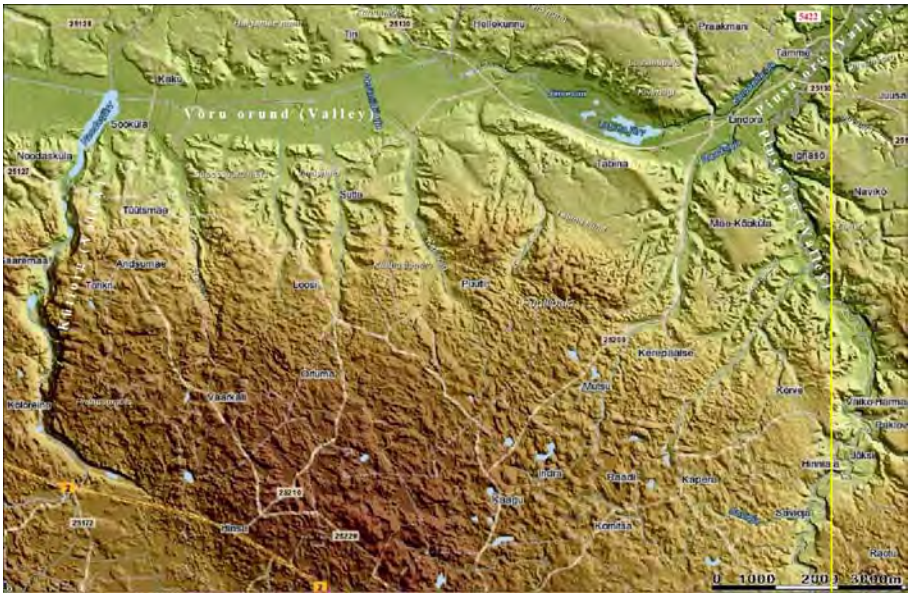


Joonis 2.2. Haanja kõrgustiku keskosa varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).

Figure 2.2. Central parts of the Haanja Heigts on the shaded topography map (Land Board map server).

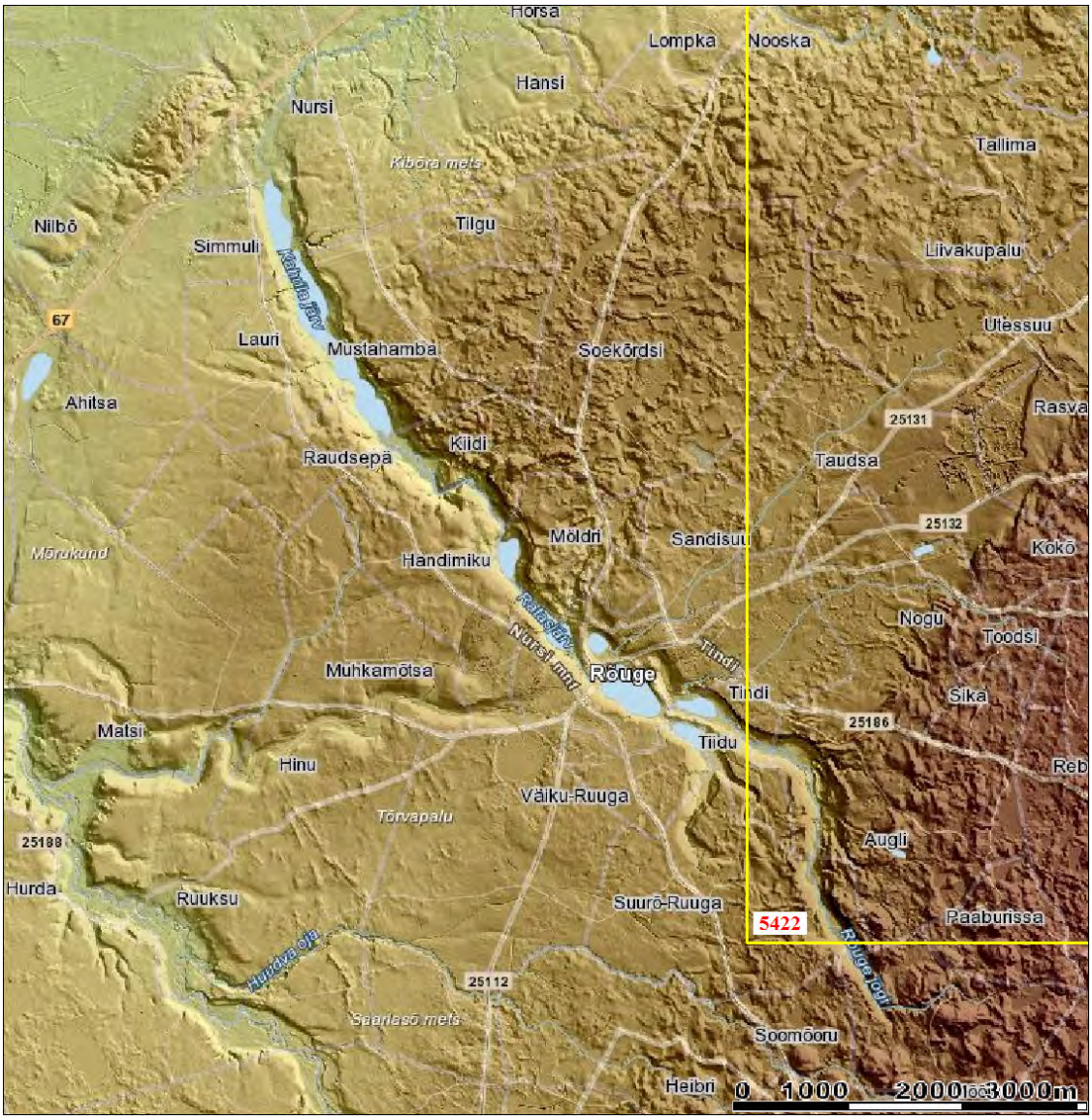
Joonis 2.3. Vana-Saaluse–Vastseliina nõgu Haanja kõrgustikul varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).

Figure 2.3. Vana-Saaluse–Vastseliina Depression on the Haanja Heigts on the shaded topography map (Land Board map server).



Joonis 2.4. Võru orund ja Kütiorg ning Piusa org varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).

Figure 2.4. Võru, Kütiorg and Piusa Valleys on the shaded topography map (Land Board map server).



Joonis 2.5. Rõuge org varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 2.5. Rõuge Valley on the shaded topography map (Land Board map server).

2.1. PLEISTOTSEEN

Pleistotseenis on piirkonna pinnakate kujunenud Skandinaavia mägedest lähtunud liustike toimel Saale ja Weichseli jääajal, mille tunnistajateks on vastavalt Kesk-Pleistotseeni Ugandi ($Q_{II}ug$) ja Ülem-Pleistotseeni Järva kihistu ($Q_{III}jr$) moreenid ja liustikuveelised setted (Kajak jt 1974).

Piirkonna pinnakatte väga vaheldusrikaste setete litoloogilist koostist iseloomustas tabavalt juba Anto Raukas 1978. aastal, kui kirjutas: "Haanja kõrgustiku pleistotseensed setted paistavad silma suure vaheldusrikkuse poolest. Kohati võib ühe ja sama kaevandi erinevates seintes leida täiesti erinevat materjali: moreeni, savi, liiva ja veeriselist kruusa."

Kesk-Pleistotseeni setteid on Võru kaardilehe alal kirjeldatud vaid Haanja kõrgustiku ja mattunud orgude (Kütiorg, Rõuge org) piiresse rajatud üksikutes puuraukudes varasema kaardistamise (Väärsi jt 1964) käigus. Vanimaid, Kesk-Pleistotseenis toimunud Elsteri jäätumise setteid on kirjeldatud Haanjast lääne pool asuva sügava Rõuge ürgoru läbilõike basaalses osas (Väärsi jt 1964). Olulisim mõju Haanja kõrgustiku kaasaegse pinnamoe kujunemisele on olnud Ülem-Pleistotseeni viimasel mandrijää taandumisel Haanja staadiumil, kui kuhjusid Järva kihistu ($Q_{III}jr$) Võrtsjärve alamkihistu glatsiaalsed ja liustikuveelised setted, mis katavad Haanja kõrgustiku Kesk-Pleistotseeni setteid ja vahetult Kesk-Devoni terrigeenseid settekivimeid kõikjal Võru orundist põhja pool ning ka orundist lõuna pool, kõrgustiku jalamil (fotod 2.1, 2.2, 2.3, 2.4).

Üldlevinud seisukoha järgi hinnatakse Eestis hilisjääaja vanuseks ligikaudu 13 500 aastat, mis on dateeritud Põhja-Lätis Rauna läbilõike interstadiaalsetes setetes radiosüsiniku vanuseanalüüside põhjal. Viitka lähedalt on kuni 4 m paksuse punakaspruuni moreenikihi aluse turbakihi vanuseks radiosüsiniku meetodil määratud 10 980+/-80 ja puutükkide vanuseks 11 090+/-135 aastat (Raukas 1978). Peetruse läbilõikes, mis asub Viitkast ligikaudu 8 km loode pool, on 3,6–5,2 m sügavusel moreeni all asuvate interstadiaalsete orgaaniliste setete vanuseks määratud 12 670+/-200 ja 12 080+/-120 aastat (Punning 1968). Anto Raukase (1978) hinnangul on näiteks Viitka interstadiaalne settekeha liustiku poolt ümber setitatud. Palünoloogilisele meetodile tuginedes peavad Reet Pirrus ja Anto Raukas (1996) tõenäoliseks, et mandrijää hakkas Haanja staadiumi servamoodustiste vööndist taanduma Böllingis umbes 13 000 ^{14}C aastat tagasi.

Mandrijäätumise Haanja staadiumil kujunenud pinnamood on üldjoontes säilinud kaasajani. Piirkonna kireva geomorfoloogilise ehituse – glatsiaalsete, glatsiofluviaalsete ja jääjärveliste pinnavormide tundmaõppimisele ja rajoneerimisele on aastakümnete jooksul pühendunud mitmed uurijad (Hang, Lepasepp 1961; Väärsi jt 1964; Kajak jt 1975; Raukas 1978, Raukas, Karukäpp 1979; Arold 1991; Karukäpp 1997 jpt).

Vaatlusalune Haanja kõrgustiku piirkond kujutab endast künklik–nõolise reljeefiga ala (Arold 1979). Piirkonna lõunaossa jääb ovaalse põhja–lõunasuunalise põhiplaaniga kõrgustiku kõrgeim osa (joonis 2.2), suur- ja keskkünklik moreenreljeef, kus suhteline kõrgus ületab tihti 30 m, Vällamäel 80 m. Moreenküngaste laugetel lagedel katavad moreeni kohati jääjärvelised liivakad–savikad setted. Kõrgustiku nõlvadel esineb nii keskmise- ja väikekünklikku moreenreljeefi kui ka mõhnastikureljeefi. Haanja kõrgustiku põhjanõlval esineb ulatusliku levikuga glatsiofluviaalseid mõhnastikke, reljeefis madalamal (kõrgustiku jalamil) ja kõrgustikusisestes nõgudes glatsiofluviaalsete deltade sandurisetteid. Võru orundist põhja pool, kaardilehe põhja- ja loodeosas, domineerib lainjas moreentasandik, kirdeosas glatsiolimliline pinnamood – mõhnastikud ja tasandikud.

Kesk–Pleistotseen. Ugandi kihistu. Ugandi kihistu setteid on kirjeldatud varasema kaardistamise (Väärsi jt 1964) puurläbilõigetes. Näiteks Munamäe (363) puuraugus (lisa 2) on Ugandi kihistu settekompleksi paksus ca 133 m, koosnedes valdavalt glatsiaalse geneesiga **(gII*ug*)** tihedast violetjapruuni varjundiga hallist liivsavi- ja saviliivmoreenist (kokku ca 81 m), mis sisaldab erineval määral kruusa ja peent veerist. Kihistu ülaosas (8 m ulatuses) ja basaalosas (23 m ulatuses) on kirjeldatud glatsiolimnilisi setteid **(lgII*ug*)**, mis ülaosas koosnevad kohati viirkihilise tekstuuriga hallist violetjaspruuni varjundiga liivsavist ja alaosas helekollasest

peeneteralisest liivast. Kihistu alumises pooles esineb 21 m ulatuses glatsiofluviaalse geneesiga **(fII*ug*)** päevakivi–kvarts koostisega helekollane eriteraline liiv.

Ülem–Pleistotseen. Järva kihistu. Weichseli jäätumise setteid on Eestis jagatud kolmeks – peamiselt liustikuliste setetega esindatud Alam- (Valgjärve) ja Ülem-Järva (Võrtsjärve) alamkihistuks ning neid eraldavaks interstadiaalse iseloomuga Kesk-Järva (Savala) alamkihistuks. Viimase aja uuringud nii Skandinaavias kui Loode-Venemaal, samuti modelleerimiste tulemused (Svendsen jt 2004) on seadnud sellise liigestuse kahtluse alla. On põhjust arvata, et Soome lõuna- ja lääneosa oli jäävaba kogu Vara-Weichselis ning mandriliustik võis Eestisse ulatuda vaid lühiajaliselt Kesk-Weichseli alguses (Liivrand 1991, 2008). Ka Volli Kalm (2006) jätab jäätumise võimaluse Eestis ajavahemikus 68 000–43 000 aastat tagasi lahtiseks. Võru kaardilehel Alam- ja Kesk-Järva alamkihistusse kuuluvaid setteid ei ole kirjeldatud.

Kas aluspõhjakivimitel või Kesk-Pleistotseeni setetel lasuvad viimase, Weichseli jäätumise ajal kujunenud mandriliustiku ja selle sulavete setted kuuluvad **Ülem-Järva alamkihistusse**, mis avanevad kas otse maapinnal või on maetud nooremate, st Holotseeni setete alla. Setete paksus on väiksem (mõni meeter) kaasaja reljeefis kajastuvate, aluspõhjakivimitesse lõikuvate järsuveeruliste orgude ülaservades, tüsedam (üle 30 m) mõhnastikel ja tõenäoliselt ka mattunud orgudes.

Glatsiaalsed setted (gIII*jr*$_3$). Viimase jäätumise Haanja staadiumi sorteerimata liustikulised setted avanevad mosaiikselt kogu kaardilehe piires, moodustades kaardilehe põhjaosas lainja moreenreljeefi ja Haanja kõrgustiku lael ning põhjanõlval künkliku moreenreljeefi. Setted võivad puududa liustiku eksaratsioonialadel, kuid mõnikord ka liustiku vooluvete kulutuse tõttu. Näiteks Haanja kõrgustiku põhjanõlva jalamile kujunenud glatsiofluviaalse delta alal Jaani kruusamaardlas moreen puudub ja veeriseline kruus ning liiv lasub vahetult Gauja kihistu liivakivil (fotod 2.1, 2.2) või savil (foto 2.3). Õhukese pinnakattega aladel on iseloomulik, et moreen on settinud vahetult aluspõhjakivimitele (näiteks Tabina liivamaardla piirkond Võru orundist lõuna pool (foto 2.4). Glatsiofluviaalsetele mõhnastikele on iseloomulik, et liustikujõelised setted on kaetud enamasti õhukese, harvem tüseda moreenkatendiga (foto 2.5).

Glatsiaalsed setted on kaardistatud alal esindatud valdavalt punakaspruuni, vähest jämepurdu sisaldava saviliivmoreeniga. Vähem esineb liivsavimoreeni. Kuna enamus moreeni koostisse kuuluvast materjalist on pärit põhjapoolsetelt Kesk-Devoni kihistute liivakivide ja aleuroliitide avamusaladelt, siis moreenide lõimises moodustab peenliiv ja aleuriit kuni 70% (Kajak jt 1975). Jämepurrus (veerised) domineerib karbonaatne, munakate hulgas kristalliinne ümardunud materjal (foto 2.6). Terrigeensete aluspõhjakivimite osakaal on moreeni jämepurrus kaardistatud ala piires väike, kuid esineb siiski (foto 2.7). Anto Raukase (1978) hinnangul sisaldab kõrgustiku paksu pinnakattega alade noorim moreenikiht jämepurdu harva rohkem kui 10%, Kalju Kajaku (Kajak jt 1975) uuringute põhjal keskmiselt 3–4%. Väga savikat moreeni on täheldatud Haanja kõrgustiku keskosas asuvate lamedate suurküngaste lagedel, kus teda laiguti katab jääjärvelise geneesiga õhuke tumepruuni savi kiht.

Liustikujõelised ehk glatsiofluviaalsed setted (fIII*jr*$_3$) kuhjusid mandriliustiku lõhedesse ja liustiku ette selle taandumisel Haanja staadiumi ajal. Setted lasuvad siin viimase jäätumise moreenidel või vahetult aluspõhjakivimitel (näiteks Jaani maardla piirkonnas). Enamasti

avanevad nad maapinnal positiivsete pinnavormidena (mõhnad, lainjad sanduritasandikud), harvem maetuna moreeni (näiteks Saarde maardla piirkonnas kaardilehe kaguosas), jääjärveliste või soosetete alla. Glatsiofluviaalsete setete paksus kõigub suurtes piirides, ulatudes näiteks Loosi maardlas 35–40 meetrini (foto 4.6). Liustikujõeliste setete (kruus, liiv) koostis ja lõimis varieeruvad, sõltudes settelasundi geneesist, asukohast ja lokaalsetest settimistingimustest.

Liustikujõelised mõhnastikud levivad mosaiikselt Haanja kõrgustiku põhjanõlval, valdavalt Palanumäe–Holsta–Räpo ja Loosi–Puutli–Tabina vahelisel alal ning ka kaardilehe põhjaosas Paidra järvest kagu pool (Paidra liivamaardla). Mõhnad koosnevad enamasti väga muutliku terajämedusega liivast, samuti kruusakihtidest, milles esineb veeristikku ja kohati rohkelt munakaid ning rahne. Rohkelt esineb kristalliinse koostisega munakaid näiteks Juraski (foto 2.8) ja Loosi (foto 2.9) maardla, vähem Saarde maardla piirkonnas (foto 2.5). Peeneteraline liiv üksikute veeriselise kruusa vahekihtidega domineerib Holsta ja Halla maardlates (foto 2.10). Peene- ja väga peeneteraline liiv vähese jämepurdse materjaliga levib Kapera ja Lindora vahelisel mõhnastikul (foto 2.11). Sageli on mõhnad moreenist katendiga (foto 2.5).

Ulatuslikumad glatsiofluviaalsed deltad on kujunenud kõrgustiku põhjanõlva jalami lähedale (Jaani kruusamaardla, Umbsaare liivamaardla), kaardilehe edelaossa Nogo–Rasva piirkonda (Püssapalu kruusamaardla) ja Võrust lõuna poole (Kose liivamaardla). Liustikujõelisi tasandikke esineb Vastseliina nõo lõunaveerul ja kaardilehe põhjaosas. Deltade sandurisetted võivad koosneda tüsedast (üle kümne meetri) horisontaalkihilisest (fotod 2.12, 2.13, 2.14) veeriselise kruusa või kruusaka liiva lasundist.

Jääjärvelised (glatsiolakustrilised ehk limnoglatsiaalsed) setted (lgIII*jr*$_3$). Ulatuslikud jääjärvelised setted (viirsavid, väga peeneteralised liivad) levivad valdavalt Võru orundist põhja pool, moodustades jääjärvelisi tasandikke ja kohati madalaid, kuni 10 m kõrgusi mõhnastikke (Jantra, Madala, Mõrgi ja Paidra piirkonnad). Savid, mille paksus ulatub kuni kümne meetrini, levivad Võrust põhja pool ja Husari ning Lepassaare–Suuremetsa piirkonnas. Pruuni värvi savid on plastsed, sisaldavad kohati aleuriitse liiva vahekihte, kohati pesiti jämepurdset materjali.

Husari piirkonna 4,5–6 m paksuses savilasundis on <0,001 mm fraktsiooni sisaldus 47–52%, Al_2O3 sisaldus 15,1–16,7%, CaO sisaldus 4,4–5,2%, MgO sisaldus 3,1–3,2%, K_2O sisaldus 4,3–4,8%, kuumutuskadu 9,7–11,1%.

Suuremetsa–Lepassaare piirkonna 6–10,5 m paksuses savilasundis on <0,001 mm fraktsiooni sisaldus 47–60%, Al_2O3 sisaldus 15,1–16,8%, CaO sisaldus 4,0%, MgO sisaldus 3,0–3,1%, K_2O sisaldus 4,3–4,6%, kuumutuskadu 8,9–9,8%.

Tasandikel ja kaardilehe kirdeosas asuvates mõhnastikes on liiv enamasti peene- ja väga peeneteraline, mille näiteks on Kääpa maardlal asuvast Tilsipalu karjäärist kaevandatav materjal (foto 2.15).

Ülipeenest kuni peeneteralisest kihitatud liivast väikesed ja keskmise suurusega (suhteline kõrgus kuni 20 m) mõhnad ja lokaalse levikuga mõhnastikud esinevad mitmel pool Haanja kõrgustiku lael ja nõlvadel. Kalju Kajaku järgi (Kajak jt 1975) on nn pealeasetatud limnomõhnastike reljeef kujunenud jääjärveliste liivade settimisel moreenküngastele ja harvem glatsiofluviaalsete mõhnade lagedele. Lokaalsed jääjärved on maha jätnud õhukese, valdavalt 1–2 meetri paksuse liivastest–savistest setetest katte. Moreenküngaste lagedele on settinud plastne

pruun savi, küngaste vahelistesse nõgudesse savikas ja aleuriitne ülipeeneteraline liiv. Liivakates setetes on kihilisus enamasti märgatav, savides aga mitte.

2.2. HOLOTSEEN

Holotseeni (pärastjääaegsed) setted on alal esindatud vaid kontinentaalsete setetega – järve- (lIV), jõe- (aIV) ja soosetetega (bIV), mille moodustavad liiv, aleuriit, savi, turvas ja järvemuda. Setted on kujunenud ulatuslikumalt Võru orundisse, põhja pool asuva Kagu-Eesti lavamaa nõgudesse Kääpa, Meenikonna, Pindi ja Madala piirkonnas ning Haanja kõrgustiku küngastevahelistesse nõgudesse.

Tabel 2.2. Hilisglatsiaali ja Holotseeni setete stratigraafiline liigestus (Raukas jt 1995; Blockley *et al* 2012).

Table 2.2. Stratigraphy of the late-glacial and Holocene deposits (modified after Raukas et al 1995; Blockley et al 2012, et al.).

Ladestik	Ladejärk	Kronotsoon		Indeks	Indeks	Piiridefinitsioon (14C aastat t.)	Õietolmuvöö (PAZ)	Indeks	Indeks (von Post)	Balti mere staadiumid	Alumine piir (14C aastat tagasi)	Alumine piir (kalendriaastat tagasi)	GRIP indeks
Holotseen	Ülem-	Sub-Atlantikum		SA	SA3	1 000	*Pinus-Betula*	*P-B*	I	Limneameri			
					SA2	2 000	*Betula-Pinus-Picea*	*B-P-Pc*	IIa				
					SA1	2 500	*Betula-Alnus*	*B-A*	IIb				
	Kesk-	Sub-Boreaal		SB	SB2	4 000	*Picea*	*Pc*	III		4 000	4 500	
					SB1	5 000	*Quercus*	*Q*	IV	Litoriinameri			
		Atlantikum		AT	AT2	6 500	*Tilia-Ulmus-Fraxinus*	*T-U-Fr*	V				
					AT1	8 000	*Ulmus-Corylus*	*U-Co*	VI		8 000	9 000	
	Alam-	Boreaal		BO	BO2	8 500	*Pinus-Alnus*	*P-A*	VII	Antsülu s-järv			
					BO1	9 000	*Pinus - Betula - Corylus*	*P-B-Co*	VIII				
		Pre-Boreaal		PB	PB2	9 500	*Pinus - Betula*	*P-B*	IXa		9 500	10 700	
					PB1	10 000	*Betula*	*B*	IXb	Joldia-meri		11 650	
Pleistotseen	Ülem-	Sub-Arktikum	Hilis-Dryas	DR3	DR3	10 800	*Artemisia-Betula nana*	*Ar-Bn*	X		10 200	12 850	GS-1
			Allerod	AL	ALb	11 300	*Pinus*	*P*	XIa	Balti jääjärv			GI-1a GI-1b
					ALa	11 800	*Pinus-Betula*	*P-B*	XIb			13 900	GI-1c
			Kesk-Dryas		DR2	12 200	*Artemisia-Chenopodiaceae*	*Ar-Ch*	XIIa			14 030	GI-1d

Järvesetted (lIV). Ulatuslikumalt levivad järvesetted (valdavalt järvemuda ehk sapropeel) turbalasundi alla mattunult Võru orundis Võru turbamaardla piires, Iskna turbamaardlas kaardilehe põhjaosas, Illimäe turbamaardlas Vastseliina lähedal ja kaasaegsetes järvedes (Tamula, Vaskna, Kavadi, Kubija, Iskna, Paidra, Karsna, Noodasjärv). Vähemal määral on järvedes

liivakas–aleuriitseid setteid, mis hakkasid kujunema tõenäoliselt kohe peale jää sulamist. Piirkonna sapropeeli kujunemist ja koostist on uurinud näiteks Leili Saarse (1994), levikut Rein Ramst (1982). Järvemuda hakkas kujunema juba preboreaalsel kliimaperioodil ja settis pika aja jooksul subboreaalse kliimaperioodi keskpaigani.

Järvemuda lasundi keskmine paksus leiukohtades on valdavalt 2–2,5 m, Noodasjärve leiukohas väljaspool kaasaegset järve 6,1 m. Tüsedam järvemuda lasund (kuni 18 m) on kaardilehe loodeosas asuvas väikeses Väimela Alajärves (Ramst 1982). Põhjalikum ülevaade järvemuda levikust, paksusest ja omadustest on esitatud maavarade peatükis.

Soosetted (bIV) on enamlevinud tänapäevased setted kaardilehel. Esineb valdavalt madalsoo hästilagunenud turvast, vähem vähelagunenud siirdesoo- ja rabaturvast (näiteks Pindi ja Saarepera raba), kusjuures kaardil on siirdesoid kujutatud rabadega koos. Haanja kõrgustikul asuvaid väikesi küngastevahelisi soid kaardil ei kujutata. Ulatuslikumad sood on kujunenud Holotseeni vältel kinnikasvanud järvedes ja jõgede lammidel. Õietolmu uurimine on näidanud (Saarse, 1994), et mineraalsete järvesetete asendumine organogeensetega algas preboreaali–boreaali piiril, radiosüsiniku analüüsi alusel aga veidi hiljem (8500–8600 aastat tagasi). Turbalasundi kujunemine jätkus boreaalis (lehtsamblalasund) ja atlantilisel kliimaperioodil (pilliroo-lehtsamblalasund). Rabalasundi sfagnumturba kujunemine algas subatlantilisel kliimaperioodil. Noorim, villpea-sfagnumturbast rabalasund kujunes subboreaalsel ja subatlantilisel kliimaperioodil.

Soosetete keskmine paksus turbamaardlates on enamasti 1,7 m (Iskna maardla) – 3,0 m (Pindi maardla). Ulatuslikus Võru maardlas on madalsoo turbakihi maksimaalne paksus 8 m, Pindi maardlas rabaturba maksimaalne paksus 5,7 m (Orru 1995). Madalsoodes domineerib puu- ja tarnaturvas, rabades esineb fuskumi-, meediumi- ja männi–villpeaturvast. Põhjalikum ülevaade turba levikust, paksusest ja omadustest on esitatud maavarade peatükis.

Jõesetted ehk alluuvium (aIV). Levivad valdavalt Võhandu ja Piusa jõe orus ning koosnevad savikatest ja liivakatest setetest, mis kihiti võivad muda sisaldada. Võhandu jõe lammil on jõesetted mattunud enamasti soosetete alla. Piusa jõe sängi- ja terrassisetted koosnevad valdavalt peeneteralisest kvartsliivast. Kaljo Kajaku (Väärsi jt 1964) andmetel on Piusa jõe orus alluuviumi paksus 2–6 m. Haanja kõrgustikul asuvate vooluveekogude (Iskna jõgi, Koreli oja, Ora oja jt.) orgudes, kus läbitakse glatsiofluviaalsetest setetest koosnevaid pinnavorme, esineb ka jämepurrurikkaid kruusaseid–veeriselisi lõike.

Foto 2.1. Glatsiofluviaalsed setted (ülal) ja kirjuvärviline liivakivi (Gauja kihistu) Jaani kruusamaardlas.

Photo 2.1. Glaciofluvial sediments (above) and multicolored sandstone (Gauja Formation) in Jaani gravel deposit.

Foto 2.2. Glatsiofluviaalsed setted (ülal) ja valge liivakivi (Gauja kihistu) Jaani kruusamaardlas.

Photo 2.2. Glaciofluvial sediments (above) and white sandstone (Gauja Formation) in Jaani gravel deposit.

Foto 2.3. Viljahillepi kruusakarjäär (Jaani kruusamaardla) sanduritasandikul. Karjääri põhjas avanevad Gauja kihistu kirjuvärviline savi ja valge liivakivi.

Photo 2.3. Viljahillepi gravel pit (Jaani gravel deposit)on outwosh plain. Multicoloured clay and white sand of the Gauja Formation lie at the bottom of pit.

Foto 2.4. Glatsiaalsed setted (moreen, ülal) ja valge liivakivi (Gauja kihistu) Imara-Tabina liivamaardlas.

Photo 2.4. Glacial deposits (till, above) and white sandstone (Gauja Formation) in Imara-Tabina sand deposit.

Foto 2.5. Moreenkattega glatsiofluviaalsed setted Saarde kruusakarjääris.
Photo 2.5. Glaciofluvial deposits covered by till in Saarde gravel pit.

Foto 2.6. Glatsiaalsed setted (moreen) Saarde kruusakarjääris.
Photo 2.6. Glacial deposits (till) in Saarde gravel pit.

Foto 2.7. Devoni kirjuvärvilise liivakivi rahn Loosi liivakarjääri moreenis.
Photo 2.7. Boulder of the multicoloured Devonian sandstone inside till of Loosi sandpit.

Foto 2.8. Munakaterikas liiv ja kruus Juraski liivakarjääris.
Photo 2.8. Cobbles rich sand and gravel in Juraski sand pit.

Foto 2.9. Munakad ja rahnud Loosi liivakarjääris.
Photo 2.9. Cobbles and boulders in Loosi sandpit.

Foto 2.10. Eriteralised glatsiofluviaalsed setted Holsta II liivakarjääris.
Photo 2.10. Variously grained glaciofluvial deposits in Holsta II sandpit.

Foto 2.11. Põimkihilised peeneteralised glatsiofluviaalsed setted Liiva liivakarjääris.
Photo 2.11. Cross-bedded fine-grained glaciofluvial deposits in Liiva sandpit.

Foto 2.12. Horisontaalkihilised glatsiofluviaalsed setted Hillepi kruusakarjääris Jaani maardlas.
Photo 2.12. Horizontally bedded glaciofluvial deposits in Hillepi gravel pit of Jaani gravel deposit.

Foto 2.13. Horisontaalkihilised glatsiofluviaalsed setted Viljahillepi kruusakarjääris Jaani maardlas.

Photo 2.13. Horizontally bedded glaciofluvial deposits in Viljahillepi gravel pit of Jaani gravel deposit.

Foto 2.14. Horisontaalkihilised glatsiofluviaalsed setted Püssapalu kruusamaardlas.

Photo 2.14. Horizontally bedded glaciofluvial deposits in Püssapalu gravel deposit.

Foto 2.15. Väga peeneteralised jääjärvelised setted Tilsipalu liivakarjääris.
Photo 2.15. Very fine-grained glaciolacustrine deposits in Tilsipalu sandpit.

3. HÜDROGEOLOOGIA JA PÕHJAVEE KAITSTUS

Hüdrogeoloogiline ja põhjavee kaitstuse kaart on koostatud varasema väikesemõõtkavalise kompleksse geoloogilis-hüdrogeoloogilise kaardistamise (Väärsi jt 1964) ja käesoleva töö raames kogutud materjalide põhjal. Kasutatud on ka põhjaveevarude uuringu aruandeid (Vingisaar, Tassa 1973; Tšeban, Suuroja 1975; Kuptsov jt 1987; Tassa, Ploom 1992; Polikarpus, Lemberpuu 2015) ja riikliku põhjaveeseire andmeid (Truu jt 2016). Valdav osa tarbepuurkaevude ja seirepuurkaevude andmetest pärineb Eesti keskkonnaregistri puurkaevude nimistust. Kokku on kasutatud 210 puurkaevu andmeid, mis annab veepunktide keskmiseks tiheduseks 1 puurkaev ligikaudu 3 km² kohta. Veepunktide tihedus on suurem kaardilehe keskvööndis ja väiksem lõuna- ning põhjaosas.

Kaartide koostamise aluseks on rahvusvahelisele tugilegendile "Hydrogeological maps. A Guide and a Standard Legend" (Struckmeier & Margat 1995) ja Eesti hüdrogeoloogilise kaardi M 1:400 000 (Perens 1998) ning Eesti põhjavee kaitstuse kaardi (Perens 2001) legendidele tuginev geoloogilise digitaalkaardistamise juhend (Juhend… 2015).

Kaardistatav ala paikneb Ida-Eesti vesikonna Peipsi alamvesikonnas, mis hüdrogeoloogiliselt kuulub Balti arteesiabasseini. Põhjavesi esineb siin pinnakattes ja aluspõhja ning kristalse aluskorra kivimeis. Hüdrogeoloogiline kaart kajastab suurima levikuga aluspõhjakivimite kollektoromadusi ja veeandvust.

Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi 2000/60/EÜ kohaselt mõistetakse põhjaveekihina üht või mitut kivimikihti või muud geoloogilist kihti, mis on piisavalt poorsed ja läbilaskvad, et põhjavesi saaks seal märkimisväärses ulatuses voolata või sealt saaks olulises koguses põhjavett võtta (Veeseadus §2, 5)). Veekompleks, mille veemajanduslikult kasutatavat ja piiritletavat osa nimetatakse põhjaveekogumiks, võib koosneda mitmest veekihist.

Sügaval lasuvad geoloogilised üksused, mis ei ole seotud maismaaökosüsteemidega ja mille vesi ei sobi looduslikult kõrge soolsuse tõttu joogiveena kasutada või mille kasutamine ei ole majanduslikult õigustatud, ei ole direktiivi mõistes veekihid ega põhjaveekogumid. Sellest tulenevalt on Kambriumi–Vendi ja Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihid arvatud põhjaveekogumiteks ainult Põhja-Eestis, kus Kambriumi–Vendi ja Ordoviitsiumi–Kambriumi vee keemiline koostis on vastav joogiveeallika kvaliteedinõuetele (Perens jt 2012). Kaardistatud ala hüdrostratigraafiline liigestus on esitatud tabelis 3.1.

Geoloogilise ehituse ja veeandvuse alusel jaotatakse kivimid ja setendid vettandvateks kihtideks ning veepidemeteks. Veepidemetena eristatakse kihte, mille transversaalne (kihipindadega ristuv) filtratsioonikoefitsient (K) on väiksem kui 10^{-2} m/d. Veevarustuse seisukohalt eristatakse ulatusliku levikuga, piisavalt vettandvaid (>10 m³/d) veekihte ja veekomplekse millesse rajatud kaevude erideebit (q) on valdavalt > 0,1 l (s*m), K > 1 m/d) ning piiratud levikuga nõrgalt vettandvaid veekihte ja veekomplekse (q < 0,1 l (s*m), K < 1 m/d; (Perens 1998)).

Filtratsioonikoefitsient (K) on kivimite, setete või pinnaste veeläbilaskvust (veejuhtivust) iseloomustav suurus (filtreeruva vee hulk ajaühikus läbi kihi ristlõike pinnaühiku). Karbonaatse kivimkompleksi puhul võib kihipindadega ristuvas (transversaalses) suunas ning nendega paralleelses (lateraalses) suunas olla erinev filtratsioonikoefitsient (Perens & Vallner 1997).

Tabel 3.1. Veekomplekside ja põhjaveekogumite paiknemine
Table 3.1. Subdivision of water-bearing formations

Regionaalne stratigraafiline skeem	Kohalikud ühikud	Hüdrogeoloogilised stratonid			Põhjavee-kogum ( ) Põhjavee-kiht	
Ladestu	Kihistu (Lade)	veekompleks	veepide	ilma olulise põhjaveevaruta kiht	nimetus	
Kvaternaar Q	Holotseen			soosetted (bQ_{IV})		Kvaternaari
				alluviaalsed jõesetted (aQ_{IV})		
	Pleistotseen			järve- ja jääjärve setted (lQ_{IV},lgQ_{III})	(38)	
				glatsiofluviaalsed setted (fQ_{III})		
				glatsiaalsed setted (gQ_{III})		
Devon D	Plavinase	Ülem-Devoni (D_3)			(26)	Devoni
			Snetnaja Gora-Amata (D_3sn-D_2am)			
	Amata	Kesk-Devoni (D_2)			(24)	
	Gauja					
	Burtnieki					
	Aruküla					
	Narva		Narva (Vadja-Leivu) (D_2nr)			
	Pärnu	Kesk-Alam-Devoni (D_{2-1})				
	Rezekne					
Ordoviitsium O			Siluri-Ordoviitsiumi O			
Kambrium Ca	Petseri	Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Ca)			Ordoviitsiumi-Kambriumi	
	Paala					
	Lontova		Lükati-Lontova (Ca_1lk-ln)			
Ediacara (Vend) V	Kotlin	Kambriumi-Vendi (Ca-V)	Kotlini (V_2kt)		Kambriumi-Vendi	
	Gdov					
Paleo-proterosoikum PP		Aluskorra murenenud ja lõhelised kivimid	Aluskorra lõhedeta ja murenemata kristalsed kivimid			

Filtratsioonikoefitsiendi mõõtühikuks on m/ööpäevas (m/d). Erideebitina väljendatakse kaevu tootlikkust pumpamisel (l/s) veetaseme alandamisel 1 meetri võrra (tootlikkuse jagatis üldise taseme alanemisega). Veevarustuses kasutatakse tootlikkuse mõõtühikuna valdavalt m³/ööpäevas (m³/d). Loodusliku põhjaveeressursi arvutamisel korrutatakse põhjaveekogumi pindala netofiltratsiooniga, mis Lõuna-Eesti kõrgustikel on lähedane Eesti keskmisele ehk

10% sademetest. Arvestades pinnakatte suurt paksust, jõuab sellest netoinfiltratsioonist põhjaveekogumisse ~50% (Perens jt 2012).

Kaardistamise juhendi (Juhend…2015) kohaselt kujutatakse pinnakattes esinevat Kvaternaari veekompleksi (Q) hüdrogeoloogilisel kaardil ainult juhul, kui seda kasutatakse tsentraalseks veetarbimiseks või kui see esineb ürgorgude pinnakattesetetes, seepärast pole ka Kvaternaari Võru põhjaveekogumit (38) kaardil kujutatud. Kaardil on näidatud mattunud orgudes lasuva ja tsentraalseks veevarustuseks kasutatava glatsiofluviaalsete setete veekihi (fQ_{III}) levik. Osa pinnakattesse tungivast infiltratsioonist sattub ka valdavalt moreeniga täitunud mattunud orgudesse, kus kohati esineb kuni 10 m tüsedusega kihtidena glatsiofluviaalseid setteid. Mattunud orgude glatsiofluviaalsete setete veekihi surveline põhjavesi võib olla alternatiiviks aluspõhja veekompleksi põhjaveele.

Valdaval osal kaardistatud alast esineb maapinnalt esimene aluspõhjaline, veevarustuseks kasutatav veekiht Kesk-Devoni poorsetes terrigeensetes kivimites. Sügavamal lasuvad põhjaveekihid on mõnevõrra suurema mineraalsusega ja neid pole seni kasutusele võetud.

3.1. KVATERNAARI VEEKOMPLEKS

Kvaternaari veekompleksi vettkandvad setted on väga muutliku koostisega: vahelduvad erineva sorteerituse astme ja terajämedusega liivad-kruusad, savid ja vähem sorteeritud moreen, turvas. Kvaternaarisetete põhjavett klassifitseeritakse setete geneesi alusel. Erineva geneesiga setted eristuvad üksteisest oluliselt veesisalduse poolest. Kvaternaari veekompleksi kui terviku suurimaks puuduseks on tema suhteliselt väike veeandvus ja nõrk reostuskaitstus. Veekompleks toitub sademeist ning survelisest Ülem- ja Kesk-Devoni veekompleksist. Kvaternaari veekompleksi levikuala langeb kokku toitumisalaga. Valdavas osas on allpool kirjeldamist leidvad vettkandvad setted ilma olulise põhjaveevaruta ja tsentraalses veevarustuses kasutamist ei leia. Juhendi punkt 6.2.1. kohaselt sellisel juhul Kvaternaari veekompleksi kaardil ei kujutata. Setete levikut saab jälgida kaardikomplekti pinnakatte kaardil ja läbilõigetel. Erandiks on siin kaardilehe lõunaserval Kündja külas ja kaardilehe idaserval Saetamme külas kohalikuks veevarustuseks 47 m ja 75 m sügavuste puurkaevudega tarbitav mattunud orgude glatsiofluviaalsete setete veekihi (fQ_{III}) põhjavesi.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiivi 2000/60/EÜ (veepoliitika raamdirektiiv) kohaselt loetakse geoloogilist kihti, kust on võimalik ammutada rohkem kui 10 m³ joogivett ööpäevas või mis võib varustada veega rohkem kui 50 inimest, põhjaveekogumiks.

Põhjaveekogumite määramise tingimused erinevad Juhendi punktis 6.2.1. sätestatust ja 2012. a on piiritletud (Perens jt 2012) 190,4 km^2-l keskmiselt 16 m paksune, valdavas osas kaardilehel 5422 asuv Kvaternaari Võru põhjaveekogum (38) kaardilehel kajastamist ei leia.

Soosetete veekihi (bQIV) levik ühtib turbasoode levikualadega. Suuremad madalsootasandikud asuvad kaardilehe põhja- ja keskosas, väiksemad lõunaosa küngastevahelistes nõgudes. Suures osas on soosetetega kaetud ka lääne-idasuunalise Võru orundi põhi. Suhteliselt vettpidavatel järvelistel või jääjärvelistel savidel ja liivsavidel lasuvad, keskmiselt 2 m paksused soosetted on mahutanud endasse suurel hulgal sadevett. Kevadise suurvee ajal võivad sood olla üle ujutatud, samas võib suvisel miinimumperioodil veetase paari meetri sügavuste kuivenduskraavide mõjuraadiuses langeda oluliselt madalamale. Turba filtratsioonikoefitsient oleneb turba lagunemisastmest, katsepumpamisel on erideebitiks olnud

0,08 l/s*m (Väärsi jt 1964). Soosetete vesi on HCO_3-Mg-Ca-tüüpi, mage ja väga pehme, karedus alla 1 mg-ekv/l. Mineraalainete sisaldus ei ületa 100 mg/l. Soosetete veekihi vesi ei ole suure orgaaniliste ainete suure sisalduse tõttu joogikõlblik.

Alluviaalsete setete veekihti (aQ_{IV}) kandavad setted on piiritletud kaardilehe lääne,- põhja,- ja idaosas. Suur osa vettkandvatest, valdavalt peeneteralistest jõesetetest on seotud Vahejõe, Võhandu ja Piusa jõe orgudega. Litoloogiliselt on jõesetted esindatud peeneteralise liivaga. Veetase asub 0,5…1,5 m sügavusel, setete veeandvus on väike. Vesi on sageli Cl-HCO_3-Na-Ca-tüüpi, mis viitab veekihi reostumisele. Mineraalainete sisaldus veekihis muutub vahemikus 0,2…0,5 g/l, pH 6 (Väärsi jt 1964). Piiratud leviku ja suure reostusohtlikkuse tõttu alluviaalsete setete veekiht praktilist tähtsust ei oma.

Nüüdisaegseid järvesetete veekiht (lQ_{IV}) on kaardilehel piiratud levikuga. Võru orundis soosetete lamamiks olevate liivade lasundi paksus on keskmiselt 3…5 meetrit, vesi on omadustelt lähedane jõesetete veele (Väärsi jt 1964).

Jääjärveliste setete veekihi (lgQ_{III}) peamine leviala asub Võru orundist põhja pool. Vettkandev kiht koosneb valdavalt peenliivast, harvem jämedamatest fraktsioonidest. Kihi paksus on keskmiselt 10…15 m, maksimaalselt 28 m Väimelas (Kuptsov 1989). Lamavaks veepidemeks on tavaliselt moreen, harvem jääjärvelised savid või liivsavid. Veetase sõltub kaevu asukohast reljeefis ja lasub kuni 15 m, valdavalt 1,5…4 m sügavusel maapinnast. Veekiht toitub peamiselt sademetest, kuna kindlapiiriline veepide puudub, täieneb veekiht ka piirnevate veekihtide, peamiselt survelise Kesk-Devoni veekompleksi veega. Veekiht leiab kasutust peamiselt salvkaevudes. Filtratsioonikoefitsient on vahemikus 1,5…8 m/d (Kuptsov 1989), uuritud salvkaevude keskmine erideebit on vahemikus 0,01…0,2 l/s*m. Valdavalt on veekiht väikese veeandvusega, jämedateralisemate setete puhul veeandvus suureneb (Väärsi jt 1964). Vesi on sageli Cl-HCO_3-Mg-Ca-tüüpi või Cl-HCO_3-Na-Mg-Ca-tüüpi. Väikese veeandvuse ja reostusohtlikkuse tõttu ei ole kiht ühisveevarustuseks sobiv.

Glatsiofluviaalsete setete veekiht (fQ_{III}) on seotud eelkõige glatsiofluviaalsete mõhnade ja deltade keskmise- ja jämeteraliste liivadega, milles sageli esineb suurel hulgal kruusa ja veeriseid. Veekihi peamine levikuala on Haanja kõrgustikul kaardilehe lõunaosas. Kaardilehe keskosas varieerub setete paksus ühest kuni 20 meetrini, sagedamini 2…5 m. Rajatud kaevude erideebitid jäävad vahemikku 0,05…0,8 l/s (Kuptsov jt 1989). Veekiht toitub peamiselt sademetest ja ka piirnevate Kvaternaari veekihtide veest.

Vesi on valdavalt vabapinnaline, kohtades, kus liivad ja kruusad on kaetud savikamate setetega, kujuneb lokaalne surveala. Veetase asub maapinnast 0,6 kuni 9 m sügavusel, sagedamini on veetase 1 kuni 4 m sügavusel. Veetaseme muutus võib aasta lõikes ulatuda kuni 3,5 m. Kohtades, kus glatsiofluviaalsed setted on kaetud savikate setetega, on veetaseme muutus alla 0,5 m. Salvkaevude lühiajalistel katsepumpamistel on valdavaks erideebitiks olnud 0,05…0,1 l/s*m, vettkandvate setete filtratsioonikoefitsient jääb tavaliselt vahemikku 2…10 m/d (Väärsi jt 1964).

Keemiliselt koostiselt valdab HCO_3-Mg-Ca-tüüpi põhjavesi mineraalainete sisaldusega 0,3…0,4 g/l. Kohati on täheldatud nitraatide ja kloriidide kõrgendatud sisaldust, mis viitab põhjavee kohalikule reostatusele.

Vaatamata reostusohtlikkusele on glatsiofluviaalsete setete veekiht kohalikule elanikkonnale tähtis veeallikas.

Glatsiaalsete setete veekiht (gQ_{III}) levib moreeni saviliivastes erimites ja moreenisisestes liiva- ja kruusaläätsedes, mille paksus varieerub 2…7 meetrini. Moreeni veeandvus on väike, glatsiaalsetesse setetesse rajatud salvkaevude lühiajalistel katse-

pumpamistel on valdavaks erideebitiks olnud 0,01…0,04 l/s*m, vettandvate setete filtratsioonikoefitsient jääb tavaliselt vahemikku 0,2…0,7 m/d (Väärsi jt 1964).

Üldjuhul on liivsavimoreen keskmise isolatsioonivõimega. Väike veejuhtivus põhjustab ka põhjavee nõrga veevahetuse kaevudes, mis omakorda halvendab vee kvaliteeti. Suhteliselt suur on nitraatidega reostunud kaevude hulk.

Veekiht toitub peamiselt sademetest. Vesi on valdavalt vabapinnaline, veetase sõltub kaevu asukohast reljeefis, kohati on see kuni 15 m sügavusel, sagedamini on veetase 1,5 kuni 4 m sügavusel. Veetaseme muutus aasta lõikes sõltub suuresti sademetest ning vettkandva settekompleksi mahust ja võib ulatuda kuni 6 m, tavapäraselt on see alla 2 m. Suuremate sadude mõju avaldub nädala jooksul. Haanja kõrgustikul võivad madalamad salvkaevud pika põuaperioodi järel kuivaks jääda.

Keemiliselt koostiselt on valdav HCO_3-Ca-Mg-tüüpi vesi, mineraalainete sisaldusega 0,3…0,5 g/l. Liivsetetes esineva põhjaveega võrreldes on moreenis sisalduv vesi karedam ja klassifitseeritav kuni väga karedana (6…10 mg-ekv/l).

Vaatamata väikesele veeandvusele leiab veekiht oma suure levikuala tõttu laialdaselt kasutust majapidamiste veevarususes.

Moreenidevaheline **glatsiofluviaalsete setete veekiht** (fQ_{III}) koosneb valdavalt liiva- ja kruusliiva ning kruusalasunditest, mille uuritud paksus ulatub Võru orundi ürgorgudes 70 meetrini, sagedamini 5…15 m. Haanja kõrgustiku glatsiofluvioaalsel mõhnastikul paiknevad glatsiofluviaalsete setete veekihi vett tarbivad puurkaevud ammutavad vee 28…47 m sügavusintervallist. Veekiht toitub peamiselt sademetest, ürgorgudes võib veekiht olla ka vahetult seotud aluspõhjakivimitega ning seal leiab aset põhjavee täiendav toitumine. Veetaseme sügavus Võru orundis muutub ülevoolust kuni 9,6 meetrini. Haanja kõrgustikul on mõõdetud veetase 6…27 m sügavusel. Veetaseme muutus aasta lõikes on tavapäraselt 2 m piires, suuremate sadude mõju avaldub nädala jooksul.

Moreenidevaheliste glatsiofluviaalsete setete veekihi veerikkus on otseses sõltuvuses setete terastikulisest koostisest, jämedamad setted on veerikkamad. Nii on Haanja kõrgustikul kruusa- ja liivakihist vett ammutavate puurkaevude erideebit 3,3…28,3 l/s*m ning Võru orundis erineva terajämedusega liivadest vett ammutavates kaevudes 0,1…0,7 l/s*m. Kruusakihist tehtud katsepumpamistel määratud filtratsioonikoefitsiendid on vahemikus 16...27 m/d, liivakihtide puhul suurusjärgu võrra väiksemad (Väärsi jt 1964). Keemiliselt koostiselt on glatsiofluviaalsete setete põhjavesi valdavalt HCO_3-Ca-Mg-tüüpi, mineraalainete sisaldusega 350…550 mg/l, sisaldades rauda 0,3…2,4 mg/l. Vee pH on 7…8 ning karedus 4,5…6,3 mg-ekv/l.

Veekihi vett tarbitakse sügavate salvkaevudega ja teadaolevalt kuue puurkaevuga Kirumpääl, Verijärvel, Tamme ja Kündja külas.

3.2. ALUSPÕHJA JA ALUSKORRA VETTANDVAD JA VETTPIDAVAD KIHID

Ülem-Devoni veekompleks (D_3) on maapinnalt esimeseseks aluspõhjaliseks põhjaveekollektoriks kaardilehe kagunurgas ja edelaosas. Veekompleksi levikupiiri määrab Ülem-Devoni ladestiku avamusjoon. Vettkandvateks on siin Plavinase kihistu paksukihilised ja lõhelised, kihiti dolomiidistunud lubjakivid. Veekompleksi lamamis olevat, dolokivist, domeriidist ja savist koosnevat Snetnaja Gora kihistikku käsitletakse suhtelise veepidemena (Perens jt 2012). Veekompleks toitub sademetest, peamiseks toitealaks on Haanja kõrgustik. Vesi on surveline, veetase asub valdavalt 20…30 m sügavusel maapinnast. Veetaseme

absoluutkõrgus 137…160 m ulatub kuni 14 m karbonaatkivimite lasumist kõrgemale. Veerežiim on stabiilne, taseme kõikumine toimub 0,5…1,5 m piirides. Põhjavee väljealad on kohalikud jõed, mille orgudes toimub põhjavee allikaline väljavool. Märkimisväärsemad nendest on „Eesti ürglooduse raamatusse“ kantud Ööbikuoru, Tindioru, Kurekivi, Illi, Jeedasküla ja Loosi allikad. Ööbikuorus on allikate koguvooluhulgaks mõõdetud kuni 57 l/s (Kink 2006), mujal on see väiksem. Samuti infiltreerub vesi transversaalse põhjaveevooluna ka allpool lasuvasse Kesk-Devoni põhjaveekompleksi. Maapinnalähedane põhjaveevool suundub Haanja kõrgustikult lõunasse ja läände kõrgustiku servaalade poole. Põhjavee lateraalne liikumiskiirus võib ulatuda 1…10 m/d (Perens jt 2012).

Vesi on HCO_3-Ca-Mg-tüüpi, mineraalainete sisaldusega 0,2…0,4 mg/l. Iseloomulik on suur rauasisaldus (0,7…1,0 mg/l). Kaardistamisel kogutud andmete kohaselt tarbitakse Ülem-Devoni veekompleksi põhjavett kaardilehe kaguosas Vastseliina valla Heinasoo külla 1998. a rajatud puurkaevuga (14436). Kaardilehe edelaosas Rõuge valla Kokõ külla 1999. a rajatud puurkaevuga (14321) tarbitakse veekompleksi põhjavett koos Kesk-Devoni veekompleksi veega. Kaardilehe kaguosas on puurkaevu erideebit 0,3 l/s*m, edelaosas suurusjärgu võrra väiksem (0,02 l/s*m). Veekompleksi veeandvus on otseses sõltuvuses karbonaatkivimite karstumisest. Nii on Heinasoo küla puurkaevust (14436) 5 km kaugusel edelas, väljaspool kaardilehe piire Tsiistre külas karstunud kivimitesse rajatud kaardistamise puuraugu 327 katsepumpamisel saadi puuraugu erideebitiks 17…18 l/s*m, filtratsiooni-koefitsient 230 m/d (Väärsi jt 1964).

Snetnaja Gora-Amata veepide (D_3 *sn–D_3am*) koosneb Snetnaja Gora kihistu dolokividest, milles esinevad savi, aleuriitsavi, aleuroliidi, domeriidi ja aleuriitdolomiidi vahekihid. Snetnaja Gora kihistu paksus ulatub kaardilehel nullist kuni 7,5 meetrini. Kihistu lamamiks oleva Amata kihistu aleuroliitide ja aleuriitsavide kogupaksus ulatub kaardilehe lõunaserval kuni 70 meetrini.

Kesk-Devoni veekompleks (D_2) on valdaval osal kaardistatud alast maa-pinnalt esimeseks aluspõhjaliseks põhjaveekollektoriks. Gauja, Burtnieki ja Aruküla kihistu liivakivides ja aleuroliitides paiknevat veekompleksi on varem nimetatud ka Tartu veekompleksiks. Gauja, Burtnieki ja Aruküla kihistu kogupaksus on kaardilehe põhjaserval Väimela puuraugus 178 m ja Võrus 180…190 m, kaardilehe lõunaserval ulatub kihtide kogupaksus 285 meetrini. Nimetatud mahust loetakse vettkandvaks keskmiselt 70%. Vaatamata sellele, et suure osa nimetatud kihistute mahust moodustavad ka savikad kivimid, ei ole seni õnnestunud savikaid kihte pindalaliselt rööbistada ega veepidemeid markeerida. Kivimite litoloogilised erimid on horisontaalselt vähe väljapeetud (Väärsi jt 1964).

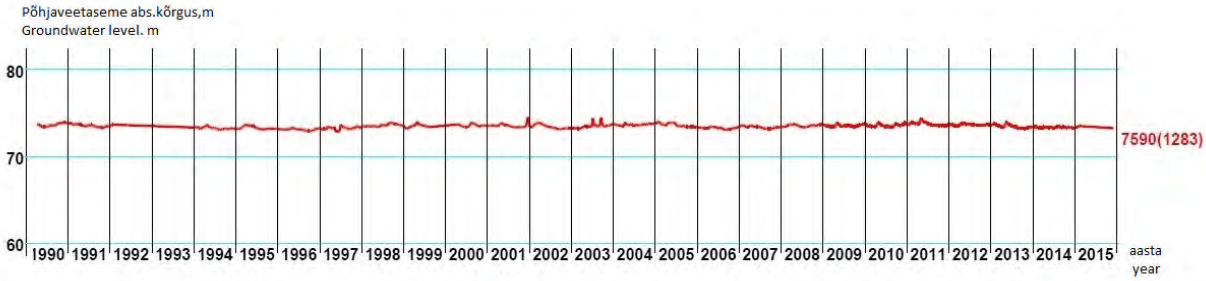
Veekompleksi katavad väga erineva paksusega kvaternaarisetted, kaardilehe lõunaosas ka Amata ja Snetnaja Gora kihistute vettpidavad kivimid. Kompleks paljandub vaid kohati sügavamates jõeorgudes. Kesk-Devoni platool on pinnakattesetete paksus valdavalt 5…15 m, Haanja kõrgustiku piires 50…60 m ja Suurel Munamäel kuni 187 m. Lamavast Kesk-Alam-Devoni veekompleksist on Kesk-Devoni veekompleks eraldatud savika aleuroliidi, domeriidi, mergli ja savi kihtidest koosneva Narva regionaalse veepidemega (D_2nr).

Veekompleks toitub oma levikualal läbi Kvaternaari veekompleksi infiltreeruvatest sademetest, peamiseks toitealaks on Haanja, Karula ja Otepää kõrgustikud, kus kujuneb ka veekompleksi survetase. Toitumise intensiivsus sõltub veekompleksi katvate Kvaternaari setete koostisest ja ilmastikutingimustest. Haanja kõrgustikul ulatub veekompleksi survetase 150 m ümp. Põhjaveekompleksi regionaalseks väljavoolualaks on Peipsi järve nõgu,

lokaalseks väljavoolualaks aga Võru orund (Vallner 2002). Võru orundis Raagsilla oja kaldal väljuvad tõusuallikad võivad osaliselt toituda ka Kesk-Devoni veekompleksi põhjaveest. Kuna Kesk-Devoni ja Kvaternaari veekomplekside vahel puudub väljapeetud kindel veepide, toidab Kesk-Devoni veekompleks kohtades, kus selle survetase on lasuvate setete veetasemest kõrgemal, Kvaternaari veekompleksi. Samuti infiltreerub vesi transversaalse põhjaveevooluna ka allpool lasuvasse Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleksi.

Vee survetase on otseses sõltuvuses paiknemisest põhjaveelahkme suhtes. Survepinna absoluutkõrgus kaardilehe kirdenurgas Jantra külas on 47,5 m (puurkaev 11179), kaardilehe edelaosas Rasva külas tõuseb see kuni 150,5 m (puurkaev 10872). Põhjavee üldine liikumissuund on Haanja kõrgustikult põhja ja kirdesse. Võru orundi piires tõuseb veekompleksi survepind üle maapinna, Võrus on teada 15 puurkaevu, mille veetase ulatub maapinnale.

Põhjaveetasemete looduslik režiim sõltub eelkõige sademete hulgast ja õhu-temperatuurist. Veetasemete maksimumid on seotud reeglina kevadise lumesulamisega ja sügiseste rohkete sadudega. Minimaalseid tasemeid põhjustab põhjavee toitumise vähenemine suvel, mil sademeid on vähem ja aurumine ning transpiratsioon on suurem. Sademete netoinfiltratsioon Võru piirkonnas on hinnanguliselt 68 mm/a, millest ligikaudu pool jõuab Kesk-Devoni põhjaveekompleksi (Perens jt 2012). Põhjaveekompleksi veetaseme sesoonne muutus on kuni 1 meeter, joonisel 3.1. näeme veetaseme 25 aasta pikkust vaatlusrida (Truu jt 2016).



Joonis 3.1. Põhjaveetaseme muutused vaatluskaevus 7590 aastatel 1990.–2015. (Truu jt 2016)
Figure 3.1. Changes of groundwater level of monitoring well 7590 in 1990.–2015. (Truu et al 2016)

Vettkandvate setete vahelduv litoloogiline koostis põhjustab ka veekompleksi hüdro-geoloogiliste parameetrite muutlikkuse. Veekompleksi filtratsioonikoefitsient on vahemikus 1…6 m/d ja veejuhtivus 300…1000 m^2/d. Kesk-Devoni põhjaveekompleksi keskmiseks veejuhtivuseks Võru linnas on 1989. a tehtud põhjaveevarude otsingutöödel (Kuptsov jt 1989) hinnatud 300 m^2/d ja piesojuhtivuseks $5*10^5$ m^2/d. Pumpamiskatsete andmetel varieerub Burtnieki veekihi veejuhtivus 296…641 m^2/d ja Aruküla veekihi veejuhtivus on pumpamisandmete põhjal on 51 m^2/d. Seega on Aruküla veekihi veejuhtivus suurusjärgu võrra väiksem teda katva Burtnieki põhjaveekihi veejuhtivusest. Kõigi Võru linna veehaarete kaevud, mis avavad Burtnieki põhjaveekihti on parema tootlikkusega (erideebitid on vahemikus 1,8…2,2 l/s*m) kui Aruküla veekihti avavad puurkaevud, mille erideebitid on vaid 0,56…0,58 l/s*m (Polikarpus, Lemberpuu 2015). Kogu kaardilehe ulatuses on Kesk-Devoni veekompleksi vett tarbivate puurkaevude erideebiti mediaanväärtus 1,1 l/s*m.

Kompleksi põhjavesi on HCO_3-Ca-Mg-tüüpi, selles sisaldub lahustunud mineraal-aineid 0,2…0,6 g/l. Vesi on enamasti mõõdukalt kare (3,0…6,0 mg-ekv/l), harvem kare ning tavaliselt nõrgalt aluselise reaktsiooniga (pH on valdavalt 7…8). Nende näitajate poolest

vastab vesi joogiveele kehtestatud nõuetele, ka radioloogiliste näitajate poolest vastab Kesk-Devoni veekompleksi põhjavesi joogiveele kehtestatud nõuetele (Väärsi jt 1964; Polikarpus, Lemberpuu 2015).

Veekompleksile iseloomulik looduslikult kõrge raua- ja mangaanisisaldus ületab joogiveeks valitud põhjaveele kehtestatud kvaliteedinõudeid (Fe<0,2 mg/l) mitmekordselt. Puurkaevude veeanalüüside alusel piiritletud üle 1 mg/l rauda sisaldava põhjaveega alad moodustavad 75% kaardilehe pindalast. Veekompleksi rauasisalduse mediaanväärtus on kaardilehe piires 1,0 mg/l. Seega poolte puurkaevude vees ületab rauaühendite sisaldus viis korda sotsiaalministri poolt kinnitatud joogivee lubatud piirsisaldust. Joogiveenormile vastab vesi vaid 14% analüüsitud puurkaevudes.

Võru linna puurkaevudest võetud proovides ulatub rauaühendite sisaldus kuni 2,7 mg/l (Polikarpus, Lemberpuu 2015). Samas vee väike NH_4^+-sisaldus ja oksüdeeritavus viitavad põhjavee reostatuse puudumisele, joogivee kvaliteeti kinnitab mikrokomponentide normikohane sisaldus.

Võru linna 12,5 tuhandest elanikust ligikaudu 95% tarbib linna ühisveevärgi kaudu Kesk-Devoni põhjaveekompleksi põhjavett. AS Võru Vesi prognoosib tulevikus vajaminevaks vee hulgaks kuni 3600 m^3/d. Võru linna põhjaveevaru ümberhindamisel (Polikarpus, Lemberpuu 2015) tehtud mudelarvuste kohaselt katab Kesk-Devoni põhjaveekompleks linna veevajaduse täielikult. Tehtud mudelarvutuste kohaselt jääb veehaarete poolt põhjustatud põhjavee survetaseme mõjuraadius 5 kilomeetrist väiksemaks.

Narva regionaalne veepide (D_2nr) koosneb Narva lademe Leivu-Vadja kihistu savi, aleuroliidi, domeriidi, ja dolomiidi kihtidest, mis on ülalt esimeseks tõhusaks aluspõhjaliseks veepidemeks. Vettpidavate kihtide paksus on hinnanguliselt 49…65 m. Narva lademe savi- ja domeriidikihid on veepidemeks kogu Balti arteesiabasseinis, kihtide transversaalne filtratsioonikoefitsient on 10^{-4}…10^{-5} m/d (Perens 1998).

Kesk-Alam-Devoni veekompleks (D_{2-1}) seondub Alam-Devoni Rezekne lademe ja Kesk-Devoni Pärnu lademe erineva tsementeeritusega keskmise- kuni peeneteraliste liivakividega. Veekompleksi vettpidavaks lasundiks on Narva lade, alumiseks veepidemeks praktiliselt vettpidav Ordoviitsiumi karbonaatkivimite kompleks. Veekompleksi litoloogiline koostis on võrdlemisi ühtlane, kuid kohati esineb liivakivide sees aleuroliidi ja savi vahekihte. Veekompleksi paksus Võrus on 61,6 meetrit (Tšeban, Suuroja 1975). Kompleks on küllaltki veerikas, erideebit on üle 1 l/s*m. Lasumissügavusest tulenevatest aeglustunud veevahetuse tingimustes on paleohüdrogeoloogiliste olude tulemusel akumuleerunud SO_4-Cl-Mg-Ca-Na-tüüpi vesi mineralisatsiooniga 1,5…2,0 g/l, karedus 10 mg-ekv/l (Väärsi jt 1964). Kaardilehe piires veekompleks kasutamist ei leia. Kesk-Alam-Devoni veekompleksi on uuritud võimaliku mineraalvee allikana (Tšeban, Suuroja 1975). Tamula puuraugus (13231) avati veekompleks 310…327 m sügavusel ja saadi lauamineraalveeks sobiva 2,1 g/l mineraalsusega sulfaat-hüdrokarbonaat-kaltsiumilis-naatriumilist vett. Veekompleksi survepind asub 60…70 m absoluutkõrgusel, survekõrgus veekompleksi lasumist on kuni 270 m.

Siluri-Ordoviitsiumi veepideme (O) moodustab Ordoviitsiumi ladestu karbonaatne kompleks. Kaardilehe piires kuuluvad stratigraafiliselt sinna valdavalt savika lubjakivi ja mergliga esindatud kivimid Ülem-Ordoviitsiumi Pirgu lademe Jonstorpi–Jelgava kihistust kuni Alam-Ordoviitsiumi Zebre ja Kriukai kihistuni. Veepideme läbilaskvus on teravalt anisotroopne. Kui lateraalne (külgsuunaline) filtratsioonikoefitsient võib muutuda 0,001…1,0 m/d, siis transversaalne on enamasti suurusjärgus 10^{-7}…10^{-5} m/d (Perens jt 2012). Kaardilehe piires on Ordoviitsiumi ladestu uuritud paksus 133,1…157,7 m.

Ordoviitsiumi–Kambriumi veekompleks (O–Ca) on kaardilehel esindatud valdavalt Kesk- ja Ülem-Kambriumi liivakivide ja aleuroliitidega, mille kogupaksus on Võru Piimatoodete Kombinaadi puuraugus 10841 36,7 m (Tassa, Ploom 1992). Võrus lasub veokompleks 480 m sügavusel, kompleksi vettpidava lasumi moodustavad Ordoviitsiumi lubjakivid, lamamiks on Lontova lademe savi. Vesi on tugevalt surveline, survekõrgus ulatub veekompleksi lasumist 460 m kõrgemale, 54,8 m absoluutsele kõrgusele.

Veekompleks on hea veeandvusega, 1992. a Võru Piimatoodete Kombinaadi territooriumile rajatud Võru mineraalvee otsingupuuraugus oli pikaajalisel katsepumpamisel veekompleksi erideebit 0,5 l/s*m. Veekompleksi vesi on koostiselt Cl-Ca-Na-tüüpi, nõrgalt soolakas, mineralisatsiooniga 2,1…2,3 g/l. Iseloomulik on suur Cl^--sisaldus (kuni 1090 mg/l) ja Na^+- (kuni 650 mg/l), üldkaredus 6,2…6,9 mg-ekv/l. Vesi vastab laua mineraalvee nõuetele, sama tüüpi vesi on kasutusel Värska leiukohas.

Lükati-Lontova veepide ($Ca_{1lk\text{-}ln}$) on kaardilehe piires esindatud kuni 12 m paksuse Alam-Kambriumi Lontova kihistu savikompleksiga. Tegemist on hüdrogeoloogilise läbilõike kõige suurema isolatsioonivõimega veepidemega, mille transversaalne filtratsioonikoefitsient on 10^{-7}…10^{-5} m/d (Perens & Vallner 1997). Lontova kihistu lamamiks on 6…7,5 m paksune Kotlini kihistu savilasund: **Kotlini veepide** (V_2kt).

Kambriumi–Vendi veekompleks (Ca–V) koosneb Gdovi kihistu peene- ja keskmiseteralistest liivakividest ning aleuroliitidest, kihistu paksus on kuni 43 m. Võru edelapiirile 1973. a rajatud puuraugus 3942 lasub veekompleks maapinnast 555 m sügavusel. Gdovi kihistu survepind ulatub 47,3 m absoluutkõrgusele. Veerežiim on stabiilne, aastane kõikumise amplituud 0,4 m (Vingisaar, Tassa 1973). Katsepumpamistel saadi erideebitiks 0,08 l/s*m. Gdovi kihistu vesi sisaldab mineraalaineid 10 g/l ja on tüübilt Cl-Ca-Na-line. Veekihi vett on soovitatud kasutada mao ja seedetrakti krooniliste haiguste profülaktikaks (Vingisaar, Tassa 1973).

Aluskorra murenenud ja lõheliste kivimite veekompleks (PP) on Võru piirkonnas avatud nelja puurauguga (3364; Võru; Võru–3942; Väimela–11293). Aluskorra graniitsed kivimid lasuvad keskmiselt –500 m absoluutkõrgusel. Katsepumpamiste kohta andmed puuduvad. Kaardilehest 35 km kaugusel läänes asuva Karula puuraugu (320) katsepumpamisel saadi erideebitiks 0,03 l/s*m (Väärsi jt 1964). Lasuva Kambrium-Vendi veekompleksi tasemest madalam staatiline veetase ja sarnane keemiline koostis: Cl-Ca-Na-tüüpi vesi mineraalainete sisaldusega 1,3 g/l viitavad hüdraulilisele seosele ülemiste veekihtidega (Väärsi jt 1964).

3.3. PÕHJAVEE TARBEVARU JA SELLE KASUTAMINE

Kaardilehe piires on põhjavee tarbevaru kinnitatud Võru põhjaveemaardlale. Varud on kinnitatud kasutusajaga kuni 2015. aastani. Keskkonnaministri 27. jaanuari 2003. a. määruse nr 9 § 6 lõikest 1 tulenevalt tehti 2015. a varude ümberhindamine (Polikarpus, Lemberpuu 2015). Varud on esitatud tabelis 3.2.

Hüdrogeoloogilisel kaardil on toodud veetarbimine 2014. a lõpu seisuga, arvestatud on vaid üle 5 m³/d veetarbimisega puurkaeve. Kõige enam kasutatav on **Kesk-Devoni** veekompleks, mille vett ammutatakse enam kui 90% kaardilehe piires rajatud puurkaevudega. Tarbevaru on piisava detailsusega uuritud ainult Võru linna veevarustuse tarbeks. Aastatel 1988.–1989. hinnati tarbevaru A+B+C_1-kategoorias kokku 24000 m³/d kasutusajaga kuni aastani 2015. Kasutusaja lõppedes 2015. a tehti Võru linnas kasutatavate põhjaveevarude

Võru kaardilehe kinnitatud tarbevaru ja veevõtu andmed Tabel 3.2.
The approved groundwater reserves and abstraction on Võru sheet *Table 3.2.*

Põhjavee-maardla piirkond	Veekihi geoloogiline indeks	Põhjavee kinnitatud tarbevaru, m³/d	Kasutusaeg	Veevõtt, m³/d		Kasutamises olev vaba põhjavee-kogus
				2013. a	2014. a	
Võru-kagu	D_2	8400	kuni 2015	0	0	8400
Võru-loode	D_2	8000	kuni 2015	0	0	8000
Võru linn	D_2	7600	kuni 2015	2122	2171	5429
Allika	D_2	1400	31.12.2042			
Kirsi-Veski	D_2	800	31.12.2042			
Võrusoo	D_2	1400	31.12.2042			
Laane tn 5	D_2	300	31.12.2042			
Võru linn	D_2	1785	31.12.2042			

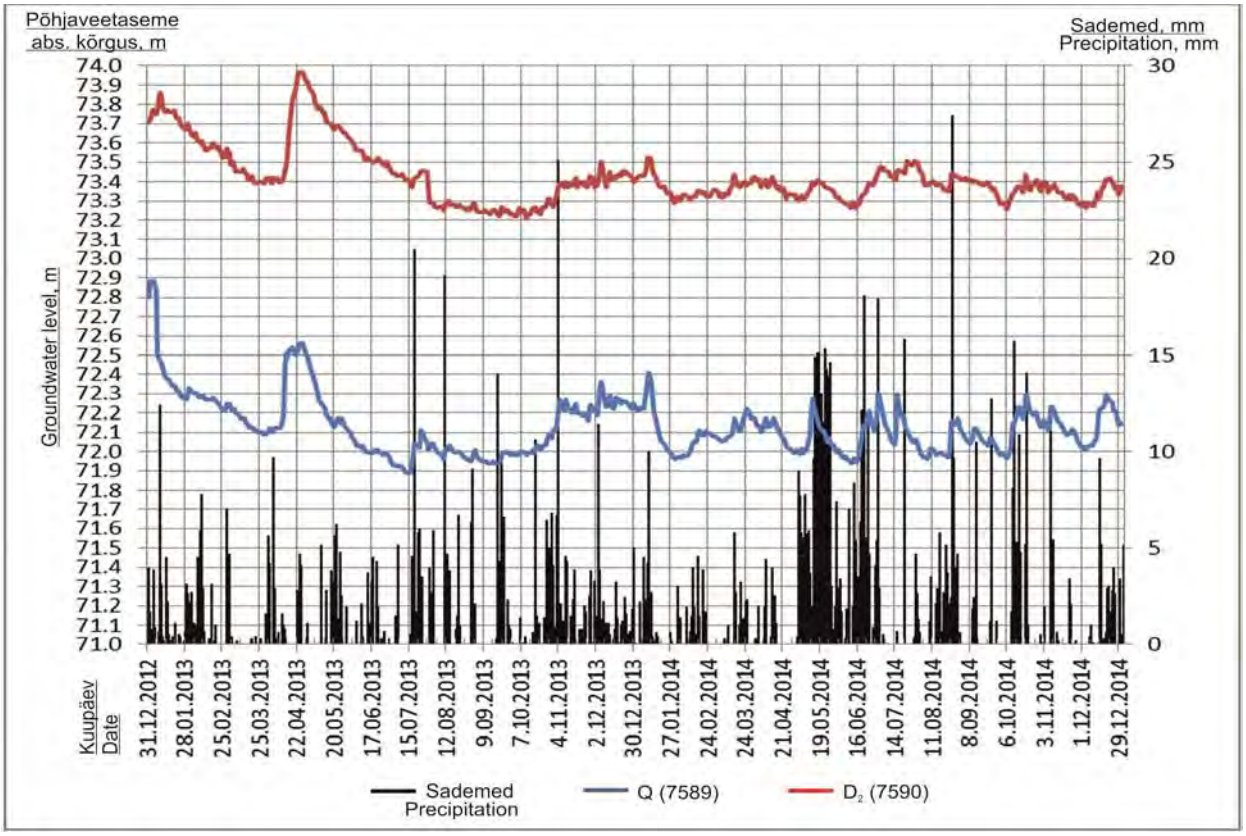
ümberhindamine (Polikarpus, Lemberpuu 2015). Täiendavate uuringute tulemusel hinnati ja esitati kinnitamiseks AS Võru Vesi Allika, Kirsi-Veski, Võrusoo ja Laane tn veehaarete summaarseks varuks T_1 kategoorias 3900 m^3/d ja Võru linnale tervikuna prognoosvaruks 1785 m^3/d. Märgitud koguses põhjavee saamine on kindlustatud kuni aastani 2042. Kinnitamiseks esitatud põhjavee kvaliteet vastab põhjavee III kvaliteediklassile. Vee kvaliteeti halvendab kohatine ülemäärane raua ja mangaani sisaldus ning hägusus.

Kesk-Alam-Devoni veekompleksi on uuritud võimaliku mineraalvee allikana Tamula järve põhjakaldale rajatud puuraugus (Tšeban, Suuroja 1975). Vett soovitati kasutada lauamineraalveena seedeelundite krooniliste põletike ja funktsionaalsete häirete ning aine-vahetushaiguste profülaktikaks. Uuringu tulemusi pole varuna kinnitatud.

Ordoviitsiumi–Kambriumi veekompleksi on 1992. a uuritud (Tassa, Ploom 1992) mineraalvee turustamise eesmärgil. Uuringu käigus määrati hüdrogeoloogilised parameetrid ja arvutati ekspluatatsiooniline varu T_1 – 229 m³/d. Mineraalvett soovitatakse kasutada joogiveena seedeelundite krooniliste põletike ja mõningate ainevahetushäirete puhul. Eesti Vabariigi Valitsuse maavarade ja põhjavee varude komisjoni 27.märtsi 1992. a istungi protokolliga nr 033 kinnitati mineraalvee T_1 kategooria aktiivne tarbevaru 200 m^3/d. Hiljem pole uuringu tulemusi varuna esitatud, puurauk on konserveeritud.

3.4. PÕHJAVEE RIIKLIK VAATLUSVÕRK JA PÕHJAVEETASEME MUUTUMINE

Kaardilehe piires seni rajatud puuraukudest ei kuulu ükski põhjavee riiklikku tugivaatlusvõrku. Kaks kaardipiirist läänes, Tamula järve põhjakaldal asuvat seire-puurauku (7589 ja 7590) jäävad ligikaudu 700 m kaugusele. Joonisel 3.2. on esitatud puuraukude kahe aasta (2013.–2014.) seireandmed koos Võru ilmajaamas mõõdetud sademete hulgaga.



Joonis 3.2. Põhjaveetaseme muutused vaatluskaevudes aastatel 2013.–2014. (Polikarpus, Lemberpuu 2015)

Figure 3.2. Changes of groundwater level of monitoring wells in 2013.–2014. (Polikarpus & Lemberpuu 2015)

Kvaternaari veekompleksi seire toimub alates 1987. aastast vaatluskaevus 7589. Põhjaveetase on olnud pikaajaliselt suhteliselt stabiilne, kõikudes absoluutkõrguste vahemikus 71,9…72,9 m. Suvisel kuival ajal saavad Tamula ja Vagula järv täiendavat toitumist põhjaveekogumist. Meegomäe jalamil ja Verijärve ääres avaneb allikaid (Perens jt 2012). Kvaternaari Võru põhjaveekogumi koguselist seisundit võib lugeda heaks (Truu jt 2016).

Kesk-Devoni veekompleksi seire toimub alates 1987. aastast vaatluskaevus 7590. Põhjavee taseme muutused on siin suhteliselt väikese veevõtu ja kivimite hea veeandvuse (veetarbimine ei ületa põhjavee looduslikku juurdevoolu) tõttu lähedased looduslikule. Vähene veetaseme muutus (73,2…74,0 m) näitab, et veevõtt ei ole põhjustanud negatiivseid muutusi põhjavee koguselises seisundis ja põhjaveekogumi looduslik ressurss on suurem kui põhjaveevõtt ning põhjaveekogumi koguselist seisundit võib lugeda heaks (Truu jt 2016).

Sügavamal lasuvate veekomplekside survepinna muutusi pole kaardilehe piires ega selle naabruses süstemaatiliselt jälgitud.

3.5. PÕHJAVEE KAITSTUS

Põhjavee kaitstuse all peetakse silmas maapinnalt esimese aluspõhjalise veekompleksi kaetust vett vähe läbilaskva kihiga, mis takistab inimtegevuse tagajärjel maapinnale sattunud reoaine imbumist põhjavette. Reostuskaitstus sõltub eeskätt katva pinnasekihi paksusest, selle litoloogilisest koostisest, filtratsiooniomadustest ja aeratsioonivööndi paksusest ning sorbtsioonivõimest. Olulised on ka reoaine omadused: migreerumisvõime, keemiline püsivus, sorbeerumus ja reaktsioon reoaine-kivim-põhjavesi. Mõju avaldab ka reoaine põhjavette sattumise viis: avariid hoidlates, heitveega vihmutamine jne. Survelisel põhjaveekihil on reostuse oht väiksem, kui tema survepind on pinnasevee tasemest pidevalt kõrgemal. Loetletud tingimustest on olulisemateks pinnakatte paksus ja litoloogiline koostis ning nendest tulenevad setete filtratsiooniomadused, seda nii surveta kui ka survelise põhjavee puhul.

Seejuures on ka survelise põhjavee kaitstuse hindamisel siiski olulisemaks veepideme paksus ja filtratsiooniomadused, sest veekihtide veetasemed võivad ajas muutuda. Intensiivne veevõtt võib survelise põhjaveekihi veetaset alandada. Põhjavee kaitstuse hindamisel pööratakse tähelepanu ka kaitsva veekihi veeandvusele. Suure veeandvusega veekihti sattunud reoaine on paremate filtratsioonitingimuste tõttu kiirema levikuga (Vrba & Zaporozec 1994).

Põhjavee kaitstuse puhul on väga oluline ka puurkaevude konstruktsioon, tehniline seisund ja sanitaarkaitseala heakord. Ebasanitaarse puurkaevu kaudu võib reostus jõuda ka looduslikult kaitstud põhjaveekihti.

Põhjavee kaitstuse kaardi koostamisel lähtuti pinnakatte kaardi koostamisel kogutud ja varasemate uuringute geoloogilisest ning hüdrogeoloogilisest andmestikust, töös juhinduti Eesti geoloogilise digitaalkaardistamise juhendist (Juhend…2015).

Kaardi koostamisel on erineva põhjavee kaitstusega alad piiritletud lähtuvalt pinnakattes oleva moreenilasundi paksusest. Kasutatud on klassifikatsiooni, mille alusel on maapinnalt esimese aluspõhjalise veekihi kaitstus:

– **Kaitsmata (väga reostusohtlikud) alad**, kus põhjavesi on kaitsmata nii orgaaniliste kui ka mineraalsete reoainete suhtes. Saviliivmoreeni paksus ei ületa 2 meetrit. Põhjavesi on kaitsmata suhteliselt väikestes piirkondades Võru orundi nõlvadel, kokku ligikaudu 5 km^2 suurusel alal. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg kaitsmata põhjaveega alal on kuni 30 ööpäeva (Savitskaja 1992).

– **Nõrgalt kaitstud (reostusohtlikud) alad,** kus moreenist ja aleuriidist koosneva saviliiv-pinnakatte paksus on valdavalt 2…10 m või savipinnas (savi, liivsavi) paksusega kuni 2 m. Põhjavesi on nõrgalt kaitstud Kagu-Eesti lavamaa lainjal moreentasandikul ja Haanja kõrgustiku jalamil (Joonis 3.3.). Nõrgalt kaitstud alad hõlmavad kaardilehest kokku ligikaudu 93 km^2. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg kaitsmata põhjaveega alal on 30…180 ööpäeva.

– **Keskmiselt kaitstud (mõõdukalt reostusohtlikud) alad**, kus moreenist ja aleuriidist koosneva saviliivpinnakatte paksus on valdavalt 10…20 m, savi või liivsavi paksus 2…5 m. Survelise põhjavee esinemise korral jääb survepind püsivalt maapinna lähedale. Mõõdukalt reostusohtlikud alad valdavalt ääristavad reostusohtlikke alasid, keskmiselt on põhjavesi kaitstud ka kaardilehe kirdeosas Kõrgessaare ja Madala piirkonnas. Keskmiselt kaitstud alad hõlmavad ligikaudu $^1/_5$ kaardilehest. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg läbi Kvaternaari setete on 180…360 ööpäeva.

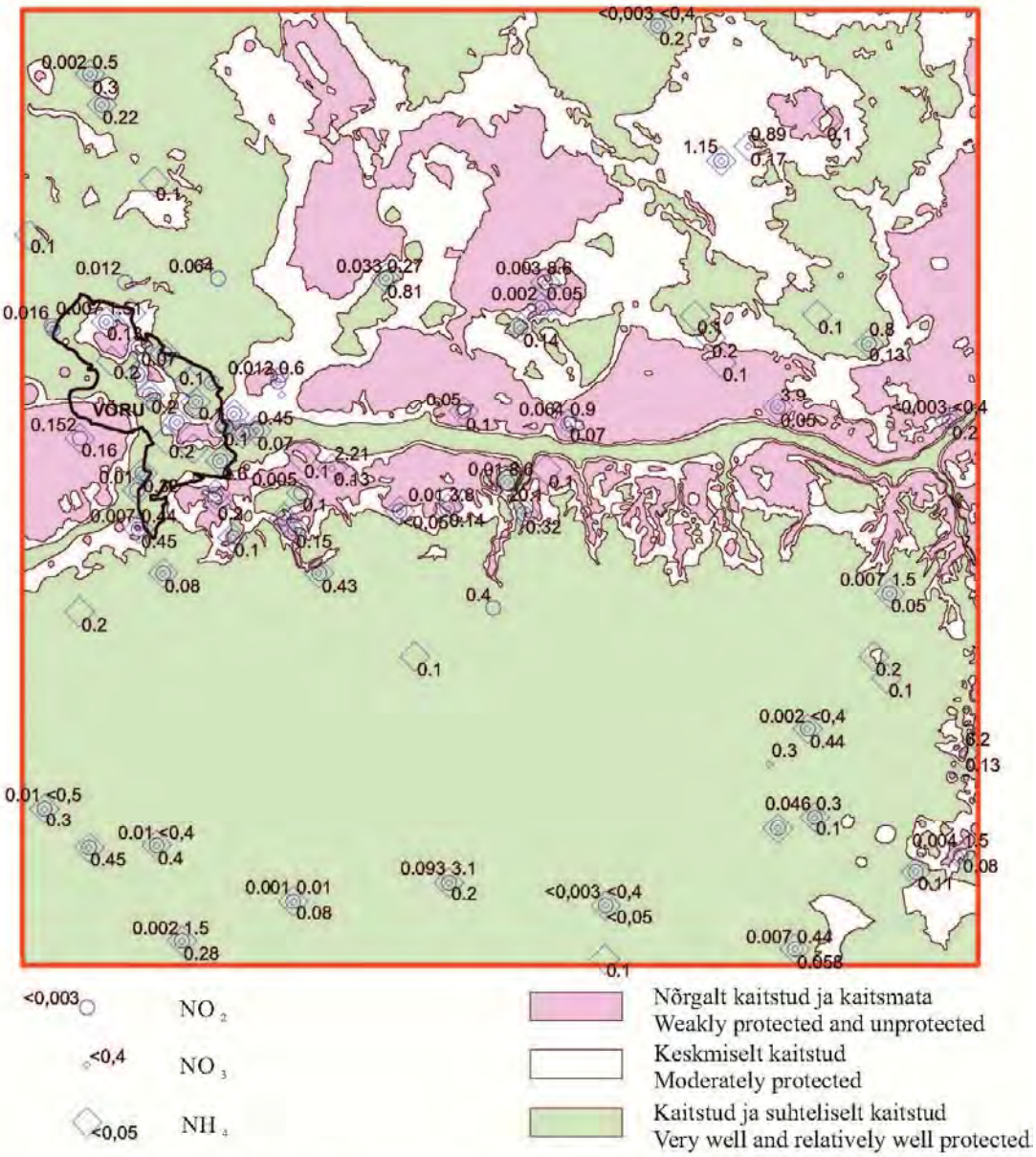
– Suhteliselt kaitstud (vähe reostusohtlikud) alad, kus saviliivmoreenist pinnakatte paksus on 20…50 m, savi- või liivsavilasund on paksusega 5…10 m. Survelise põhjavee survepind on üle maapinna. Suhteliselt kaitstud on põhjavesi Kagu-Eesti lavamaal paksema pinnakattega moreentasndikel ja Haanja kõrgustiku jalamil, kokku veidi üle $^1/_3$ kaardilehest. Reoainete arvutuslik infiltratsiooniaeg läbi Kvaternaari setete on > 360 ööpäeva.

– Kaitstud (reostuskindlad) alad, kus saviliivmoreenist pinnakatte paksus on üle 50 m või savi paksus üle 10 m. Põhjavesi on kaitstud Haanja kõrgustikul, kokku veidi üle $^1/_5$ kaardilehest.

Põhjavee kaitstus kaardistatud alal on suurema osa Eesti territooriumiga võrreldes väga hea. Siin ei asu suuri tööstusettevõtteid ega ole kontsentreerunud põllumajanduslikku suurtootmist, samuti ei toimu ulatuslikku maavarade kaevandamist. Sellele vaatamata on põhjavee potentsiaalse reostuse oht olemas. Ohu allikaks on mittekorras ja kasutuseta tarbepuurkaevud.

3.6. PÕHJAVEE KOOSTIS

Valdaval osal kaardilehest maapinnalt esimeseks aluspõhjaliseks veekihiks oleva Kesk-Devoni veekompleksi põhjavesi on HCO_3-Ca-Mg-tüüpi, keskmise mineraalsusega 0,5 g/l, kare, üldkaredus varieerub vahemikus 5,3…5,8 mg-ekv/l, rauasisalduse mediaanväärtus on kaardilehe piires 1,0 mg/l. Lämmastikühendite sisaldusest annab ülevaate joonis 3.3.



Joonis 3.3. NO_2, NO_3 ja NH_4 sisaldus Kesk-Devoni veekompleksi põhjavees
Figure 3.3. NO_2, NO_3 and NH_4 content in the groundwater of the Middle Devonian aquifer system

Kasutada olnud 104 analüüsi keskmine NO_3-sisaldus on 1,0 mg/l ja sisalduse mediaanväärtus 0,65 mg/l, NH_4 keskmine sisaldus on 0,45 mg/l ja mediaanväärtus 0,19 mg/l, mis ei ole märkimisväärsed. Jooniselt näeme, et nitraatiooni sisaldused erineva põhjavee kaitsusega aladel on suhteliselt sarnased, suuri erinevusi silma ei hakka. Looduslikust foonist kõrgema nitraadisisaldusega kaeve leidub ka kaitstud ja keskmiselt kaitstud aladel, statistilist seaduspärasust on siin raske välja tuua.

4. MAAVARAD

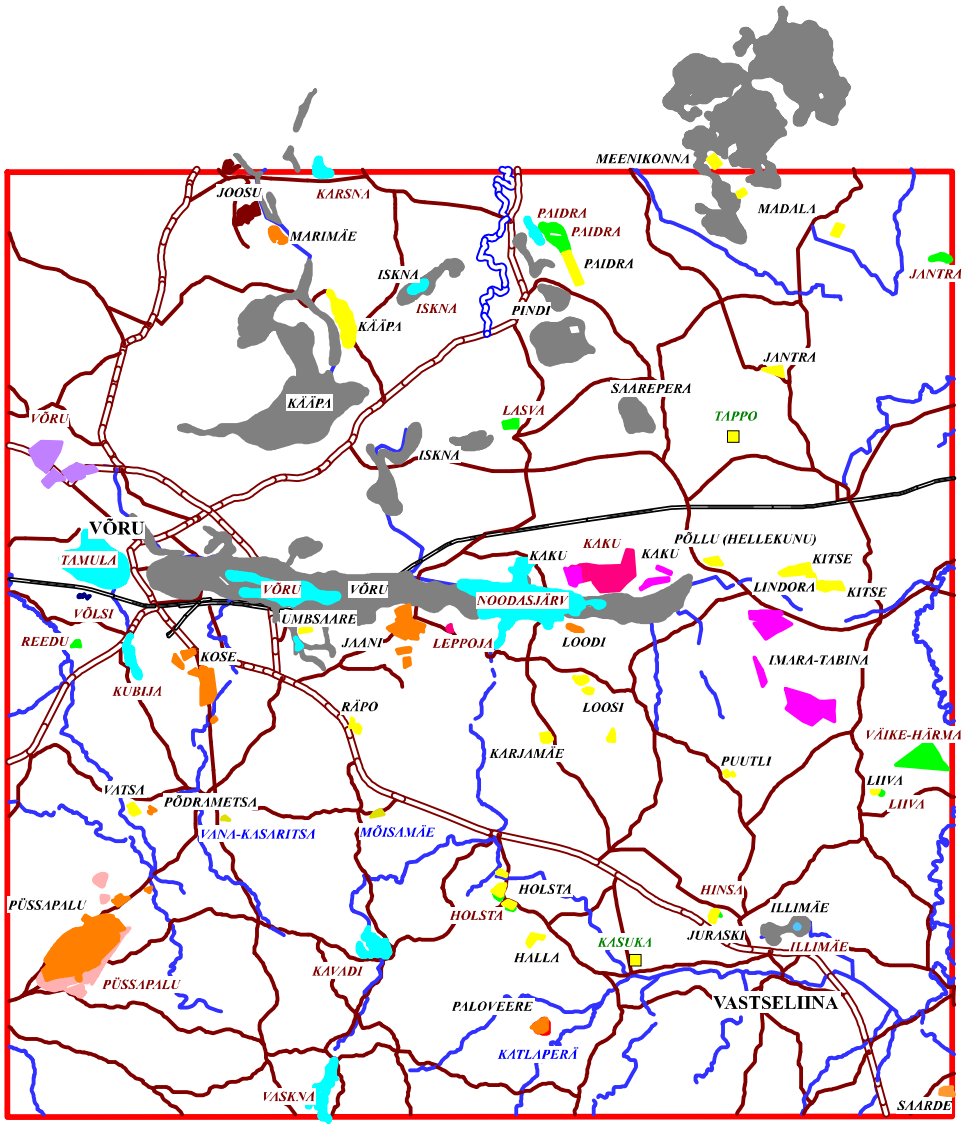
Võru kaardilehe piires esinevad nii pinnakatte (järvemuda, turvas, liiv, kruus ja savi) kui ka aluspõhjalised maavarad (liiv ja savi), mis jagunevad uurituse tasemelt maardlateks, perspektiivaladeks, levialadeks ja leiukohtadeks. Maardlad, perspektiivalad, levialad ja leiukohad on esitatud joonisel 4.1, maardlate üldandmed (maavaravarude koondbilanss seisuga 01.01.2016) tabelis 4.1. Osad 2007. aastal välja eraldatud perspektiivalad ja levialad on käesolevaks ajaks saanud maardlate koosseisu.

Tabel 4.1. Võru (5422) kaardilehe maardlate üldandmed.
Table 4.1. Data of deposits of the Võru (5422) sheet.

Maardla nimi	**Pindala, ha**	**Aktiivne varu, tuh m^3**	**Passiivne varu, tuh m^3**	**Kasutusala kood**
Imara-Tabina	117,72	3153,60 (Ta) 85,0 (Ra) 272,0 (Ta) 11209,0 (Ra) 908,0 (Ta)	–	1201 1201 1203 1203 1207
Kaku	22,96	550,70 (Ta) 996,0 (Ra) 772,0 (Ta)	–	1201 1201 1207
Joosu	24,39	2329 (Ta)	415 (Tp)	1102
Illimäe	38,89	175 (Ra)	–	0201
Iskna	183,99	305 (Ra)	339 (Rp)	0201
Kääpa	775,58	5044 (Ra)	–	0201
Meenikonna	278,2	271,5 (Ta) 799 (Ra) 5 (Ta) 178 (Ra)	2488 (Rp) 610 (Rp)	0201 0201 0202 0202
Pindi	177,62	190 (Ta) 203 (Ra) 60 (Ta) 111 (Ra)	–	0201 0201 0202 0202
Saarepea	55,13	147 (Ra) 15 (Ra)	–	0201 0202
Võru	1215,51	3913,0 (Ra)	3324 (Rp)	0201
Halla	5,92	256 (Ta) 95 (Ta)	–	1203 1205
Holsta	12,1	886 (Ta) 177 (Ta) 84 (Ta)	–	1203 1205 1207
Jantra	6,57	434 (Ra)	–	1203
Juraski	4,95	595,6 (Ta)	–	1203
Karjamäe	5,30	366 (Ta) 114 (Ra)	–	1203 1203

Maardla nimi	Pindala, ha	Aktiivne varu, tuh m^3	Passiivne varu, tuh m^3	Kasutusala kood
Kitse	28,71	2522 (Ra)	–	1203
Kääpa	44,6	125,7 (Ta) 8794 (Ra) 191,8 (Ta) 44 (Ra)	–	1203 1203 1207 1207
Liiva	2,26	79,3 (Ta) 176 (Ra)	–	1203 1203
Lindora	3,45	117 (Ra)	–	1203
Loosi	10,89	247,7 (Ta) 215,5 (Ta) 117,4 (Ta)	–	1207 1205 1203
Madala	13,87	1089 (Ra)	–	1203
Paidra	15,66	1472 (Ra)	–	1203
Puutli	1,30	82 (Ta)	–	1207
Põllu (Hellekunnu)	5,30	451 (Ra)	–	1203
Räpo	4,34	150 (Ta)	–	1203
Umbsaare	2,18	70 (Ta)	–	1203
Vatsa	4,74	194,4 (Ta)	–	1203
Jaani	49,34	1138,4 (Ta) 899 (Ta)	125 (Tp)–	1205 1203
Kose	41,24	731 (Ra) 134,9 (Ta) 252 (Ra)	711 (Rp) 182(Rp)	1205 1203 1203
Loodi	4,60	193 (Ra)	–	1205
Marimäe	9,14	941 (Ra)	–	1206
Oleski	4,18	184 (Ta) 192 (Tp)	– –	1203 1203
Paloveere	9,06	455 (Ta) 163 (Ra) 92 (Ta)	41 (Tp) 61 (Rp) 7 (Tp)	1205 1205 1203
Põdrametsa	0,99	18,5 (Ta) 8 (Ta) 2 (Ta)	–	1205 1203 1207
Püssapalu	196,27	2806,6 (Ta) 1793 (Ra) 1186,9 (Ta) 9928 (Ra) 137 (Ta)	32 (Tp) 22 (Tp) 4594 (Rp)	1205 1205 1203 1203 1207
Saarde	5,91	343,3 (Ta) 159,3 (Ta)	–	1205 1203

Lühendite tähendused: Ta – aktiivne tarbevaru, Ra – aktiivne reservvaru, Tp – passiivne tarbevaru, Rp – passiivne reservvaru. Kasutusala koodide tähendused: 0201 - hästilagunenud turvas; 0202 - vähelagunenud turvas; 1203 – ehitusliiv; 1205 – ehituskruus; 1207 – täiteliiv, 1206 – täitekruus; 1201 – tehnoloogiline liiv; 1102 – raskeltsulav keraamiline savi.



LEGEND

		Maardla *Mineral deposit*	Perspektiivala *Perspective area*	Leviala *Area of deposits*	Leiukoht *Occurence*
PINNAKATE	Turvas *Peat*				
	Kruus *Gravel*				
	Liiv *Sand*				
	Järvemuda *Sapropel*			VÕRU	Maardla *Mineral deposit*
	Savi *Clay*			VÕRU	Perspektiivala *Perspective area*
				KATLAPERÄ	Leviala *Area of deposits*
ALUSPÕHI	Liiv *Sand*			KASUKA	Leiukoht *Occurence*
	Savi *Clay*			VÕRU	Linn *City*

Joonis 4.1. Võru (5422) kaardilehe maardlate, perspektiivalade, levialade ja leiukohtade skemaatiline kaart.

Figure 4.1. Schematic map of mineral deposits, perspective areas, areas of deposits and occurences of Võru (5422) sheet.

4.1. ALUSPÕHJA MAAVARAD

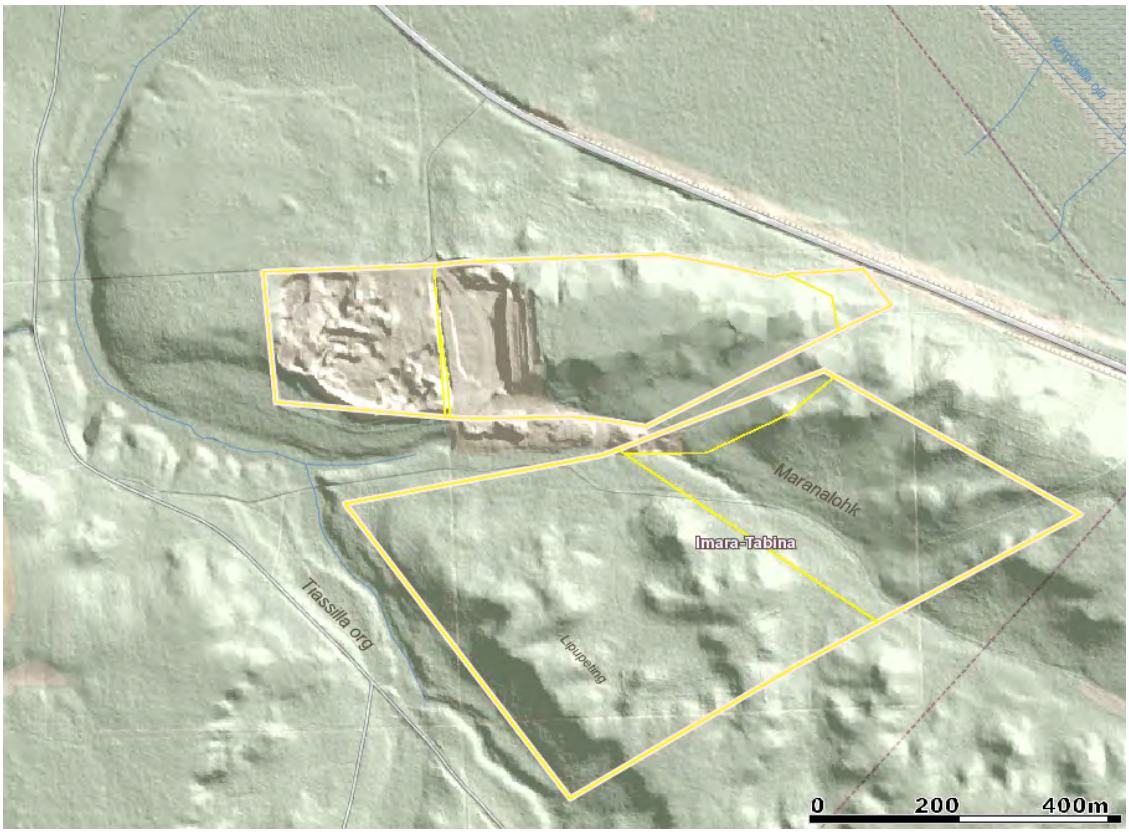
LIIV

Võru kaardilehele jääb kaks liivamaardlat (Imara-Tabina ja Kaku) ja kaks perspektiivala (Kaku ja Leppoja).

Imara-Tabina liivamaardla (registrikaart 0038; Sinisalu jt 1996) asub Võrumaal Vastseliina vallas Sutte külas, Võru orundist vahetult lõuna pool liigestatud reljeefiga aluspõhjalisel platool (absoluutne kõrgus ca 75–100 m; joonis 4.2). Maardla, mille põhimaavara on tehnoloogiline liiv (Ta 3153,60 tuhat m^3 ja Ra 85 tuhat m^3) ja kaasnevad maavarad ehitus- (Ta 272 tuhat m^3 ja Ra 11209 tuhat m^3) ning täiteliiv (Ta 908 tuhat m^3), koosneb mitmest eraldiasuvast plokist kogupindalaga 117,72 ha. Kasuliku kihi moodustab Gauja kihistu valkjashall nõrgalt tsementeerunud liivakivi, mille paksus on puurimisandmete järgi 4,8–24,5 m ja mis asub osaliselt põhjaveetasemest madalamal. Õhuke katend koosneb kasvukihist ja limnoglatsiaalsest peeneteralisest liivast. Maardla liivakivis on SiO_2 sisaldus 96,95–98,26%, Al_2O_3 sisaldus 0,78–1,60% ja K_2O sisaldus 0,35–0,54%. Tehnoloogilise liiva lõimis: kruusa kuni 0,1%, liiva 93,3–97,9%, savi- ja tolmuosakesi 2,1–6,7%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,0–1,4. Ehitusliiva lõimis: kruusa kuni 0,9%, liiva 92,4–97,8%, savi- ja tolmuosakesi 2,2–7,9%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,3–1,5. Täiteliiva lõimis: liiva 91,2–94,1%, savi- ja tolmuosakesi 5,9–8,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 0,7–1,1. Maardla materjali sobib kasutada tehnoloogiliseks liivaks (klaasitööstuses) ja ehitusliivaks. Maardlal asub kolm mäeeraldist. 2015. aastal kaevandati Imara–Tabina maardla karjääridest 16,2 tuh. m^3 tehnoloogilist liiva (foto 4.1).

Kaku liivamaardla (registrikaart 0062; Barankina 1985) asub Võrumaal Lasva vallas Kaku ja Tiri külas, Võru orundist põhja pool liigestunud reljeefiga (absoluutne kõrgus ca 75–93 m) aluspõhjalisel platool. Maardla, mille põhimaavara on tehnoloogiline liiv (Ta 550,70 tuhat m^3 ja Ra 996,00 tuhat m^3) ja kaasnevaks maavaraks täiteliiv (Ta 772 tuhat m^3), koosneb eraldiasuvatest plokkidest kogupindalaga 22,96 ha. Kasuliku kihi moodustab Gauja kihistu nõrgalt tsementeerunud liivakivi (foto 4.2), mis jääb osaliselt põhjaveetasemest madalamale. Katend on õhuke. Lamamiks on Gauja kihistu savi. Maardla liivakivis on SiO_2 sisaldus 95,20–97,80%, Al_2O_3 sisaldus 0,67–1,63% ja CaO sisaldus 0,66–0,80%. Tehnoloogilise liiva lõimis: liiva 94,6–95,1%, savi- ja tolmuosakesi 4,9–5,4%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,1–1,2. Maardla materjali sobib kasutada värvilise klaasi valmistamiseks, vormiliivaks, mördiliivaks, liivlahjendajaks. Maardlal asub kaks mäeeraldist. 2015. aastal Kaku maardlast ei kaevandatud.

Kaku perspektiivala (Barankina 1985) asub Kaku liivamaardla plokkide vahelisel alal. Kasulikuks kihiks on Gauja kihistu väga peeneteraline hele kvartsliiv. Liiva perspektiivala pindala on 84,43 ha ja kasuliku kihi keskmine paksus 13,1 meetrit. Varu suurus (C_2 kategooria) on 9272 tuhat m^3. Materjal sobib tehnoloogiliseks liivaks. Vajab täiendavat uurimist.



Joonis 4.2. Tabina liivamaardla ja karjäär varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 4.2. Tabina sand deposit and quarry on the shaded topography map (Land Board map server).

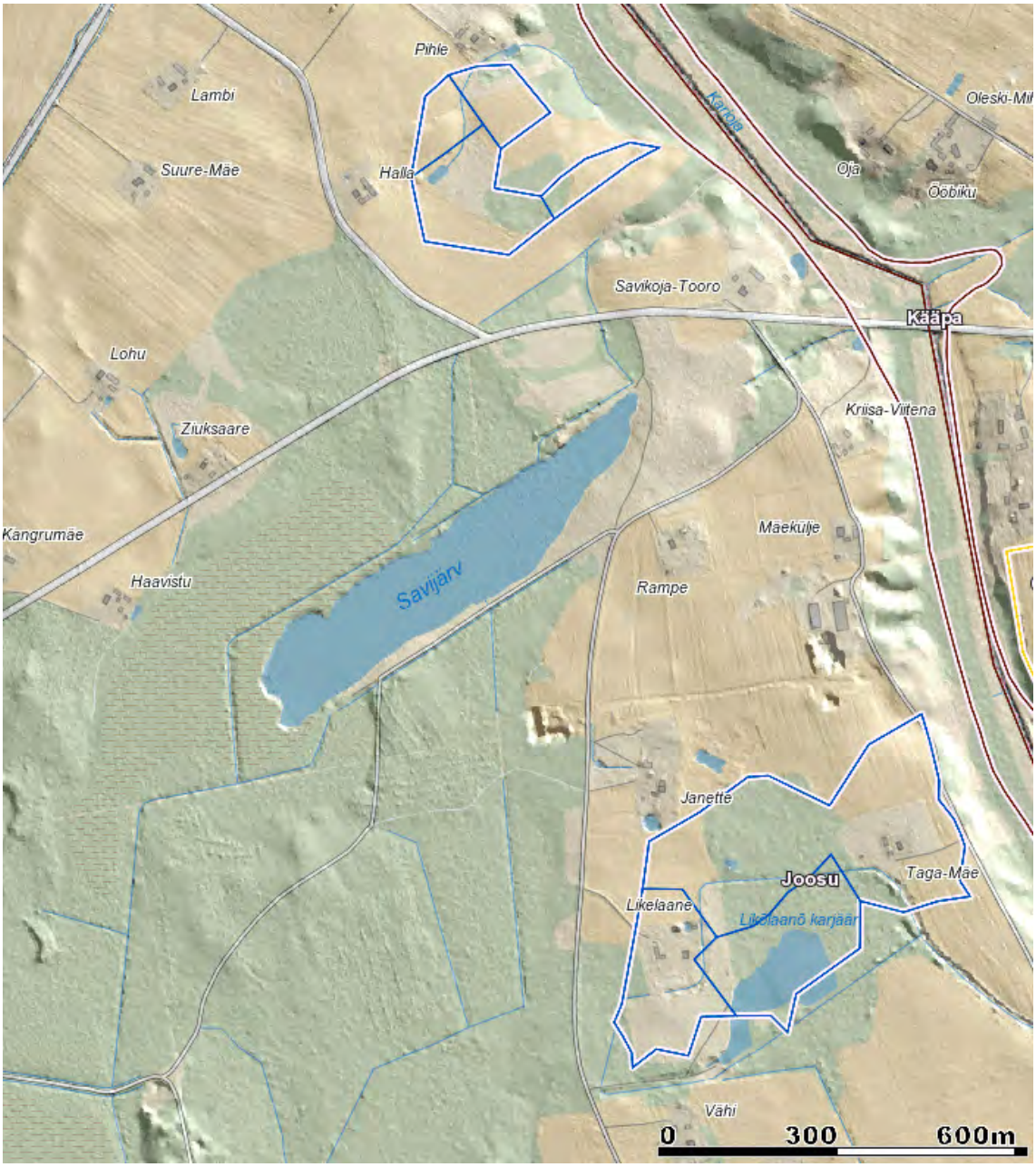
Leppoja perspektiivala (Barankina, Jürgenson 1979) asub Võrumaal Lasva vallas Noodaskülas, Võru orundist lõuna pool. Kasuliku kihi moodustavad Gauja kihistu väga peeneteralised heledad kvartsliivakivid. Kasuliku kihi katendi moodustab kasvukiht ja limnoglatsiaalne peeneteraline liiv, kohati ka moreen ja glatsiofluviaalne eriteraline liiv. Perspektiivala pindala on 1,39 ha ja kasuliku kihi keskmine paksus 14,5 meetrit. Liivakivis on SiO_2 sisaldus 97,5%, Al_2O_3 sisaldus 1,2% ja CaO sisaldus 0,5%. Varu suurus on 22,8 tuhat m^3. Materjal sobib puiste- ja täitematerjaliks.

SAVI

Võru kaardilehele jääb üks savimaardla (Joosu) ja üks perspektiivala (Võlsi).

Joosu savimaardla (registrikaart 0064; Tallinn 1991), mis koosneb eraldiseisvatest plokkidest kogupindalaga 24,39 ha, asub Põlva maakonnas Laheda vallas Joosu külas Karioja orust läänes aluspõhjalisel platool (joonis 4.3). Katend (keskmise paksusega 3,4 m), koosneb kasvukihist ja moreenist, kasulik kiht (Ta 2329 tuhat m^3 ja Tp 415 tuhat m^3) Gauja kihistu erivärvilistest savidest – ülemise, I kihi (roheline savi) keskmine paksus on 4,5 m, II kihi (punane savi) keskmine paksus on 6,0 m ja III kihi (kirjuvärviline savi) keskmine paksus on 2,7 m. Rohelise savi keskmine looduslik niiskus on 12,13%, plastsusarv 28,1 ja sulamistemperatuur 1330^0 C. Punase savi keskmine looduslik niiskus on 12,33%, plastsusarv 24,5 ja sulamistemperatuur 1320^0 C. Kirjuvärvilise savi keskmine looduslik niiskus on 14,40%, plastsusarv 22,0 ja sulamistemperatuur 1360^0 C. Savi kihid on praktilised kuivad, seega hüdrogeoloogilised tingimused kaevandamiseks head. Savi sobib keraamiliste plaatide

ja telliste valmistamiseks, kuid käesolevalt seda ei kasutata. Eelmisel sajandil kasutati Joosu rasksulavat savi šamottkivide, keraamika, põrandaplaatide, portselani jms. tootmiseks.



Joonis 4.3. Joosu savimaardla ja veega täitunud karjäär varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).

Figure 4.3. Joosu clay deposit and flooded quarry on the shaded topography map (Land Board map server).

Võlsi perspektiivala (Tallinn 1961) asub Võru vallas, Tamula järvest vahetult lõuna pool ja koosneb kolmest erineva pindalaga ja uurituse tasemega alast. Kasulikuks kihiks on Gauja kihistu punased savid. C_1 varukategooriaga ala pindala on 0,24 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 11,5 meetrit, varu suurus 19 tuhat m^3. B varukategooriaga ala pindala on 0,46 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 7,1 meetrit, varu suurus 35,8 tuhat m^3. A varukategooriaga ala pindala on 0,14 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 3,6 meetrit, varu

suurus on 17,6 tuhat m^3. Savi keskmine looduslik niiskus on 12,41%, plastsusarv 24,1 ja sulamistemperatuur 1320^0C. Materjal sobib keraamiliste plaatide ja telliste valmistamiseks.

4.2. PINNAKATTE MAAVARAD

JÄRVEMUDA

Järvemuda ehk sapropeeli leidub Illimäe, Iskna, Karsna, Kavadi, Kubija, Noodasjärve, Paidra, Tamula, Vaskna ja Võru perspektiivaladel.

Illimäe perspektiivala (Orru jt 1987) asub Võrumaal Vastseliina vallas Külaoru külas Vastseliina alevikust vahetult põhja pool. Järvemuda on settinud Vastseliina nõo sulglohku Piusa jõe lammile. Järvemuda katendiks on Illimäe soo hästilagunenud turvas, lamamiks liiv ja kruus. Järvemuda perspektiivala pindala 1,12 ha ja prognoosvaru (P) 3 tuhat tonni. Keskmine kihi paksus on 0,9 m. Muda sobib kasutada põlluväetiseks.

Iskna perspektiivala (Orru jt 1976) asub Võrumaal Lasva vallas Kääpa külakeskusest lõuna pool. Järvemuda on settinud Võhandu jõe lammile. Järvemuda katendiks on Iskna soo hästilagunenud turvas, lamamiks liiv ja liivsavimoreen. Järvemuda perspektiivala pindala 9,61 ha ja prognoosvaru (P) 56 tuhat tonni. Keskmine kihi paksus on 0,9 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Karsna perspektiivala (Ramst 1982) asub kaardilehe põhjapiiril Karsna järves, Lasva valla territooriumil. Järve keskmine sügavus on 3,3 m, suurim sügavus loodeosas 7,0 m. Järvemuda lamamiks on peamiselt savi, kirdeosas aga moreen. Järve piires on mudalasundi (pindalal 13,1 ha) C_2 kategooria varu 50,3 tuhat tonni. Järvemuda looduslik niiskus on keskmiselt 93%, keskmine tuhasus 24,0%, keskmine CaO sisaldus tuhas 1,34% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,05%. Keskmine kihi paksus on 2,1 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Kavadi perspektiivala (Ramst 1982) asub kaardilehe lõunaosas Haanja kõrgustikul Kavadi järves. Järve keskmine sügavus on 3,6 m, suurim sügavus järve keskosas 6,7 m. Järvemuda lamamiks on liivsavi, saviliiv ja liiv. Järve piires on mudalasundi (pindalal 28,9 ha) C_2 kategooria varu 105,1 tuhat tonni. Mudalasundi keskmine looduslik niiskus on 93%, keskmine tuhasus 29,7%, keskmine CaO sisaldus tuhas 2,22% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,75%. Keskmine kihi paksus on 2,0 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Kubija perspektiivala (Ramst 1982) asub Kubija järves Võru linna piires. Järve keskmine sügavus on 2,4 m, suurim sügavus järve põhjaosas 5,1 m. Järvemuda lamamiks on lõunaosas peamiselt liivsavi, põhjaosas saviliiv. Järve piires on mudalasundi (pindalal 17,6 ha) C_2 kategooria varu 174,4 tuhat tonni. Mudalasundi keskmine looduslik niiskus on 82%, keskmine tuhasus 46,7%, keskmine CaO sisaldus tuhas 5,74% ja Fe_2O_3 sisaldus 11,32%. Keskmine kihi paksus on 2,1 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Noodasjärve perspektiivala (Ramst 1982) asub kaardilehe keskosas samanimelises järves ja sellest põhja pool Võru orundis hästilagunenud turbakihi lamamis. Noodasjärve keskmine sügavus on 1,8 m, suurim sügavus järve kaguosas 2,5 m. Järvemuda lamamiks on liivsavi ja savi. Järve piires on mudalasundi (pindalal 33,7 ha) C_2 kategooria varu 977,7 tuhat tonni, prognoosvaru väljaspool järve (pindalal 117,2 ha) 1107,5 tuhat tonni. Järvemuda looduslik niiskus järve piires on keskmiselt 82%, keskmine tuhasus 50,2%, keskmine CaO sisaldus tuhas 11,01%, Fe_2O_3 sisaldus 6,34% ja keskmine üldlämmastiku sisaldus 1,12%. Keskmine kihi paksus on 6,1 m järve piires ja 2,0 m väljaspool järve. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Paidra perspektiivala (Ramst 1982) asub kaardilehe põhjaservas Paidra järves Lasva valla territooriumil. Järve keskmine vee sügavus on 3,6 m, suurim sügavus järve kaguosas 5,3 m. Järvemuda lamamiks on järve kagu- ja keskosas savi, loodeosas liivsavi. Järve piires on mudalasundi (pindalal 10,6 ha) C_2 kategooria varu 15,0 tuhat tonni. Järvemuda looduslik niiskus on keskmiselt 94%, keskmine tuhasus 18,6%, keskmine CaO sisaldus tuhas 1,44% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,28%. Keskmine kihi paksus on 0,9 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Tamula perspektiivala (Ramst 1982) asub Tamula järves, Võru linnast vahetult edela pool. Järve keskmine vee sügavus on 4,3 m, suurim sügavus järve lõunaosas 7,3 m. Järvemuda lamamiks on järve keskosas liivsavi ja savi, kaldalähedasel alal saviliiv ja liiv. Järve piires on mudalasundi (pindalal 168,4 ha) C_2 kategooria varu 2781,4 tuhat tonni. Mudalasundi keskmine looduslik niiskus on 74%, keskmine tuhasus 53,2%, keskmine CaO sisaldus tuhas 19,85%, Fe_2O_3 sisaldus 5,31% ja keskmine üldlämmastiku sisaldus 1,09%. Keskmine kihi paksus on 2,4 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.**Vaskna perspektiivala** (Ramst 1982) asub kaardilehe lõunaservas Haanja kõrgustikul Vaskna järves Haanja valla territooriumil. Järve keskmine vee sügavus on 3,7 m, suurim sügavus järve keskosas 9,0 m. Järvemuda lamamiks on liiv, järve kaguosas esineb lasundi all õhuke turbakiht. Järve piires on mudalasundi (pindalal 40,0 ha) C_2 kategooria varu 382,2 tuhat tonni. Mudalasundi keskmine looduslik niiskus on 86%, keskmine tuhasus 49,9%, keskmine CaO sisaldus tuhas 2,19%, Fe_2O_3 sisaldus 2,94% ja keskmine üldlämmastiku sisaldus 1,55%. Keskmine kihi paksus on 2,6 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

Võru perspektiivala (Orru jt 1976) asub Võru linnast idas Võru orundis hästilagunenud turbakihi lamamis ja koosneb kahest osast. Järvemuda lamamiks on peamiselt alluviaalsed liivad. Järvemuda perspektiivala pindalal 130,38 ha on prognoosvaru 2569 tuhat tonni. Keskmine kihi paksus on 2,0 m. Järvemuda sobib kasutada põlluväetiseks.

TURVAS

Geoloogilisest uuritusest lähtuvalt on turba varud välja eraldatud seitsmes maardlas (Illimäe, Iskna, Kääpa, Meenikonna, Pindi, Saarepera ja Võru).

Illimäe maardla (registrikaart 0692; Orru jt 1987) hästilagunenud turbaga (Ra 175 tuhat tonni) asub kaardilehe kaguosas Vastseliina asulast põhja pool. Turbakiht on tekkinud Vastseliina nõo sulglohu soostumisel. Turbamaardla pindala on 38,89 ha, keskmine turbakihi paksus 1,6 meetrit. Turbakihile moodustab lamami järvemuda ja liivased–kruusased setted. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 79,40%, keskmine tuhasus 11,50% ning happesus (pH) on 5,6. Lagunemisaste on keskmiselt 46,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütteturbana. Kaasnevaks maavaraks on järvemuda.

Iskna maardla (registrikaart 0568; Orru jt 1976) hästilagunenud turbaga (Ra 305 tuhat tonni ja Rp 339 tuhat tonni) asub Võrumaal Lasva vallas Kääpa külakeskusest lõuna pool ja on kujunenud Võhandu jõe lammi soostumisel. Turbamaardla kogupindala on 183,99 ha ja ta koosneb mitmest erinevast alast. Keskmine turbakihi paksus 1,7 meetrit. Turbakihile moodustab lamami järvemuda ja liiv. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 87,40%, keskmine tuhasus 7,00% ning happesus (pH) on 4,6. Lagunemisaste on keskmiselt 37,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütteturbana. Kaasnevaks maavaraks on järvemuda.

Kääpa maardla (registrikaart 0572; Orru jt 1976) hästilagunenud turbaga (Ra 5044 tuhat tonni) asub kaardilehe põhjaosas Võru maakonnas Lasva ja Võru ning Põlva maakonna

Laheda valla territooriumil ja on kujunenud Võhandu jõe lammi soostumisel. Turbamaardla, mis koosneb mitmest osast, kogupindala on 775,58 ha. Keskmine turbakihi paksus 2,4 meetrit. Turbakihile moodustab lamami järvemuda, saviliiv ja liivsavi. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 80,40%, keskmine tuhasus 9,50% ning happesus (pH) on 5,2. Lagunemisaste on keskmiselt 44,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütteturbana.

Meenikonna maardla (registrikaart 0136; Orru jt 1976) valdavalt hästilagunenud turbaga jääb osaliselt Võru kaardilehe põhjaossa Põlvamaale Veriora valda ja on kujunenud omaaegse järve soostumisel. Turbamaardla kogupindala on 278,2 ha. Meenikonna maardlas on hästilagunenud turba aktiivne tarbevaru (Ta) 271,5 tuhat tonni, aktiivne reservvaru (Ra) 799 tuhat tonni ja passiivne reservvaru (Rp) 2488 tuhat tonni. Keskmine turbakihi paksus on 1,9 meetrit. Vähelagunenud turba aktiivne tarbevaru (Ta) on 5 tuhat tonni, aktiivne reservvaru (Ra) 178 tuhat tonni ja passiivne reservvaru (Rp) 610 tuhat tonni. Vähelagunenud turbakihi keskmine paksus on 1,0 m. Turbakihile moodustab lamami järvemuda, peeneteraline liiv ja moreen. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 92,00%, keskmine tuhasus 1,20% ning happesus (pH) on 4,7. Lagunemisaste on keskmiselt 26,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütteturbana, vähelagunenud turvast aga aiandusturbana. Maardlas on lisaks alus- ja kütteturbale 1,5 milj. tonni humiinaineterikast turvast ja bituumenirikkaid turbakihte 0,8 milj. tonni. Looduslikule alale ei saa tootmist laiendada, sest jääb suures osas Meenikunno maastikukaitsealale.

Pindi maardla (registrikaart 0102; Klimenko jt 1995) valdavalt hästilagunenud turbaga jääb osaliselt Võru kaardilehe põhjaossa Lasva valda ja on kujunenud mõhnadega piiratud nõojärve soostumisel. Turbamaardla, mis koosneb kolmest lahustükist, kogupindala on 177,62 ha. Põhjaveetase jääb maapinnast 0,5–2,0 m sügavusele. Hästilagunenud turbakihi keskmine paksus on 1,7 meetrit. Vähelagunenud turba aktiivne tarbevaru (Ta) on 60 tuhat tonni ja aktiivne reservvaru (Ra) 111 tuhat tonni. Keskmine turbakihi paksus on 1,3 meetrit. Turbakihile moodustab lamami järvemuda, peeneteraline liiv ja moreen. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 88,70%, keskmine tuhasus 1,90% ning happesus (pH) on 3,3. Lagunemisaste on keskmiselt 35,00%. Vähelagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 88,60%, keskmine tuhasus 1,20% ning happesus (pH) on 3,0. Lagunemisaste on keskmiselt 13,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütte- ja väetusturbana, vähelagunenud turvast aga aiandusturbana. Maardla asub alus- ja aiandusturba freesväli (joonis 4.4).

Joonis 4.4. Pindi turbamaardla ortofotol (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 4.4. Pindi peat deposit on the ortophoto (Land Board map server).

Saarepera maardla (registrikaart 0776; Orru jt 1976) valdavalt hästilagunenud turbaga jääb Võru kaardilehe põhjaossa Lasva valda ja on kujunenud mõhnadega piiratud nõojärve soostumisel. Turbamaardla pindala on 55,13 ha. Saarepera maardlas on hästilagunenud turba aktiivne reservvaru (Ra) 147 tuhat tonni ja keskmine kihi paksus 1,3 meetrit. Vähelagunenud turba aktiivne reservvaru (Ra) on 15 tuhat tonni ja keskmine kihi paksus 0,6 meetrit. Turbakihile moodustab lamami peeneteraline liiv, liivsavi või saviliiv. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 88,00%, keskmine tuhasus 1,30% ning happesus (pH) on 2,8. Lagunemisaste on keskmiselt 42,00%. Vähelagunenud turba keskmine looduslik niiskus on aga 91,80%, keskmine tuhasus 2,00% ning happesus (pH) on 2,8. Lagunemisaste on keskmiselt 15,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütte- ja väetusturbana, vähelagunenud turvast aga aiandusturbana.

Võru maardla (registrikaart 0580; Orru jt 1976) hästilagunenud turbaga jääb Võru linnast ida poole ja on kujunenud Võru orundi soostumisel. Turbamaardla pindala on 1215,51 ha. Maardla hästilagunenud turba aktiivne reservvaru (Ra) on 3913 tuhat tonni ja passiivne reservvaru (Rp) 3324 tuhat tonni. Keskmine turbakihi paksus on 2,6 meetrit. Turbakihile moodustab lamami järvemuda. Hästilagunenud turba keskmine looduslik niiskus on 85,20%, keskmine tuhasus 11,20% ning happesus (pH) on 5,3. Lagunemisaste on keskmiselt 40,00%. Maardla hästilagunenud turvast on võimalik kasutada kütteturbana. Kaasnevaks maavaraks on järvemuda.

LIIV

Võru kaardilehele jääb mitmeid liivamaardlaid (Halla, Holsta, Jantra, Juraski, Karjamäe, Kitse, Kääpa, Liiva, Lindora, Loosi, Madala, Paidra, Puutli, Põllu (Hellekunnu), Räpo, Umbsaare ja Vatsa), kaheksa perspektiivala (Hinsa, Holsta, Jantra, Lasva, Liiva,

Paidra, Reedu ja Väike-Härma), kaks liiva leviala (Mõisamäe ja Vana-Kasaritsa) ning kaks liiva leiukoht (Kasuka ja Tappo). Liiva kasutatakse sõelutult ehitussegudes või looduslikul kujul ehitusaluste täiteks.

Halla liivamaardla (registrikaart 0823; Kattai jt 2007) asub Võru maakonnas Vastseliina vallas, Vastseliinast ca 6 km lääne pool. Maardla, mille pindala on 5,92 ha, jääb glatsiofluviaalsele mõhnastikule. Kasuliku kihi (keskmine paksus 5,5 m) moodustab muutliku terajämedusega liiv, milles esineb veeriselise kruusa kihte. Kasulik kiht asub osaliselt põhjaveetasemest madalamal. Põhimaavaraks on ehitusliiv (Ta 256 tuhat m^3) ja kaasnevaks maavaraks ehituskruus (Ta 95 tuhat m^3). Kattekihi keskmine paksus on 0,6 m. Kasuliku kihi lõimis on järgmine: veeriseid 0,8–0,9%, kruusa 5,1–24,5%, liiva 70,6–88,6%, savi- ja tolmuosakesi 4,1–5,4%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–2,0. Maardlal asub Halla liivakarjääri mäeeraldis.

Holsta liivamaardla (registrikaart 0834; Grünberg 2007) asub Võru maakonnas Vastseliina vallas, Vastseliinast 7 km loodes ja Holstast 1,5 km lõunas Voki küla territooriumil glatsiofluviaalsel mõhnastikul (foto 4.3). Maardla, mis koosneb kolmest lahustükist, pindala on 12,1 ha. Põhimaavaraks on ehitusliiv (Ta 866 tuhat m^3), kaasnevateks maavaradeks ehituskruus (Ta 177 tuhat m^3) ja täiteliiv (Ta 84 tuhat m^3). Kasuliku kihi ülemise ja kvaliteetsema osa moodustavad erineva terajämedusega liivad ja veeriseline kruus, alumise osa väga- ja ülipeeneteralised liivad. Kasulik kiht, mille keskmine paksus on 9,3 m, jääb osaliselt põhjaveetasemest madalamale. Kattekihi moodustab kasvukiht, lamami glatsiaalne liivsavimoreen. Ehitusliiva lõimis on järgmine: kruusa 6,7–11,0%, liiva 82,1–86,6%, savi- ja tolmuosakesi 6,7–6,9%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,6–1,7. Ehituskruusa keskmine lõimiseline koostis on järgmine: kruusa 39,1%, liiva 49,6%, savi- ja tolmuosakesi 11,3%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,6. Täiteliiva lõimis on järgmine: kruusa 1,6–3,1%, liiva 87,1–89,9%, savi- ja tolmuosakesi 8,5–9,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,9–2,0. Maardlal asub kolm mäeeraldist. 2015. aastal kaevandati Holsta maardla karjääridest 0,3 tuh. m^3 ehitusliiva.

Jantra liivamaardla (registrikaart 0741; Barankina jt 1976) asub kaardilehe kirdeosas, Lepassaare külakeskusest 3,5 km põhja pool Lasva vallas limnoglatsiaalsel mõhnastikul. Maardla pindala on 6,57 ha. Põhimaavaraks on ehitusliiv (Ra 434 tuhat m^3) keskmise paksusega 6,6 m. Kasuliku kihi moodustab peeneteralise liiva lasund, mille keskmine koostis on järgmine: kruusa 0,9%, liiva 96,8%, savi- ja tolmuosakesi 2,3%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,6. Kasulik kiht asub põhjaveetasemest kõrgemal. Katend koosneb kuni 1,0 m paksusest kasvukihist ja limonitiseerunud liivast paksusega 1,0–4,0 m (keskmiselt 1,8 m). Maardla ei ole kasutuses.

Juraski liivamaardla (registrikaart 0921; Sinisalu 2014) asub Võru maakonnas Vastseliina vallas, Vastseliinast 2,5 km loodes moreenkattega glatsiofluviaalsel mõhnastikul. Maardla pindala on 4,95 ha. Põhimaavaraks on ehitusliiv (Ta 595,6 tuhat m^3) keskmise paksusega 12,0 m. Kasuliku kihi ülemise osa moodustavad peene- kuni jämeteralised liivad kruusa ja veeristega, alumise osa väga peene- ja peeneteralised liivad. Kasulik kiht asub pealpool põhjaveetaset. Loodusliku materjali lõimis liiva plokkides on järgmine: kruusa 24,4–27,3%, liiva 63,7–66,0%, savi- ja tolmuosakesi 8,7–9,6%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–1,6. Kattekihi moodustab kasvukiht (keskmiselt 0,1 m), väga peeneteraline orgaanikarikas liiv (keskmiselt 0,9 m) ja liivasegune tihke savi (keskmiselt 3,5 m). Maardlal asub Juraski liivakarjääri mäeeraldis (foto 4.4). 2015. aastal kaevandati Juraski maardlast 44,4 tuh. m^3 ehitusliiva.

Karjamäe liivamaardla (registrikaart 0399; Tolk 1989) asub kaardilehe keskel, Lasva vallas, Võru linnast 10 km kagus limnoglatsiaalsete ja glatsiofluviaalsete setete avamusalal. Maardla pindala on 5,30 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta 366 tuhat m^3 ja Ra 114 tuhat m^3) keskmise paksusega 9,1 m. Kasuliku kihi moodustab veeriste ja munakatega kruusaka liiva lasund. Kasulik kiht on põhjaveetasemest kõrgemal. Katend koosneb kuni 0,3 m paksusest kasvukihist ja kuni 2,3 m paksusest saviliivast. Lamamiks on liivsavimoreen. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 20,4%, liiva 69,7%, savi- ja tolmuosakesi 9,9%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,8. Karjamäe maardla ei ole kasutuses.

Kitse liivamaardla (registrikaart 0618; Barankina, Jürgenson 1979) asub kaardilehe idaosas, Lepassaarelt 2,2 km edelas ja Otsa asulast 4,0 km kagus Lasva vallas kohati moreenist kattega glatsiofluviaalsel mõhnastikul. Maardla pindala on 28,71 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ra 2522 tuhat m^3) keskmise paksusega 8,8 m. Kasuliku kihi moodustab kruusa ja veeriseid sisaldava eriteralise liiva lasund. Liiva terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,1%, liiva 96,9%, savi- ja tolmuosakesi 3,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4. Katte- ja kasuliku kihi suhe 1 ploki piires on 1:2 ja 2 ploki piires 1:4. Kasuliku kihi lamamiks on saviliivmoreen ja Devoni Gauja kihistu nõrgalt tsementeerunud liivakivi. Maardla ei ole kasutuses.

Kääpa liivamaardla (registrikaart 0396; Eichenbaum, Grünberg 1984) asub kaardilehe põhjaosas, Lasva vallas Kääpa asulast 2,5 km põhja pool limnoglatsiaalse tekkega põhja-lõunasuunalisel mõhnal. Maardla pindala on 44,36 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta 191,8 tuhat m^3) ja kaasnevaks maavaraks täiteliiv (Ra 44 tuhat m^3). Täiteliiva ploki pindala on 6,56 ha. Kasulik kiht asub kuni 50% ulatuses põhjaveetasemest madalamal. Loodusliku materjali keskmine lõimis ehitusliiva 1. plokis on järgmine: kruusa 1,9%, liiva 95,0%, savi- ja tolmuosakesi 3,1%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,5. Protsentuaalse suhte alusel arvele võetud liiva plokkides on loodusliku materjali keskmine terastikuline koostis järgmine: kruusa 1,1%, liiva 98,9%, savi- ja tolmuosakesi 4,1%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,2. Katend koosneb kuni 1,0 m paksusest kasvukihist ja orgaanikarikkast liivast (keskmine paksus 0,6 m). Lamamiks on saviliivmoreen. Maardlal asub Tilsipalu liivakarjääri mäeeraldis. 2015. aastal Kääpa maardlas ei kaevandatud.

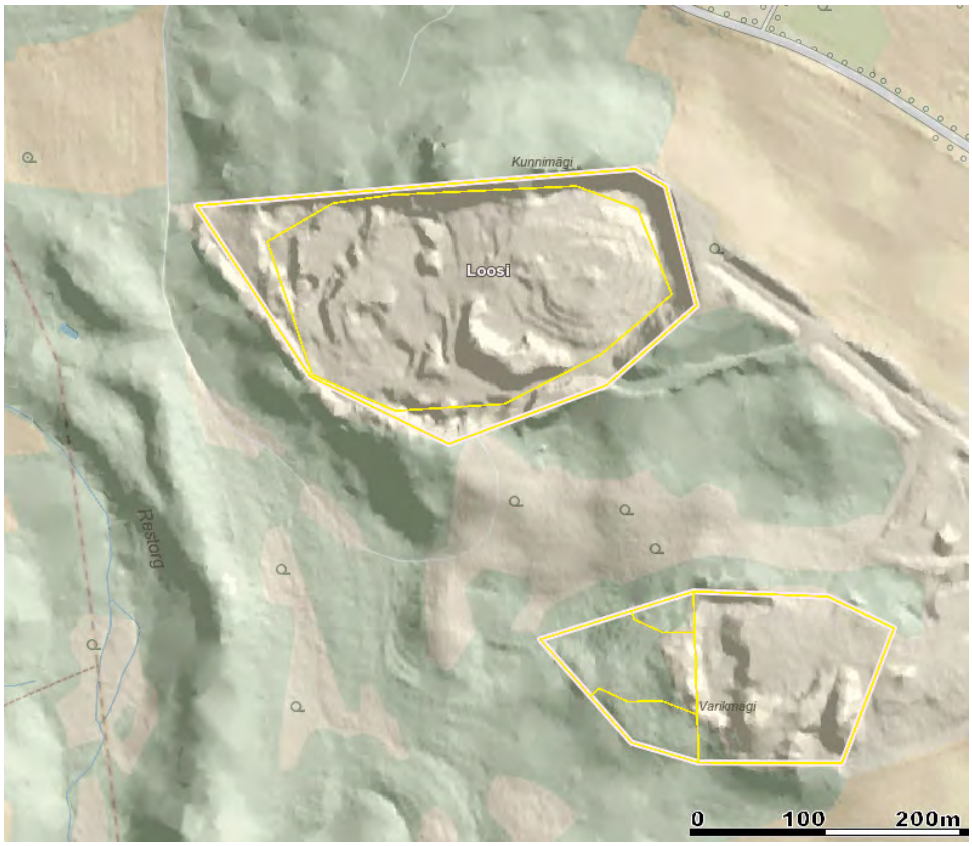
Liiva liivamaardla (registrikaart 0232; Voitka 1994) asub kaardilehe idaosas, Lindora–Kapera teest 0,3 km ida pool ja Lindorast 4,8 km lõunas Vastseliina vallas glatsiofluviaalsel mõhnastikul. Maardla pindala on 2,26 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta 79,3 tuhat m^3 ja Ra 176 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab peeneteralise liiva lasund, mille keskmine paksus on 11,5 m. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,02%, liiva 98,0%, savi- ja tolmuosakesi 2,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,3. Kattekiht on õhuke, lamamiks on saviliivmoreen. Maardlal asub Liiva liivakarjääri mäeeraldis (foto 4.5). 2015. aastal kaevandati Liiva maardlast 0,2 tuh. m^3 ehitusliiva.

Lindora liivamaardla (registrikaart 0395; Brutus jt 1986) asub kaardilehe idaosas, Lepasaarelt 2,2 km edelas ja Otsa asulast 4,0 km kagus Vastseliina vallas liigestatud reljeefiga limnoglatsiaalsete ja glatsiofluviaalsete setete avamusalal. Maardla pindala on 3,45 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ra 117 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab kruusa ja veeriseid sisaldav peeneteraline liiv, mille lasundi keskmine paksus on 3,4 m ja mis asub põhjaveetasemest kõrgemal. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 10,4%, liiva 84,9%, savi- ja tolmuosakesi 4,7%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,2. Kattekihi,

mille paksus on väike (0,3 m), moodustab ainult kasvukiht. Lamamiks on saviliivmoreen. Maardla ei ole kasutuses.

Loosi liivamaardla (registrikaart 0821; Jürgenson 2007) asub kaardilehe keskosas, Võru linnast 10 km idas Vastseliina vallas rahutu reljeefiga mõhnastikul (joonis 4.5; foto 4.6). Maardla pindala on 10,89 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta 117,7 tuhat m^3), kaasnevateks maavaradeks ehituskruus (Ta 215,5 tuhat m^3) ja täiteliiv (Ta 247,7 tuhat m^3). Maardla koosneb kolmest lahustükist. Kasuliku kihi moodustab väga muutliku koostisega liivalasund, mis sisaldab kruusa, veeriseid, munakaid ja rahne, kohati veerielise kruusa kihte. Kasuliku kihi paksus on 6,8–14,0 m. Ehitusliiva terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,0–29,9%, liiva 62,2–94,9%, savi- ja tolmuosakesi 3,9–7,9%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–1,9. Ehituskruusa terastikuline koostis on järgmine: veeriseid 0,6–1,5%, kruusa 40,8–45,3%, liiva 46,8–54,9%, savi- ja tolmuosakesi 3,0–9,2%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–2,3. Täiteliiva terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,0–18,0%, liiva 67,9–89,4%, savi- ja tolmuosakesi 7,7–14,1%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 0,5–1,3. Kasulik kiht jääb põhjaveetasemest kõrgemale. Kattekihiks on kasvukiht, savine liiv ja saviliivmoreen. Katendi paksus varieerub maardlas 0,3–3,5 m. Lamamiks on punakaspruun ja hallikaspruun saviliiv- ja liivsavimoreen. Maardlal on kaks mäeeraldist. 2015. aastal kaevandati Loosi maardla karjääridest 1,7 tuh. m^3 ehituskruusa, 4,5 tuh. m^3 ehitusliiva ja 1,5 tuh. m^3 täiteliiva.

Madala liivamaardla (registrikaart 0732; Barankina jt 1976) asub kaardilehe kirdeosas, Lasvalt 9 km kirdes ja Lepassaarelt 8 km põhjas Põlva maakonnas Veriora vallas, koosnedes kolmest lahustükist, millest põhjapoolne ei jää Võru kaardilehele. Maardla paikneb liigestunud reljeefiga limnoglatsiaalsel mõhnastikul. Maardla kogupindala on 13,87 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ra 1089 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab väheseid veeriseid ja kruusa sisaldav peeneteralise liiva lasund, mille keskmine paksus on 7,9 m. Kasulik kiht jääb põhjaveetasemest kõrgemale. Liiva terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,1–4,4%, liiva 93,9–98,0%, savi- ja tolmuosakesi 1,7–2,2%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,5–1,8. Kattekihi, mille paksus on väike (maksimaalselt 0,9 m), moodustavad kasvukiht ja saviliiv. Lamamiks on saviliivmoreen. Maardla ei ole kasutuses.



Joonis 4.5. Loosi liivamaardla varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 4.5. Loosi sand deposit on the shaded topography map (Land Board map server).

Oleski liivamaardla (registrikaart 0880; Põldvere 2009) asub kaardilehe loodeosas, Väimelast 4,5 km kirdes Lasva vallas, Karioja veerul loode–kagusuunalisel glatsiofluviaalsel seljandikul. Maardla pindala on 4,18 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta 184 tuhat m^3 ja Tp 192 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab eriteraline kruusakas liiv, mis ulatub ka põhjaveetasemest madalamale. Ehitusliiva aktiivse tarbevaru 1. plokis on ehitusliivas kruusa keskmine sisaldus 17,4%, savi- ja tolmuosakeste sisaldus 6,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,1. Ehitusliiva aktiivse tarbevaru 2. plokis on ehitusliivas kruusa keskmine sisaldus 13,3%, savi- ja tolmuosakeste sisaldus 5,4%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,1. Kattekihi moodustab kasvukiht ja kohati õhuke moreenikiht, lamami moreen või Gauja kihistu savi. Maardlal asub Oleski liivakarjäär, kuid seni pole seal kaevandatud.

Paidra liivamaardla (registrikaart 0619; Barankina jt 1976) asub kaardilehe põhjaosas, Lasvalt 4,4 km põhjas Lasva valla territooriumil, loode–kagusuunalisel mõhnastikul. Maardla pindala on 15,66 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ra 1472 tuhat m^3). Kasuliku kihi, mille keskmine paksus on 9,4 m, moodustab peeneteralise liiva lasund. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,5%, liiva 97,7%, savi- ja tolmuosakesi 1,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,9. Kasulik kiht on põhjaveetasemest kõrgemal. Katend koosneb kuni 1,5 m paksusest liivasegusest kasvukihist. Lamamiks on liivsavimoreen. Maardla ei ole kasutuses.

Puutli liivamaardla (registrikaart 0875; Grünberg 2009) asub kaardilehe keskosas, Vastseliinast 5,5 km põhja–loodes ja Hinsalt 3,7 km kirdes Vastseliina vallas, Haanja kõrgustikul moreenist kattega limnoglatsiaalsetel mõhnadel, kus maapinna absoluutne kõrgus on 163–172 m. Maardla pindala on 1,30 ha, põhimaavaraks täiteliiv (Ta 82 tuhat m^3).

Läätselise ehitusega kasulik kiht koosneb väga peenest ja ülipeeneteralisest liivast. Kasuliku kihi keskmine paksus on 6,3 m. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 1,8%, liiva 89,6%, savi- ja tolmuosakesi 8,5%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,2. Kattekihiks on keskmiselt 0,3 m paksune kasvukiht ja 0,9 m paksune saviliivmoreen. Lamami moodustab punakaspruun liivsavimoreen. Kasulik kiht on põhjaveetasemest kõrgemal. Maardla ei ole kasutuses.

Põllu (Hellekunnu) liivamaardla (registrikaart 0620; Barankina jt 1976) asub kaardilehe idaosas, Otsa asulast 1,8 km kagus Lasva vallas, rahutu reljeefiga limnoglatsiaalsete setete levikualal. Maardla pindala on 5,30 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ra 451 tuhat m^3). Kasuliku kihi (keskmine paksus 8,5 m) moodustab väga peeneteralise liiva lasund, mille keskmine terastikuline koostis on järgmine: kruusa 0,1%, liiva 97,9%, savi- ja tolmuosakesi 1,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,3. Liivakiht on põhjaveetasemest kõrgemal. Kattekiht on õhuke. Lamamiks on saviliivmoreen. Maardla ei ole kasutuses.

Räpo liivamaardla (registrikaart 0906; Jürgenson, Valling 2011) asub kaardilehe keskel, Võru linnast 5,5 km kagus Võru vallas, künkliku reljeefiga ja moreenist kattega mõhnadel. Maardla pindala on 4,34 ha, põhimaavaraks ehitusliiv (Ta) 150 tuhat m^3). Kasulik kiht on põhjavee tasemest kõrgemal. Kasuliku kihi (keskmine paksus 3,5 m, asub põhjaveetasemest kõrgemal) moodustab kruusakas, veeriseid sisaldav väga peene- kuni keskmiseteraline liivalasund. Liivalasundis esinevad saviliivmoreeni pesad ja läätsed on loetud varu hulka. Katendiks on kasvukiht (keskmiselt 0,3 m) ja saviliivmoreen (keskmiselt 2,3 m). Kasuliku kihi lamamiks on saviliivmoreen. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: veeriseid 0,3%, kruusa 22,4%, liiva 72,9%, savi- ja tolmuosakesi 4,4%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,8. Maardla ei ole kasutuses.

Umbsaare liivamaardla (registrikaart 0894; Rohtla 2010) asub kaardilehe keskosas, Võru vallas Umbsaare külas, liustikujõelise tekkega tasandikul, kus maapinna absoluutne kõrgus jääb 79–87 meetri vahemikku. Maardla pindala on 2,18 ha, põhimaavaraks põhjaveetasemest kõrgemal asuv ehitusliiv (Ta 70 tuhat m^3). Kasulikuks kihiks, mille keskmine paksus on 3,2 m, on väga peene- kuni peeneteraline liiv, mis sisaldab vähesel määral kruusa. Liiva keskmine tearstikuline koostis on järgmine: kruusa 5,1%, liiva 92,2%, savi- ja tolmuosakesi 2,7%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,5. Kattekihiks on kuni 0,2 m paksune kasvukiht, lamamiks punakaspruun hallisegune Gauja kihistu savi. Maardlal asub Umbsaare liivakarjääri mäeeraldis – seni pole mäeeraldiselt kaevandatud.

Vatsa liivamaardla (registrikaart 0797; Grünberg 2005) asub kaardilehe edelaosas, Võru vallas Meeliku külas, glatsiofluviaalsel mõhnastikul, kus suhtelised kõrgused on 10–15 m, absoluutne kõrgus 138–149 m. Maardla pindala on 4,74 ha, põhimaavara ehitusliiv (Ta 194,4 tuhat m^3). Kasulik kiht (keskmine paksus 9,5 m), mis jääb osaliselt põhjaveetasemest madalamale, koosneb eriteralisest, põimjaskihilisi kruusaläätsi sisaldavast liivast (foto 4.7). Liiva terastikuline koostis on järgmine: kruusa 15,9–28,4%, liiva 68,9–78,3%, savi- ja tolmuosakesi 2,7–5,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,7–2,2. Kattekihiks on kuni 0,2 m paksune kasvukiht, lamamiks hall liivsavimoreen. Maardlal asub Vatsa II liivakarjääri mäeeraldis (foto 4.7). 2015. aastal kaevandati Vatsa maardlast 2,0 tuh. m^3 ehitusliiva.

Hinsa perspektiivala (Barankina jt 1976) asub kaardilehe kaguosas, Vastseliina asulast 2,5 km loodes Vastseliina vallas ja piirneb Juraski liivamaardlaga. Perspektiivala pindala on 1,17 ha ning seal on liivavaruks 108,8 tuhat m^3. Kasuliku kihi moodustab kruusasisaldusega eriteraline liiv, lamami saviliivmoreen. Katend koosneb kasvukihist, moreenist ja limnoglatsiaalsest liivast. Liiv võib sobida valikuliselt ehitusliivaks.

Holsta perspektiivala (Barankina, Jürgenson 1979) piirneb Holsta liivamaardlaga ja asub Vastseliina vallas. Perspektiivala pindala on 3,88 ha ja liivavaru suuruseks 478,8 tuhat m^3. Kasulikuks kihiks on väga peene- kuni peeneteraline liiv. Materjal võib sobida ehitusliivaks ja täitematerjaliks. Perpektiivala osaliselt Holsta maardla koosseisus.

Jantra perspektiivala (Barankina jt 1976) asub kaardilehe kirdeosas, Jantra liivamaardlast 5,5 km ja Lepassaarelt 6,5 km kirdes, Põlva maakonnas Orava vallas. Perspektiivala pindala on 6,3 ha. Kasuliku kihi moodustavad ülipeene- kuni väga peeneteralised limnoglatsiaalsed liivad. Varu suurus on 963,9 tuhat m^3. Sellest jääb allapoole põhjavee taset 661,5 tuhat m^3. Kattekihi paksus on 0,1 m. Materjal sobib peamiselt täiteliivaks.

Lasva perspektiivala (Voolma, Jürgenson 1968) asub Lasva järvest 0,5 km põhjas Lasva vallas. Perspektiivala pindala on 6,82 ha. Kasuliku kihi moodustavad peene- kuni väga peeneteralised liivad. Lamamiks on moreen ja katendiks õhuke kasvukiht. Varu suuruseks on 451,8 tuhat m^3. Materjal sobib puiste- ja täitematerjaliks.

Liiva perspektiivala (Voitka 1994) piirneb Liiva liivamaardlaga Vastseliina vallas. Perspektiivala pindala on 1,16 ha ja varu maht 119 tuhat m^3. Kasuliku kihi moodustavad peene- kuni eriteralised liivad. Lamamiks on saviliivmoreen ja katendiks õhuke kasvukiht. Materjal võib sobida ehitusliivaks.

Paidra perspektiivala (Barankina jt 1976) asub Lasva vallas ja piirneb lõuna poolt Paidra liivamaardlaga. Perspektiivala pindala on 25,94 ha ja varu 1816 tuhat m^3. Kasuliku kihi moodustab limnoglatsiaalse geneesiga väga peeneteralise liiva lasund. Materjal võib sobida täite- ja ehitusliivaks.

Reedu perspektiivala (Voolma, Jürgenson, 1968) asub Tamula järvest 1,8 km lõunas Võru vallas. Kasuliku kihi moodustavad peene- kuni väga peeneteralised liivad. Perspektiivala pindala on 2,06 ha, varu 162,7 tuhat m^3 ja kihi keskmine paksus 9,3 meetrit. Kasuliku kihi lamamiks on moreen ja katendi moodustab kasvukiht. Materjal sobib puiste- ja täitematerjaliks.

Väike-Härma perspektiivala (Kosk jt 1980) asub kaardilehe idaosas Vastseliina vallas. Kasuliku kihi moodustavad väga ja ülipeeneteralised liivad. Perspektiivala pindala on 48,12 ha ning prognoositud varu 7218 tuh. m^3. Kasuliku kihi keskmine paksus on 15,0 meetrit, kuid puurläbilõigete andmetel võib ületada 30 m piiri. Kasulik kiht on põhjavee tasemest kõrgemal. Kohati moodustab katendi kuni 4,3 m paksune moreenikiht. Liiva keskmine terastikuline koostis on järgmine: liiva 92,8%, savi- ja tolmuosakesi 7,2%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 0,8. Materjali võib sobida ehitussegudesse ja täitematerjalina.

Mõisamäe leviala (Barankina jt 1976) asub kaardilehe keskosas, Võru vallas Mõisamäe külas. Levialal esinevad peeneteralised liivad, milles kruusa sisaldus võib küündida kuni 15%-ni. Peeneteralise liiva paksus on keskmiselt 8,5 m. Liiva leviala pindala on vähemalt 2,7 ha varu suurus ligikaudu 230 tuhat m^3. Kohati ka põhjaveetasemest madalamal.

Vana-Kasaritsa leviala (Barankina jt 1976) asub kaardilehe lääneosas, Võrust 6,5 km kaugusel lõuna suunas Võru vallas. Levialal esinevad glatsiofluviaalsed kruusakad peeneteralised liivad. Liiva leviala pindala on vähemalt 1,1 ha, keskmine kihipaksus 4,8 m, eeldatav varu 50 tuhat m^3.

Kasuka leiukoht (Barankina jt 1976) asub kaardilehe lõuna osas, Vastseliinast 4 km kaugusel lääne suunas Vastseliina vallas. Leiukohas levivad savikad, kruusa sisaldavad peeneteralised liivad. Keskmine kihi paksus võib olla 4–5 m ja eeldatav varu 40 tuhat m^3.

Tappo leiukoht (Nõmme 1960) asub kaardilehe kesk osas, Lepasaare külast 3 km loodes Lasva vallas. Leiukohas levivad savikad, kruusa sisaldavad peene- kuni keskmiseteralised liivad. Kihi paksus varieerub 2 meetrist 5 meetrini ja eeldatav varu on 20 tuhat m^3.

KRUUS

Võru kaardilehel asub kaheksa kruusamaardlat (Jaani, Kose, Loodi, Marimäe, Paloveere, Põdrametsa, Püssapalu ja Saarde), üks perspektiivala (Püssapalu) ja üks leviala (Katlaperä). Kruusa kasutatakse looduslikul kujul ehitusaluste täiteks, purustatuna teede ehitusel kruuskateteks ja killustikuna teede ehitusel ning betooni täitematerjaliks.

Jaani kruusamaardla (registrikaart 0802; Jürgenson 2005) asub kaardilehe keskosas, ligikaudu 5 km Võru linnast ida pool Võru vallas, glatsiofluviaalsel tasandikul (joonis 4.6; foto 4.8). Maardla pindala on 49,34 ha, põhimaavara ehituskruus (Ta 1138,4 tuhat m^3 ja Tp 125 tuhat m^3), kaasnev maavara ehitusliiv (Ta 889 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab veeriselise kruusa lasund, kohati esineb eriteralise liiva kihte. Kasulik kiht jääb osaliselt põhjaveetasemest madalamale. Kruusa terastikuline koostis on järgmine: veeriseid 0,9–3,9%, kruusa 36,1–67,8%, liiva 30,3–53,0%, savi- ja tolmuosakesi 1,8–10,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,8–2,3. Materjal sobib ehituskruusaks. Liiva terastikuline koostis on järgmine: veeriseid 0,5%, kruusa 5,3–19,5%, liiva 74,8–87,5%, savi- ja tolmuosakesi 5,3–8,7%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,3–2,0. Materjal sobib ehitussegudesse. Kattekihiks on kasvukiht ja kohati õhuke saviliivmoreen, lamamiks on Gauja kihistu liivakivi või savi. 2015. Maardlal asub 9 mäeeraldist. 2015. aastal kaevandati Jaani maardla karjääridest 154,7 tuh. m^3 ehituskruusa ja 33,1 tuh. m^3 ehitusliiva.

Kose kruusamaardla (registrikaart 0660; Voolma 1963) asub kaardilehe lääneosas, Võru linnast 3,0 km lõuna pool Võru vallas. Maardla põhjaosa jääb Kose aleviku territooriumile. Maardla jääb nõrgalt liigestatud reljeefiga sanduritasandikule ja mõhnadele. Maardla pindala on 41,24 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ra 731 tuhat m^3 ja Rp 711 tuhat m^3), kaasnevaks maavaraks ehitusliiv (Ta 134,9 tuhat m^3, Ra 252 tuhat m^3 ja Rp 182 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab peeneteralise liiva vahekihtidega veeristega kruusa lasund. Loodusliku materjali lõimis erinevates kruusa plokkides on järgmine: veeriseid 1,8–9,1%, kruusa 31,2–40,1%, liiva 50,2–64,7%, savi- ja tolmuosakesi 1,2–5,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,7–2,2. Loodusliku materjali lõimis erinevates liiva plokkides on järgmine: veeriseid 2,1%, kruusa 4,8–11,2%, liiva 82,1–92,6%, savi- ja tolmuosakesi 2,6–6,7%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–1,9. Kattekihi moodustab peamiselt kasvukiht, kuid kohati esineb ka moreeni. Lamamiks on moreen ja Gauja kihistu heledavärvilised kvartsliivakivid. Maardla lõunaosas asub väike Kose liivakarjääri mäeeraldis (0,73 ha).

Joonis 4.6. Jaani kruusamaardla varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).
Figure 4.6. Jaani gravel deposit on the shaded topography map (Land Board map server).

Loodi kruusamaardla (registrikaart 0393; Brutus jt 1986) asub kaardilehe keskosas, Noodasjärvest 1,8 km ja Sooküla asulast 1,0 km ida pool Vastseliina vallas. Maardla jääb Haanja kõrgustiku ja Võru orundi siirdealale kujunenud glatsiofluviaalse tekkega mõhnadele. Maardla pindala on 4,60 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ra 193 tuhat m^3). Kasulik kiht (peeneteralise liiva vahekihtidega veeriste ja munakatega kruusa lasund) jääb põhjaveetasemest kõrgemale. Loodusliku materjali keskmine lõimis kruusa plokis on järgmine: kruusa 42,8%, liiva 51,3%, savi- ja tolmuosakesi 5,9%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,3. Kattekihi moodustab kasvukiht, lamami Gauja kihistu liivakivi või savi. Maardla ei ole kasutuses.

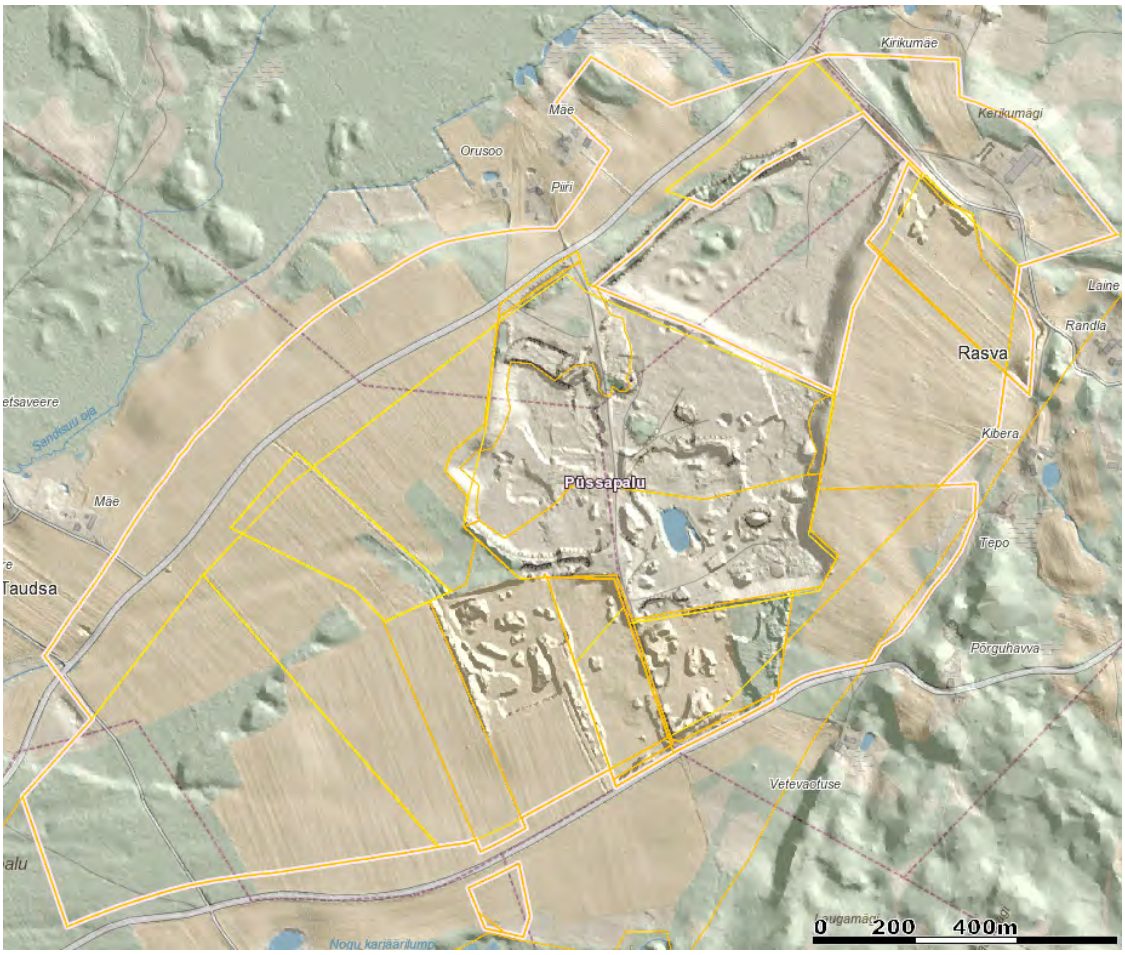
Marimäe kruusamaardla (registrikaart 0659; Nõmme 1960) asub Põlva maakonnas Laheda vallas Karioja paremal kaldal loode–kagusuunalisel seljandikul. Maardla pindala on 9,14 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ra 941 tuhat m^3). Maardlas vahelduvad kruusa ja liiva horisontaalsed, kohati põimjaskihilise tekstuuriga kihid. Kasuliku kihi keskmine paksus on 10,3 m ning kattekihi paksus kuni 1 m. Kruusa keskmine lõimis on järgmine: veeriseid 1,6%, kruusa 41,0%, liiva 49,8%, savi- ja tolmuosakesi 7,6%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,1. Maardla ei ole kasutuses.

Paloveere kruusamaardla (registrikaart 0922; Kukk 2012) asub kaardilehe lõunaosas Haanja looduspargi vahetus läheduses, Vastseliinast 6,5 km edelas, Vastseliina vallas Paloveere külas. Paloveere maardla jääb 2008. aasta geoloogilise kaardistamise

välitööde käigus kolme puuraugu põhjal välja eraldatud **Katlaperä kruusa levialale**, kus kasuliku kihi keskmine paksus hinnati 9,8 meetrile, pindalaks 11,78 ha ja varu suuruseks 1096 m^3. Paloveere maardla asub glatsiofluviaalsel mõhnastikul. Maardla pindala on 9,06 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ta 455 tuhat m^3, Ra 163 tuhat m^3, Tp 41 tuhat m^3 ja Rp 61 tuhat m^3), kaasnevaks maavaraks ehitusliiv (Ta 92 tuhat m^3 ja Tp 7 tuhat m^3). Kasulik kiht on esindatud valdavalt sõreda kruusaga, mis sisaldab munakaid ja veeriseid. Veerised on valdavalt karbonaatse koostisega. Maardla äärealadel esineb keskmise- ja peeneteraline, kohati väga peeneteraline liiv. Katendi keskmine paksus on 0,3 m, kasuliku kihi keskmine uuritud paksus on 3,9 m. Kasulik kiht on osaliselt allpool põhjaveetaset. Loodusliku materjali lõimis erinevates kruusa plokkides on järgmine: veeriseid 4,6–5,4%, kruusa 34,3–34,7%, liiva 54,3–55,3%, savi- ja tolmuosakesi 5,6–5,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,3. Loodusliku materjali lõimis liivas on järgmine: veeriseid 2,4%, kruusa 21,1%, liiva 68,7%, savi- ja tolmuosakesi 7,8%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,9. Maardlal asub Paloveere kruusakarjääri mäeeraldis – seni pole mäeeraldiselt kaevandatud.

Põdrametsa kruusamaardla (registrikaart 0866; Jürgenson 2009) asub kaardilehe lääneosas Võru vallas Meeliku külas glatsiofluviaalse geneesiga mõhnastikul. Maardla pindala on 0,99 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ta 18,5 tuhat m^3), kaasnevateks maavaradeks ehitusliiv (Ta 8 tuhat m^3) ja täiteliiv (Ta 2 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab valdavalt peeneteralise liiva vahekihtidega veeristega kruusa lasund. Kasuliku kihi paksus varieerub 1,0–3,9 m (keskmiselt 2,6 m), kattekihi paksus 0,4–0,7 m (keskmiselt 0,45 m). Maardlal asub Põdrametsa kruusakarjääri mäeeraldis. 2015. aastal kaevandati Põdrametsa maardlast 3,5 tuh. m^3 ehituskruusa.

Püssapalu kruusamaardla (registrikaart 0661; Barankina, Jürgenson 1979) asub kaardilehe edelaosas, Rõuge vallas, Rõuge asulast 3,0 km kirdes. Maardla asub Haanja kõrgustiku glatsiofluviaalse geneesiga sanduritasandikul (joonis 4.7; fotod 4.9 ja 4.10). Maardla pindala on 196,27 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ta 2806,6 tuhat m^3, Ra 1793,0 tuhat m^3 ja Tp 32 tuhat m^3), kaasnevateks maavaradeks ehitusliiv (Ta 1186,9 tuhat m^3, Ra 9928 tuhat m^3, Tp 22 tuhat m^3 ja Rp 4594 tuhat m^3) ja täiteliiv (Ta 137 tuhat m^3). Kasuliku kihi moodustab eriteralise liiva vahekihtidega veeriste ja munakatega kruusa lasund. Veerised on valdavalt karbonaatse koostisega. Loodusliku materjali lõimis erinevates kruusa plokkides on järgmine: veeriseid 0,0–38,3%, kruusa 24,5–68,33%, liiva 28,64–66,6%, savi- ja tolmuosakesi 2,6–10,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,8–2,4. Loodusliku materjali lõimis erinevates liiva plokkides on järgmine: veeriseid 0,0–1,7%, kruusa 4,2–28,8%, liiva 64,6–89,0%, savi- ja tolmuosakesi 3,1–9,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,2–2,0. Maavarad jäävad osaliselt põhjaveetasemest madalamale. Kattekihi (paksus kuni 1,0 m) moodustab liivakas kasvukiht, lamami liivsavi- ja saviliivmoreen. Maardlal asub 8 mäeeraldist. 2015. aastal kaevandati Püssapalu maardla karjääridest 78,4 tuh. m^3 ehituskruusa ja 0,2 tuh. m^3 ehitusliiva.



Joonis 4.7. Püssapalu kruusamaardla varjutatud reljeefi kaardil (Maa-ameti kaardiserver).

Figure 4.7. Püssapalu gravel deposit on the shaded topography map (Land Board map server).

Saarde kruusamaardla (registrikaart 0868; Põldvere 2009) asub kaardilehe kaguosas, Vastseliina asulast 4 km kagus, Vastseliina vallas Saarde külas. Saarde maardla asub liustikujõelise tekkega mõhnastiku lääneservas (foto 4.11), kus veeriselise kruusa ja kruusaka liiva lasundit katab tüse moreenikiht (3,6–5,2 m). Maardla pindala on 5,91 ha, põhimaavaraks ehituskruus (Ta 343,3 tuhat m^3), kaasnevaks maavaraks ehitusliiv (Ta 159,3 tuhat m^3). Kasulik kiht (keskmiselt 9,4 m) jääb põhjaveetasemest kõrgemale. Loodusliku materjali keskmine lõimis kruusa plokis on järgmine: kruusa 40,3%, liiva 51,7%, savi- ja tolmuosakesi 8,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 2,3. Loodusliku materjali keskmine lõimis liiva plokis on järgmine: kruusa 19,1%, liiva 72,5%, savi- ja tolmuosakesi 8,4%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,9. Maardlal asub Saarde kruusakarjäär. 2015. aastal kaevandati Saarde maardlast 28,8 tuh. m^3 ehituskruusa ja 7,7 tuh. m^3 ehitusliiva.

Püssapalu perspektiivala (Barankina, Jürgenson 1979) ümbritseb Püssapalu kruusamaardlat, valdavalt Rõuge–Verijärve ja Rõuge–Vastseliina maanteede vahele jääval alal. Kasuliku kihi moodustab eriteralise liiva vahekihtidega veeriste ja munakatega kruusa lasund. Kasuliku kihi keskmine paksus on 10,0 m ning kattekihi paksus kuni 1 m. Ala suurus on 67,35 ha ning kruusa prognoosvaru (P) on 6735 tuhat m^3. Loodusliku materjali keskmine lõimis kruusas on järgmine: kruusa 27,7%, liiva 62,3%, savi- ja tolmuosakesi 10,0%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,8. Kaasnevaks maavaraks on liiv, mille plokid jäävad

Rõuge–Verijärve maanteest põhja poole. Liiva prognoosvaru (P) on 846 tuhat m^3. Loodusliku materjali keskmine lõimis liivas on järgmine: kruusa 1,9–6,6%, liiva 85,9–90,7%, savi- ja tolmuosakesi 7,5%, väljasõelutud liiva peensusmoodul 1,4–1,6.

SAVI

Võru kaardilehel asub üks perspektiivala (Võru).

Võru perspektiivala (Vaganova, Shasherova 1955) asub Võru linna lähedal loodes. Savi perspektiivala koosneb neljast erineva kategooriaga alast. C_2 kategooria varuala pindala on 40,4 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 5,3 meetrit, varu suurus on 2887,7 tuhat m^3. C_1 kategooria varuala pindala on 10,52 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 3,2 meetrit, varu suurus on 507,6 tuhat m^3. B kategooria varuala pindala on 11,9 ha ja varu suurus on 395,1 tuhat m^3. A kategooria varuala pindala on 8,06 ha, kasuliku kihi keskmine paksus 5,2 meetrit, varu suurus on 377,9 tuhat m^3. Materjal sobiks keraamiliste plaatide ja telliste valmistamiseks.

Foto 4.1. Tabina II liivakarjäär Imara-Tabina tehnoloogilise liiva maardlas.
Photo 4.1. Tabina II sand quarry in Imara-Tabina technological sand deposit.

Foto 4.2. Kaku liivakarjäär Kaku tehnoloogilise liiva maardlas.
Photo 4.2. Kaku sand quarry in Kaku technological sand deposit.

Foto 4.3. Holsta liivakarjäär.
Photo 4.3. Holsta sandpit.

4.4. Juraski liivakarjäär.
4.4. Juraski sandpit.

4.5. Liiva liivakarjäär.
4.5. Liiva sandpit.

Foto 4.6: Loosi liivakarjäär.
Photo 4.6. Loosi sandpit.

Foto 4.7. Vatsa liivakarjäär.
Photo 4.7. Vatsa sandpit.

Foto 4.8. Jaani kruusakarjäär.
Photo 4.8. Jaani gravel pit.

Foto 4.9: Püssapalu kruusamaardla.
Photo 4.9. Püssapalu gravel deposit.

Foto 4.10: Utessuu liivakarjäär Püssapalu kruusamaardlas.
Photo 4.10. Utessuu sandpit in Püssapalu gravel deposit.

Foto 4.11: Saarde kruusakarjäär.
Photo 4.11. Saarde gravel pit.

5. GEOFÜÜSIKALISED VÄLJAD

Võru kaardilehe (5422) piires pole gravitatsioonivälja pindalalist kaardistamist (mõõtkavas 1:50 000) tehtud. Aluspõhja reljeefi ning mattunud orgude täpsustamiseks tehti 2008. aastal (All jt 2008) raskuskiirenduse mõõdistamise marsruute ligikaudu 215 jooksva kilomeetri ulatuses (mõõtepunktide vahemaa peamiselt 100 m). Väljaeraldatud raskuskiirenduse anomaaliate kontrolliks ja geoloogilise läbilõike täpsustamiseks rajati 48 vertikaalse elektrilise sondeerimise punkti. Raskuskiirenduse mõõdistamistel lähtuti riiklikust gravimeetrilisest tasemest GV-EST95. Uuringumarsruutide planeerimisel lähtuti olemasolevast faktilisest materjalist, eelkõige varasemast 1:200 000 aluspõhja geoloogilisest kaardist. Kontrolliti kõiki 1:200 000 kaardistamise käigus välja eraldatud mattunud orge ning ka kaasaegses reljeefis jälgitavaid ürgorge. Avastatud raskuskiirendusanomaaliaid püüti jälgida kas varem väljaeraldatud mattunud orgude piires või siis eeldatavas kulgemissuunas. 2008. a koostatud geofüüsikaliste tööde aruanne on allalaaditav aadressilt http://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/Geoloogilise_baaskaardi_Voru_(5422)_lehe_geofyysikalised_uuringud.pdf

Elektromeetrilisi uuringuid mattunud orgude selgitamiseks tööpiirkonnas varem tehtud ei ole. Varasemalt on raskuskiirenduse anomaaliate uuringuid teostatud kaardilehe piires aastatel 1987–1989. Veevarustuse geoloogiliste uuringute käigus (Kuptsov jt 1989) rajati 7 gravimeetrilist uuringumarsruuti kogupikkusega ligikaudu 40 jooksvat kilomeetrit (mõõtepunktide vahemaa 100 m) Võru linnas ja selle lähiümbruses. Tööde eesmärgiks olid vesivarustuse seisukohalt olulised geoloogilised struktuurid, eelkõige mattunud orgude uurimine.

Varasemate tööde käigus väljaeraldatud mattunud orud leidsid 2008. a uuringutega osaliselt kinnitust, kuid nende täpse konfiguratsiooni ja ulatuse selgitamiseks on vajalikud täiendavad uuringud. Seni teadmata, oletatav mattunud org, avastati kaardilehe põhjaosas, kus ta kulgeb Lasva asulast põhja suunas. Selgus, et gravimeetrilise ja elektromeetrilise meetodi kombinatsioon töötas püstitatud ülesande lahendamisel hästi kaardilehe põhja- ja kaguosas, kus reljeef on suhteliselt tasasem ning kvaternaarisetete üldine paksus suhteliselt väike. Kaardilehe edelaosas, keerulise reljeefi ja paksu settekattega alal, on tulemuste interpreteerimine komplitseeritud.

Seoses eelmise sajandi teisel poolel Ida-Euroopa platvormil teemantide suhtes perspektiivsete kimberliittorude avastmisega teostati aastatel 1987-1992 Eesti mandriosas detailne suuretäpsuseline aeromagnetomeetriline kaardistamine (Metlitskaja ja Papko, 1992; Boiko, 1991, Stepanov jt., 1992). Mõõdistamisteks kasutati prooton pretsessioon magnetomeetreid MMC-215 ning kvantmagnetomeetreid MM-305, täpsusega 1-3 nT. Töid teostasid Venemaa geoloogia ettevõte “Nevskgeologija” ja Valgevene geoloogiateenistus “Belorusgeologija”. Kimberliitide suhtes perspektiivseid anomaaliaid kontrolliti hiljem maapealsete töödega ning analüüsiti nende võimalikke seoseid erinevate ergastajatega. Tulemused viitasid, et enamus ligi 400 avastatud lokaalsest magnetanomaaliast on seotud kas tehisobjektidega või Kvaternaari setete muutlikkusega.

Võru lehe magnetiliste anomaaliate kaart on koostatud Boiko ja Stepanovi (Boiko 1991; Stepanov jt, 1992) juhitud ekspeditsioonide andmete alusel. Andmeid on modifitseeritud lähtuvalt kehtivast kaardistamisjuhendist, muutmata seejuures eelnimetatud autorite interpretatsioonimudelit või sageduste filtrit.

Raskusjõu- ja magnetvälja anomaaliad, anomaaliate omavahelised suhted ning väljamuster peegeldavad peamiselt kristalse aluskorra ehitust. Kuna raskusjõuvälja kaardistamise peamiseks eesmärgiks oli mattunud orgude kaardistamine, siis on uuringuvõrk valitud selliselt, et raskusjõuvälja anomaalsed efektid peegeldavad eelkõige settelise pealiskorra ja kvaternaarisetete ehituse ja paksuse anomaaliaid. Viimasel juhul on tegemist raskusjõuvälja kõige lühema lainepikkusega anomaaliatega. Eraldamaks raksukiirenduse lokaalsete anomaaliate seast just pealiskorra struktuursetest iseärasustest tingitud anomaaliaid, kõrvutati kõnealust kaarti aeromagnetiliste anomaaliate kaardiga. Kuivõrd magnetilised anomaaliad on praktiliselt eranditult tingitud aluskorra ehitusest ning selle pealispinna reljeefist, siis välistab harmoneeruvate magnet- ja raskuskiirendusanomaaliate esinemine üldjuhul seose pealiskorra ehitusega.

KASUTATUD MATERJALID

Aasmaa, E. 1973. Võru Metsamajandi Kubja Metskonna Valsiniidu-Puura-Puussepa tee projekt nr. 736. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituudi Spetsiaalne Konstrueerimise Büroo, MMF F3/24-4/524, 50 lk.

Ainsoo, P. 1977. Võru Metsamajandi Kubja metskonna metsa maaparandusprojekt TTP nr.443. RPUI „Eesti Maaparandusprojekt" Töö nr. 56212, Võru rajoon, MMF F3/24-4/527.

All, T, Gromov, O, Karimov, M. 2008. Geoloogilise baaskaardi Võru (5422) lehe geofüüsikalised uuringud. Tallinn, EGF 8031, 33 lk.

Arold, I. 1979. Haanja kõrgustiku geomorfoloogiast ja maastikest. Rmt. Raukas. A. (toim.). Eesti NSV saarkõrgustike ja järvenõgude kujunemine. Tallinn, 66–87.

Arold, I. 1991. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli Geograafia Instituut, Tartu Ülikooli Kirjastus, 220 lk.

Arold, I. 2005. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu Ülikooli geograafia instituut, 453 lk.

Barankina, I. 1985. Aruanne liivade eeluuringu tulemustest Kakku maardlas tehasele Võrukivi. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4146, 199 lk.

Barankina, I., Jürgenson, V. 1979. Aruanne kruusliiva eeluuringu tulemustest Abissaare, Sulbi, Püssipalu, Leppoja maardlas. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3582, 114 lk.

Barankina, I., Valt, E., Põllumäe, M. ja Jürgenson, V. 1976. Aruanne kruusliiva otsingutest ja uuringust Võru ja Põlva rajoonis. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3394, 182 lk.

Boiko, N. 1991. Otčet o rezultatah aèromagnitnoj sjemki, provedennoj partiej 6 aerogeofizičeskoj ekspedicii 33 v 1988-1990 godah na južnom sklone Baltiiskogo čcita po geologičeskomu zadaniju 33/6-16-1//2. Nevskgeologia, EGF 4449, 172 lk.

Brutus, A., Grünberg, R., Liiber, U., Otsa, A., Soa, K. 1986. Ida-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4193, 1843 lk.

Donner, J. 1995. The Quaternary History of Scandinavia. Cambridge University Press, 210 pp.

Eichenbaum, A., Grünberg, R. 1984. Ida-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4079.

Gibbard P., Kolfschoten T. 2004. The Pleistocene and Holocene epochs. Gradstein, F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G. (eds) A geologic time scale 2004. Cambridge University Press, Cambridge, 441–452.

Grünberg, R. 2005. Vatsa maaüksuse geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7666, 14 lk.

Grünberg, R. 2007. Liiva varu geoloogiline uuring Vastseliina vallas Holsta uuringuruumis. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7869, 16 lk.

Grünberg, R. 2009. Liiva varu geoloogiline uuring Vastseliina vallas Puutli uuringuruumis. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8150, 13 lk.

Grünberg, R. 2011. Liiva varu geoloogiline uuring Võru vallas Vatsa II uuringuruumis. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8349, 15 lk.

Hang, E., Lepasepp, V. 1961. Haanja ja Otepää kõrgustiku geomorfoloogiast. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi Uurimused, Antropogeeni geoloogia, 7, 69–76.

Jürgenson, V. 2005. Aruanne Jaani kruusa uuringualal tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 7653, 16 lk.

Jürgenson, V. 2007. Aruanne Loosi uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 7848, 21 lk.

Jürgenson, V. 2009. Aruanne Võrumaal Imara-Tabina liivamaardla Tabina III uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 7990, 29 lk.

Jürgenson, V. 2009. Aruanne Võrumaa Põdrametsa kruusa uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 8116, 18 lk.

Jürgenson, V., Valling, V. 2010. Aruanne Võrumaal Imara-Tabina liivamaardla Tabina IV uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 8275, 30 lk.

Jürgenson, V., Valling, V. 2011. Aruanne Võrumaal Räpo uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. J. Viru Markšeideribüroo, Tallinn, EGF 8364, 18 lk.

Kajak, K. 1962. Kagu-Eesti geoloogiast sügavpuurimise andmeil. Kaljo, D., Männil, R. (toim) Geologija paleozoja. ENSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi Uurimused X, Tallinn, 33–40.

Kajak, K. 1999. Eesti kvaternaarisetete kaart 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 50 lk.

Kajak, K., Kajak, H., Kivisilla, J., Pastuhova, A., Petersell, V., Puura, V., Saadre, T., Remmel, P. 1974. Otčet Južno Estonskogo otrjada o kompleksnoj geoloog-gidrogeologičeskoj sjemke m-ba 1:200 000 jugo-vostocnoj časti Estonii i zapadnoi okrainj Pskovskoj oblasti (list O-35-XVI) za 1970 – 1973 g. Geoloogia Valitsus, EGF 3303, 294 lk.

Kajak, K., Kajak, H., Kivisilla, J., Puura, V., Sarapik, J., Tsheban, E., Gromov, O. 1975. Lõuna-Eesti Rühma aruanne komplekssest geoloogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:200 000 kaardilehe O-35-XXII lõunaosa territooriumil (Aluksne, Misso, Katshanovo ümbruses) 1974.–1975.a. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3376, 212 lk.

Kajak, K., Kala, E., Koppelmaa, H., Perens, H., Põldvere, A., Raudsep, R., Savitskaja, L., Vingisaar, P., Perens, R. 1992. Eesti geoloogiliste kaartide (mõõtkava 1:50 000) tugilegendid. EGF, 4615.

Kalm, V., Kirs, J., Kirsimäe, K., Kurvits, T. 1999. Mineraalid ja kivimid. Tartu Ülikooli Geoloogia instituut, 94 lk.

Kalm, V. 2006. Pleistocene chronostratigraphy in Estonia, southeastern sector of the Scandinavian glaciation. Quaternary Science Rewievs, 25, 960–975.

Karukäpp, R. 1997. Gotiglatsiaalne morfogenees Skandinaavia mandriliustiku kagusektoris. Doktoritöö. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 180 lk.

Kattai, V., Rannik, E. 2007. Kääpa liivamaardla Tilsipalu uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (Varu seisuga 01.07.2007). OÜ Inseneribüroo STEIGER, Tallinn, EGF 7896, 20 lk.

Kattai, V., Killing, M., Kotenjov, R. 2007. Võru maakonna Vastseliina valla Halla uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne. OÜ Inseneribüroo STEIGER, Tallinn, EGF 7851, 21 lk.

Keero, A. 1975. Võru Metsamajandi Kubja metskonna Puura vahtkonna kordoni juurdepääsutee projekt M-174 töö nr. 985. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeeriumi Võru Metsamajand, MMF F3/24-4/525, 20 lk.

Kerov, A. 1968. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna Haava vahtkonna tee projekt nr. 434. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeeriumi Tehnilise Ökonoomika Uurimise Laboratoorium, Tallinn, MMF F3/24-11/562, 58 lk.

Kerov, A. 1968. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna Saarde-Laagri metsatee projekt nr. 435. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeeriumi Tehnilise Ökonoomika Uurimise Laboratoorium, Tallinn, MMF F3/24-11/563, 76 lk.

Kiin, T. 1975. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi Kääpa asula mineraalväetiste ladu 1000 tonni. 275432. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Kink, H. 2006. Veeobjektid „Eesti ürglooduse raamatus“. Raukas, A. (toim). Tallinna Tehnika Ülikooli Geoloogia Instituut, Tallinn, 108–114.

Kleesment, A., Mark-Kurik, E. 1997. Devonian. Lower Devonian. Middle Devonian. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 107–121.

Klimenko, V., Võsa, A., Ermann, M., Lepp A. 1995. Harju-, Hiiu-, Jõgeva-, Järva-, Lääne-Viru-, Põlva-, Rapla-, Saare-, Valga-, Viljandi- ja Võrumaa turbatootmisalade jääkvaru määramine. Võru maakonna Pindi turbamaardla tootmisala jääkvaru määramise aruanne. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 5304, 19 lk.

Koistinen, T., Laitakari, I., Virransalo, P., Korsman, K., Puura, V., Vaher, R., Klein, V., Niin, M., Koppelmaa, H., Tikhomirov, S., Amantov, A., Savitsky, A., Saltykova, T., Janovskiy, A. 1994. Precambrian basement of the Gulf of Finland and surrounding area, 1:1 000 000. Koistinen, T. ed. 1996. Explanation to the map of Precambrian basement of the Gulf of Finland and surrounding area 1:1 mill. Geological Survey of Finland Special Paper, 21, 141 pp.

Kosk, A., Leshtshinskaja, L., Otsa, A., Raudsepp A. 1980. Lõuna-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3728, 60 lk.

Kongo, U. 1966. Võru Metsamajandi Kubja metskonna Kubja-Vagula metsatee ehituse projekt nr. 643 (6633). ENSV PT ja VM Võru Maaparanduse Valitsuse projekteerimisgrupp, MMF F3/24-4/522, 21 lk.

Kotenjov, R., Kattai, V. 2008. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu VI uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.01.2008). OÜ IB Steiger, Tallinn, EGF 7979, 26 lk.

Kukk, M. 2012. Aruanne Paloveere uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. Mäebüroo Nord OÜ, Tallinn, EGF 8479, 13 lk.

Kukk, M. 2014. Aruanne Loosi liivamaardla Loosi IV uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta. Mäebüroo Nord OÜ, Tallinn, EGF 8595, 16 lk.

Kuptsov, A., Filatov, V., Ploom, K. 1989. Põhjavee otsingud ja eeluuring Võru linna veevarustuseks. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4361, 200 lk.

Kääpakaust, J. 1972. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna Lindora ja Tabina vahtkonna metsatee projekt nr. 790. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeerium, MMF F3/24-11/564, 22 lk.

Liibert, S., Karimov, M. 2011. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu VII uuringuruumi geoloogiline uuring Võrumaal. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 8326, 12 lk.

Liivrand, E. 1991. Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic region. Stockholm University, Deparment of Quaternary Research, Report 19, 114 pp.

Liivrand, E. 2008. Succession of the stratigraphical units of the Upper Pleistocene in Estonia. In: Hints, O., Ainsaar, L., Männik, P., Meidla, T. (eds). The Seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts and Field Guide. Geological Society of Estonia, Tallinn, 42.

Luuk, O. 1989. Võru EPT viilhall-töökoja juurdeehitus. 289410. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Maa-amet 2015. Juhend Eesti geoloogiliseks digitaalkaardistamiseks mõõtkavas 1:50 000 (versioon 2.4). Maa-amet, 145 lk.

Niin, M. 1997. Svecofennian granitoids of the crystalline basement of Estonia: classification on the basis of geological structure, mineral and chemical composition. Bulletin of the Geological Survey of Estonia, 7/1, 4–40.

Nõmme, K. 1960. Võru tööpiirkonna nr. 3 teostatud eelluure ja luuretööde tulemustest. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 1730, 446 lk.

Ong, H., Kirsimägi, U., Ristna, M. 2007. Emajõe-Võhandu alamvesikonna vee- ja kanalisatsioonirajatiste rekonstrueerimine ja laiendamine Võru ja Antsla linnas. Osa 1. Võru linn. Alus-Geoloogia, Tartu, 391-06-P.

Orru, M. 1995. Eesti turbasood. Teatmik. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 212–223.

Orru, M., Kukk, M., Allikvee, H. 1976. Võru rajooni turbamaardlate otsingulis-uuringuliste tööde aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 5167, 401 lk.

Orru, M., Allikvee, H., Kukk, M., Viigand, A. 1976. Põlva rajooni turbamaardlate otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 5172, 304 lk.

Orru, M., Shirokova, M., Veldre, M., Halliste, L. 1987. Aruanne turbavarude kompleksse kasutamise uuringutest Viljandi, Valga, Võru ja Põlva rajoonis. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 5246, 72 lk.

Paasikivi, L. B. 1955. Geologičeskoe stroenie Haanjasko-Loknovskogo podnjatija, raspoloženogo na južnom sklone Baltijskogo ščita Russkoj platformy. (Rezul'taty burenija 1950–1954 gg.). O-35-XXII, VNIGRI, CZGU, 100 c.

Pender, T. 1988. Võru rajooni „Oktoobri Lipp" kolhoosi 2 8-krt. ridaelamut ja välisvõrgud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 288408, 288409, 288410. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Pender, T. 1989. Võru kolhoosi saeveski. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 289423. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Pender, T. 1989. Võru kolhoosi ühepereelamud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 289417. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Pender, T. 1990. Võru EPT spordihoone. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 290401. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Pender, T. 1990. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi ridaelamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 290405. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Pender, T. 1990. Võru rajooni Võru kolhoosi Puiga katlamaja juurdeehitus. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 290410. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Perens R. ja Vallner L., 1997. Waterbearing formation. Raukas A. ja Teedumäe A. (eds). Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers. Tallinn, 137–144.

Perens, R. 2001. Eesti põhjavee kaitstuse kaart 1:400 000. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 7120, 47 lk.

Perens R., 1998. Eesti hüdrogeoloogiline kaart mõõtkavas 1:400 000. Seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 40 lk.

Perens, R., Savitski, L., Savva, V., Jaštšuk, S., Häelm, M. 2012. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine ja põhjaveekogumite hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 8450, 590 lk.

Petrov, L. S., Aleksandrova, E. P. 1953. Tektonika i neftegazonosnost' Severa i Severo-Zapada Russkoj platformy. (Novye dannye za 1952 g.) O-35-XXII, VNIGRI, VGF,CZGU, 115 c.

Pirrus, R., Raukas. A. 1996. Late-Glacial Stratigraphy in Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology 45, 34–35.

Polikarpus, M., Lemberpuu, A. 2015. AS Võru Vesi poolt Võru linnas kasutatavate põhjaveevarude ümberhindamine. OÜ Ringtale, Tartu, 53 lk.

Punning, J-M. 1968. Primenenie radiouglerodnogo metoda dlja izučenija istorija pokrovnogo oledenenija v verhnem pleistocene I evolucija drevnebaltijskih vodoemov v rannem I srednem golocene na territorii Pribaltiki. Avtoreferat kand. diss. AN ESSR, Tallin, 25.

Puura, V., Huhma, H. 1993. Palaeoproterozoic age of the East Baltic granulite crust. Precambrian Research, 64, 289–294.

Puura, V., Vaher, R., Klein, V., Koppelmaa, H., Niin, M., Vanamb, V., Kirs, J. 1983. The crystalline basement of Estonian territory. Nauka, Moskva, 208 lk.

Põldvere, A. 1999. Liiva ja kruusa hinnang Lasva piirkonnas. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 6179, 32 lk.

Põldvere, A. 2006. Hedovana uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7767, 24 lk.

Põldvere, A. 2006. Kivi 6 uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7824, 23 lk.

Põldvere, A. 2006. Kivi uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7758, 24 lk.

Põldvere, A. 2006. Põlluhillepi uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7821, 25 lk.

Põldvere, A. 2006. Viljahillepi uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7823, 23 lk.

Põldvere, A. 2007. Hansi uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 7859, 38 lk.

Põldvere, A. 2008. Püssapalu kruusamaardla Utessuu uuringuruumi liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8017, 12 lk.

Põldvere, A. 2008. Püssapalu kruusamaardla Rasva uuringuruumi liiva ja kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8057, 18 lk.

Põldvere, A. 2009. Saarde uuringuruumi kruusa ja liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8130, 14 lk.

Põldvere, A. 2012. Puiga uuringuruumi liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8402, 15 lk.

Põldvere, A. 2013. Johanimetsa uuringuruumi liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8489, 13 lk.

Põldvere, A. 2015. Nogopalu VIII uuringuruumi kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8634, 20 lk.

Põldvere, A., Rohtla, R. 2014. Holsta III uuringuruumi kruusa varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8564, 14 lk.

Ramst, R. 1982. Valga, Võru ja Põlva rajooni järvede sapropeelide otsingulis-hinnangulise uuringu aruanne. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 5208.

Raukas, A. 1978. Eesti NSV Pleistotseeni setted. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn, Valgus, 310 lk. (Vene keeles).

Raukas, A., Kajak, K. 1995. Quaternary stratigraphy in Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology, 44/3, 149–162.

Raukas, A., Karukäpp, R. 1979. Eesti liustikutekkeliste akumulatiivsete saarkõrgustike ehitus ja kujunemine. Raukas. A. (toim) Eesti NSV saarkõrgustike ja järvenõgude kujunemine. Eesti Loodusuurijate Selts Eesti NSV Teaduste Akadeemia juures, Tallinn, Valgus, 9–28.

Raukas, A., Saarse, L., Veski, S. 1995. A new version of the Holocene stratigraphy in Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology, 44, 4, 201–210.

Rohtla, R. 2010. Loosi III uuringuruumi kruusa ja liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8235, 15 lk.

Rohtla, R. 2010. Umbsaare uuringuruumi liiva varu geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu, EGF 8271, 12 lk.

Saarse, L. 1994. Donnye otloženija malyh ozer Estonii. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn, 230 lk.

Savitskaja, L. 1992. Eesti põhjavee kaitstuse ja antropogeense koormuse kaardi (mõõtkava 1:50 000) tugilegend. Eesti Geoloogiakeskus,Tallinn, EGF 4615.

Sildvee, H., Vaher, R. 1995. Geologic structure and seismicity of Estonia. Proceedings of the Estonia Academy of Sciences, Geology, 44/1, 15–25.

Sildvee, H., Vaher, R., Klein, V., Paesalu I. 1990. Izutshit' geologo-geofizitsheskimi metodami stroenie i dinamiku osadočnogo čehla i kristalličeskogo fundamenta, ocenit' ih minerageničeskij potencial v Severnoj Pribaltike. Otčet po podzadaniju: sostavit kartu seismotektoničeskogo rajonirovanija Severnoj Pribaltiki. Akademija Nauk Èstonii, Institut Geologii. EGF 4557, 107 lk.

Sinisalu, R. 2006. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu III uuringuruumi geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 7786, 10 lk.

Sinisalu, R. 2006. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu IV uuringuruumi geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 7802, 10 lk.

Sinisalu, R. 2008. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu V uuringuruumi geoloogiline uuring. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 7980, 13 lk.

Sinisalu, R. 2013. Juraski maa-ainese karjääro mäeeraldise täiendav geoloogiline uuring Võrumaal. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 8463, 9 lk.

Sinisalu, R., Viru J., Räägel V., Kalkun M., Lokk U. 1996. Imara-Tabina liivaleiukoha geoloogilisest uurimisest. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 5318, 38 lk.

Sinisalu, R., Liibert, S., Koppel, P. 2014. Juraski liivamaardla Juraski II uuringuruumi geoloogiline uuring Võrumaal. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 8570, 10 lk.

Soa, K., Sinisalu, R., Grünberg, R., Haamer, R., Liiber, U., Valdna, L., Rooma, A., Kajak, M., Türk, M. 1986. Eesti NSV liiva- ja kruusliiva karjääride geoloogiline teenindamine 1986.a. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4256, 954 lk.

Soa, K., Grünberg, R., Haamer, R., Liiber, U., Rooma, A. 1988. Ida-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. X köide. Geoloogia Valitsus, Tartu, EGF 4286, 65 lk.

Soesoo, A., Puura, V., Kirs, J., Petersell, V., Niin, M., All, T. 2004. Outlines of the Precambrian basement of Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology, 53, 149–164.

Suits, L. 1977. Võru rajooni Väimela N. Sovhoostehnikumi katlamaja. Geoloogilise uurimistöö aruanne. 277234. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Stepanov, I. Boiko, N. Smirnov, A. Neratov, M. 1992. Otčet o rezultatah aéromagnitnoj sjemki, provedennoj partiej 6 RGETS v 1991 godu v centralnoi i Jugo-vostočnoi Èstonii po dogovoru s Èstonskim geologičeskim centrom. Nevskgeologia, EGF 4576, 53 lk.

Struckmeier W. F. ja Margat J., 1995. Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend. International Association of Hydrogeologists. Hannover, 177 lk.

Suuroja, K. 1997. Eesti aluspõhja geoloogiline kaart mõõtkavas 1:400 000. Seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus, 60 lk.

Svendsen, J. I., Alexanderson, H., Astakhov, V. I., Demidov, I., Dowdeswell, J. A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H. W., Ingólfsson, Ó., Jakobsson, M., Kjær, K. H., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J. P., Lyså, A., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L,. Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M. J., Spielhagen, R. F., Stein, R. 2004. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. Quaternary Science Reviews, 23, 1229–1271.

Tallinn, K. 1960. Aruanne geoloogiliste luuretööde tulemustest Võlsi savimaardlal. Geoloogia Valitsus, Rutiku, EGF 1522, 88 lk.

Tallinn, K. 1963. Joosu raskeltsulavate savide maardla geoloogiliste uurimistööde aruanne. Laboratornye ispytanija syrja Joosu (Estonskaja SSR). Geoloogia Valitsus, EGF 2047, 282 lk.

Tallinn, K. 1991. Põlva rajooni Joosu maardla (lõunaosa) savide järeluuring, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, EGF 4475, 181 lk.

Tassa, V., Ploom, K. 1992. Võru mineraalvee otsingu-ja eeluuringu aruanne. Eesti Geoloogiakeskus, Keila, EGF 4563, 45 lk.

Tolk, V. 1989. Aruanne Karjamäe ja Laane maardlate eeluuringutest Võru rajoonis. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4362, 110 lk.

Toom, A., Treufeldt, J. 2002. Geoloogiline uuring Võru Teedevalitsuse Nogopalu karjääri laiendamiseks. AS Teede Tehnokeskus, Tallinn, EGF 7435, 9 lk.

Trashtshevski, G., Jushkevitsh, V. jt 1964. Aruanne komplekssest geoloogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:200 000 lehe O-35-XXI lõunapoolse osa territooriumil. ENSV Geoloogia Komitee, EGF 2227, 414 lk.

Truu, M., Erg, K., Perens, R., Kebbinau, K., Lelgus, M., Savva, V., Kuusik, J., Tarros, S. 2016. Eesti riikliku keskkonnaseire põhjaveekogumite seire 2015. a aastaaruanne. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 225 lk.

Tšeban, E., Suuroja, K. 1975. Otčet po poiskam mineralnõh vod v g.Võru. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3358, 41 lk.

Vallner, L. 2002. Eesti hüdrogeoloogiline mudel. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus OÜ.

Vaganova, Z., Shasherova, J. 1955. Aruanne tellisesavide geoloogiliste uurimistööde tulemustest tehase „Võrukivi“ jaoks 1954.a. Lengeolnerud, Leningrad, EGF 474, 249 lk.

Vahtra, H. 2014. Püssapalu kruusamaardla Nogopalu kruusakarjääri jääkvaru ümberhindamise seletuskiri. Töö nr 14/1344. OÜ IB Steiger, Tarllinn, EGF 8621, 35 lk.

Valling, V. 2011. Seletuskiri Halla karjääri mäeeraldise maa-ainese varu ümberhindamise kohta. OÜ Mäemees, Tarllinn, EGF 8305, 15 lk.

Vanamb, V., Väärsi, A. 1966. Geologičeskaja karta SSSR m-ba 1:200 000.Serija Pribaltijskaja. List O-35-XXI. Geoloogia Valitsus, EGF 2998, 128 lk.

Vingisaar, P. 1983. Aruanne üldotsingute tulemustest Eestis – revisjonitöödest ehitusmaterjalimaardlates bilansi puhastamise eesmärgil 1983.a. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 4020, 69 lk.

Vingisaar, P., Tassa, V. 1973. Aruanne mineraalvee otsingutest Võru linnas. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 3247, 54 lk.

Vingisaar, P., Oraspõld, A., Einasto, R., Jürgenson, E. 1965. Karbonaatkivimite ühtne klassifikatsioon. Tallinn, 49 lk.

Vinogradov, D. 1984. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna Prantsumetsa– Holsta metsatee projekt KT-17-84 (nr. 1556). Eesti NSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku uurimise Instituudi Spetsiaalne Konstrueerimise Büroo, MMF F3/24-11/567, 36 lk.

Vinogradov, D. 1984. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna I Sõbassaare–Varespalu metsatee projekt KT-684 (1584) II Lindora-Hellekunnu metsatee projekt KT-1084 (1549). ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku uurimise Instituudi Spetsiaalne Konstrueerimise Büroo, MMF F3/24-11/568, 35 lk.

Vinogradov, D. 1985. Võru Metsamajandi Vastseliina metskonna Hinsa-Halla metsatee projekt KT-1284. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku uurimise Instituudi Spetsiaalne Konstrueerimise Büroo, MMF F3/24-11/569, 21 lk.

Vinogradov, D. 1985. Võru Metsamajandi Kubja metskonna Kirikumetsa–Soe metsatee koos teeharudega I ja II KT-2184. ENSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku uurimise Instituudi Spetsiaalne Konstrueerimise Büroo, MMF F3/24-4/526, 34 lk.

Voitka, A. 1994. Võru Teedevalitsuse Liiva karjääri jääkvaru arvutus. Võru Teedevalitsus, Võru, EGF 4818, 7 lk.

Voolma, E. 1963. Võru rajooni Kose liiva ja kruusa-liiva segu maardla detailse uurimise aruanne. Geoloogia Valitsus, Kiiu, EGF 2057, 137 lk.

Voolma, E., Jürgenson, V. 1968. Aruanne savide ja liiv-lahjendajate otsingu- ja uuringutööde läbiviimisel Pugastu ja Lasva piirkonnas Eesti NSV Võru rajoonis. Geoloogia Valitsus, Keila, EGF 2968, 319 lk.

Väärsi, A., Kajak, K., Kajak, H., Pastuhova, A., Paulman, B. 1964. Otčet Võruskoj partii o kompleksnoj geologo–gidrogeologitčeskoj s”emke masštaba 1:200 000 jugo–vostočnoj časti ESSR (severnye poloviny listov O–35–XXI, XXII). Geoloogia Valitsus, EGF, 2301.

Väli, T. 1973. Võru rajooni Lepassaare sovhoosi Otsa farm, 22421. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1974. Võru rajooni Kirovi kolhoosi Kääpa asula 12-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 24401. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1974. Võru rajooni Võru sovhoosi Puiga asula kanalisatsioon. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 24205. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi Kääpa asula kuivsilohoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 275403. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi naftasaaduste hoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 275430. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni kolhoosi „Oktoobri Lipp“ 16.-krt. Elamu, 275428. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni kolhoosi „Oktoobri Lipp“ mineraalväetiste ladu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 275411. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni Lepassaare sovhoosi 16-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 275416. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1975. Võru rajooni Võru sovhoosi 20-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 276406. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1976. Võru rajooni Võru sovhoosi mineraalväetiste ladu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 276425. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1978. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi 18-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 278418. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1978. Võru rajooni Võru sovhoosi kombainikuur. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 278402. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1979. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi 12-krt. elamu gaasihoidla ja -trassid. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 279401. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1979. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi noorkarjafarm. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 278431. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1979. Võru rajooni Võru sovhoosi kartulihoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 278422. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni „Oktoobri Lipu“ kolhoosi Sooküla sigalad. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281427. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru EPK rajoonikoondise elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281231. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni Munamäe sovhoosi farmi silohoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281403. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kartuli sorteerimishoone. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281426. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni Võru sovhoosi Kasaritsa veisefarmi II järk. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281430. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni Võru sovhoosi masinakeskuse tehnilise hoole punkt. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281410. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni Võru sovhoosi mineraalväetiste hoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281408. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1981. Võru rajooni Võru sovhoosi 18-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 281409. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1982. Võru rajooni Võru sovhoosi Kasaritsa kaalumaja. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 282423. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1982. Võru rajooni Võru sovhoosi 18-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 282421. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1982. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kartulihoidla. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 282431. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1983. Võru rajooni Kirovi nimelise kolhoosi veisefarm. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 282435. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1983. Võru rajooni Võru sovhoosi veisefarm. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 282439. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1983. Võru TREV-i 3 ühepereelamut. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 283218. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1984. Võru rajooni Kirovi nim. Kolhoosi ühepereelamud ja majandushooned Kääpa külas. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 284417/284418. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1984. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi ühepereelamud ja majandushooned. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 284411. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1984. Võru rajooni Võru sovhoosi 8-krt. ridaelamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 284425. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1984. Võru rajooni „Võit“ sovhoosi ühepereealmud ja välisvõrgud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 284413. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1984. Võru rajooni „Võit“ sovhoosi ühepereelamud ja välisvõrgud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 284414. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1985. Võru EPT Parksepa kanalisatsioon. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 285421. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1985. Võru EPT viilhall Parksepas. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 285422. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1985. Võru rajooni Kirovi nim. Kolhoosi 12-krt. elamu Kääpal. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 285405. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1985. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi 2 ridaelamut ja üheperemaja Lasval. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 285401. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1986. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kontorihoone rek. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 286428. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1986. Võru rajooni „Võit“ sovhoosi tehnilise hoolde hoone. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 286429. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1986. Võru rajooni Võru sovhoosi 12-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 286413. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1987. Võru EPT ridaelamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287418. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1987. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi Sooküla sigalad. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287436. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1987. Võru rajooni Võru sovhoosi viilhall. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287402. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1987. Võru rajooni Võru sovhoosi elamugrupi välisvõrgud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287403. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1987. Võru rajooni Munamäe sovhoosi sigala. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287429. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.
Väli, T. 1988. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi Sooküla veisefarm. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 287442. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1988. Võru rajooni „Oktoobri Lipp“ kolhoosi 2 8-krt. ridaelamut ja välisvõrgud. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 288408. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1988. Võru rajooni „Võit“ sovhoosi ühepereelamu „Peeter 2“ Vastseliinas. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 288417. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1988. Võru rajooni „Võit“ sovhoosi 12-krt. elamu. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 288414. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

Väli, T. 1990. Võru rajooni Võru kolhoosi heinaküün. Geoloogilise uurimistöö aruanne, 290403. EKE Projekt Tartu osakond, AGF.

LISA 1

VÄIMELA (49-P) PUURSÜDAMIKU KIRJELDUS

Koordinaadid: x: 6421173; y: 679079 (Maa-amet: 2015.12.03)
Suudme absoluutne kõrgus: 96,5 (Maa-amet: 2015.12.03)
Suudme absoluutse kõrguse teised määrangud: 96,8 m ja 102,1 m
Sügavus: 609,0 m
Puurimise aasta: 1947 (1952?)

SAATEKS. Väimela (49-P) puurauk on puuritud arvatavasti viiekümnendatel aastatel Üleliidulise Nafta Instituudi eestvedamisel. Originaalkirjeldus on venekeelne ja hoiul Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituudis. Kirjelduse autor on **L. B. Paasikivi** (1955). Kirjeldus on väga väärtuslik, sest välikirjeldusega koos on esitatud ka kokkuvõte mahukatest laboratoorsetest uuringutest.

Väimela (49-P) venekeelse kirjelduse tõlkis eesti keelde 2009. aastal **Kaidi Ariva**. Eestikeelses kirjelduses on säilitatud originaalkirjelduse stiil (näiteks ei ole täpsustatud savikate kivimite tüüpe, kivististe nimetusi, klassifikatsioonide termineid) ning märkused omaaegse stratigraafia ja muude tähelepanekute kohta (tekstid vähendatud kirjas).

Originaalkirjelduse koostamise ajal oli ettekujutus Eesti geoloogiast tänapäevasest erinev. Kirjelduses esitatud nummerdatud kivimikihtide põhjal ei ole mitmes läbilõike osas võimalik määrata tänapäevaseid krono- ja litostratigraafia üksuste piire täpselt. Piiride määramiseks vajalik info ei ole küllaldane. Neil juhtudel on stratigraafia terminitel vaid orientiiri väärtus.

Stratigraafiliste üksuste piire on interpreteeritud 2009. aastal ja need on lisatud kivimi kirjelduste vahele koos andmetega sügavuse ja puursüdamiku väljatuleku kohta. Devoni stratigraafia osas on arvestatud **Anne Kleesmendi** poolt määratud piire (Kleesment, Kurik 1997). Ordoviitsiumi stratigraafia piiritles **Anne Põldvere**. Vendi ja Kambriumi stratigraafia piiritles **Kaisa Mens** kasutades **Enn Pirruse** 1964. aasta kirjeldust sel ajal veel säilinud puursüdamiku järgi. Lisaks on Ediacara ja Kambriumi läbilõike stratigraafilisel liigestamisel lähtutud 1973. aastal hüdrogeoloogilise rühma poolt puuritud Võru (Reedo) puurkaevu kirjeldusest (kaustik 81). Kristalse aluskorra andmed pärinevad **Mati Niinelt**.

Eestindatud kirjelduses on andmed kirjeldatud kompleksi kohta esitatud järgnevalt: kompleksi ülemise piiri sügavus – kompleksi alumise piiri sügavus meetrites (kompleksi paksus/puursüdamiku väljatulek).

PUURAUGU ASUKOHT

Petrov, L. S., Aleksandrova, E. P. 1953. Tektonika i neftegazonosnost' Severa i Severo-Zapada Russkoj platformy. (Novye dannye za 1952 g.) O-35-XXII, VNIGRI, VGF,CZGU, 115 c.

Väärsi, A., Kajak, A. 1964. Aruanne Võru rühma komplekssest geoloogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:200 000 ENSV kaguosas (lehtede O-35-XXI ja O-35-XXII põhjapoolsed osad). Geoloogia Valitsus, Eesti Geoloogiafond 2301, 352 lk.

KVATERNAAR

0,00–29,00 (29,0/0,0) Liiv, kollane, eriteraline, polümiktiline, karbonaat- ja tardkivimi veeriste ning munakatega.

DEVON 29,0–353,0 (324,0/13,67)
KESK-DEVON 29,0–322,0 (293,0/10,43)
BURTNIEKI LADE 29,0–115,0 (86,0/0,0)
BURTNIEKI KIHISTU 29,0–115,0 (86,0/0,0)
HÄRMA + KOORKÜLA KIHID 29,0–115,0 (86,0/0,0)
[Märge originaalkirjeldusest: Ülem–Devon, Subsnetogoori kiht 29,0–119,0 (90,0/0,0).]
Kiht 51
29,00–102,00 (73,0/0,0) Kvartsliivakivi, heleroosakas ja kollane, lisandina värvitu vilk (muskoviit), peeneteraline. Liivakivis esinevad kirjuvärvilised punaka pleekinud tooniga savi kihid.

Liivakivi näiv elektritakistus on 120 Ω kuni 250–300 Ω ja omapotentsiaali (ПС) kõveral negatiivne anomaalia. Savisid iseloomustab madalam takistus ja positiivne omapotentsiaali (ПС) väärtus.

Alumises osas lasuv keratekstuuriga liivakivi kiht on kõrge elektritakistusega (kuni 350 Ω), mis vastab puuraugus 61–k liivakivile sügavuses 133,5 meetrit.

ARUKÜLA LADE 115,0–207,0 (92,0/0,0)
ARUKÜLA KIHISTU 115,0–207,0 (92,0/0,0)
TARVASTU KIHID 115,0–139,0 (24,0/0,0)
Kiht 50
102,00–119,00 (17,0/0,0) Kvartsliivakivi, kollane, vilku sisaldav, kirjuvärvilise (kollakad, telliskivipunased ja sinakad) savi vahekihtidega.

Liivakivi näiv elektritakistus on 125–190 Ω, omapotentsiaali (ПС) anomaalia negatiivne. Savidel on madalam KC väärtus (umbes 60 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia positiivne.

[Märge originaalkirjeldusest: Tartu kompleks, Ülem–Tartu kompleks, 119,0–164,0 (45,0/0,0)]
Kiht 49
119,00–139,00 (20,0/0,0) Liivsavid (illiitne), kirjuvärvilised (kollane, telliskivipunane, sinakas) **kvartsliiva** (peeneteraline) vahekihtidega.

Savisid iseloomustab väike takistus (30–65 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) positiivne anomaalia, liivadel on kõrgem takistus (125–190 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) negatiivne anomaalia.

KUREKÜLA KIHID 139,0–164,0 (25,0/0,0)
Kiht 48
139,00–164,00 (25,0/0,0) Liivakate savide vaheldumine **kvartsliivaga**. Liivakas savi (illiitne) on telliskivipunane, harvem sinakate laikudega. Kvartsliiv on kollakasroosa, peeneteraline. Domineerivad savid.

Elektrikarotaaži kõvera järgi on savidel madal takistus (60–90 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia positiivne. Liivade takistus on kõrgem (150–155 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia negatiivne.

VILJANDI KIHID 164,0–207,0 (43,0/0,0)
[Märge originaalkirjeldusest: Alam–Tartu kompleks 164,0–207,0 (43,0/0,0)]
Kiht 47
164,00–207,00 (43,0/0,0) Kvartsliivakivi, roosakas ja punakas, sisaldab vilku, peene- ja keskmiseteraline. Liivakivides on 1 m ja 3–5 m paksused telliskivipunased illiitsete savide vahekihid. Läbilõikes valdab liiv.

Näiv elektritakistus kivimis võrdne umbes 150 Ω, omapotentsiaali (ПС) anomaalia negatiivne.

NARVA LADE 207,0–280,5 (73,5/9,39)
KERNAVĖ KIHISTU 207,0–231,5 (24,5/0,0)
[Märge originaalkirjeldusest: Ülem–Narva kompleks 207,0–250,5 (43,5/0,0)]
Kiht 46
207,00–213,00 (6,0/0,0) Savi, telliskivipunane sinakate laikudega, merglilaadne, illiitne, lubjakas.

Savi iseloomustab võrdlemisi madal näiv elektritakistus (60 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia on positiivne.

Kiht 45
213,00–231,50 (18,5/0,0) Vahelduvad **dolomiitne mergel** (hall ja kirju), **kirjud savid** (telliskivipunane, hallide laikudega) ja **mergel** (kohati aleuriidikas). Kihtide paksus elektrikarotaaži järgi 1–4. Kompleksi kesk- ja ülaosas esineb hall, tihe ja tugev **dolokivi** kiht, mille paksus on 1–2 m. Läbilõikes valdab mergel.

Kõrge näiv elektritakistus (alates 200 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) negatiivne anomaalia iseloomustab liivaka dolomiidi vahekihti (võimalik, et karbonaatse tsemendiga liivakivi). Madal KC (62 Ω) ja positiivne omapotentsiaali (ПС) anomaalia on omane savidele. Vahepealsed väärtused iseloomustavad merglit.

LEIVU KIHISTU 231,5–271,0 (39,5/5,79)
LEIVU KIHISTU kiht D_2 nrL_4 231,5–246,5 Anne Kleesmendi järgi
Kiht 44
231,50–245,50 (14,0/0,0) Vahelduvad **mergel ja savi.** Mergel on hall, ülemises osas kirju punakaspruunide laikudega. Savi on telliskivipunane, illiitne, lubjakas kuni dolomiidikas.

Karotaaži järgi on kihtide paksus 1–3 m. Ülaosas on 2–5 m paksune hall, liivakas, tihe ja tugev **dolokivi** kiht. Savi ja mergli omapotentsiaali (ПС) väärtused tavapärased, näiv elektritakistus savil on 80–90 Ω ja merglil umbes 150 Ω. Dolomiidi elektritakistus on kõrge (kuni 250 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia negatiivne.

LEIVU KIHISTU kiht D_2 nrL_3 246,5–256,5 Anne Kleesmendi järgi
Kiht 43
245,50–250,50 (5,0/0,0) Kvartsiitliivakivi, hall, karbonaadi ja kipsi tsemendiga (karotaaži ja puurhiiva andmete järgi).

Kivimil on näiv elektritakistus kuni 200 Ω ja terav negatiivne omapotentsiaali (ПС) anomaalia.

[Märge originaalkirjeldusest: Alam–Narva kompleks 250,5–280,50 (30,0/9,39)]
Kiht 42
250,50–256,50 (6,0/0,72) Dolomiitne lubimergel, kirju (sirelililla kuni hall punakaspruunide laikudega ja vahekihtidega, allosas punakaspruun), aleuriidi lisandiga, massiivse tekstuuriga, mikroteralise struktuuriga, tihe, kõva ja karpliku murdega. Merglist on leitud kalade fragmente.

Lahustumatu jääk merglis on 51,45%; fraktsioonid: < 0,01 mm = 50,28%, 0,01–0,1 mm = 1,15% ja 0,1–0,25 mm = 0,02%.

Põhikivimit moodustav mass koosneb pisikestest teradest (0,008–0,02 mm, harva 0,03–0,06 mm), karbonaat on sageli romboeedriline. Aleuriitne materjal (5–7%) on ühtlaselt hajutatud, koosnedes vähekulunud kvartsiteradest (68,85%; läbimõõt 0,016–0,08 mm), päevakivist (26,33%), muskoviidi lehekestest (4,65%) ja kloriidist (0,17%). Raske fraktsiooni mineraalidest esineb maakmineraale (63,57%), granaati (12,39%), tsirkooni (10,66%), rutiili (0,87%) ja turmaliini (1,49%). Väikeses hulgas esineb titaani mineraale (3,35%), raua oksiidi (3,1%) ja anataasi (0,11%). Autigeenset püriiti kohtab väikestes sfäärilistes konkretsioonides, mis on segatud orgaaniliste jäänustega (spoorid ja vetikad).
Proovid 1, 2.

LEIVU KIHISTU kiht D_2 nrL_{1-2} 256,5–271,0 Anne Kleesmendi järgi
Kiht 41

256,50–271,00 (14,5/5,07) Savi (illiitne, tumehall), **dolomiitne lubimergel** (tumehall) ja **dolomiidistunud lubjakivi** (helehall). Savi ja mergli vahekihtide paksus ulatub 0,2–0,5 m, lubjakivi vahekihtide paksus on 0,1–0,15 m. Kihtide kontaktpindade kallakus on 3–4°.

Savi on karbonaatne, suure tihedusega, rabe, massiivne (vahel ka kihiline) ja ta läheb sujuvalt üle mergliks. Kohati sisaldab savi lubjakivi mugulaid, omistades kivimile bretšalise ehituse.

Mergel on massiivne, tihe ja sageli ka pinnulise murdepinnaga ning asendub eelkõige lubjakiviga. Savis ja merglis on pisikesi värvituid vilgu lehekesi, sageli tumehalli värvi, aga vahel ilmneb neil pleekinud punakaspruune laike. Savis ja merglis esineb sageli nihkepeegleid.

Dolomiidistunud lubjakivi on väga tihe ja kõva, mikrokristalliline, suure erikaaluga, pinnulise murdepinnaga ja kihiline. Tihti on lubjakivis ja merglis väiksed kaltsiidi pesad.

Kivimis (savis ja merglis) esineb *Estheria membranacea* Pacht., *Estheria pogrebovi* Dufse. ja kalade fragmente.

Lõimise analüüsi järgi on savides lahustumatu jääk 80,86–93,86% ja fraktsioonide osakaal: < 0,01 mm = 91,79–93,72%, 0,1–0,01 mm = 0,14–0,38%. Lubjakivis on lahustumatu jääk 24,52%.

Savide uurimine õhikus näitab, et nad koosnevad pisikestest (0,008 mm) savimineraalide (illiit) lehekestest, mis on orienteeritud asetuse ja samaaegse kustumisega ristnikolites. Põhimassis on märgatav kogus hajusat väikesekristallilist epigeneetilist karbonaati. Kristallid on isomeetrilise kujuga, tihti ka romboeedrilise kujuga. Vahel moodustavad karbonaadi kristallid põhimassis kuhjeid. Savides on lisandiks aleuriitne materjal, mis koosneb vähekulunud kvartsiteradest, muskoviidi lehekestest ja kloriidist. Aleuriitne materjal on savikas massis ühtlaselt jaotunud ja moodustab peenikesi vahekihte. Mõnes savikas vahekihis esineb hajutatult raua-hüdroksiidide laike, helbeid ja terasid (0,005–0,8 mm). Terade keskosas on sageli maakmineraale.

Merglis ja lubjakivis on karbonaadikristallid suurusega 0,008–0,016 mm ning suurem või väiksem savika ainese sisaldus. Kohati esinevad suured karbonaadi kristallid (0,08 mm), mis on romboeedrilise ehitusega. Lisandiks on ühtlaselt hajutatud purdmaterjal (2–3%), kvartsi- ja päevakivi terad (0,02–0,03 mm), vilgu lehekesed ning üksikud epidoodi terad.

Kivimis on mikrofauna fragmente, ostrakoode ja kala soomuseid, musta orgaanilist ainest ja püriidi kristalle. Väga harva esineb vormituid raua hüdroksiidide laike.

Bituumeni sisaldus kivimis on tähtsusetu: 0,0025–0,005%. Bituumenist on kvalitatiivse koostise põhjal määratud МБА ja tõrva Б.А.
Proovid 3–14.

VADJA KIHISTU 271,0–280,5 (9,5/3,6)
Kiht 40

271,00–274,00 (3,0/1,5) Savi (illiitne), tumehall, karbonaatne, lisandiks värvitu vilgu väikesed lehekesed. Savi on tihe, rabe, massiivne ja ebatasase murdega. Savi vaheldub tiheda dolomiitse lubimergliga. Savi ja mergli ebatasase krobelise pinna peal on väikesed (läbimõõt 1–2 mm) bituminoosse peenekristallilise kaltsiidi pruunikaspunased koorikud. Sageli väikesed (1–2 mm) tulpjad pruunid kaltsiidikristallid täidavad väikseid tühimikke (suurus 2–3 mm), moodustades druuse ja pesi. Kaltsiidi kristallide hulgas on näha kaksikkristallide kokkukasveid.

Merglis ja savis esinevad helehallid peened (0,10–0,15 m) dolomiidistunud mikrokristallilise lubjakivi kihid. Lubjakivis esineb väikeseid kuivalõhesid. Merglis ja savis on nihkepeeglid. Kihtide kallakus mergli ja savi kontaktil on umbes 4°.Kivimis leidub pisut *Estheria membranacea* Pacht. jälgi ja kala fragmente.

Savide lahustumatu jääk on 95,25%, osakeste fraktsioonid: < 0,01 mm = 95,92%, 0,01–0,01 mm = 0,41%.

Mergli lahustumatu jääk on 59,66–65,39%, osakeste fraktsioonid: < 0,01 mm = 59,25–64,4%, 0,01–0,01 mm = 0,41–0,99%

Petrograafiline uuring näitab, et savi koosneb peenikestest savimineraalide lehekestest. Savikas aineses on lisandina värvitu vilk (0,008 mm), pisiteraline süngeneetiline karbonaat ja raua hüdroksiidid. Orgaaniline aines on värvinud savi punakaspruuniks.

Õhikus saab merglit ja savi eristada savi lisandi sisalduse alusel. Karbonaadi põhimassi moodustavad väikesed (0,008–0,02 mm) isomeetrilised kaltsiidikristallid ja romboeedriline dolomiit, mille lisandiks on peenike savikas materjal (illiit). Põhimassis on lisandiks aleuriitne materjal, mis sisaldab vähekulunud kvartsiteri (59,86%), päevakivi (38,81%), muskoviidi lehekesi (1,04%) ja rohelist kloriiti (0,26%). Raske fraktsiooni mineraalid on raua ja titaani mineraalid (58,09%), püriit (16,21%), granaat (7,56%), tsirkoon (11,42%), turmaliin (2,16%) ning rutiil (0,46%). Anataasi, titaniiti, bruniiti, neid kõiki on 1%. Murenenud mineraale on 2,77%. Raua oksiid on tekkinud püriidi lagunemisel ja on segatud orgaanilise ainesega. Õhikus on fosfaatsed kalafragmendid.

Bituumeni МБА sisaldus savis on 0,01%.

Proovid 14–17.

Kiht 39

274,00–279,00 (5,0/2,0) Dolomiitne mergel, hall, mikrokristalliline, vilgu lisandiga, massiivne ja tihe. Merglis on helehalli dolomiidi (paksus 0,1–0,15 m) ja savika dolomiidi vahekihid. Dolomiit on plaatjalt peenekihiline, kihtide kallakus on alla 5°. Savika mergli erimitest on leitud *Estheria membranacea* Pracht. ja taimede jäljendeid.

Kivimit moodustav põhimass koosneb väikestest (0,003–0,009 mm) isomeetrilistest ja romboeedrilistest karbonaadi kristallidest, milles on lisandina savi, pisikesed kvartsiterad (0,01–0,02 mm) ja muskoviidi lehed. Lisandid on vahetevahel koondunud peentesse kihtidesse. Suures koguses leidub püriiditeri (0,02–0,04 mm), mis moodustavad kuhjeid ning õhukesi vahekihte ja on segatud orgaanikaga (vetikad).

Lahustumatu jääk merglis on 45,5–45,8%, dolomiidistunud lubjakivis 6,2–9,9%. Bituumeni sisaldus (“B”, “A”) dolomiidis on 0,01%.

Proovid 98, 21.

Kiht 38

279,00–280,50 (1,5/0,1) Karbonaatne bretša. Väikesed 0,5–1 cm suurused teravanurgalised kollakashallid mikrokristallilise lubjakivi tükid on tsementeerunud halli, savika, mikrokristallilise karbonaadiga. Bretšas on ränidioksiidi nõru kerajad suletised ja opaal (kaltsedon). Ränidioksiid assotsieerub püriidiga.

Savikas mikrokristallilises karbonaatses tsemendis on teravate nurkadega peene struktuuriga karbonaadi tükid. Õhikus on näha, et ränidioksiidi nõrg moodustab kivimist 30–45%, on radiaalkiirelise ja sferoliidilise ehitusega, omades kera ja neeru kuju. Õhikus on võimalik näha kõiki ränimulla kristalliseerumise etappe: opaal–kaltsedon–kvarts. Mõnedes opaali terades on mikro-kuivalõhed (lõhenemine kolloidsel tekkel). Kivimis on suurel hulgal raua hüdroksiide, mis on püriidi oksüdeerumise produktid. Iseloomulik on püriidi esinemine koos opaali ja kaltsedoniga. Nähtavasti on ränimuld setteline ja püriit on asendunud orgaanilise aine (vetikaid) lagunemisel. Savikas-karbonaatses tsemendis on tolmjas orgaaniline aines. Bretšakihi allosas on vetiklubjakivi tükid. Lahustumatu jääk on 13,1%, kus on kvartsi, püriidi ja raua oksiidi modifikatsioone.

Proov 22.

PÄRNU LADE 280,5–322,0 (41,5/1,04)

PÄRNU KIHISTU 280,5–322,0 (41,5/1,04)

[Märge originaalkirjeldusest: Ülem–Pärnu kompleks 280,50–331,00 (50,5/2,09)]

Kiht 37

280,50–283,00 (2,5/0,1) Vetiklubjakivi, kollakashall, dolomiidistunud, peenekristalliline. Lubjakivi sisaldab valge settelise ränidioksiidi – opaali ümmargusi, ovaalseid ja neerjaid moodustisi (suurusega kuni 1–2 mm). Kohati on ümberkristalliseeruv opaal muutunud

sferoliidiks, kaltsedoniks ja kristalliliseks kvartsiks. Tihti on opaalis kuivlõhesid meenutavad väiksed lõhed, mis on tekkinud algaine kõvastumisel.

Kivimit iseloomustab peenkihilisus ja väike erikaal. Viimase tingib lubjakivi suur poorsus ja orgaanilise aine suur osakaal kivimi koostises. Poorid on erineva kujuga ja orienteeritud subparalleelselt kihilisusega. Tume punakaspruun aines jaotub kivimi põhimassis ühtlaselt ja katab kiledena kihipindu. Peenkihilisus on tingitud karbonaadikihtide vaheldumisest, mille orgaanilise aine sisaldus ja struktuur on erinevad. Kivim laguneb kergesti mööda kihipindu õhukesteks plaatideks.

Õhikus on näha, et lubjakivi põhimassi moodustab mikrokristalliline karbonaat (0,04–0,15 mm), mille lisandiks on tolmjas orgaaniline aines, punakaspruun peegeldunud valguses, must läbiva valgusega. Kohati on karbonaat (kaltsiit) ümberkristalliseerunud (0,12–0,16 mm) ja romboeedrilise kujuga.

Kivimis on piklikud ovaalse kuju poorid suurusega 0,24–0,096 mm. Poorid (moodustavad 3–5% kivimist) ja väikesed kvartsiterad on orienteeritud samas suunas kihilisusega. Põhimassis on jälgitav erineva struktuuriga karbonaadi vööndite vaheldumine. Leidub üksikuid püriiditeri (0,016–0,08 mm) ja nende kuhjeid.

Kiht 36

283,00–286,00 (3,0/0,24) Trohhilisk-kvartsliivakivi, roosakashall, peene- ja keskmiseteraline, karbonaatse põhitsemendiga. Kivim on tugevalt tsementeerunud, suure kõvadusega ja massiivne, kohati rohke peene vilguga. Vilgud on tihti koondunud kuni 3 mm paksustesse vahekihtidesse, kus on rohkesti punakapruuni kuni sirelilillat savi. Kihipinnad on ebatasased. Liivakivis on rikkalikult valgeid ümmarguseid ja ovaalseid lubivetikate jäänuseid (*Trochiliscus*).

Kivimit moodustavad mineraalide terad on korrodeerunud, vähekulunud, harvem ümardunud (valdavalt 0,08–0,20 mm, harva 0,3–0,4 mm). Kvartsiterad (kihiti kuni 92,51%) on ristnikolites laigulise kustumisega. Päevakivi (mikrokliin ja plagioklass), vilgulehekesi (muskoviit) ja kvartsiidi tükke on kivimis 9–60%.

Raskes fraktsioonis on maakmineraale 67,55%, tsirkooni 16,58%, granaati 1,72%, turmaliini 0,30% ja rutiili 2,93%. Väikeses koguses on epidooti (2,93%), stauroliiti (0,20%), titaniiti (0,10%) ja teisi titaani mineraale (1,11%). Raua oksiidi ja püriiti on 5,55%, murenenud mineraale on 3,75%.

Kivim sobib kollektoriks. Liivakivi poorsus on 32,86%, läbilaskvus 328,6 mD (millidarsi). Proov 24.

Kiht 35

286,00–287,50 (1,5/0,0) Puursüdamik puudub. Karotaaži andmetel ja puuraugu 61–k läbilõike järgi on selles kihis **aleuroliit**.

Kiht 34

[Märge originaalkirjeldusest: piir D_2nr? ja D_2pr]

287,50–322,00 (34,50/0,7) Puursüdamik on ainult intervallist 304,9–308,25 m. Massiivse, nõrgalt tsementeerunud liivakivi kompleksi kirjeldus on koostatud puursüdamiku kirjelduse, puurhiiva ja karotaaži diagrammi alusel!

Liivakivi, telliskivipunane ja roosa, muutuva päevakivi ja kvartsi sisaldusega, nõrgalt tsementeerunud, märgatava tumeda ja värvitu vilgu lisandiga, kühmulise pealispinnaga, peeneteraline. Tsement on karbonaatne ja mikrokristalliline ning tugevalt impregneeritud raua hüdroksiididega. Vahelduvad pooritsement ja kile- ehk puutetsement, mis on nõrgaks sidemeks terade vahel. Peenekihiline tekstuur on tingitud peenikeste kuni 1 mm paksuste vilgu lehekestega rikastatud kihtide vaheldumisest vilguta kihtidega (paksus 0,5–1 cm). Vilgu lehekesed on orienteeritud kihilisuse järgi.

Puursüdamikus on erinevas suunas kallutatud kihtide seerias kallakusega 4–5°. Proovid 25–27.

ALAM-DEVON 322,0–353,0 (31,0/3,24)
RĒZEKNE LADE 322,0–350,8 (28,8/2,85)
MEHIKOORMA KIHISTU 322,0–350,8 (28,8/2,85)
Kiht 33
322,00–325,00 (3,0/0,65) Savi (illiitne), karbonaatne, rohke liiva lisandiga, rohekas-sinine sirelililla varjundiga, pruunikaspunaste väikeste tähnide ja kihtidega (paksus kuni 20 cm). Pruunikaspunased vahekihid paksusega kuni 0,5 cm sisaldavad rauaühendeid. Savis on vahekihtidena savikas dolomiit: tihe, rabe, ebatasase ja kohati karpliku murdepinnaga.

Savi on katsudes rasvane, tihe, peenekihiline ja sisaldab väikseid värvituid vilgu lehekesi. Tekstuuri annavad kivimile peenikesed erivärvilised savi vahekihid (0,1–0,5 cm), milles vilgu lehekesed on orienteeritud. Karbonaati on savi põhimassis 10,78%. Savi lahustumatu jääk on 89,22% ja fraktsioonide jaotus: < 0,01 mm = 99,5%, 0,1–0,01 mm = 0,5%.

Põhiliseks mineraaliks kivimis on väikesed savi mineraali lehekesed, mis kuuluvad illiitide gruppi ja asetsevad korrapäratult, kohati subparalleelselt. Savi massis on ühtlaselt hajutatult aleuriiti ja liiva, peamiselt kvartsiterad. Kivim on raua hüdroksiidide punakaspruunide plekkidega.

Kihtide allosas olev dolokivi sisaldab rikkalikult liiva, mis õhikutes on kirjeldatud kui liivakivi. See liivakivi koosneb vähekulunud ja poolümardunud, harva ümardunud teradest suurusega 0,1–0,2 mm kuni 0,3–0,5 mm. Purdmaterjal koosneb põhiliselt kvartsist, enamasti laigulise kustumisega ristnikolites. Harvem esineb päevakivi (mikrokliin, plagioklass ja mikropertiit). Leitud on ka ränikivimite (kvartsiidi) osakesi. Aktsessoorsetest mineraalidest esineb harva muskoviidi lehti ja üksikuid turmaliini, granaadi, epidoodi ning püriidi terasid.

Purdmaterjal on maetud kristallilis–teralise ehitusega savi–karbonaadi massi. Karbonaat on nähtavasti dolomiit (ei reageeri happega). Karbonaadis on hajutatult peened raua hüdroksiidide suletised, mis on kohati intensiivselt imbunud kivimisse. Kivimil on väike näiv elektritakistus (42,5–31,0 Ω) ja järsk potentsiaali muutus positiivsete väärtuste suunas – reeper-tase.
Proovid 28, 29.

Kiht 32
325,00–329,00 (4,0/0,0) Puursüdamik puudub. Ülaosas olevad kivimid sarnanevad puurhiiva ja elektrikarotaaži andmete järgi kihile sügavusel 331,00–340,00 m. Kiht nr 32 koosneb arvatavasti nõrgalt tsementeerunud **liivakividest**, milles esineb savi vahekihte.

Kiht 31
329,00–331,00 (2,00/0,40) Ülaosas **konglomeraat** (ilma nähtava kontaktita), punakapruun. Punakaspruunist savist purdosad (suurus 0,5–3,0 cm) on nõrgalt ümardunud ja tsementeeritud savist ja kvartsliivast koosneva tsemendiga. Tsemendis esineb rohkelt värvitut vilku ja raua oksiidi. Raua oksiid annab kivimile punakapruuni värvuse.

Kivimil on märkimisväärne tihedus, kõvadus ja suur erikaal. Kivimi tsemendi lõimis on järgmine: < 0,01 mm = 10,40%, 0,01–0,1 mm = 49,88 %, 0,1–0,25 mm = 34,28 %. Lahustumatu jääk on 94,57%.

Tsement, milles on savi tükid, koosneb järgmistest kivimit moodustavatest mineraalidest: kvartsi terad (95,16%; nõrgalt ümardunud) ja päevakivi (plagioklass ja mikrokliin) terad (4,56%; vähekulunud ja poolenisti ümardunud). Kerges fraktsioonis leidub veel biotiidi (0,28%) ja rohkesti muskoviidi lehekesi. Viimased on nähtavad nii õhikus kui ka makroskoopiliselt.

Raskes fraktsioonis on maakmineraalid, püriit, turmaliin ja läbipaistmatud mitte-maakmineraalid. Konglomeraadi poorsus on 15,5% märkimisväärse läbilaskvusega, mida võib iseloomustada omapotentsiaali (ПС) kõvera muutustega.
Proov 30.

[Märge originaalkirjeldusest: Kesk–Devon, Pärnu kompleks, Alam–Pärnu kompleks 331,0–353,00 (22,0/2,14)]

Kiht 30

331,00–340,00 (9,0/0,0) Karotaaži andmetel koosneb kiht nõrgalt tsementeerunud **liivakivist**, mille näiv elektritakistus on 70–110 Ω ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia on negatiivne. KC ja ПС kõverate põhjal võib järeldada, et liivakivis on savi vahekihid paksusega kuni 2 m.

Kiht 29

340,00–343,00 (3,0/1,3) Aleuriitsavi (illiitne), rauarikas, punakapruun. Savi on struktuurilt peen, katsudes rasvane, märgatava vilgu lisandiga. Vilgu peened lehekesed on orienteeritud kihilisusega paralleelselt. Savi kihtide ülemise osa suunas kasvab järk-järgult aleuriidi sisaldus, savi asendub savika aleuriidiga.

Savi on peenkihiline. Kihilisus on tingitud vilgu lehekeste (paralleelsed kihilisusega) osatähtsuse muutusest koostises.

Savi põhimass koosneb illiidi gruppi kuuluvatest üpris peendisperssetest savimineraalidest, mis on korrapäratu asetusega. Raua hüdroksiidid on tugevalt imbunud savisse nii kolloididena kui ka väikeste teradena.

Raua hüdroksiidid on tekkinud raua oksiidide lagunemisel ja annavad kivimile punakaspruuni värvi. Savis on ühtlaselt hajutatult aleuriiti, mille sisaldus kihi alumises osas ei ületa 10%, kuid suureneb kihi ülemises osas kuni 56,52%. Proovis 31 on fraktsioonid: < 0,01 mm = 45,00%; 0,1–0,01 mm = 55,00%. Lahustumatu jääk on 97,43%.

Aleuriit koosneb üsna eriilmelistest mineraalidest. Kerge fraktsiooni mineraalid on: kvarts (59,45%; vähekulunud terad), päevakivi (36,59%), muskoviit (3,66%; plaadikesed) ja kloriit (0,30%; lehekesed).

Raske fraktsiooni moodustavad: granaat (34,72%), maakmineraalid (40,08%), tsirkoon (5,34%), turmaliin (7,34%), rutiil (3,34%), titaniit (2,50%) ja murenenud mittemaaksed mineraalid (6,35%).

Raua oksiidi on 0,33%. Raua hüdroksiidid on imbunud kivimisse ühtlaselt, kohati koaguleerunud. Autigeensetest mineraalidest kohtab harva purunenud glaukoniidi teri. Leitud on üksikuid taimede spoore.

Savide omapotentsiaali (ПС) anomaalia muutub järsult positiivseks ja takistus on väike (350 Ω).

Proovid 31, 32.

Kiht 28

343,00–345,00 (2,0/0,1) Päevakivi-kvartsliivakivi, punakaspruun, suurte sinakashallide laikudega, peeneteraline, massiivne, suurte kavernidega (poorne), tihe ja kõva, osaliselt nõrgalt tsementeeritud. Kivimil on suur erikaal, tänu suurele maakmineraalide sisaldusele.

Kivimit moodustavad põhimineraalid on kvartsi- (80,12%) ja päevakivi terad (13,95%): vähekulunud, veidi korrodeerunud, harva poolümardunud (0,1–0,2 mm) ning vilgu soomused (5,95%). Kvartsi terad on sageli laigulise kustumisega ristnikolites. Päevakivid on esindatud mikrokliini, ortoklassi (vahel mikropertiitsete läbikasvetega) ning happelise plagioklassiga.

Põhitsement (30–35%) on kohati poorne, koosneb mikrokristallilisest kaltsiidist, harva romboeedrilise kujuga kristallidest (0,1 mm). Tsemendis on tihti vaadeldavad ümmargused ja ovaalsed mikrokristallilise karbonaadi koagulatsioonid (0,3–0,4 mm), esinevad fauna jäänused (vetikad). Tsement on impregneeritud helbekujuliste raua hüdroksiididega, mis on peegelduvas valguses helepunane ja kollaste raua hüdroksiididega. Rasketest mineraalidest esinevad liivakivis granaaditerad (34,51%), maakmineraalid (45,50%), tsirkoon (14,44%), turmaliin (3,54%), rutiil (1,58%) ja disteen (0,13%). Liivakivi poorsus on väike, ühtlane (6,30%), hea läbilaskvusega (omapotentsiaali (ПС) anomaalia väärtused järsult negatiivsed).

Proov 33.

Kiht 27

345,00–346,50 (1,5/0,15) Savi (illiitne), punakaspruun, luitunud hallide ja kollakashallide ebaselgete soontega, laiguti tihe, katsumisel rasvane, nähtav kihilisus puudub.

Kivimi põhimass koosneb illiitse grupi savi peentest lehekestest. Savimineraalide osakesed asetsevad korrapäratult, kohati on paralleelselt orienteeritud. Põhimassis on üksikuid kvartsi teri (aleuriit) ja värvitu vilgu lehekesi.

Kivimi põhimassis on näha raua hüdroksiidide peeneid korrapäratuid, hargnevaid soonekesi ja suletisi. Raua hüdroksiidid on moodustunud püriidi lagunemisel. Püriit esineb soonekestes ja suletistes koorikutena ja väikeste terade kuhjetena. Arvatavasti on püriit asendanud diageneesi staadiumis orgaanikat (taimede juured). Laiguti on savi põhimassi ühtlaselt imbunud raua hüdroksiidid, punased peegelduvas valguses. Raua oksiidid ja hüdroksiidid annavad kivimile punakaspruuni värvuse.
Proov 34.

Kiht 26
346,50–349,50 (3,0/0,0) Puursüdamik puudub. Kiht sarnaneb puuraugus 66–P (proov 16) nõrgalt tsementeerunud liivakiviga sügavusel 343,00–377,00 m. Nõrgalt tsementeerunud liivakivi ei õnnestunud puursüdamikuna tõsta. Kiht on välja eraldatud puurhiiva ja elektrikarotaaži andmete järgi.

Puuraugu karotaaži kõver näitab omapotentsiaali (ПС) anomaalia erinevaid negatiivseid väärtuseid.

Kiht 25
349,50–350,00 (0,5/0,1) **Savi**, allosas hall, ülaosas punakaspruun, aleuriitne. Savis on lisandina väiksed värvitud vilgu lehekesed, mis ilmestavad ebaselget peenkihilisust. Vilgulehed on paralleelselt orienteeritud, vilgurikaste kihtide paksus on 1 mm. Savi kihi ülemises osas on nihkepeegel.
Proov 35.

Kiht 24
350,00–350,8 (0,8/0,15) **Päevakivi-kvartsliivakivi**, roosakas, peeneteraline (0,08–0,16 mm), karbonaatse (lubi-) põhitsemendiga, peenkihiline (kihi paksus 1–2 mm), tihe ja kõva. Ebaselge kihilisuse põhjustavad värvitu vilgu lehekestega liivakivi vahekihid. Liivakivi omab tuntavat erikaalu. Liivakivi on analoogne kihiga sügavusel 345,05–345,10 m.

Õhikus on terade suurus vahemikus 0,04–0,2 mm, valdavalt 0,08–0,16 mm vahel. Põhilisteks kivimit moodustavateks mineraalideks on vähekulunud, killulised, osaliselt korrodeerunud kvartsi terad ja kvartsiit (56,50%), kaaliumpäevakivi (mikrokliin, mikropertiit ja ortoklass; 35,75%), leheline muskoviit (7,63%) ja roheline kloriit. Viimast on näha õhikus. Päevakivi ja vilk on murenenud, päevakivi on kaoliinistunud ja vilk hüdratiseerunud.

Tsement moodustab umbes 25% kivimist, koosnedes kõrge reljeefiga kristallilisest karbonaadist. Osaliselt on näha mikrokristallilise karbonaadi koagulatsioone (0,04–0,16 mm).

Aktsessoorsetest mineraalidest leidub granaadi (24,88%), tsirkooni (7,35%), turmaliini (3,17%) ja rutiili (1,34%) teri. Leidub ka üksikuid anataasi ja titaniidi teri.

Halle ja vaarikapunaseid maakmineraalide laike on kivimis 61,22% ning need paikevad hajusalt ja ühtlaselt. Punast rauaoksiidi on 2,04%, peale selle on karbonaatne mass impregneeritud raua hüdroksiididega.

TILŽĖ LADE 350,8–353,0 (2,2/0,39)
TILŽĖ LADE 350,8–353,0 (2,2/0,39)
Kiht 23
350,8–352,00 (1,2/0,34) **Savi** (illiitne), tumehall, kihiti punakaspruun, nõrgalt aleuriidikas, vilgu lisandiga, peendispersne, tihe, peenkihiline. Peenkihilisus tuleneb eri värvi peenikeste (1,0–2,3 mm) savikihtide vaheldumisest. Ülemine ja alumine piir on määratud elektrikarotaaži järgi.

Kiht 22
352,00–353,00 (1,0/0,05) **Kvartsliivakivi**, rohekashall, allosas punakas-pruunikas-roosade laikudega, aleuriitne, eriteraline, tsementeerunud karbonaatse (dolomiit–kaltsiit)

põhitsemendiga. Liivakivi alumine kiht on tihe, tugev, pinnulise murdega. Kivim on massiivne. Liivakivis olev purdmaterjal on sorteerimata ja paikneb ebaühtlaselt pesiti. Aleuriidi ja väikeste liivaterade hulgas on hajusalt levinud suured (1–2 mm) poolümardunud ja ümardunud kvartsiterad ja detriit (mereline ümbersetitatud fauna). Kivimikihi ülaosa on nõrgalt tsementeerunud, põhjustades puursüdamiku väikese väljatuleku. Elektrikarotaaži diagrammil ilmneb kõrge näiv elektritaksistus (160 Ω) ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia on negatiivne.

[Märge originaalkirjeldusest: Liivakivi moodustab Kesk–Devoni ladestiku alumise osa. Liivakivi alumine piir on kontaktis Siluri lubjakiviga, kus Siluri kivimis on peenikesi (1–2 mm) pruunikaspunaseid rauarikkaid karbonaadi vahekihte. Kontakti pind on ebatasane, nõrgalt laineline. Liivakivi ülemine piir on paika pandud elektrikarotaaži järgi.]

ORDOVIITSIUM 353,0–513,7 (157,7/78,75)

ÜLEM-ORDOVIITSIUM 353,0–453,0 (100,0/35,5)

PIRGU LADE 353,00–392,75 (39,75/14,14)

JELGAVA KIHISTU 353,00–374,00 (21,00/10,44)

[Märge originaalkirjeldusest: Llandovery) 353,0–392,75 (40,75/12,69)]

Kiht 21

353,00–362,60 (9,60/4,49) Lubjakivi, kirju (punakaspruun, roostekollane, violetne), kohati hall (360,0–361,0 m ja 354,0–355,9 m), dolomiidistunud, savikas, tihe, kõva, ebatasase ja muldja murdega. Kivimi halli fooni taustal on näha palju erivärvilisi väikeseid (1 mm ja 2–3 mm) laike ja peenikesi (0,1–1 cm) sooni, mille läbilõiked on ümarad ja ovaalsed. Peenikesed sooned on tihti painutatud ja tavaliselt üksteise suhtes paralleelselt orienteeritud, andes kivimile läätsja ja katkendliku peenekihilise ilme. Laigud ja sooned kivimis on orgaaniliste jäänuste (vetikad) ja elutegevuse jäljed, milles on punakaspruune raua hüdroksiide.

Lubjakivis on savikad vahekihid (paksus 2–3 cm) ja selgete piiridega tasemed (7–10 cm). Kihipinnad on ebatasased, lainjalt kaardunud, kihipindade kallakusunurk on 45–50°. Lubjakivis on peened lõhed (1–1,5 mm), mis on täidetud punakaspruunide raua hüdroksiididega. Eriti palju on lõhesid kihi ülemises osas, kus nad on erineva suuna ja kallakusnurgaga. Arvatavasti on lõhed tekkinud epigeneetilises faasis.

Kompleksi ülaosas (5 cm paksune kiht Devoni kivimite all) on karbonaadis rikkalikult liivakas-aleuriitset purdmaterjali. Kontaktpind liivakiviga on selge.

Lubjakivis leidub palju krinoidide ja puudulukse brahhiopoodi *Parmorthis* sp. fragmente ning graptoliitide jälgi. Viimased on koos vetikate fragmentidega, mis on sageli asendunud punakaspruunide raua hüdroksiididega.

Lahustumatu jääk on 24,7–25,1%. Fraktsioonid proovis 38: < 0,001 mm = 10,5%, 0,001–0,1 mm = 13,44%, 0,1–0,25mm = 0,46%, 0,25–0,5 mm = 0,3%. Fraktsioonid proovis 40: < 0,01 mm = 23,82%, 0,01–0,1 mm = 1,35%.

Kivimit moodustavaks mineraaliks on peenekristalliline kaltsiit, sisaldades väikseid romboeedrilisi dolomiidi kristalle, mis on sageli tsonaalse ehitusega. Fauna on ümberkristalliseerunud ja täidetud suurte kaltsiidi kristallidega, püriidi ja raua hüdroksiididega. Väikeses koguses (1–2%) leidub aleuriiti, mis on põhimassi ebaühtlaselt jaotunud. Aleuriit (0,08–0,03 mm) on esindatud vähekulunud ja ümardunud kvartsi teradega. Orgaaniline aines esineb väikeste (0,02–0,03 mm) pesakestena.

Õhikus on vöödilised alad, kus on rikkalikult püriiti ja raua hüdroksiide, mis asendavad orgaanilist ainest. Heledad laigud õhikus on täidetud värvitute raua hüdroksiididega.

Immersiooni meetodi järgi on kerges fraktsioonis kvartsi (71,02–72,51%), päevakivi (23,98–25,8%), muskoviiti (0,81–3,51%) ja kloriiti (0,31%). Raskes fraktsioonis on maakmineraale (23,25–34,07%), raua hüdroksiide (0,14–0,56%), tsirkooni (7,51–17,67%), granaati (6,9–17,43%), turmaliini (4,31–5,59%), rutiili (1,39–0,74%), läbipaistmatut mittemaaki (5,15–6,08%), bruniiti (0,11%), anataasi (0,15%) ja ebamääraseid titaani mineraale (32,54%).

Bituumen “A” sisaldus on 0,000313%. Proovid 38–47.

Kiht 20

362,60–374,00 (11,40/5,95) Lubjakivi, rohekashall, ülemises osas tumedama tooniga, dolomiidistunud, savikas, peene- kuni mikrokristalliline, tihe, kõva, ebatasase ja pinnulise murdega. Lubjakivi vaheldub peente (1–3 cm) tumehalli savi kihtidega. Erinevate kihtide kontaktpinnad on osaliselt hajusad, ebatasased ja lainelised.

Lubjakivis on palju hästi säilinud fauna tükke (graptoliidid), mis on tihti asendunud püriidiga.

Lahustumatu jääk on 31,74–32,49%. Fraktsioonid proovis 48: < 0,01 mm = 25,40%, 0,01–0,1 mm = 6,34%. Fraktsioonid proovis 54: < 0,01 mm = 28,51%, 0,01–0,1 mm = 3,98%.

Peamised kivimit moodustavad komponendid on mikrokristalliline kaltsiit ja savi. Savi sisaldus tingib kivimi ühtlaselt roheka värvuse. Saviaines on lehelise ehitusega ja kõrge kaksikmurdumisega (illiit), kohati on saviosakesed orienteeritud. Fauna fragmentides ja kivimi põhimassis leidub hajusalt väikseid püriiditeri. Püriit moodustab ka agregaate. Põhimassis esineb pisikesi (0,016–0,05 mm) romboeedrilise kujuga dolomiiditeri.

Aleuriitne materjal (5–6% kivimist) koosneb kvartsiteradest (0,02–0,04 mm) ja üksikutest vilgu lehekestest. Üksikud fauna fragmendid on täidetud räniainesega. Väga harva esineb tilgakujulist ainest, moodustiste diameeter jääb 0,02–0,04 cm vahele. Siin–seal on orgaanilist peendetriiti.

Immersiooni meetodi andmetel on kerge fraktsiooni sisaldus järgmine: kvarts 61,92–76,48%, päevakivi 29,2–36,71% ja muskoviit 0,32–1,37%. Raske fraktsioon: püriit (1,63%), maakmineraalid (3,14–30,62%), raua hüdroksiidid (8,76%), määramata titaani mineraalid (9,89–31,2%), tsirkoon (24,3%), granaat (10,33–18,56%), turmaliin (0,87–4,38%), läbipaistmatud mitte-maakmineraalid (6,11–5,01%).

Bituumen "A" sisaldus on 0,00187–0,015%.

Proovid 48–55.

JONSTORPI KIHISTU 374,00–392,75 (18.75/3,7)

Kiht 19

374,00–386,25 (12,25/1,45) Lubjakivi, pruunikaspunane, harvem sinakashallide ja tumedate punakaspruunide väikeste (1–5 mm) ovaalsete ja ümmarguste laikudega (elutegevuse jäljed), dolomiidistunud, savikas, peene- kuni mikrokristalliline, massiivne, väga tihe, kõva, ebatasase ja pinnulise murdega. Kohati on lubjakivis peened (0,2–0,5 cm ja 1 cm) savikad vahekihid, mis annavad kivimile läätsja ja katkendlik-kihilise tekstuuri. Kihid on tavaliselt painutatud. Kompleksi alumine osa on peenkihiline, mis on tingitud üksteisega paralleelselt orienteeritud elutegevuse jälgedest. Lahustumatu jääk on 41,95%.

Peamiseks kivimit moodustavaks mineraaliks on mikrokristalliline kaltsiit. Karbonaadi põhimassis esinevad väikesed (0,02–0,06 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid, mis on tihti tsonaalse ehitusega. Väikeses koguses (3–4%) leidub vähekulunud ja ümardunud kvartsi teri. Kivimis leidub orgaaniliste jäänuste relikte, mis on sageli täidetud suurte karbonaadi teradega ja raua hüdroksiididega. Kerges fraktsioonis on kvartsi (77,89%) ja päevakivi (21,71%), harva kohtab muskoviiti (0,4%). Raskes fraktsioonis esinevad tsirkoon (23,55%), granaat (19,97%), turmaliin (3,09%), rutiil (0,8), bruniit (0,2%), määramata titaani mineraalid (9,88%). Maakmineraale on 19,67%, lisaks veel püriit (20,46%) ja läbipaistmatud mitte-maakmineraalid (2,69%).

Bituumen "A" sisaldus on 0,0025%.

Proovid 56–58.

Kiht 18

386,25–392,75 (6,5/2,25) Vahelduvad **lubjakivi ja savi** kihid, paksusega 0,1–0,5 m (puursüdamiku järgi). Lubjakivi on tume pruunikashall, tugevalt savikas, mikrokristalliline, rikastatud orgaanilise ainesega, kõva, ebatasase vahel muldja murdega, lõheline. Savi (illiitne) on tume pruunikashall, peaaegu must, lubjakas ja nõrgalt aleuriidikas. Rohked elutegevuse jäljed on täidetud rohekas-sinaka mikrokristallilise savika karbonaadiga. Käigud on kujult kõverad ja piklikud torud, mille ristläbilõige on ovaalne (suurusega 1–5 mm), muljutud

lasuvate kihtide raskusest. Elutegevuse jäljed on orienteeritud üksteise suhtes paralleelselt. Suur hulk jälgi ja nende paralleelne orienteeritus annab kivimile laigulise värvuse ja rikutud kihilisuse.

Savil on suur tihedus, tasane murdepind (osaliselt muldjas) ja ta sisaldab rohkelt orgaanikat. Orgaanikarikkad osad põlevad tiheda tahmava leegiga, eraldades teravat tõrva lõhna.

Lubjakivi ja savi kontaktid on üleminekulised. Kontaktidel on näha suurel hulgal hajutatud terasid, püriidi mugulaid ja püriidistunud fauna jäänuseid. Lahustumatu jääk on 54,48–71,75% ja valdav fraktsioon on < 0,01 mm.

Kivimit moodustav põhimass on peendispersne savi (illiit; kõrge kaksikmurdumisega) ja mikrokristalliline karbonaat. Karbonaadis on pisikesed (0,02–0,03 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi terad. Kivimi põhimassis on suures koguses (kuni 10%) aleuriitse fraktsiooni (0,02–0,04 mm) kvartsi teri, üksikuid vilgu lehekesi ja raua hüdroksiide. Kivimis leidub püriiti, mis täidab tavaliselt orgaanilisi jäänuseid, mille keskmes on tihti glaukoniit.

Savikas-karbonaatse massi värvus on orgaanilise ainese sisalduse tõttu punakaspruun, milles on ovaalseid, ümmargusi ja väljavenitatud piklikke ussikujulisi rohekaid karbonaadi laike (1–5 mm). Arvatavasti on need laigud roomamise käigud. Põhimassis leidub orgaanilist ainest, mis esineb ka niitjate soonekeste kujul (vetikad).

Kivimis leidub ka peendetriiti, suuremad fauna fragmendid on vahel fosfaatsed.

Kerge fraktsiooni mineraalid on kvarts (90,7%), päevakivi (15,68%) ja muskoviit (0,6%). Raske fraktsiooni mineraalid on turmaliin (2,23%), tsirkoon (7,9%), granaat (2,02%), määramata titaani mineraalid (1,72%), väikeses koguses on rutiili, titaniiti ja raua mineraale.

Bituumen "A" sisaldus kivimis on 0,05 ja 0,0075%

Proovid 59–64.

VORMSI LADE 392,75–400,00 (7,25/3,75)

TUDULINNA KIHISTU 392,75–400,00 (7,25/3,75)

[Märkmed kirjelduse juures: Ordoviitsium 392,75–522,0 m, paksus 129,25 m. Teisel lehel on kirjas, et alates 515,2 meetrist algab Kambrium]

[Märge originaalkirjeldusest: Ülem–Ordoviitsium O_3; Lyckholm'i kihid (=Saaremõisa lade) 392,75–424,9 (32,15/10,2)]

Kiht 17

392,75–400,00 (7,25/3,75) Lubjakivi, hall, organogeenne ja peendetriitne, tugevalt dolomiidistunud, peene- ja mikrokristalliline, väga tihe, kõva ja ebatasase pinnulise murdega. Lubjakivis on peenikesed (2–4 cm) tugevalt savika lubjakivi vahekihid. Kihtide vaheline piir on ebatasane ja lainjas.

Savika lubjakivi kihtides on puhta lubjakivi purdosad (mugulad), mis annavad kivimile konglomeraadilise tekstuuri. Esinevad üksikud glaukoniidi terad, mis sageli täidavad karpide fragmente. Ümberkristalliseerunud fauna fragmendid on tihti täidetud püriidi ja kristallilise kaltsiidiga.

Kompleksi ülemises osas on lubjakivid pruunika värvusega, mis on tingitud pruuni orgaaniline aine sisaldusest kivimis. Leitud on graptoliitide ja peenete brahhiopoodide fragmente. Määratud mikrofauna: ostrakoodid *Dilobella* sp. fragmente, *Silensis* sp., *Bromidella* nova Neckaja. Lahustumatu jääk on 8,1–14,83%.

Peamiseks mineraalseks komponendiks on peene- ja mikrokristalliline kaltsiit, milles on peened (0,02–0,05 mm) romboeedrilise dolomiidi kristallid, veel suuremad kristallid on suurusega 0,1–0,75 mm.

Üksikute terade suurus on 0,25–0,4 mm. Esineb peendispersse-savika aine lisand. Peale selle on püriiti hajutatult põhimassis väikeste kristallidena, aga ka suurte agregaatidena. Siin–seal kohtab raua hüdroksiidide impregnatsiooniga laike. Glaukoniit esineb kivimis üksikute teradena, kuhjatistena ja karpide poolmetes, tihti karpe tervikuna asendades. Harva esineb aleuriiti, peamiselt kvartsi purdosad. Väikses koguses on kivimis pruunikat orgaanilist ainest. Kivimis on üksikuid fauna fragmente (umbes 10%), tavaliselt ümberkristalliseerunud ja osaliselt püriidistunud. Õhikus on kivimil pseudobretšaline ehitus. Proovid 65–71.

NABALA LADE 400,0–404,2 (4,2/0,8)?
SAUNJA KIHISTU 400,0–402,5 (2,5/0,0)
Kiht 16
400,00–402,50 (2,5/0,0) Elektrikarotaaži järgi on kivimi näiv elektritakistus suur ja omapotentsiaali (ПС) anomaalia on negatiivne. Nähtavasti on siin **dolomiidistunud kavernoossed lubjakivid**.

MÕNTU KIHISTU 402,5–404,2 (1,7/0,8)
Kiht 15
402,50–404,20 (1,7/0,8) Lubjakivi, hall, organogeenne, dolomiidistunud, savikas, mikrokristalliline, tihe, kõva ja pinnulise murdega. Lubjakivis on õhukesed savikamate erimite kihid ja kuni 7 cm paksused puhtama lubjakivi kihid. Erimite vahelised piirid on üleminekulised ja lainjad. Lubjakivis on suures koguses peene fauna fragmente, mis on täidetud kaltsiidi, püriidi ja harvem glaukoniidiga. Mikrofauna on esindatud: andmed puuduvad!

Põhimassis on mikrokristalliline kaltsiit, milles on suures koguses peeneid (0,04–0,06 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristalle, ümberkristalliseerunud fauna fragmente ja peent orgaanilist detriiti. Fauna fragmendid on asendunud glaukoniidiga. Lahustumatu jääk on 13,7%, bituumen "A" 0,00375%.

RAKVERE LADE 404,20–411,00 (6,80/1,65)
RÄGAVERE KIHISTU 404,20–411,00 (6,80/1,65)
Kiht 14
404,20–407,50 (3,3/1,3) Lubjakivi, pruunikashall, tugevalt dolomiidistunud, kristalliline, massiivne, urbne, ja lõheline. Lubjakivi lõhed on täidetud kristallilise kaltsiidi, dolomiidi, püriidi ja galeniidiga. Püriidiga täidetud tühikutes esineb tihti roosaka värvusega barüüdi konkretsioone, mis mõjutab kivimi erikaalu. Lahustumatu jääk on 7,58%.

Kivimi põhimassis esineb keskmiseteraline kaltsiit, milles on suures hulgas näha romboeedrilise kujuga vööndilise ehitusega dolomiidi kristalle. Fauna reliktid on kohati asendunud püriidiga. Püriiti on ka hajutatult põhimassis, nii üksikute terade kui agregaatidena. Bituumen "A" sisaldus kivimis on 0,1%.
Proov 75.

Kiht 13
407,50–411,00 (3,5/0,35) Lubjakivi, pruunikashall, organogeenne, dolomiidistunud, savikas, mikrokristalliline, tihe, kõva, savikama lubjakivi vahekihtidega. Kivimis on rikkalikult orgaanika jäänuseid ja püriiti. Lubjakivi vahekihtide paksus on 4–6 cm ja need vahelduvad peene savikama lubjakivi vahekihtidega. Savikates vahekihtides on palju musta orgaanilist ainest, millega koos esineb püriit.

Lahutumatu jääk on 19,73% (põhiliselt savi ja püriit). Kivimit moodustavaks mineraaliks on mikrokristalliline kaltsiit. Põhimassis on rikkalikult peent orgaanilist detriiti. Väikeses koguses esineb jämedaid skeletifragmente, mis on täidetud kristalse kaltsiidi, fosfaadi ja harvem glaukoniidiga. Põhimassis esineb peeneid püriiditeri suurusega 0,016–0,04 mm ja tihti ka agregaate (0,03–0,04 mm).
Proov 76 (pole originaalkirjelduses märgitud).

KEILA LADE (ülemine osa) + OANDU LADE
MOSSENI KIHISTU + VARIKU KIHISTU? 411,0–424,9 (13,9/4,3)
Kiht 12
411,00–424,90 (13,9/4,3) Lubjakivi, rohekashall, organogeenne, dolomiidistunud, väga savikas, mikrokristalliline, massiivne, väga tihe ja kõva, ebatasase karpliku, harva muldja murdega. Lubjakivis on ohtralt erineva fauna fragmente ja püriidistunud orgaanilist ainest.

Mikrofauna: väikesed sammalloomade fragmendid, väga väikesed brahhiopood Orthida ja trilobiit *Chasmops mussei* Öpik fragmendid. Määratud ostrakoodid: *Longiscula* sp., *Paromidella* cf. nova Neckaja, *Paraschmidtella* sp., *Ulrichia* cf. *digitata* Neckaja.

Lahustumatu jääk on 51,91%; fraktsioonid: < 0,01 mm = 49,93%, 0,01–0,1 = 1,93%.

Raske fraktsioon: maamineraalid (25,29%), määramata titaanimineraalid (17,15%), püriit (19,06%), tsirkoon (18,3%) ja läbipaistmatu maakmineraal (7,24%). Vähesel määral esineb granaati, rutiili, turmaliini, bruniiti, titaniiti.

Põhimassis on mikrokristalliline kaltsiit, milles on ebaühtlaselt hajutatult romboeedrilise dolomiidi kristallid (suurus 0,016–0,03 mm), peen orgaaniline detriit (koosneb kaltsiidist, harvem dolomiidist). Väikeses koguses (kuni 10%) on aleuriiti: kvartsi terad (73,8%; vähekulunud kuni ümardunud), päevakivi (26%) ja üksikud vilgu lehed (0,2%); terade suurus on 0,02–0,04 mm, harvem 0,1 mm. Põhimassis on üksikud püriiditerad, mis sageli täidavad karpe ja moodustavad kuhjatisi ning agregaate. Kivimi struktuur on organogeenne ja reliktidega.

Kivimi poorsus on 18,13%. Bituumen "A" hulk on 0,00125–0,005%.
Proovid 87–77.

HALJALA + KEILA LADE (alumine osa)
ADZE KIHISTU + BLIDENE KIHISTU 424,90–437,25 (12,35/2,11)
[Märge originaalkirjeldusest: Idavere lade 424,9–437,25 (12,35/2,11)]
Kiht 11
424,90–434,25 (9,35/1,51) Lubjakivi, hall, organogeenne, dolomiidistunud, savikas, mikrokristalliline, peenikeste enam savika lubjakivi vahekihtidega (paksus 2–8 cm). Pinnad vahekihtide vahel on ebaselged, ebatasased ja hargnevad. Savikama lubjakivi kihtides on puhtama lubjakivi purdosad (läbimõõt on 3–4 cm), mis annavad kivimile konglomeraadilise tekstuuri. Savikad vahekihid (tihedad ja kõvad) on massiivse tekstuuriga ja konarliku murdega. Lubjakivides on makro- ja mikrofauna fragmendid. Hästi on säilinud karbid. Püriit esineb terade ja agregaatidena, leidub ka üksikuid kvartsi teri.

Lahustumatu jääk on 19,9–25,5%. Karbonaadi põhimassi moodustab peene- ja mikrokristalliline kaltsiit, milles on romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Kohati koosneb lubjakivi täielikult fauna fragmentidest ja on tsementeerunud peendetriidilise savika lubjakiviga.

Organismide jäänused on täidetud karbonaadiga, milles on musta orgaanilise ainese lisand, millest areneb püriit. Põhimassis on hajutatult üksikud püriiditerad, leidub ka püriidi kuhjatisi. Sageli asendab püriit fauna jäänuseid. Bituumen "A" 0,00375–0,025%.
Proovid 88–93.

Kiht 10 (kirjeldus sobiks Tatruse tasemele?)
434,25–437,25 (3,0/0,6) Lubjakivi, rohelise murdega, tihe, kõva, sisaldab rikkalikult organismide jäme- ja peendetriiti; kompleksi ülemises osas pruunika varjundiga hall, savikas, dolomiidistunud, peenedetriidiline, organogeenne; kompleksi allosas on peeneid (kuni 2 cm) läätselisi pesi ooidilaadsete moodustistega, mis koosnevad karbonaadist ja raua hüdroksiididest.

Lubjakivi 5–10 cm paksuste kihtide vahel on peened (2–4 cm) tumehalli savi vahekihid. Tekstuur on peenekihiline (keskmisekihiline). Kihilisus on ebaühtlane, vahelduvad lubjakivi ja savi ning orienteeritud organogeenne detriit.

Lahustumatu jääk on 27,48 %, põhiliselt savi ja raua hüdroksiidid.

Karbonaadi põhimassi moodustab mikrodetriidikas kaltsiit, milles on romboeedrilised dolomiidi kristallid (0,02–0,04 cm). Õhikus on näha suures koguses orgaanilist detriiti ja orgaanilisi jäänuseid, mis on täidetud karbonaadi ja raua hüdroksiididega. Purdmaterjali on kuni 50%. Fauna on osaliselt ümberkristalliseerunud. Kivimis on karbonaadist ja raua hüdroksiididest läätsjad moodustised, võib-olla on need kuju säilitanud fauna fragmendid (karbikaaned). Ovaalsete moodustiste sees on sageli karbonaat, mille ümber on raua hüdroksiididega impregneeritud mähkunud kihikesed. Arvatavasti olid fauna tükid täidetud

karbonaadi ja orgaanilise ainesega, neist viimase arvel tekkis püriit. Punakaspruun bituminoosne aines (0,005%) esineb lühikestes soontes ja juusjates moodustistes.
Proov 94.

KUKRUSE LADE
DREIMANI KIHISTU 437,25–453,00 (15,75/8,75)
[Märge originaalkirjeldusest: Kukruse lade 437,25–453,0 (15,75/8,75)
Kiht 9
437,25–453,00 (15,75/8,75) Lubjakivi, sinakashall, organogeenne, mikrokristalliline, kihiline, väga tihe ja kõva, karpliku ning ebatasase murdega.

Sinakashall lubjakivi (kihi paksus kuni 8 cm) vaheldub tumehalli tugevalt savika lubjakiviga, mille kihtide paksus on 3–8 cm. Organismide fragmendid on orienteeritud kihilisusega paralleelselt, rõhutades kihilisust. Kihipinnad on ebatasased ja väljakiilduvad. Lubjakivi kihid on ilmelt massiivsed, sageli konglomeraadilised.

Karbonaadi põhimass koosneb mikrokristallilisest ja mikroteralisest kaltsiidist, milles on lisandiks peensoomuseline, kõrge kaksikmurdumisega saviaines (illiit).
Purdmaterjali on väga vähe, valdavalt kvarts. Orgaaniline aines esineb põhimassis korrapäratute või kiudjate eraldistena. Karbonaatses massis esinevad peened romboeedrilised dolomiidi kristallid. Kivim sisaldab üksikuid püriidi teri, sageli kuhjatisi, asendades tihti ka karbikaantes olevat karbonaati; karbikaaned on sageli ümberkristalliseerunud. Skeletifragmendid on ka fosfaatsed. Hajutatult esineb helbekujulisi raua hüdroksiidide agregaate.

Punakaspruuni orgaanilise ainese moodustab õlikas bituumen "A", mille sisaldus luminestsents-analüüsi andmetel on 0,00125–0,01 % vahel.
Proovid 95–115.

KESK-ORDOVIITSIUM 453,0–503,10 (50,1/42,6)
LASNAMÄE LADE (ülemine osa) + UHAKU LADE
TAURUPE KIHISTU 453,0–464,5 (11,5/7,75)
[Märge originaalkirjeldusest: Ehhinosferiitlubjakivi kiht 453,0–464,5 (11,5/7,75)]
Kiht 8
453,00–464,50 (11,5/7,75) Lubjakivi, alumise kompleksi pruunikaspunased lubjakivid lähevad järk-järgult üle sinakashallideks savikateks organogeenseteks lubjakivideks: mikrokristallilised, kohati konglomeraadilised, kihilised, väga tihedad, kõvad. Need lubjakivid (paksus 5–10 cm; murdepind ebatasane ja karplik) vahelduvad tumehalli savika lubjakivi vahekihtidega, kus on peened savikad kihid (1–3 mm) on vaheldumisi massiivse, kohati konglomeraadilise ilmega 1–8 cm paksuste kihtidega. Organismide jäänused on orienteeritud paralleelselt kihilisusega ilmestades tekstuuri. Kihipinnad on ebatasased ja hargnevad.

Fauna fragmendid: brahhiopoodid *Plectambonitidae*, *Strophomenacea*, *Christiania* sp., gastropoodid, peajalgsed Nautiloidea, trilobiidid: *Illaenus intermedius* Holm. Mikrofauna: ostrakoodid *Longiscula* cf. *parecitis* Neckaja, *Euprimitia* cf. *mediana* Neckaja, *Longiscula parectis* Neckaja, *Macronotella* cf. *kukersiana* Bonnema, *Euprimitia* sp., *Silensis* sp.

Lahutumatu jääk on 9,4–40,5%, põhiliselt saviaines vähese kvartsi ja püriidiga.

Kivimi põhimass koosneb mikroteralisest ja peitkristallilisest kaltsiidist, milles on lisandiks ebaühtlaselt jaotunud savi. Fauna fragmendid (30–40%) on sageli ümberkristalliseerunud. Kvartsi teri on väga harva.

Pruunikas orgaaniline aines esineb korrapäratute laikudena või juusjate moodustistena. Karbonaadis on peeneid romboeedrilisi dolomiidi kristalle ja püriiti. Püriit on koos teralise karbonaadiga koondunud karbikaantesse. Esineb üksikud fosfaatseid faunafragmente ja räniainega täidetud karpe. Põhimassis on hajutatult raua hüdroksiidide helbekujulisi agregaate.

Lubjakivi poorsus on 7,8–9,61%, läbilaskvus karotaaži järgi on väike.
Proovid 115–133.

KUNDA LADE (ülemine osa) + ASERI LADE + LASNAMÄE LADE (alumine osa)
BALDONE + SEGERSTADI + STIRNA KIHISTU 464,5–483,1 (18,6/16,85)
[Märge originaalkirjeldusest: Ortotseratiitlubjakivi kiht 464,50–503,10 (38,60/34,85)]
Kiht 7

464,50–483,10 (18,6/16,85) Lubjakivid, ülaosas ilma selge üleminekuta **organogeenne lubjakivi**, pruunikaspunane, ebaselgete rohekassiniste laikudega (suurus 2–3 cm), raua hüdroksiidide impregnatsiooniga, ebaühtlaselt savikas, peene detriidiga, mikroteraline ja mikrokristalliline, tihe, kõva, karpliku murdega, konglomeraadiline (savi ja tiheda lubjakivi veeristega). Savikates kihtides on nihkepeeglid. Lubjakivi 10 cm paksuste kihtidega vahelduvad kuni 1 cm paksused savi vahekihid. Kihipinnad on ebatasased, kühmulised.

Lubjakivis on rikkalik fauna. Puudulukse brahhiopoodi *Strophomenacea* fragmendid; Nautiloidea: *Orthoceras* sp., *Endoceras* sp., *Cyclentoceras concoelatum* Eichwald, *Michelinoceras* sp., *Endoceras* sp. incognitum? Schroeder, *Endoceras*'e sifoone; trilobiidid: *Illaenus* sp., *Pseudoasaphus* sp., samuti Asaphidae ja *Asaphus* sp. fragmendid. Mikrofauna: ostrakoodid *Conchoprimitia* sp., *Dilobella* cf. *simplex* (Krause), *Pinnatulites procera* (Kummerow), *Aparchites* sp., *Longiscula* sp., *Euprimitia medianal* Neckaja, *Macronotella* cf. *kucersiane* Bonnema, *Silensis* sp.

Karbonaadi põhimass koosneb mikroteralisest ja mikrokristallilisest kaltsiidist, milles on hajutatult peened (0,02–0,04 mm) romboeedrilise kujuga dolomiidi kristallid. Karbonaadi põhimassi foonil eralduvad välja erinevad faunafragmendid ja peen organogeenne detriit. Skeletifragmendid on osaliselt ümberkristalliseerunud. Kogu põhimass on intensiivselt raua hüdroksiididega impregneeritud, eriti just karpide fragmendid. Põhimassis on lisandina peendispersne savi.

Lahustumatu jääk on 10,8–29,8%, suurenedes alt üles. Proovis 150 on lahustumatu jääk 25,65%, fraktsioonid < 0,01 mm = 25,6%, 0,01–0,1 mm = 0,05% (valdavalt savi ja raua hüdroksiidid).
Proovid 134–183.

KUNDA LADE (keskmine osa)
SAKYNA KIHISTU 483,1–484,9 (1,8/1,8)
Kiht 6

483,10–484,90 (1,8/1,8) Organogeenne lubjakivi, sinakashall (alumisel piiril üleminekuline muutus pruunikaspunasest sinakashalliks), savikas, mikroteraline ja peene- kuni mikrokristalliline, kõva, tihe ja pinnulise murdega.

Lubjakivi kihid (paksus 2–3 cm) vahelduvad erineva savikusega lubjakivi ja tumehalli savi peente vahekihtidega. Kihipinnad on hargnevad ja lainjad. Savi vahekihtides esinevad lubjakivi purdosad. Lubjakivis on hajutatult püriidi terasid ja väikeseid agregaate. Lubjakivis ja savis on suures koguses purdosi ja fauna fragmente (mikrofauna).

Kivimi põhimass koosneb mikroteralisest, kohati peenekristallilisest kaltsiidist, milles on lisandina savi. Skeletifragmendid on tihti ümberkristalliseerunud, esineb peendetriiti (määramata). Püriiti leidub nii põhimassis kui karpide õõnsustes.

Lahustumatu jääk on 12,6%, poorsus 6,28%. Proovis 185 on bituumen ("A") sisaldus 0,005%.
Proovid 184–187.

VOLHOVI LADE + KUNDA LADE (alumine osa)
KRIUKAI KIHISTU 484,90–503,10 (18,2/16,2)
Kiht 5

484,90–503,10 (18,2/16,2) Ortotseratiitlubjakivi (allosas asendub glaukoniitlubjakivi järk-järgult ortotseratiitlubjakiviga), pruunikaspunane, rohekashallide laikude ja täppidega (reliktid), savikas, dolomiidistunud, tihe, kõva, karpliku murdega; savikamad kihid on väiksema kõvadusega ja nõrga ebatasase muldja murdega. Pruunikaspunane värvus tuleneb kõrgest rauahüdroksiidide sisaldusest kivimis. Lubjakivi struktuur on erinev.

Kihtide paksus on 0,5–1,0 m, kihilisuse põhjustavad rohekashallid vahekihid. Lubjakivide kihipindadel on savi kihid (0,5–1 mm). Kihipinnad on ebatasased, konarlikud

(kühmude ja lohkude vaheldumine) andes kihtidele läätsja ja lainja iseloomu. Piklike ja kerakujuliste kühmlike purdosade kõrgus on 0,6–1,1 cm ja diameeter 0,5–1,4 cm. Kühmude pinnal olev savi on alumises osas rohekas ja ülemises osas punakaspruun. Lubjakivid on konglomeraadilised.

Lubjakivi sisaldab ohtralt jämedat organogeenset purdmaterjali, mis on hajutatult teralis-detriidilises põhimassis.

Lubjakivi sisaldab rikkalikult skeletifragmente ja hästi säilinud kivistisi. Esineb krinoide ja puuduluksete brahhiopoodide fragmente. Leitud on: peajalgsed *Endoceras incognitum* Schroeder, *Endoceras wahlenbergi* Foosd, *Endocerase* sifooni fragmente, *Michelinoceras* sp., trilobiidid *Ampyx nasuhes* Dalman, *Nileus armadillo* Dalman, *Asaphus* sp., *Illaneus* sp.. Mikrofaunas: ostrakoodid *Tetradella grewingki* (Bock), *Conchoprimitia* sp., *Stusloxtia* sp. *polynodilifera* Hess, *Pinnotulis procera* (Kummerow), *Dilobella* cf. *simplex* (Krause).

Lahustumatu jääk lubjakivis on 17,92–19,97%. Põhimassi moodustab peeneteraline (kristalliline) kaltsiit, osaliselt ümberkristalliseerunud, tugevalt dolomiidistunud. Skeletifragmendid on tihti ümberkristalliseerunud ja täidetud raua hüdroksiide sisaldava karbonaadiga.

Põhimassis on romboeedriline peenekristalliline dolomiit. Osa karbonaadi põhimassist on tugevalt raua hüdroksiididega impregneerunud ja seetõttu läbipaistmatu. Raua hüdroksiide on nii põhimassis ja kui ka karpide õõnsustes. Lubjakivi kihi alumises osas esinevad üksikud ümardunud glaukoniidi terad.

Bituumen "A" sisaldus luminestsentsi analüüsi järgi on 0,000625%.
(Proovid 188–223.)

ALAM-ORDOVIITSIUM 503,1–510,7 (7,6/0,65)
HUNNEBERGI LADE + BILLINGENI LADE
ZEBRE KIHISTU 503,10–510,70 (7,60/0,65)
[Märge originaalkirjeldusest: Glaukoniitkiht 503,1–510,7 (7,6/0,65)]
Kiht 4
503,10–510,70 (7,60/0,65) Glaukoniitlubjakivi, punakaspruun lillade ja hallide laikudega, dolomiidistunud, peenekristalliline, kõva, rikkalikult glaukoniiti ja ümberkristalliseerunud fauna fragmente (täidetud karbonaadiga) sisaldav.

Kihilisus on ebaühtlane ja lainjas, kihtide paksus on 1,5–6,0 cm. Kühmulistel ja ebatasastel kihipindadel on peeneteralise glaukoniidi ja püriidi kuhjed.

Karbonaadi põhimass on kristalliline ja teraline, sageli on kristallid romboeedrilise kujuga. Glaukoniit on rohelist värvi ja peen-agregaadilise ehitusega (suured terad on lõhelised) jaotudes põhimassis ebaühtlaselt. Glaukoniidi terad on läbilõikes tasemeti koondunud, kadudes ülemises osas, kus kivim on heledavärviline. Kohati on kivim raua hüdroksiidide impregnatsiooni tõttu punakaspruun; raua hüdroksiidid esinevad helveste ja kuhjetena.

Lahustumatu jääk on 19,24% ja poorsus 15,40%. Elektrikarotaaži anomaalia on positiivne.
Proovid 224–227.

KAMBRIUM 510,7–559,5 (48,8/1,82)
FURONG 510,7–522,0 (11,3/1,82)
PETSERI KIHISTU 510,7–522,0 (11,3/1,82)
[Märge originaalkirjeldusest: Ooboluskihid 510,7–522,0 (11,3/)]
[Märge originaalkirjeldusest: Alam–Ordoviitsium 16,0 m (1,82 m)]
Kiht 3
510,70–513,70 (3,0/0,2) Kvartsliivakivi, hall, aleuriitne, peeneteraline, nõrgalt tsementeerunud (savikas kaltsiitne tsement), läätsjalt õhukesekihiline. Kihilisust rõhutavad 2–3 mm paksused vahekihid, milles on rikkalikult fauna fragmente (*Ungula* sp.). Fauna fragmendid on orienteeritud paralleelselt kihilisusega, kihtide kallakus on 20°. Purdmaterjal

koosneb vähekulutatud kuni ümardunud kvartsi (81%) ja päevakivi (12%) teradest ning vilgu lehekestest. Terade suurus on 0,01–0,25 mm, keskmiselt 0,16 mm.

Vähene tsement koosneb mikrokristallilisest kaltsiidist, lisandiks on savi. Proov 228.
[Märkmed kirjelduse juures: Ordoviitsium 392,75–522,0 m, paksus 129,25 m. Teisel lehel on kirjas, et alates 515,2 meetrist algab Kambrium]

Kiht 2
513,70–515,20 (1,5/1,5) Savi (illiitne), hall, aleuriidikas-liivakas, vilgu ja püriidi (peenekristalliline, sageli pesade ja mugulatena) lisandiga, tihe, ebatasase murdega, läätsjalt õhukesekihiline. Kihipindadele on koondunud vilk ja peen püriit ning esinevad erikujulised kuivalõhed. Savides on nihkepeeglid (kallakusnurk 30–35°) ja rohkelt fauna fragmente.

Lahustumatu jääk 97,8%; fraktsioonid: < 0,01 mm = 34,41–95,00%, 0,01–0,1mm = 2,80–3,53%, 0,1–0,25 mm = 0,0–0,39%.

Savi koosneb peen-soomuselistest savimineraalidest (illiitide grupp), mis on kõrge kaksikmurdumisega. Savisoomused on ebakorrapäraselt orienteeritud. Savi põhimass sisaldab 10–12% aleuriiti, mis on ebaühtlaselt jaotunud või kuhjunud kohati peentesse läätsedesse, terade suurus on 0,05–0,16 mm, domineerib 0,08 mm.

Aleuriit ja liiv koosneb vähekulutatud kvartsi ja kaaliumpäevakivi (mikrokliin, plagioklass) teradest ning vilgu lehekestest. Päevakivi on osaliselt lagunenud ja kaoliinistunud. Vilgule sarnane mineraal on pruunikaspunase tooniga, esinedes kuhjatiste ja suurte kristallidena, mis on orienteeritud kihilisusega paralleelselt.
Kerge fraktsiooni koostis immersioonimeetodi järgi:

Mineraal	Proov 229	Proov 232
Kvarts	62,69%	78,79%
Päevakivi	35,52%	19,54%
Muskoviit	1,49%	1,44%
Kloriit	0,3%	0,28%

Raske fraktsioon proovis 229: püriit (98,7%; pulbriline, sageli usjad agregaadid, harva dodekaeedri kristallid), titaani määramata mineraalid (0,36%), maakmineraalid (0,37%) ja turmaliin (0,25%).

Kivimis on punakaspruunika värviga laigud, nähtavasti orgaanilise aine rikkad. Luminestsentsi analüüsi andmetel sisaldab savi tõrvastunud bituumenit "A" 0,005%.
Proovid 232–229.

Kiht 1
515,20–522,00 (6,8/0,12) Kvartsliiv-aleuroliit, valkjashall, peeneteraline, nõrga kaoliinse põhitsemendiga.

Lahustumatu jääk 99,31%; fraktsioon: < 0,01 mm = 52,01%, 0,01–0,1mm = 44,98%, 0,1–0,25 mm = 2,23%, 0,2–0,5 mm = 0,09%.

Kvartsi terad on vähekulunud, harva nõrgalt ümardunud ja korrodeeritud, päevakivi on kaoliinistunud ja veel esinevad lagunemise produktid – kaoliniit ja muskoviit.

Aktsessoorsetest mineraalidest esinevad üksikud titaani mineraalide terad, tsirkoon, turmaliin ja püriit.

Elektrikarotaaži järgi on näiv takistus 90 Ω/m ja omapotentsiaal (ПС) anomaalia on negatiivne.
Proov 233.

MÄRKMED KIRJELDUSE JUURES
Intervallis 515,2–547,2 m (paksus 32 m) **puursüdamik puudub**, alates sügavusest 547,2 m kindel Lontova: tubakavärvilised ja rohekashallid aleuriitsed savid, milles *Platysolenitese* fragmendid, ülekaalus tubakavärvilised erimid. Need savid lõpevad sügavusel 562,9 m. Edasi suhteliselt halvasti säilunud puursüdamiku tükid, kus ülekaal kirjuvärvilistel halvasti sorteeritud veeriseid sisaldavatel aleuroliitidel, mis oma ilmelt meenutavad väga Kotlini ülemise osa aleuroliite. Sisaldavad kõrvuti kvartsiga hulgaliselt päevakive. Aleuroliidid sügavuseni 573,95? m – siin sügavusel küll ka juba punavärvilised vilgu ja kloriidirikkad peliitsed aleuroliidid hallide jämedateralise aleuroliidi pesadega,

viimased meenutavad tüüpilisi Gdovi kivimeid. Lõppu raske määrata, sest aleuroliidi tükid segamini kristalse aluskorraga.
Märkus: läbilõike liigestamisel kasutati täiendavalt puuraugu karotaaži.

KESK-KAMBRIUM 522,0–547,2 (25,2/0,0)
PANERIAI LADE, PAALA KIHISTU 522,0–547,2 (25,2/0,0)
Puursüdamik puudub.

ALAM-KAMBRIUM 547,2–559,5 (12,3/ ?)
LONTOVA LADE ja KIHISTU 547,2–559,5 (12,3/ ?)
547,2–554,0 (6,8/ ?) Ülal kaoliniitsavid, violetsete laikudega valged, allosas kirjuvärviline, kohati neerjate kogumikega, vahelduvad sinakashallid **liivakivid** aleuroliidiga.

554,0–559,5 (5,5/ ?) Ilma puursüdamikuta, karotaaži andmetel **liivakivid**.

EDIACARA 559,5–598,1 (38,6/ ?)
KOTLINI LADE 559,5–598,1 (38,6/ ?)
KOTLINI KIHISTU 559,5–567,0 (7,5/ ?)
559,5–564,0 (4,5/ ?) Kirjuvärvilised (ookerkollased kuni sinakashallid) sideriidi vahekihtidega **laminariitsavid**, peenekihilised.

564,0–567,0 (3,0/ ?) Liivakas-aleuroliitne kompleks rohekashalli **aleuroliidi** ja **saviga**.

GDOVI KIHISTU 567,0–598,1 (31,1/ ?)
567,0–570,0 (3,0/ ?) Aleuroliit, mikrokihiline, sinakashall harvade pruunikaspunaste laikudega.

570,0–598,1 (28,1/ ?) Rauarikkad jämedad liivakivid ja kruus aleuroliidi vahekihtidega.

PROTEROSOIKUM 598,1–609,0 (10,9/10,9)
598,1–609,0 (10,9/10,9) Varigraniit (varimigmatiit) aluselise kivimi reliktidega, peene- ja keskmisekristalliline. Kivim on tugevasti murenenud (murenemiskooriku II aste) ja rauahüdroksiididest punane. Esineb tumedavärviliste mineraalide ja roosakasrohelise värviga laike. Murenemisproduktide põhjal otsustades on melanokraatseks mineraaliks amfibool.

Graniidi koostis varieerub suurtes piirides. Peenekristallilised erimid on rikastunud murenenud tumedavärviliste mineraalide ja magnetiidiga: mikrokliini on 30–60%, kvartsi 10–35%, plagioklassi 5–30%, murenenud amfibooli 0–10%, magnetiiti 0–0,5%, aktsessooridena esineb apatiiti, monatsiiti, tsirkooni, sekundaarsete mineraalidena epidooti? ja karbonaati. Pruunikas mikrokliinis on plagioklassi reliktid. Leitud on pertiidi peeneid sooni. Plagioklass on albiidistunud, sossüriidistunud ja raua hüdroksiidide tõttu pruunika tooniga; terad on ebakorrapärase kujuga ja laiguti moodustavad olulise osa kivimist, kus struktuur on graniidiline või granoblastiline.

Kvartsi terad on leukokraatsetes laikudes erineva kujuga ning korrodeerivad mikrokliini ja plagioklassi teri. Tumeda kivimi laikudes on kvartsi vähe.

Amfibool on asendunud värvitu või helerohelise kloriidiga, milles on magnetiidi peeneid vööte ja laike. Magnetiidis on apatiidi prismalisi kristalle. Tsirkoon on idiomorfne, pruuni tooniga, vahel on terade välispind korrodeerunud. Monatsiidi peened kristallid on ümardunud.

LISA 2

MUNAMÄE (363) PUURSÜDAMIKU KIRJELDUS

Asukoht: Suure Munamäe jalamil
Suudme orienteeruv absoluutne kõrgus: 272 m
Sügavus: 160,0 m
Kvaternaarisetete paksus. 138,8 m
Devoni settekivimite läbitud paksus: 21,2 m

SELGITUS: Munamäe (363) puurauk on rajatud geoloogilise kaardistamise (mõõtkava 1:200 000) käigus (Väärsi jt 1964. „Aruanne Võru Rühma komplekssest geoloogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:200 000 ENSV kaguosas (lehtede O-35-XXI ja O-35-XXII põhjapoolsed osad“. Originaalkirjeldus on venekeelne ja hoiul OÜ Eesti Geoloogiakeskuse geoloogiafondis (fondi nr 2301). Kirjelduse autor on Kaljo Kajak. Kirjelduse tõlkis eesti keelde Ain Põldvere. Eestikeelses kirjelduses on säilitatud kõik originaalkirjelduse märkused omaaegse stratigraafia kohta. Komplekside piirid on esitatud järgnevalt: kompleksi ülemine piir–kompleksi alumine piir (kompleksi paksus/puursüdamiku väljatulek).

KVATERNAAR
(K. Kajaku järgi: 2,0–6,0 m – Ülem-Pleistotseen; 6,0–138,8 m – Kesk-Pleistotseen).

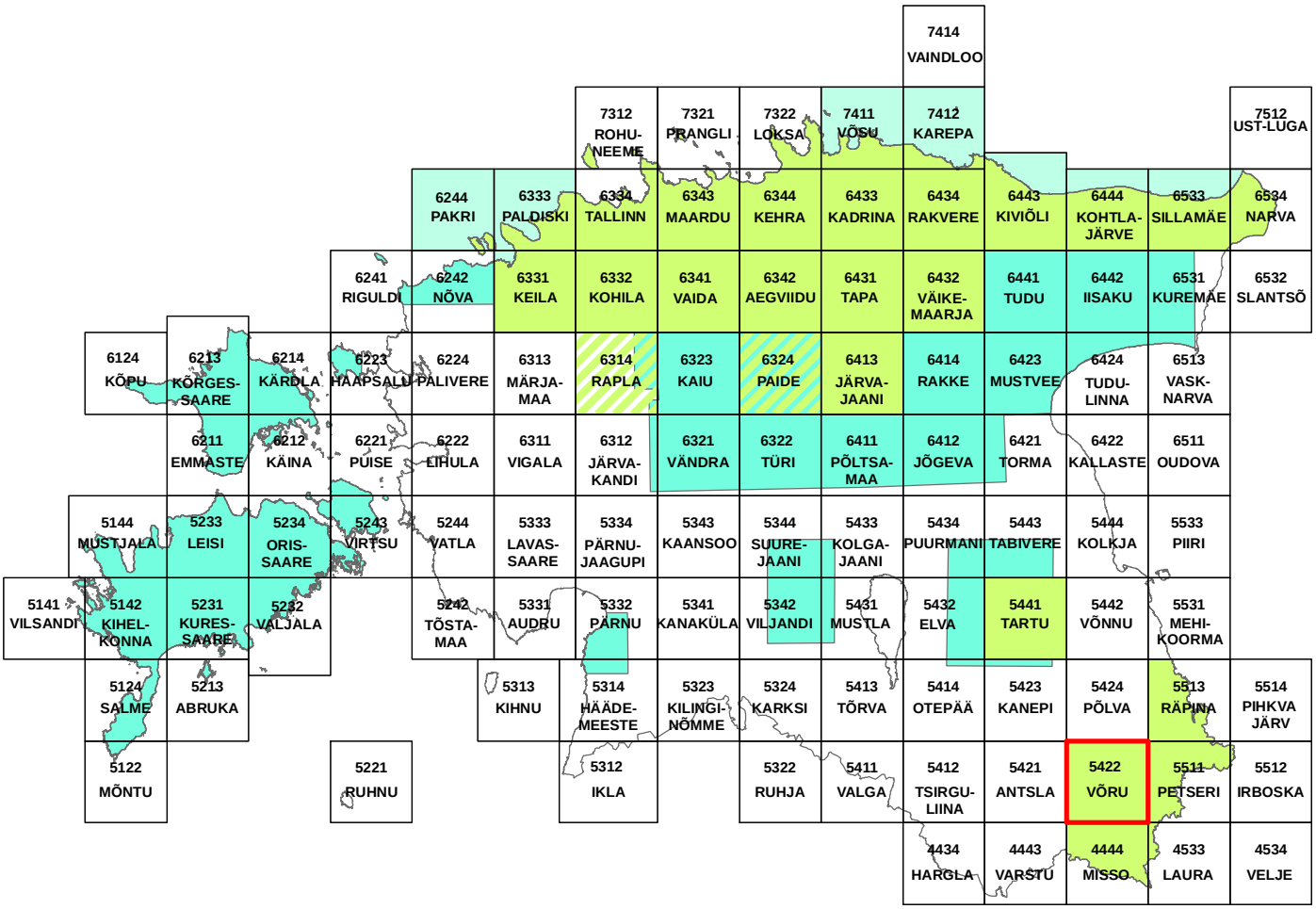
0,0–2,0 (2,0/2,0) Muld (huumusega) ja saviliiv.

2,0–6,0 (4,0/2,8) Liivsavi (limnoglatsiaalsed setted), tolmjas, helekollane kuni pruun. Alumises osas (0,5 m) pruun, vähem tolmjas. Kontakt lamavate setetega küllaltki selge.
6,0–9,0 (3,0/2,1) Liivsavi (glatsiaalsed setted), tolmjas, tihe, hall, violetjaspruuni tooniga, mis muutub õhuga kokkupuutel rohekaks. Sisaldab valdavalt kristalliinse koostisega kruusa ja harva peent veerist.
9,0–17,0 (8,0/3,5) Liivsavi (limnoglatsiaalsed setted), tolmjas, tihe, hall, violetjaspruuni tooniga, mis muutub õhuga kokkupuutel rohekaks. Ülemises osas (1,0 m) sisaldab õhukesi helebeeži aleuriidi kihikesi, mis moodustavad viirkihilise tekstuuri.
17,0–25,0 (8,0/5,2) Liivsavi (glatsiaalsed setted), tolmjas, tihe, hall, violetjaspruuni tooniga, sisaldab valdavalt kristalliinse koostisega kruusa ja üksikuid veeriseid. Vahemikus 20,0–21,5 m ei sisalda jämepurdset materjali.
25,0–39,2 (14,2/8,5) Saviliiv (glatsiaalsed setted), peeneteraline, hall, violetjaspruuni tooniga, sisaldab valdavalt kristalliinse koostisega kruusa ja üksikuid veeriseid.
39,2–85,8 (46,6/28,0) Saviliiv (glatsiaalsed setted), eriteraline, tihe, hall, violetjaspruuni tooniga, sisaldab võrdses koguses kristalliinse ja karbonaatse koostisega kruusa ja veeriseid. Veeriste läbimõõt kuni 25 cm, tavaliselt 1–5 cm.
85,8–107,1 821,3/17,0) Liiv (fluvioglatsiaalsed setted), eriteraline, päevakivi – kvarts koostisega, helekollane. Keskmises osas (94,0 – 98,6 m) peeneteraline, tolmjas.
107,1–116,0 (8,9/8,0) Saviliiv (glatsiaalsed setted), eriteraline, tihe, määrdunudpruun, sisaldab võrdses koguses kristalliinse ja karbonaatse koostisega kruusa ja veeriseid. Tihti esinevad violetja pruunikashalli tiheda liivsavi vahekihid paksusega 0,1–1,2 m. Liivsavi

sisaldab kruusa ja harva peent veerist. Intervalli alumises osas esinevad tõenäoliselt eriteralise liiva kihid.
116,0–138,8 (22,8/19,0) Liiv (limnoglatsiaalsed setted), peeneteraline, tolmjas, helekollane, alumises osas puurhiivana.

DEVON
(K. Kajaku järgi Ülem-Devon, Šventoi kihistu)

138,8–148,0 (9,2/9,0) Liivakivi (liiv), nõrgalt tsementeerunud, eriteraline (valdavalt peene- ja keskmiseteraline), valge, koosneb halvasti ja keskmiselt ümardatud kvartsiteradest, Vahemikus 143,2 – 144,0 esinevad nõrgalt ja keskmiselt tsementeerunud aleuroliidi kihid, mis intervalli ülaosas on helehallid, allosas kirjuvärvilised (violetjad).
148,0–156,7 (8,7/3,7) Aleuroliit, 153 m sügavuseni nõrgalt tsementeerunud, liivakas, õhukesekihiline, helepruun ja kollane. Sügavamal keskmiselt tsementeerunud, savikas, violetjas kollakaspruun ja kirju. Alumises osas helehall.
156,7–160,0 (3,3/3,3) Savi, aleuriitne, tihe, õhukesekihiline, hall. Ülemises 0,8 m pikkuses ja alumises 1,5 m pikkuses intervallis violetjas ja kollakas. Kirjeldatud intervalli alumisel piiril esineb helehall aleuroliit.



Digitaliseeritud kaart M 1:50 000
Digitized map scale of 1:50 000

Käsikirjaline kaart M 1:50 000
Mapped area at a scale of 1:50 000

Võru 5422 kaardileht ja seletuskiri
Map and description of sheet Võru 5422

Töös olevad
On the working