



LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel

Sirgala II mäeeraldise korrastamise järel endise Viivikonna jaoskonna alal kujunevate veetasemete prognoos ja veetaseme tõusust tekkivad uued veekogud ja muutused alal juba olemasolevates veekogudes

Tallinn 2023

Töö nimetus:

LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8 Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel. Sirgala II mäeeraldise korrastamise järel endise Viivikonna jaoskonna alal kujunevate veetasemete prognoos ja veetaseme tõusust tekkivad uued veekogud ja muutused alal juba olemasolevates veekogudes.

Töö teostajad:

Indrek Tamm

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

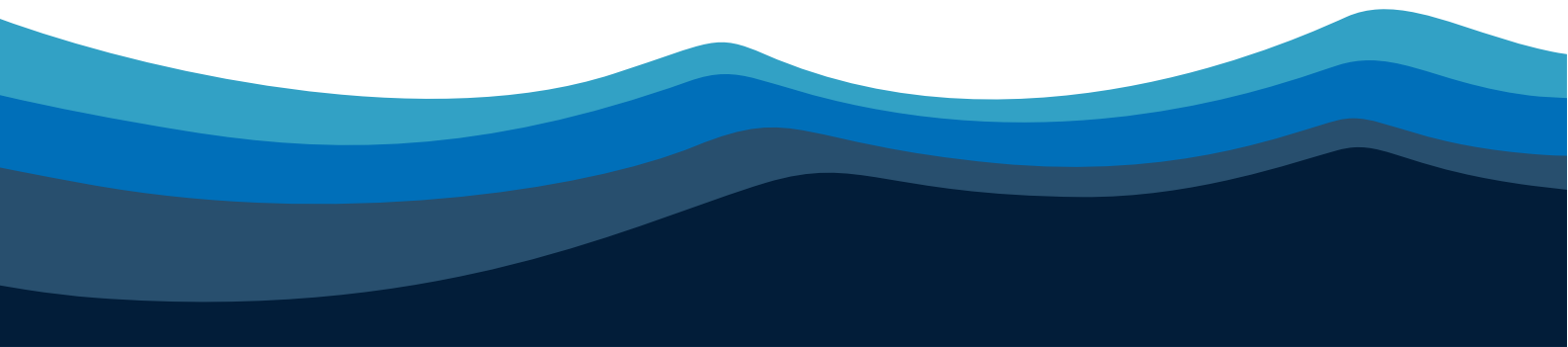
Marja 4D, Tallinn, 10617

Tel. 5083764

indrek.tamm@klab.ee

Töö tellija:

Kliimaministeerium, LIFE IP CleanEST partnerlusleping 4–6/50/9



Aruanne on valminud LIFE IP CleanEST projekti raames, mida rahastavad Euroopa Komisjoni LIFE programm ja Eesti riik. LIFE programmi rahastusleping nr LIFE17 IP/EE/000007. Aruanne kajastab autori seisukohti ja Euroopa Komisjon ei vastuta sisu kasutamise eest.

Sisukord

Annotatsioon.....	5
Annotation.....	6
1 Sissejuhatus.....	7
2 Metoodika.....	13
2.1 Maapinna- ja sügavusmodelid.....	13
2.2 Ala käsitlevad põhjaveemudelid.....	13
2.2.1 Põhjaveemudel N15aIF7WGW7.....	16
3 Põhjaveemudelil N15aIF7WGW prognoositud veetaseme muutused.....	22
3.1 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala veetaseme ja bilansimuutused.....	22
3.2 Viivikonna rikkevööndi ala veetaseme ja bilansimuutused.....	25
3.3 Veetaseme tõus Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal.....	30
3.4 Põhjaveetaseme tõusuga kaasnev pinnaveekogude teke ja veetaseme tõusu ulatus alal olemasolevates veekogudes.....	35
4 Kokkuvõte.....	40
5 Kirjanduse viited.....	42

Joonised

Joonis 1. Korrastatava Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ning mäetööstusmaa sihtotstarbega maaüksuste paiknemine aastal 2019.	7
Joonis 2. Kaitseväe Sirgala harjutusväljaku laienemiskava (2020.a variant) ja LIFE Viivikonna pilootala algse ala ülevaatus novembris 2020, harjutusväljakul kavandatu on Kaitseministeeriumi/RKIK joonis.....	9
Joonis 3. LIFE IP CleanEST Viivikonna ja tranšee 13 uuringualade paiknemine Narva karjääris ja erinevate põhjaveemudelite alad.....	15
Joonis 4. 2023 aasta põhjaveemudeli N15aIF7WGW bilansi arvutuste piirkonnad.....	17
Joonis 5. Karjääri eelkuivenduse drenaažisüsteem, joonis TTÜ Mäeinstituudi aruandest Estonia ja Narva veekõrvalduse optimeerimine [21].....	18
Joonis 6. Läbilõige II–II' Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastusprojekti [11]... Tõrge! Järehoidjat pole määratletud.	
Joonis 7. Modelleeritud veetaseme muutusi kajastavate profiilide paiknemine.....	20
Joonis 8. Viivikonna alalt vee väljapumpamine 2019–2022 ja veetasemed mudeli ajaetapil 136, aprill 2026, 40 kuud peale pumpamise lõpetamist.	21
Joonis 9. Modelleeritud veetasemed korrastusprojekti [11] lõikel II–II' (maapinnamudel 2015 ja 2022).....	22
Joonis 10. Modelleeritud veetasemed Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise põhjaosas.	23
Joonis 11. Põhjaveemudeli N15aIF7WGW veetasemed Viivikonna rikkealal profiilis P1–P1'.....	25
Joonis 12. Veetasemed mudeli N15aIF7WGW ajaetapil nr 88 (aprill 2022, enne pumpade peatamist) ja veetaseme ajalised muutused mudelisse lisatud tinglikus seirekohas.....	27
Joonis 13. Veetaseme muutused kavandatud filtratsioonikraavi alal (piketid 0+17 kuni 28+48).	27
Joonis 14. Viivikonna rikke juures praegu olemasolevad veekogud ja nende veetasemed.....	28
Joonis 15. Mudeli N15aIF7WGW erinevate veemahtuvuse variantide järgi saavutaks Viivikonna jaoskonna alal moodustuv veekogu projekteeritud taseme 15–25 kuuga.....	31
Joonis 16. Alal olemasolevad ja lisanduvad veekogud ja nende veepiirid ning veetaseme orienteeruv tõus olemasolevates veekogudes.	37

Annotatsioon

Põlevkivivaru ammendumise järel kaevandamisloa KMIN-087 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala korrastamisprojekti elluviimisel toimub põhjaveetaseme tõus ja alale tekib uus suur tehisjärv, mille veetase reguleeritakse pumpamisega absoluutkõrgusele 30 m. Põhjaveetaseme tõusu ja tekkiva veekogu mõju ulatuvad korrastatavalt mäeeraldisest tunduvalt kaugemale. Peale korrastamist läheb ala Kaitseväge kasutusse.

Käesoleva töö eesmärgiks on anda kokkuvõtlik ülevaade Viivikonna pilootalal Maa-ameti LIDAR kõrguspunktidest moodustatud maapinnamudelite ja ala kohta tehtud põhjaveemudelite abil korrastamisjärgselt kujunevat veekogude võrgustiku tekkest, alal juba olemasolevates veekogudes prognoositavast veetaseme tõusust ja selle seost põhjaveega.

Tehtud analüüsi järgi väheneb korrastamisprojekti elluviimisel Vasavere ürgoru alal oleva põhjavee väljavool Narva karjääri Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise suunas vähemalt 3000 m³/d ja tõenäoliselt võib pidada alal kujuneva suure veekogu projekteeritud veetaseme saavutamist orienteeruvalt 2 aasta jooksul.

Veetaseme tõus alal juba olemasolevates veekogudes ulatub veekogudeni, mis paiknevad Vesiloo järvest veidi põhja pool. Enamuse olemasolevate või tekkivate uute tehisveekogude kaldad on järsud, loodusliku varikaldega, mistõttu ei põhjusta veetaseme tõus ulatuslikku märg- või üleujutusala teket alale istutatud majandusmetsas.

Viivikonna alalt korrastamisjärgselt väljapumbatava veekoguse vähenemine johtub karjäärialale juurdevoolava põhjaveekoguse vähenemisest, üldine kaevandamisaegne pumpamismaht võib väheneda ka varasemalt infiltratsioonibasseini suunatud veekoguse võrra, mis ringles karjäärist infiltratsioonibasseini ja sealt tagasi karjääri.

Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastamisprojekti ettenähtud lahendused on piisavalt asjakohased ja tagavad kindlasti kaevandamisaegse mõju vähenemise põhjaveele ja kaevandamise jätkumise ohutuse Narva karjääri lõunaosas. Kavandatu elluviimine, veetasemete, veekvaliteedi ja veekoguste jälgimise tulemused võimaldavad parendada Narva karjääride järgmiste korrastamislahenduste kavandamist.

Annotation

After the exhaustion of the oil shale reserve in Sirgala II oil shale quarry (mining permit KMIN-087), during the implementation of rehabilitation project prepared by Engineering Bureau STEIGER, the groundwater level will rise, and a new large artificial lake will be created. The water level of this lake will be regulated by pumping to an absolute height of 30 m. The impact of the rise in the groundwater level and the resulting large artificial lake extends well beyond the Sirgala II oil shale quarry area. After finishing the rehabilitation project, the area will be used by the Estonian Defence Forces.

The aim of this work is to give a brief overview of the formation of the network of water bodies (that will be formed in the Viivikonna pilot area after implementation of rehabilitation project) with using surface models created from the Land Board LIDAR elevation points and different groundwater models, the predicted rise in the water level in the already existing water bodies and its relationship with groundwater.

According to the analysis carried out, after the implementation of the rehabilitation project, the outflow of groundwater from the area of the Vasavere burial valley towards Sirgala II oil shale quarry, will decrease by at least 3000 m³/d, it can be considered that the designed water level of the new large artificial lake will be achieved within approximately 2 years.

The rise in water levels in the already existing water bodies extends to water bodies on the area located just little north of the Vesiloo lake. As the shores of the majority of existing or new artificial water bodies are steep, with a natural slope, the rise of the water level does not lead to formation of large-scale wetlands or flooded areas in the sites of the planted forest.

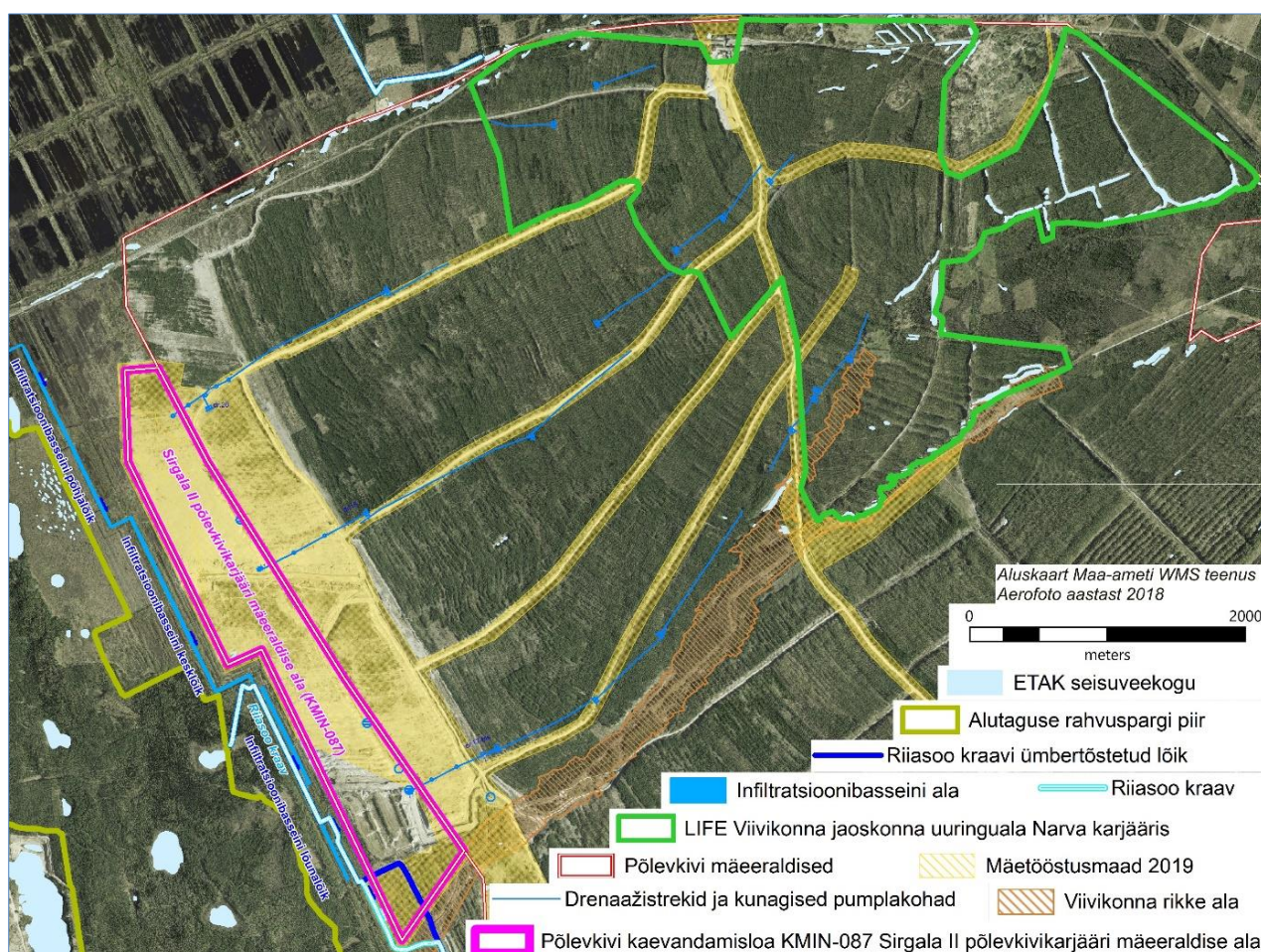
The reduction in the amount of water pumped out after rehabilitation from the Viivikonna area, will be due to the decrease in the amount of groundwater flowing into the quarry area. The overall pumping volume may also be reduced by the amount of water previously directed to the infiltration basin, which circulated from the quarry to the infiltration basin and from there back to the quarry.

The solutions provided in the Sirgala II oil shale quarry rehabilitation project is relevant and will certainly ensure the reduction of the impact on groundwater and the safety of the continuation of mining in the southern part of the Narva quarry. The implementation of the of the planned rehabilitation works, the results of the monitoring of water levels, water quality and water quantities will allow to improve the planning of the rehabilitation solutions for the other parts of Narva quarries.

1 Sissejuhatus

Kehtiva seadusandluse ja mäetööstuse hea tava kohaselt peab kaevandamine lõppema kaevandamiseks kasutatud maa korrastamisega ning selle üleandmisega edasiseks kasutamiseks. Kui kaevandatud ala pole enam mäeeraldisel või selle teenindusmaana vajalik, viiakse see pärast korrastamise kohustuse täidetuks tunnistamist mäeeraldisest välja ja võetakse kasutusele muu sihtotstarbega kui mäetööstusmaa.

Suurtes põlevkivikarjäärides on kaevandamine pikaajaline (Viivikonnas alustati kaevandamist aastal 1932 [21]) ja seetõttu võibki ala korrastamise sihtotstarve kaevandamise pika aja tõttu muutuda. Korrastamisega alustatakse esimesel võimalusel ja kaevandamise ajal korrastatakse alad reeglina metsamaaks, sest kaevandamise alguses ei saagi ette näha, mis vajadused on enam kui 50 aasta pärast, kui kaevandamine kogu mäeeraldisel lõpeb. Mäeeraldisel kaevandamise lõpufaasis saadakse uued korrastamise tingimused (lähteülesanne) ja vajadusel tehakse korrastamisprojektile keskkonnamõju hinnang.



Joonis 1. Korrastatava Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldisel ning mäetööstusmaa sihtotstarbega maaüksuste paiknemine aastal 2019.

Korrastamisel lähtutakse kaevandamisjärgse ala kasutussuunast ehk sihtotstarbest, milleks võib olla loodusressursside (metsa, loodus- või majandusväärtusega veekogu) loomine ja vastava teadmise olemasolul ka eriotstarbelise territooriumi rajamine või selleks tingimuste loomine.

Aastaks 2019 oli kujunenud olukord, kus kaevandamine jätkus vaid Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldisel (joonisel 1), ülejäänud endise Viivikonna jaoskonna ala, ühes vana allmaakaevandusega, on rekultiveeritud metsastamisega, vaid väljaveotranšeede alal oli veel mäetööstusmaa sihtotstarve.

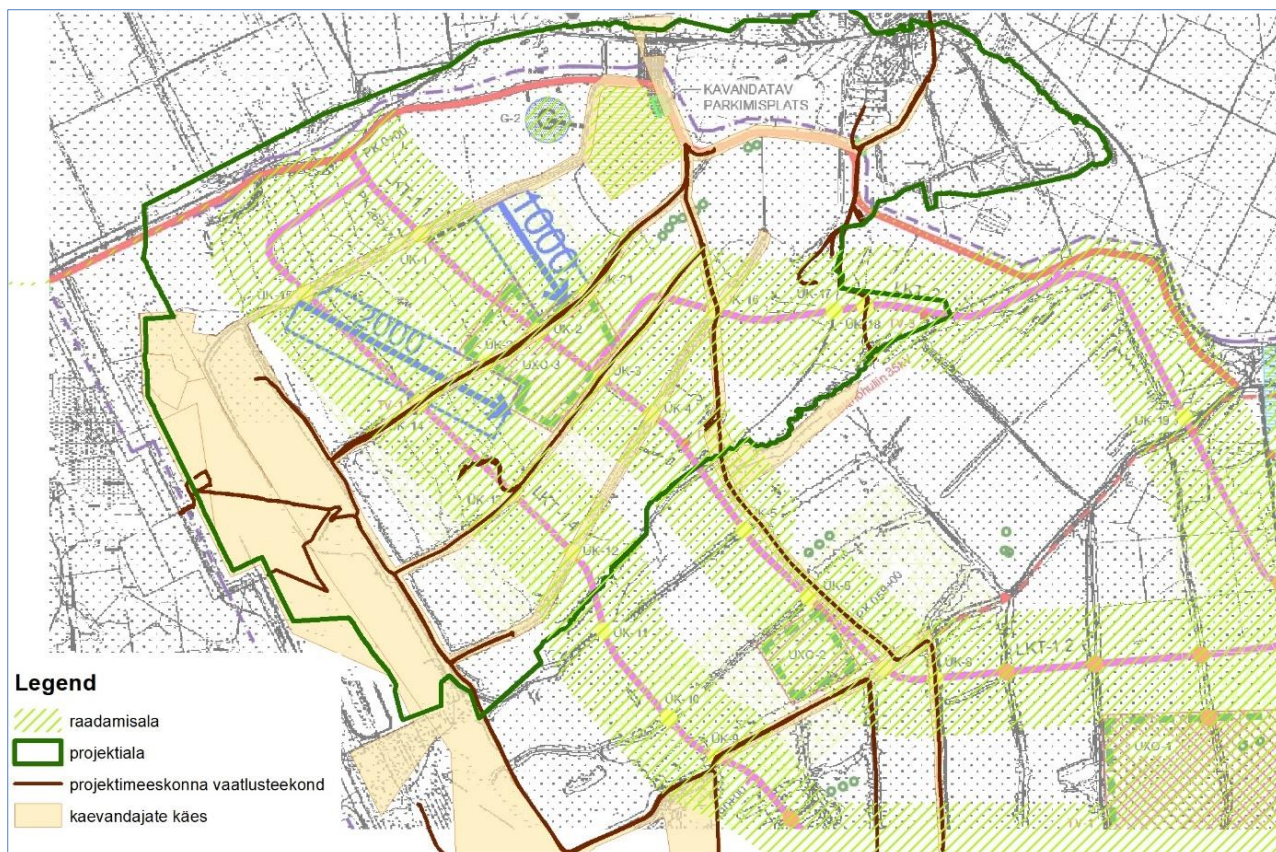
Vastavalt Eesti Energia Kaevandused AS kaevandamislubade KMIN-073, KMIN-046, KMIN-074 ja KMIN-087 muutmisega kaasneva keskkonnamõju hindamise aruandele¹ [13], on oluline lasta veetasemel taastuda endisel Viivikonna kaevaeväljal peale seal oleva põlevkivivaru kaevandamist absoluutkõrgusele ca 30 m, see on vajalik Alutaguse rahvuspargi veest sõltuvatele looduskaitseobjektidele ja elupaikadele soodsamate tingimuste tagamiseks [13].

Peale kaevandamise lõpetamist ja veetaseme taastumisel absoluutkõrgusele 30 m, on võimalik lõpetada infiltratsioonibasseini vee pumpamine (fotod 1) ja infiltratsioonibasseini ülejäänud lõigud liigestada 200–300 m pikkustest tiikidest koosnevaks kaskaadiks (fotod 2), et vähendada infiltratsioonibasseini kuivendavat mõju kaevandusvee sinna pumpamise lõpetamise järel [13].

Aastal 2019 teostas OÜ Inseneribüroo STEIGER Enefit Power AS tellimusel Viivikonna tektoonilise rikke hüdrokeoloogilise uuringu ühes hüdrokeoloogilise modelleerimisega [12] ja aastal 2020 valmis OÜ Inseneribüroo STEIGER poolt koostatud Narva karjääri mäetöödega rikutud maa korrastamise projekt Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise osas [11]. Korrastamisprojekt nägi ette ka kaevandamisaegse infiltratsioonibasseini tammidega tiikideks jagamise.

Enefit Power AS käest saadi 2020. aasta teisel poolel informatsioon, et Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastamisprojekti järgne maakasutuse sihtotstarve on nüüd kavandatud riigikaitsemaana. Korrastamisel on oluline arvestada, kes hakkab kaevandatud alasid tulevikus kasutama ja mis on tema eesmärgid. Kui ala läheb erikasutuse alla (Kaitseväe harjutusväli), siis võib piirduda korrastamisel ala tulevase kasutuse vajadustega, nt metsa istutamise võib ära jätta. Kaitseväe Sirgala harjutusväljaku mitmekordse suurendamise elluviimise kava (2020) hõlmas ka laialdase ala LIFE IP CleanEST tegevuse C.8 Viivikonna algsest pilootalast (joonis 2).

¹ Heakskiitmine 27.01.2016 keskkonnaministeeriumi kirjaga nr 7-12/16/861.



Joonis 2. Kaitseväe Sirgala harjutusväljaku laienemiskava (2020.a variant) ja LIFE Viivikonna pilootala algse ala ülevaatus novembris 2020, harjutusväljakul kavandatu on Kaitseministeeriumi/RKIK joonis.



Foto 1. Infiltratsioonibasseini pumbajaam nr 2 juures lõputranšee nõlvade laugendamine.



Foto 2. Infiltratsioonibasseini põhja- ja kesklõik aprillis 2015 ja 2023 aasta suvel.



Foto 3. Viivikonna ala lõunapoolse lõputranšee laugendatud nõlvad moodustava tekkiva suure veekogu madalaveelise osa.

Endise Viivikonna jaoskonna ala üleminek Kaitseväe Sirgala harjutusväljaku laiendamiseks tingis LIFE IP CleanEST Viivikonna pilootala elupaikade üldise inventuuriala vähendamise, tähelepanu alla jäeti eeskätt vanemad metsaalad (lõplik elupaikade inventuuriala [7] on toodud joonisel 1).

Seega oli endise Viivikonna jaoskonna alal aastaks 2020 kujunenud olukord, kus kaevandatud ala oli juba korrastatud metsamaaks (kirdeosas on metsa vanus üle 60 aasta). Peale põlevkivivaru ammendamist ja Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldisse korrastamist tekib alale suur tehisveekogu, mille mõju ulatub korrastatavalt mäeeraldisest tunduvalt kaugemale. Tekkiva suure tehisveekogu veetase reguleeritakse pumpamisega absoluutkõrgusele 30 m ja pumpamine kestab senikaua, kui toimub põlevkivi kaevandamine Narva karjääri lõunaosas, seejärel kujundatakse iseoolne väljavool ida poole².

Korrastamistööde tulemusena tõuseb ala kaevandamisega põhjaveetase ja kõrgeim võimalik veetase on vajalik eeskätt lähedal paiknevate Alutaguse rahvusparki (piir joonisel 1) veest sõltuvatele looduskaitseobjektidele ja elupaikadele soodsamate tingimuste tagamiseks [7, 8, 11, 13].

² Viivikonna kaeveväljal on soovitatud teha veetaseme reguleerimine absoluutkõrgusele 30 m, Sirgala kaevevälja lääneosas absoluutkõrgusele 28 m ja Sirgala kaevevälja idaosas absoluutkõrgusele ca 26 m [13].

Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala korrastamine tehakse vastavalt kooskõlastatud korrastamisprojektile [11], mis paljude oluliste asjaolude juures järgib vastavate juhendite ja varasemate aruanete soovitusi [1, 7, 8, 9, 13].

Viivikonna alal kujunev veekogude ja märgalade võrgustik on oluline ökosüsteemiteenustele, bioloogilise mitmekesisusele, maastiku esteetikale ning ala tulevase kasutaja seisukohast. Kuna korrastamisjärgne põhjaveetase ja alal tekkiv suur tehisveekogu kujundavad piirkonna veerežiimi, on korrastamisjärgse veetaseme probleemistiku analüüs siin suure tähtsusega.

Käesolevas aruandes (tinglikult Viivikonna pilootala aruanne 1) käsitletakse Maa-ameti LIDAR kõrguspunktidest moodustatud maapinnamudelite ja ala kohta tehtud põhjaveemudelite abil korrastamisjärgselt kujunevat veekogude võrgustiku teket, alal juba olemasolevates veekogudes veetaseme tõusu ja selle seost põhjaveega.

Kaevandatud aladel pakutavate võimaluste (ökosüsteemiteenused, bioloogiline mitmekesisus, maastiku esteetika) paremaks väljaselgitamiseks ja kasutamiseks kasutatud mudelite põhjal alal moodustuvate märgalade ja uute veekogude detailsem käsitus eskiiside ja soovitustega esitatakse Viivikonna pilootala aruandes 2.

2 Metoodika

2.1 Maapinna- ja sügavusmodelid

Sirgala II põlevkivikarjääri (kaevandamisluba KMIN-087) korrastusprojekti [11] järgi reguleeritakse Viivikonna alal väljaveotranšeedes moodustuva suure tehisveekogu veetase pumpamise abil absoluutkõrgusele 30 m.

Maa-ameti LIDAR lendude eri aegade punktidest moodustatud maapinna kõrgusmodelite pinnad (2022 aasta LIDAR lennu kõrguspunktidest ja aastal 2014 tehtud³ maapinnamudelid [13]) ja tulevikus moodustuvate veekogude tinglikud sügavuskaardid (30 m absoluutkõrguse ja praeguse maapinna vahe) arvutati *Datamine Discover + MapInfo Pro Advanced* tarkvara abil.

Viivikonna alal moodustuva suure ja sügava veekogu mudeli puhul tuleb arvestada, et kohati on:

- Maa-ameti 2022 aasta kevadise LIDAR lennu järgselt Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldisel mõnes kohas lõputranšeede nõlvasid laugendatud (fotod 1 ja 3), mistõttu lõplikud isohüpside kujud ja veekogu kaldajoon võivad seal erineda praegusest mudelist.
- Mõne suure tranšeeveekogu maksimaalsügavused on mudeli sügavustest veidi suuremad, sest Maa-ameti 2022 aasta kevadise LIDAR lennu ajal oli lõputranšeede sügavamates kohtades juba vesi (fotod 1 ja 3).

2.2 Ala käsitlevad põhjaveemudelid

Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna ala hõlmavad kolm eri eesmärgil koostatud põhjaveemudelit, mis sõltuvalt mudeli detailsusest võimaldavad hinnata alal põhjaveetaseme tõusu ja sellega kaasnevat veetaseme muutusi.

1. „Kurtna järvede põhjaveemudel“ [15] käsitleb põhiliselt Vasavere veehaaret ja Kurtna järvestikku. Mudel hõlmab ka Narva karjääri ala, kuid LIFE IP CleanEST Viivikonna uuringualal on mudelivõrgustik sammuga 200 m [15]. Selle põhjaveemudeli andmeid käesolevas töös ei kasutata meile huvipakkuval kaevandamisalal suurest mudelisammust tingitud tagasihoidliku informatiivsuse tõttu.
2. Viivikonna rikkeala uuringu [12] käigus koostatud põhjaveemudel (mudelivõrgustik sammuga 62x72 m) hõlmab suure osa LIFE IP CleanEST Viivikonna pilootalast (vaata joonis 3) ja selle

³ 2015 aastal tehtud maapinnamudel on vanas kõrgussüsteemis [13].

uuringuaruande andmetest on kasutatud nii veekogudes mõõdetud veetasemeid ning hüdrogeoloogilise uuringu katsetööde andmeid. Analüüsitud on mõningaid selle põhjaveemudeli arvatatud veetasemeid ja bilansiarvutusi.

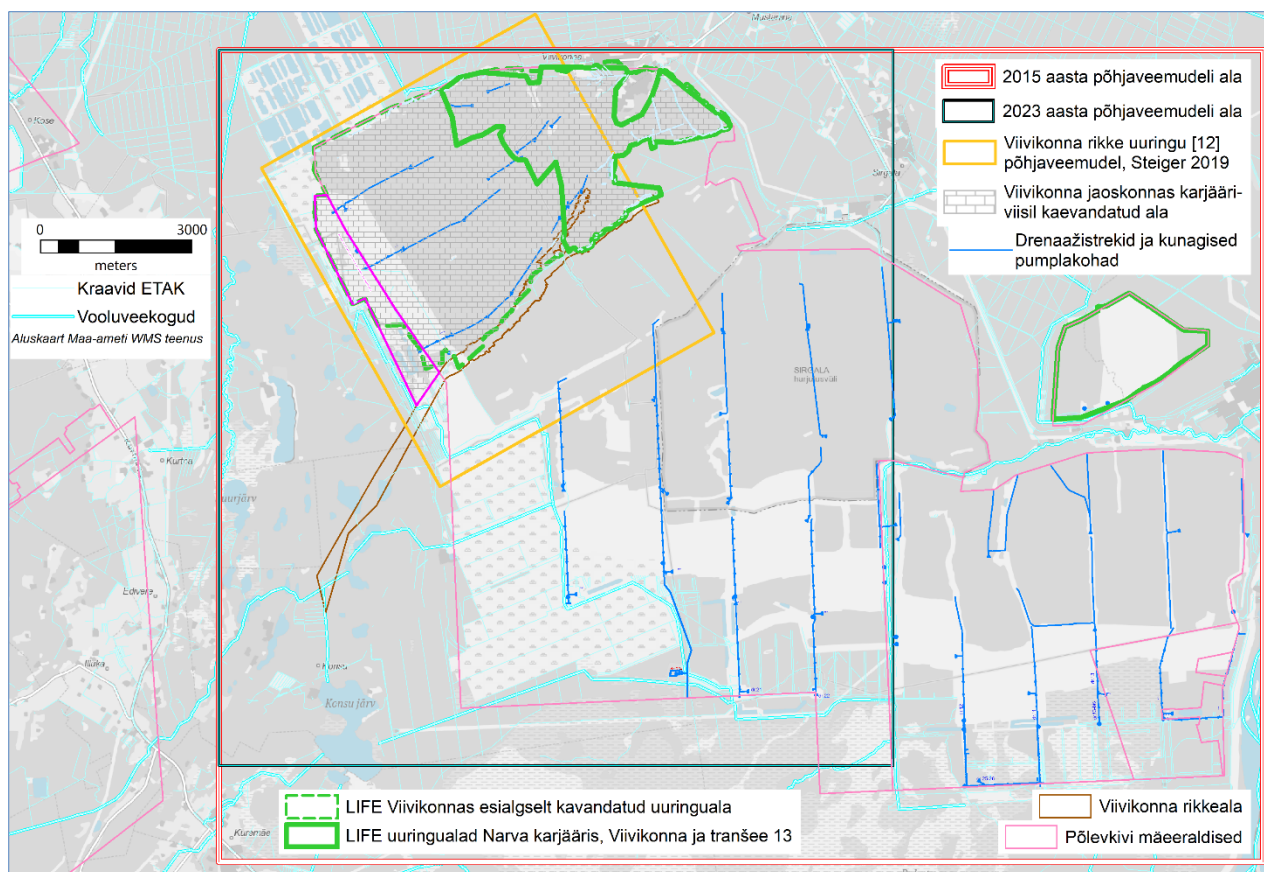
3. Narva karjääris aastatel 2015–2042 kavandatud kaevandustegevuste mõju prognoosimiseks koostatud 2015 aasta põhjaveemudel⁴ [13] N15aIF7 (vaata joonis 3) on mudelivõrgustiku samuga 50x50 m ja sobis oma detailsusastmelt kõige paremini Viivikonna alal kujuneva situatsiooni kirjeldamiseks. Selle põhjaveemudeli fookus oli jätkuva kaevandamisega kaasneval mõjul karjäärist lõunasse jäävatele loodusväärtustele. Analüüsiti Narva karjäärade mäeeraldistest väljapoole ulatuvat mõju ja Viivikonna ala vaadeldi eeskätt kaevandamisaegse mõju leevendamiseks Kurtna järvistule.

Et asjakohaselt tuvastada kaevandamise jätkumisest johtuvad võimalikud riskid ja ohud, olid ettevaatusprintsipist lähtuvalt 2015 aasta Narva põhjaveemudeli N15aIF7 näitajad konservatiivsed. Mudelis kasutatavad veekogused olid minimaalsed⁵ ja tuvastamaks riske kaitstavatele loodusväärtustele kasutati mudelis näitajaid, mis kajastaksid kaevandamise mõju nn halvima stsenaariumi juures. Narva karjääri 2015 aasta põhjaveemudeli N15aIF7 stsenaariumid sisaldasid Viivikonna kaeveväljal veetaseme reguleerimine absoluutkõrgusele 30 m, Sirgala kaevevälja lääneosas absoluutkõrgusele 28 m ja Sirgala kaevevälja idaosas absoluutkõrgusele ca 26 m[13].

Viivikonna pilootalal kujuneva veesüsteemi analüüsimiseks pole vajadust kasutada kogu 2015 aasta põhjaveemudeliga N15aIF7 hõlmatud ala, kuna Narva karjääri lõunapoolse osas jätkuv kaevandamine ei mõjuta korrastatud Viivikonna jaoskonna ala [13]. 2015 aasta mudeli loodepoolsest osast tehtud väljalõike (2023 aasta põhjaveemudelina N15aIF7WGW7) paiknemine on toodud joonisel 3, mitteväljliku mudeliosa väljajätmine lühendas tunduvalt mudeli arvutusaega.

⁴ Eesti Energia Kaevandused AS kaevandamislubade KMIN-073, KMIN-046, KMIN-074 ja KMIN-087 muutmise kaaseva keskkonnamõju hindamise aruande (heakskiitmine 27.01.2016 kirjaga nr 7-12/16/861) Lisa nr 10. Narva karjääri allmaakaevandamisest tulenevate hüdroteoloogiliste muutuste prognoosi mudeli korrigeerimine. AS Maves, Tallinn 2015.

⁵ Piltlikult, kui kallata ämbrist kogu aeg palju vett juurde, siis on kaevandamise veekõrvalduse mõju ka väiksem.



Joonis 3. LIFE IP CleanEST Viivikonna ja tranšee 13 uuringualade paiknemine Narva karjääris ja erinevate põhjaveemudelite alad.

2.2.1 Põhjaveemudel N15aIF7WGW7

Alal kujuneva veesüsteemi analüüsimiseks kasutati käesolevas aruandes Narva karjääris kavandatud tegevuste mõju prognoosimiseks koostatud 2015 aasta põhjaveemudeli N15aIF7 loodepoolsest osast tehtud sobivat väljalõiget N15aIF7WGW7 (joonis 3).

Modelleeritud põhjaveetaseme profiilid (joonised 9, 10, 11 ja 13) saadi põhjaveemudeli N15aIF7WGW7 (*Groundwater Vistas 7* tarkvara) poolt arvatud eri veekihtide veetaseme pindadest *Datamine Discover + MapInfo Pro Advanced* tarkvara abil.

Kuna koostatud 2023 aasta põhjaveemudeli N15aIF7WGW7 mudelikihtide (võrgustik 50x50 m) ülesehitus ja näitajad on samad kui 2015 aasta põhjaveemudelil N15aIF7, siis käesolevas aruandes neid eraldi üle ei korrata, esitatakse vaid käesoleva aruande osas olulised selgitused ning mudelisse lisatud täiustused.

Lähtemudeli N15aIF7 detailne kirjeldus, hüdrokeoloogilised tingimused ja arvatud veetasemed on toodud keskkonnaministeeriumi 27.01.2016 kirjaga nr 7-12/16/861 heaks kiidetud keskkonnamõju hinnangu (Eesti Energia Kaevandused AS kaevandamislubade KMIN-073, KMIN-046, KMIN-074 ja KMIN-087 muutmise kaasa arvatud keskkonnamõju) aruande lisas nr 10 [13].

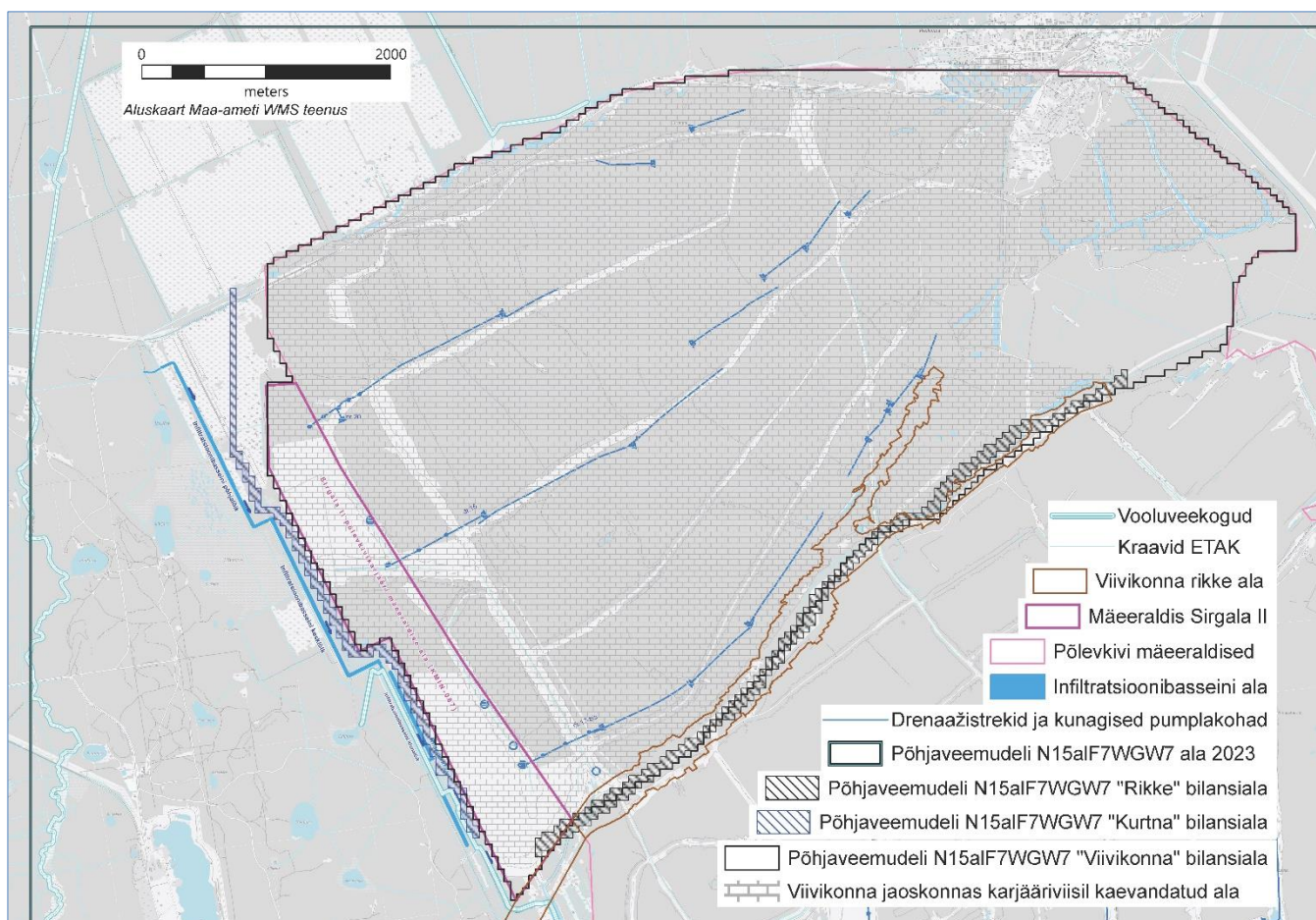
Mudeli ajaraam. 2015 aasta põhjaveemudel N15aIF7 arvutas veetasemed kuude kaupa, mudelis on 324 a´30 päeva pikkust ajaperioodi (27 aastat, tinglikult 2015–2041 dets lõpp) ja lõpus üks 360 päevane ajaperiood (tinglikult aasta 2042 keskmine). 2015 aasta põhjaveemudeli ajaetapid ja kaevandamise lõpetamise aeg Viivikonnas olid küllalt sobivad ja puudus vajadus nende muutmiseks.

Mudeli ajaetapil nr 97 (jaanuar 2023) lõpetatakse mudelis pumpamine ja veetase hakkab tõusma. Reaalaja mudeli ajagraafikust maha jäämine pole sedavõrd suur, et oleks vältimatu vajadus mudeli keerukat ajasüsteemi muuta. Oluliste prognooside aegu käesolevas aruandes väljendatakse ka kuudes peale pumpamise lõpetamist.

Mudeli täiendamine. 2023 aasta mudeli N15aIF7WGW7 arvutusskeemi lisati taasmärgumise⁶ (*rewetting*) võimalus ja täpsustati mudeli mõningaid äärettingimusi põlevkivi kaevandamisloa KMIN-087 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise alal, sest filtratsioonitõkkeseina rajamine on seal lõpetatud⁷ ja põlevkivi kaevandatud.

⁶ Kaevandamise ajal mingiks perioodiks kuivaks jäänud alade veetaseme täpsemaks kirjeldamiseks.

⁷ Rajati pidev kuni 25 m laiune tihendatud kattekivimitest filtratsioonitõke, et takistada järvestu suunast vee filtreerumist karjääri. Tööde lõpetamise akt on heaks kiidetud KA kirjaga 01.07.2022 nr DM-120620-2.



Joonis 4. 2023 aasta põhjaveemudeli N15aF7WGW bilansiarvutuste piirkonnad

Viivikonna rikkeala uuringu [12] andmete põhjal suurendati mudelis N15aF7WGW7 mõningate kihtides veejuhtivusi rikkeala neis modeliruumides, kus filtratsioonikoefitsient oli 0.18 m/d, neid suurendati väärtuseni 0.8 m/d.

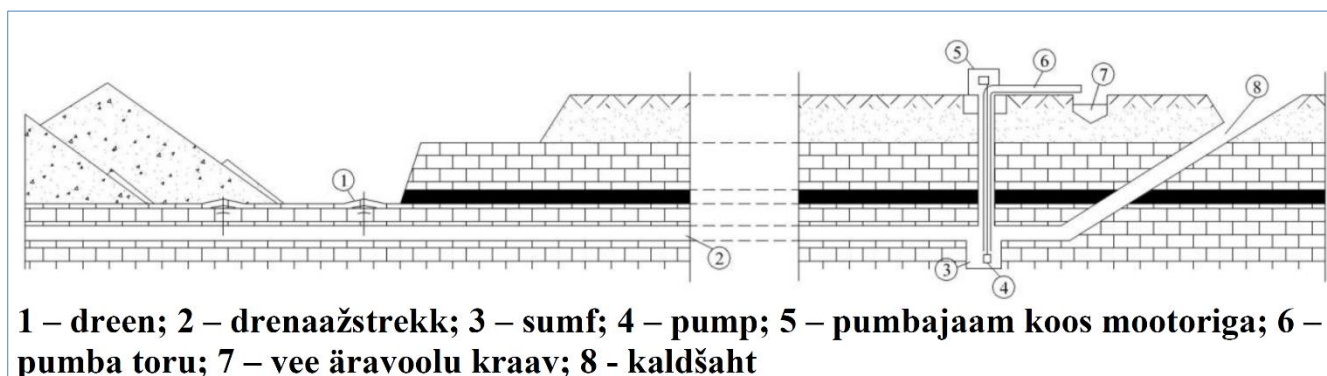
Rikkeala filtratsioonikoefitsiendid 2015 aasta põhjaveemudelis olid lubjakivides: 0.8 m/d mudeli kihis 2, 0.18–2.3 m/d mudeli kihis 3; 0.18–0.5 m/d mudeli kihis 4; 0.1–0.18 m/d mudeli kihtides 5 ja 6; 0.18 m/d mudeli kihis 7 ja 0.29 m/d mudeli kihis 8.

Juba 2015 aastal kasutatud Viivikonna rikkeala lahendus mudelis N15aF7 oli piisavalt õnnestunud ning suurendatud veejuhtivusega kohad ei muutnud oluliselt arvutustulemusi. Viivikonna rikke bilansi arvutusala (vaata joonis 4) suurenes veehulk vaid ca 100 m³/d.

Muud olulised aspektid. Kuna Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna ala geoloogilist ja hüdrogeoloogilist situatsiooni on põhjalikult käsitletud paljudes varasemates aruannetes [11, 12, 13, 15], siis vaadeldakse käesolevas aruandes vaid mõningaid olulisi aspekte, mis mõjutavad alal moodustuvat pinna- ja põhjaveesüsteemi.

Suuri põlevkivikarjääre kirjeldavate põhjaveemudelite puhul on oluline arvestada, et Narva karjääris rajatud eelkuivenduse drenaažistrekid (ehitus joonisel 5) ja eelkuivenduse tranšeed ning rikkevööndid mõjutavad põhjavee liikumist.

Lisaks Viivikonna rikkele on markšeiderid kaevandamise käigus kaardistatud hulga teisi väiksema levi kuulatusega rikkevööndeid. Kuna enamus neid on tuvastatud Viivikonna alast lõuna pool jätkuva kaevandamise alal, polnud vajadust neid mudelisse N15aIF7WGW7 lisada.



Joonis 5. Karjääri eelkuivenduse drenaažisüsteem, joonis TTÜ Mäeinstituudi aruandest Estonia ja Narva veekõrvalduse optimeerimine [21].

Viivikonna karjääri alale rajati esimene eelkuivenduse drenaažistrek aastal 1960. Pärast eelkuivenduse drenaažistreki läbindamist ja pumbajaama montaaži puuriti iga 25–40 m järel maapinnalt eelkuivenduse drenaažistreki puuraugud (dreenid), mida mööda põhja- ja pinnavesi sai eelkuivendusse voolata [21].

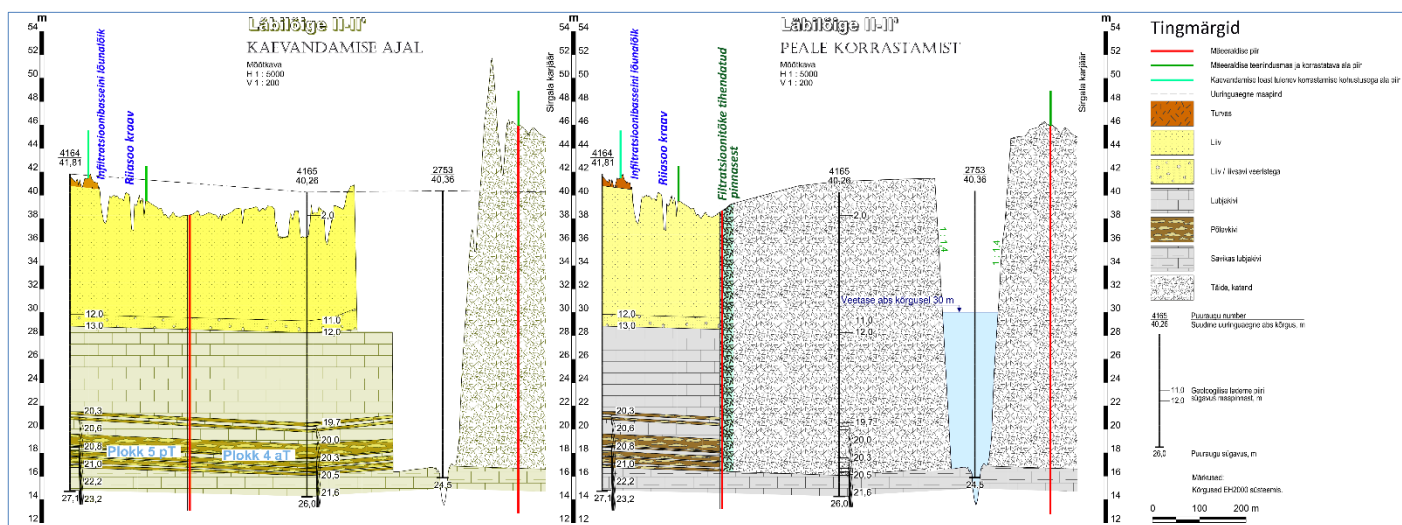
Eelkuivenduseks ja vee kõrvalduseks rajati 1960–1970. aastatel Viivikonnas ka eeltranšeesid [21], kuid nende paiknemist ja kirjeldusi pole detailsemalt teada.

Narva karjääri mudeli N15aIF7 kihis 6 olevate eelkuivenduse drenaažistrekide paiknemisalal on mudelikihis nr 6 filtratsioonikoefitsient 10000 m/d ja ka ülalpool olevates mudeli lubjakivikihtides on kasutatud suuremaid veejuhtivusi. Mudeli kihti 6 kasutati eelkuivendusstrekkide imiteerimiseks suure veejuhtivuse abil ja neisse pumplate paigutamiseks. Eelkuivenduse hüdrogeoloogilised näitajad jäeti mudelis N15aIF7WGW7 samaks kui olid 2015 aasta mudelis N15aIF7.

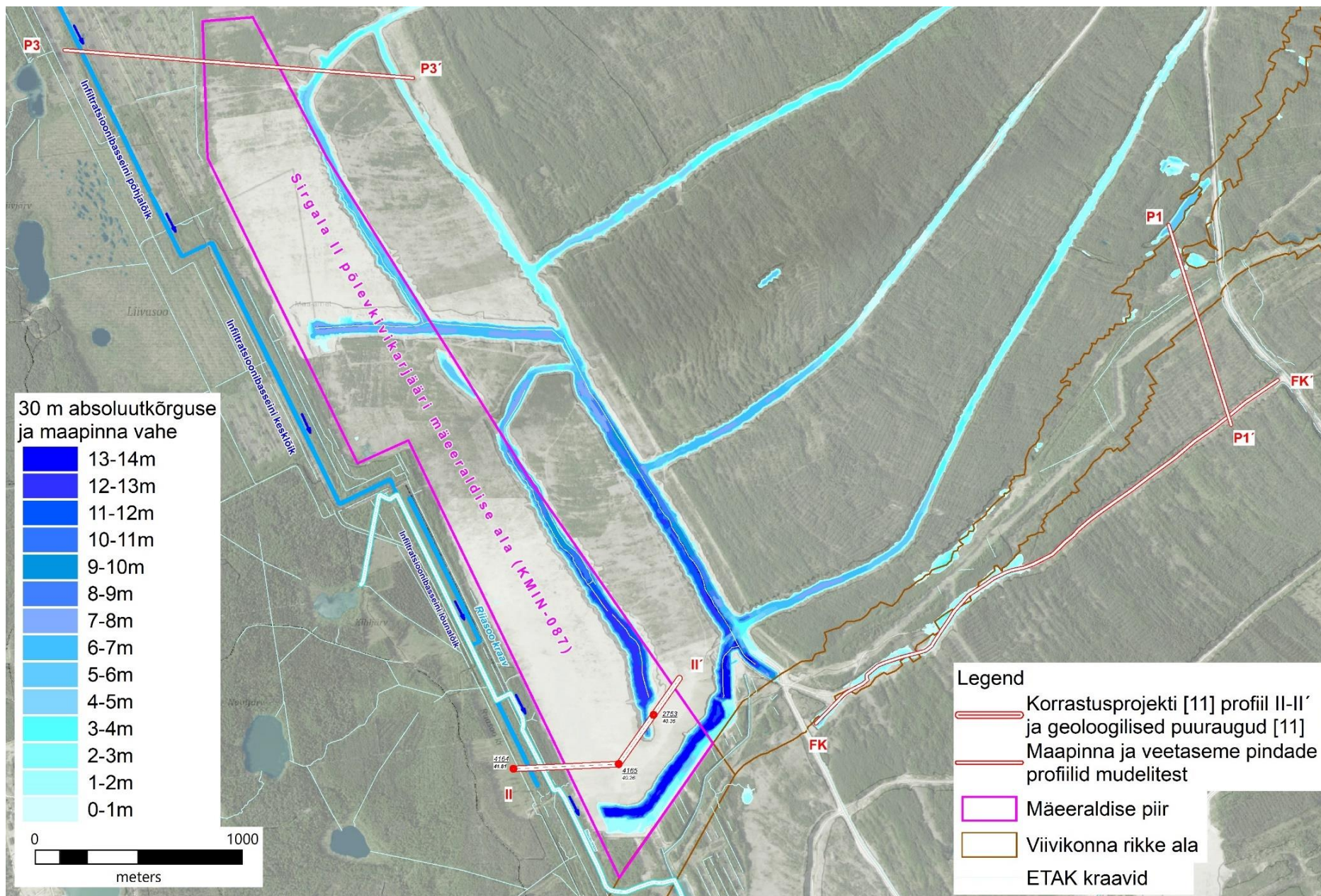
Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastusprojektis [11] kaevandamisaegset ja korrastamisjärgset geoloogilist situatsiooni selgitav läbilõige II–II' on toodud joonisel 6. Läbilõike II–II' ja arvutatud veetasemete profiilide paiknemine on toodud joonisel 7.

Viivikonna ala korrastamine tehakse vastavalt kooskõlastatud projektile [11] ja 2023 aasta põhjavee-mudelit N15aIF7GWG kasutati käesoleva töö raames Viivikonna alal põhjaveega seonduvate olema-solevate veekogude võrgustiku korrastamisjärgselt kujunevate veetasemete tõusu prognoosi täpsustamiseks, detailsemalt vaadeldi veetasemete ja veebilansi muutusi mõningatel iseloomulikel aladel (paiknemised joonistel 4 ja 7).

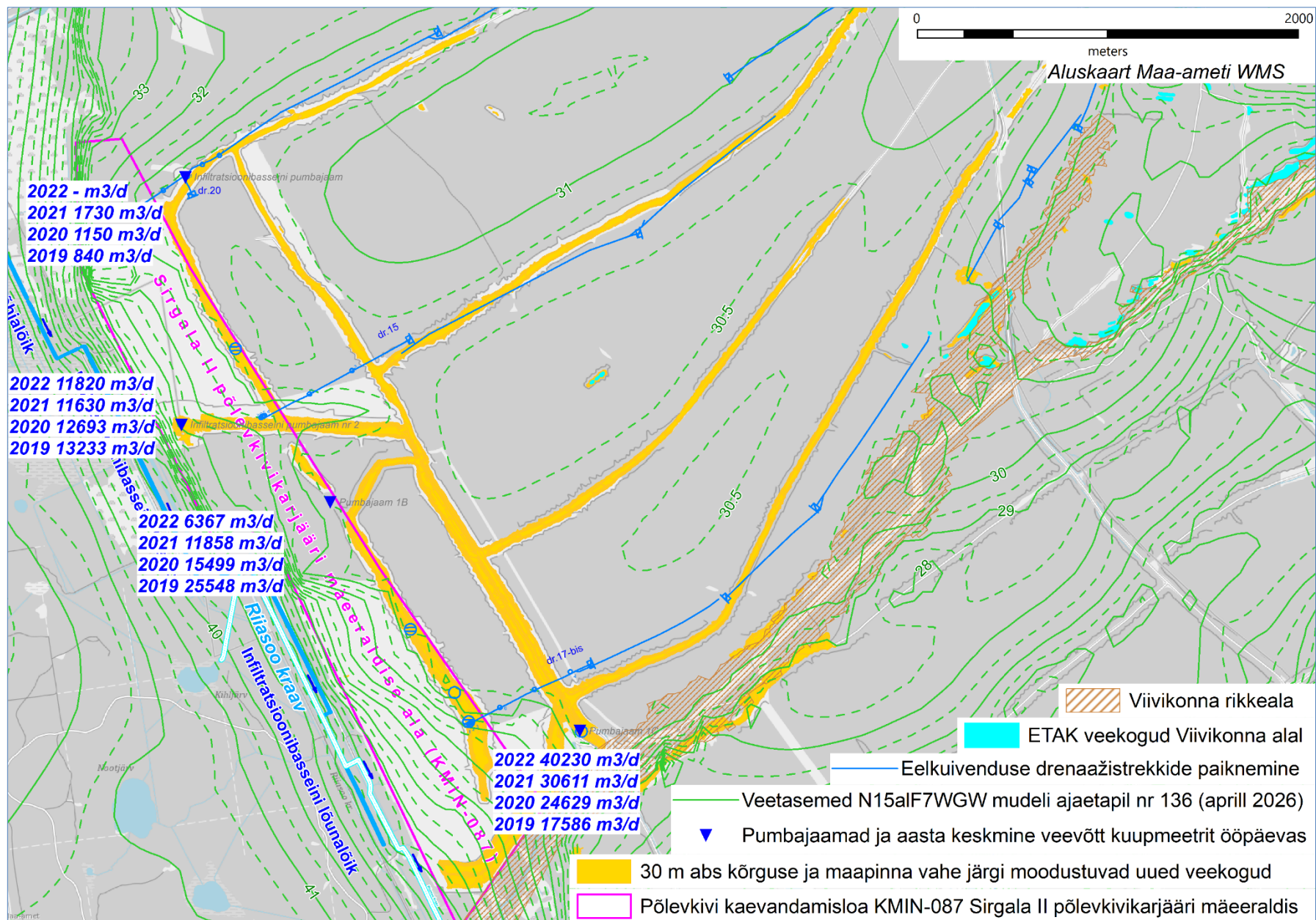
Kuigi põhjaveemudel N15aIF7GWG pole Viivikonna korrastamise jaoks kavandatud, saab mudeli eri ajaetappide veetasemete ja bilansside võrdlusest teha vajalikke järeldusi. Aastatel 2019–2022 Viivikonna ala pumbajaamade aastakeskmise veekõrvaldus ja mudeli N15aIF7GWG ajaetapil nr 136 (mudeliaeg aprill 2026, 40 kuud peale pumpamise peatamist) arvatud veetasemed on toodud joonisel 8.



Joonis 6. Läbilõige II-II' Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastusprojektis [11]



Joonis 7. Modelleeritud veetaseme muutusi kajastavate profiilide paiknemine.



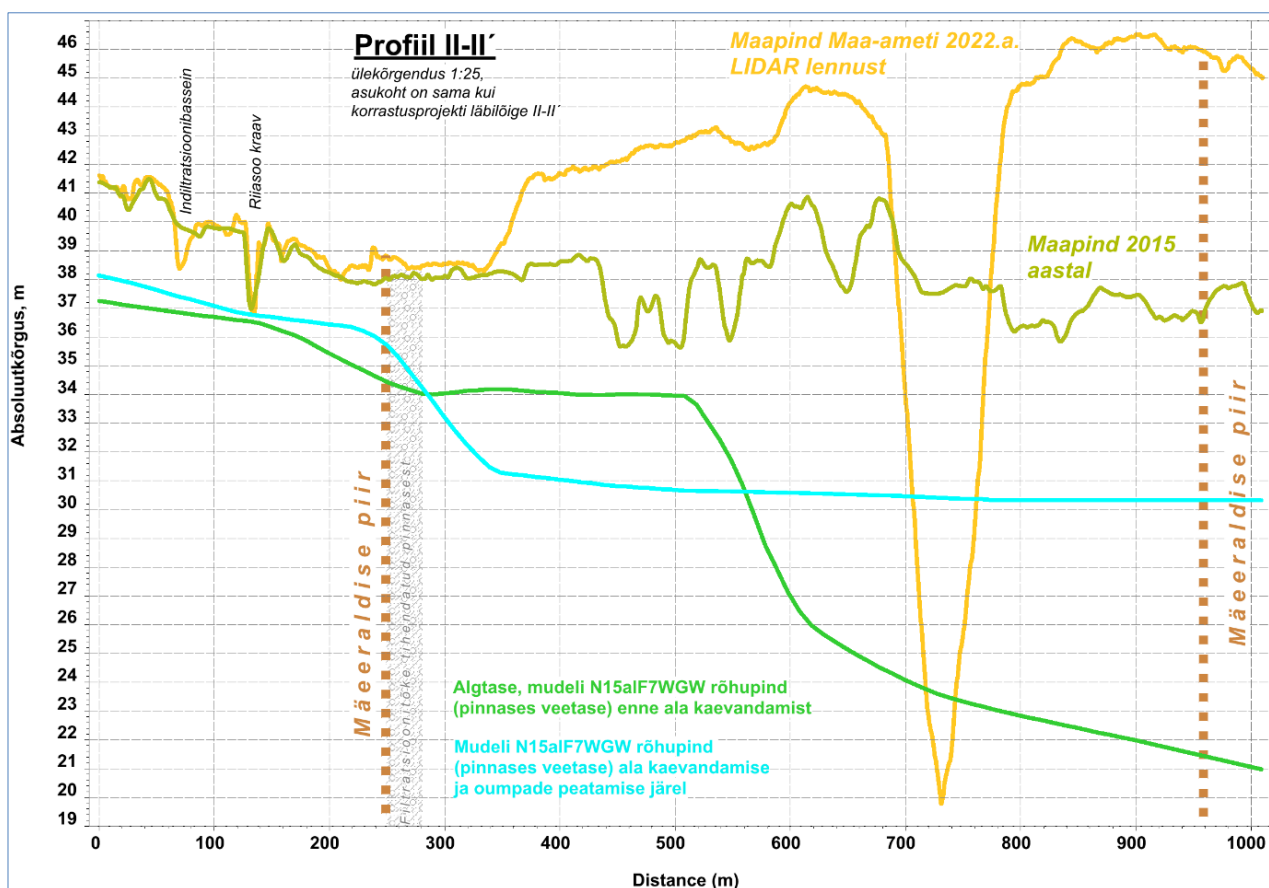
Joonis 8. Viivikonna alalt vee väljapumpamine 2019–2022 ja veetasemed mudeli ajaetapil 136, aprill 2026, 40 kuud peale pumpamise lõpetamist.

3 Põhjaveemudelil N15aIF7WGW prognoositud veetaseme muutused

Johtuvalt alal põhjaveetaseme tõusust, väheneb põhjaveetaseme kallakus ja põhjavee voolamine karjääri poole eeskätt Viivikonna ala lääneosas, vähem põhja- ja idaosas. Peale veetaseme tõusu Viivikonnas absoluutkõrgusele 30 m, suureneb mõnevõrra põhjaveevool Viivikonnast töötamist jätkava Narva karjääri lõunaosasse.

3.1 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala veetaseme ja bilansimuutused

Joonis 9 veetasemete profiili geoloogiline lõige enne ja pärast kaevandamist on toodud joonisel 6. Võrreldes korrastusprojekti [11] lõikega II-II' joonisel 6, võib täheldada 2022 aasta maapinnamudeli järgi väikest erinevust alal moodustuva tranšeeveekogu osas. Korrastamisjärgne veekogu 2022 aasta LIDAR lennu maapinnamudelil on kitsam johtuvalt puistangu tasandamisest.

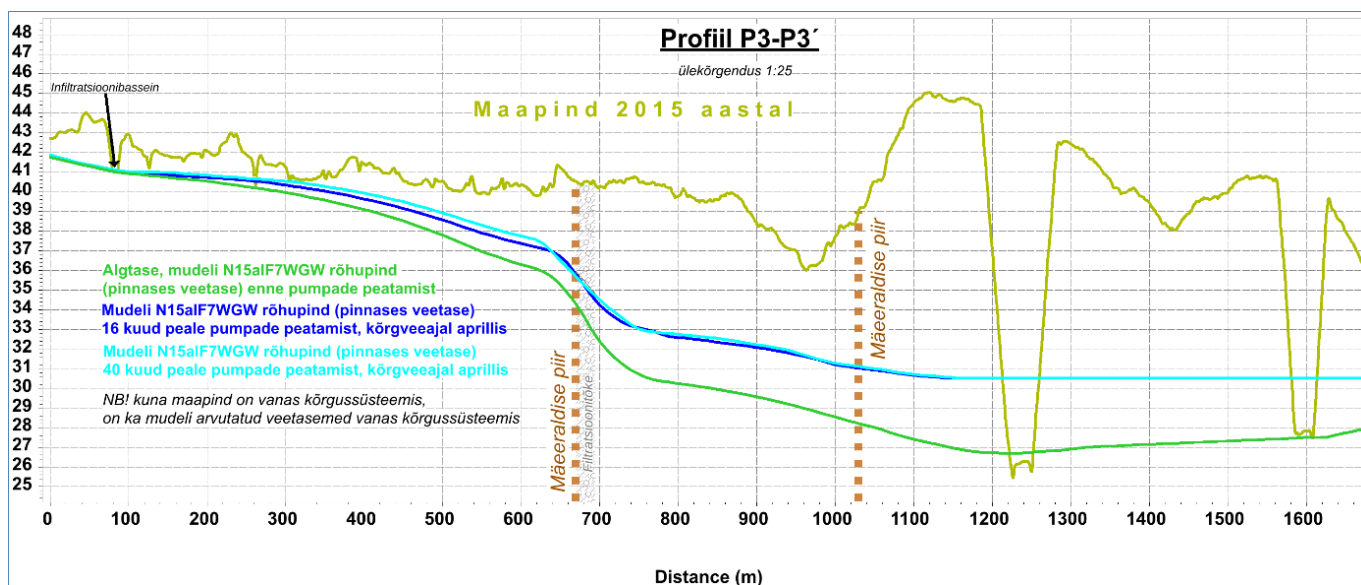


Joonis 9. Modelleeritud veetasemed korrastusprojekti [11] lõikel II-II' (maapinnamudel 2015 ja 2022).

Joonisel 9 toodud põhjavee algtaseme ajal (2015 aasta) polnud filtratsioonitõkkessein profiilialal veel rajatud, veetase karjääri kaevandamata alal püsis siis suhteliselt kõrgena seal olnud suurte settebasseinide tõttu.

Peale filtratsioonitõkkeseina rajamist võib põhjaveemudeli veetasemetes näha suuremat kallakust filtratsioonitõkke seina alal. Rajatud filtratsioonitõkkesein vähendab Kvaternaari veekihi põhjavee juurdevoolu karjääri alale.

Joonisel 10 esitatud Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise profiili P3–P3' ala oli aastaks 2015 juba kaevandatud ja filtratsioonitõkkesein rajatud.



Joonis 10. Modelleeritud veetasemed Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise põhjaosas.

Infiltatsioonibasseini põhjalõigis on vesi ka juba looduslikult olemas olnud, samal ajal tuli infiltatsioonibasseini kesk- ja lõunalõiku (profiilil II–II') kaevandamise ajal vett juurde pumbata. Infiltatsioonibasseini kesk- ja lõunalõigis kujunes ringlev veesüsteem (ülevalt infiltatsioonibasseinist tagasi karjääri ja sealt pumbati uuesti infiltatsioonibasseini), piltlikult veesein vähendamaks Vasavere ürgoru kohal oleva Kvaternaari veekihi põhjavee voolu karjääri suunas.

Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastamise järgselt karjäärialal toimuv põhjaveetaseme tõus ja tehisveekogu (veetaseme abs kõrgusel 30 m) vähendab Vasavere ürgoru kohal oleva põhjavee voolu Narva karjääri suunas [13].

Põhjaveemudeli N15aIF7GW Kurtna bilansipolügooni ala (paiknemine vaata joonis 4) summaarne veebilanss on toodud tabelis 1. Kurtna bilansipolügooni ala ulatub Riiasoo kraavini enne selle ümbertõstmist kaevandamise eest, olles ca 600 m lühem Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise läänekülje kogupikkusest. Arvestusliku bilansiala lõuna poole pikendamisel oleks tulnud mudelis teha olulisel muudatusel nii Riiasoo kraavi ümbertõstmise, kui aastal 2015 seal olnud settebasseinide mõju eristamiseks veebilansis.

Modelleeritud veetasemete muutuste järgi kaasneb kaevandamisega võrreldes suurem veetaseme tõus korrastamisjärgselt Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise lõunaosaga (oli 2015 kaevandamata ja filtratsioonitõkke sein rajamata) läänes külgneval alal, seetõttu võib pidada põhjendatuks ka tabeli 1 järgsele bilansimuutusele lisada kuni 500 m³/d bilansipolügooniga hõlmamata kaevandamata olnud ala arvelt.

Tabel 1. Kurtna bilansiarvutuse ala veebilansi muutused põhjaveemudelil N15aIF7WGW.

Mudeli N15aIF7WGW ajaetapil nr 97 (jaanuar 2023) lõpetatakse pumpamine ja veetase hakkab tõusma, mudeli ajaetapp nr 1 on jaanuar 2015.		
Ajaetapi number mudelis	Kuu ja aasta	Kurtna bilansiala summaarne veekogus m ³ /d
88	Aprill 22	6400
112	Aprill 24	3700
136	Aprill 26	3400
316	Aprill 41	3400

Lubjakivi kihtide ja väikese veejuhtivusega pinnakatte levikualal tuleb põhjaveemudeli bilansinumbrite osas arvestada, et ülemistes mudeli kihtides ei modelleerita vihma- ja sulavee äravoolu mööda maapinda, põhjaveemudelil on vaid netoinfiltratsioon põhjavette. Tapa juures Valgejõe tehtud pinnavee HBV mudeli järgi oli vihma- ja sulavee äravool mööda ülemist maapinnaosa Moe sektsioonis ca 20%, 43 mm/a lisaks infiltratsioonile põhjavette 218 mm/a [13].

Kuna Kurtna bilansipolügooni ala paikneb reljeefis tasasel liivade levikualal (ka vanal freesturbaväljal), oleks vihma- ja sulavee äravool mööda ülemist maapinnaosa siin tõenäoliselt küllalt väike⁸, et selle võib jätta arvestamata.

Peale korrastamisjärgset põhjaveetaseme tõusu väheneb Kvaternaari põhjavee väljavool Vasa-vere ürgoru alalt Narva karjääri Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise suunas vähemalt 3000 m³/d.

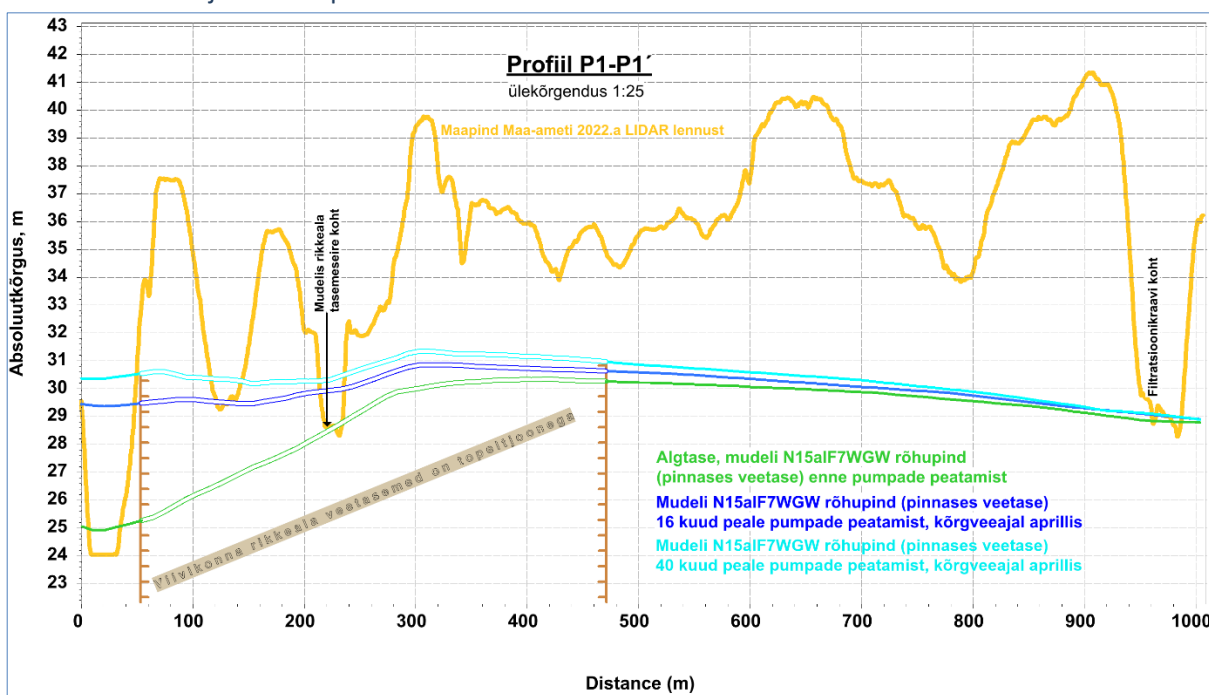
Kaevandamisega võrreldes on põhjaveetaseme tõusu positiivne efekt suurem mäeeraldise lõunaosa juures, sellega külgneval läänepoolisel alal.

⁸ Vaid veega küllastunud külmunud maapinnalt enne kevadist lumesulavett.

3.2 Viivikonna rikkevööndi ala veetaseme ja bilansimuutused

Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal moodustuva suure veekogu veetaseme reguleerimisel absoluutkõrgusele 30 m tekib oht täiendavaks vee valgumiseks lõunapoole aladele, kus kaevandamine Narva karjääri lõunaosas jätkub. Seetõttu tehti korrastusprojektile eelnevalt Viivikonna rikkeala hüdrogeoloogiliste näitajate uuring ühes põhjavee mudelarvutustega [12].

Ettevaatusabinõuna, et liiga palju vett ei valguks alale kus kaevandamine jätkub, näeb korrastamisprojekt [11] Viivikonna rikkest kagus ette filtratsioonikraavi rajamise rikkeala läbiva vee kinni püüdmiseks ja Riiasoo kraavi pumpamiseks. Rajatava filtratsioonikraavi kirdest edelasse suunduva lõigu paiknemine on toodud joonisel 7 profiilina FK-FK'.



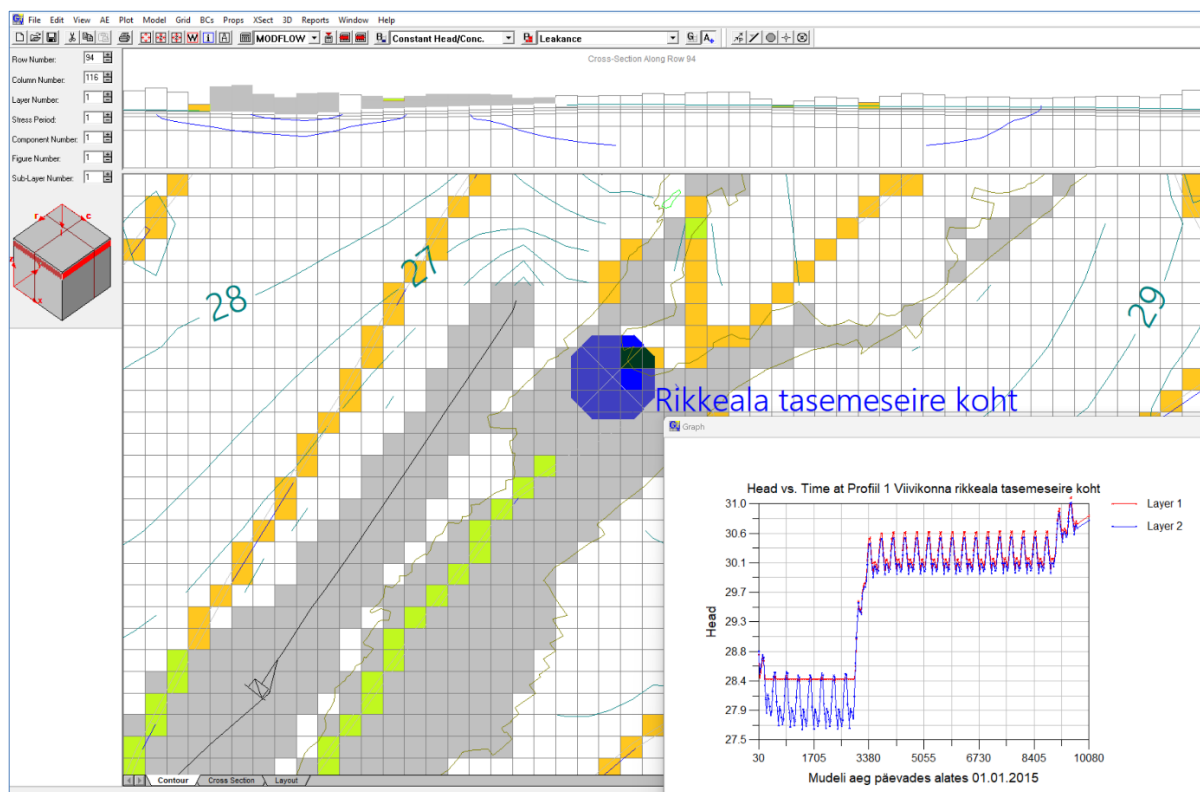
Joonis 11. Põhjaveemudeli N15aIF7GWG veetasemed Viivikonna rikkealal profiilis P1-P1'.

Rikkeala läbiva veekoguse arvutamiseks kasutatud Viivikonna rikkeala uuringu [12] põhjaveemudel annab ilmselt suurima võimaliku rikkeala läbiva kõrvaldamist vajava veekoguse, sest mudeli veetasemed aruandes ei kajasta alal tekkiva uue suure tranšeeveekogu põhjaveetaset reguleerivaid omadusi (vaata joonised 6.2 ja 6.9 aruandest Viivikonna tektoonilise rikke hüdrogeoloogiline uuring [12]⁹), võrdluseks on käesoleva aruande joonisel 8 toodud N15aIF7GWG mudeli veetasemed 40 kuud peale pumpade peatamist. Kõik korrastusprojekti [11] järgi tööle pandavad pumplad on dimensioneeritud nn halvima stsenaariumi jaoks. Korrastamisprojekti [11] kasutatud lahendused, arvestades nn halvimat stsenaariumi, on õiged kaevandamise ohutuse tagamise seisukohast.

⁹ Arvestades modelleerimise tulemusi ning olemasolevaid seireandmeid saame järeldada, et Viivikonna tektoonilisest rikkevööndist põhjapool asuvates karjääridest vee välja pumpamise lõpetamisel tõuseb veetase sõltuvalt asukohast abs kõrgustele 35 - 40 m, kohati >40 m (joonis 6.2), ujutades üle ka rikkevööndist lõunapoolsed alad. Samas soovitakse jätkata kaevandamistegevusega Sirgala karjääri lõunaosas, mistõttu tuleb seal tagada tööde ohutu jätkamine [12].

Alljärgnevalt vaatleme põhjaveemudeli N15aIF7WGW abil korrastamisjärgselt rikkealal tekkida võivat situatsiooni joonistel 11, 12 ja 13.

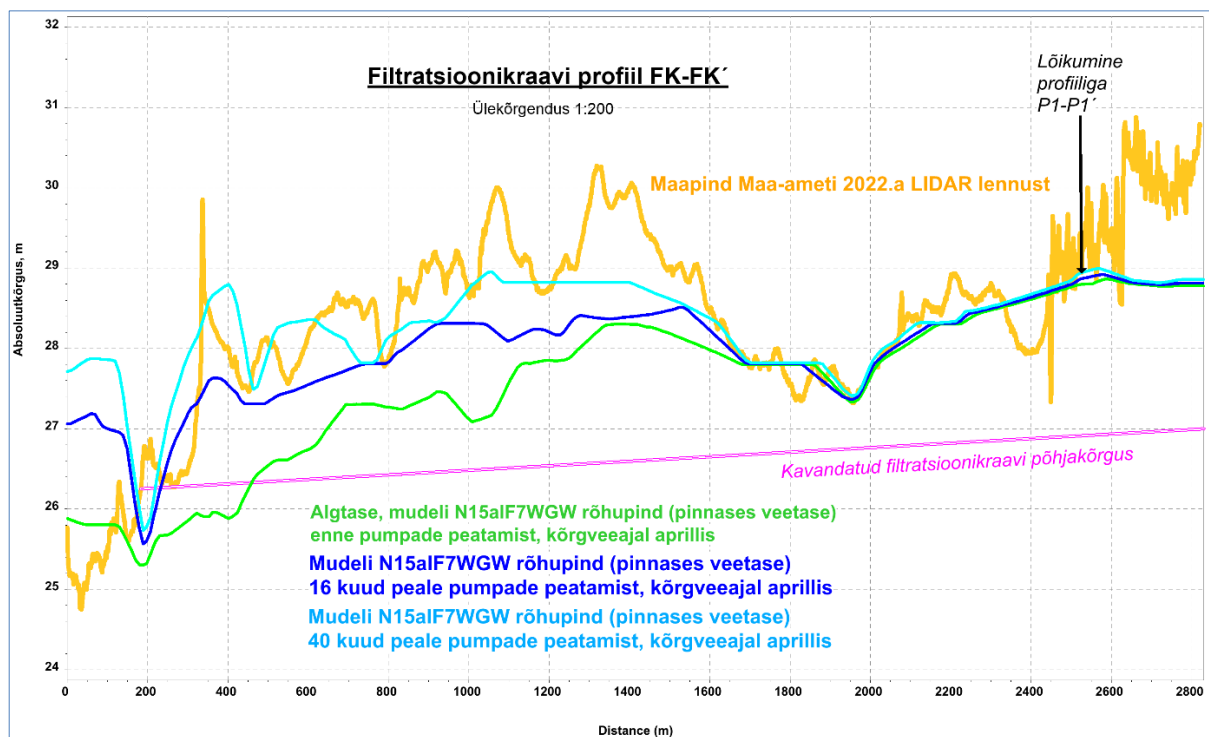
Joonisel 11 toodud veetasemed 16 ja 40 kuud peale pumpamise lõpetamist on aprilli veetasemed (aprill on põhjaveemudeli N15aIF7WGW aastasiseste maksimumide aeg). Veetaseme muutus korrastamisprojekti järgse filtratsioonikraavi juures jääb alla 0.5 m ja rikkest loodes tekkiva suure tranšeevee kogu lisanduv veekogus oleks filtratsioonikraavi põhjaosas väike. Veetase on rikkeala kesk- ja põhjaosas küllalt kõrge juba enne korrastamist (joonis 12).



Joonis 12. Veetasemed mudeli N15aIF7WGW ajaetapil nr 88 (aprill 2022, enne pumpade peatamist) ja veetaseme ajalised muutused mudelisse lisatud tinglikus seirekohas.

Viivikonna rikkeala läbiva vee kinni püüdmiseks rajatava filtratsioonikraavi puhul oleks vee juurdevool suurem selle lõunaosas, kus puistangusisene veetaseme tõus kraavi paiknemiskohas on üle kolme meetri (joonis 13).

Rikkevööndi uuringuaruande järgi esinesid suuremad filtratsioonikoefitsientide väärtused selle lõuna-poolses osas [12]. Samas on rikkeala laius siin 200–300 m, mis vähendab läbi rikkeala voolava vee kal-lakust ja seega ka veekogust.

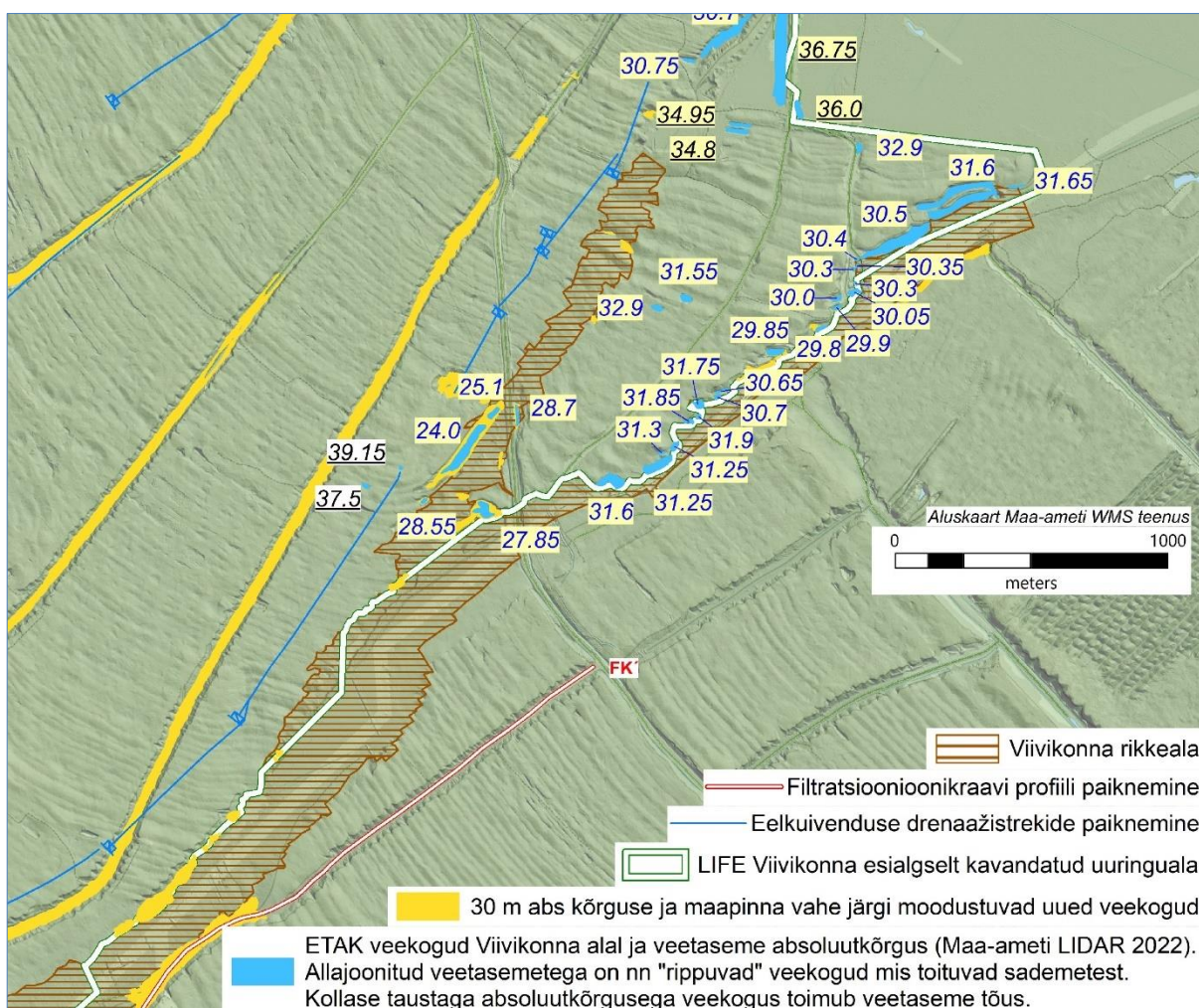


Joonis 12. Veetaseme muutused kavandatud filtratsioonikraavi alal (piketid 0+17 kuni 28+48).

Vastavalt Viivikonna tektoonilise rikkevööndi hüdrogeoloogilisele uuringu aruandele[12], veetaseme reguleerimisel Viivikonna alal abs kõrgusele 30 m, on prognoositud tektoonilise rikkest lõuna pool liisanduvaks veekoguseks 4000 m³/d [11]. Veetaseme reguleerimisel abs kõrgusele 27 m voolaks väljasõidutranšee 2/2 ja filtratsioonikraavi alale vett ca 3500 m³/d [12].

Veetaseme tõstmisel kõrguselt 27 m → 30 m lisanduv väike veekogus (500 m³/d) on loogiline arvestades rikke loodeservas on juba praegu seal moodustunud veekogude veetaset (joonis 14).

Viivikonna rikke ala tundub karjääris töötavat põhjaveevoolu tõkkena, mistõttu vee pealevalgumise alal on rikke loodeservas reljeefi madalamates kohtades juba praegu veekogud.



Joonis 13. Viivikonna rikke juures praegu olemasolevad veekogud ja nende veetasemed.

Küllalt kõrge veetaseme absoluutkõrgusega veekogude olemasolu Viivikonna rikke juures viitab asjaolule, et rikkeala kivimite veejuhtivus on seal küllalt väike ja veevool lõuna poole Narva karjääri töötamist jätkavasse osasse pole suur.

Mudeli N15aIF7WGW Viivikonna rikke bilansipolügooni ala (paiknemine vaata joonis 4) ala läbiva vee- koguse muutus korrastustööde järel jäi alla $500 \text{ m}^3/\text{d}$, mis sisuliselt võrdub mudeli bilansiarvutuse täp- susega selle ala kohta¹⁰.

Viivikonna rikke bilansipolügooni alal on vihma- ja sulavee äravool mööda ülemist maapinnaosa tõe- näoliselt vähemalt 25% ja seda vett mudelibilansid ei näita. Mudel N15aIF7WGW ei kirjelda filtratsioo- nikraavi veekogust, sest filtratsioonikraavi tema projekteeritud kujul mudelis ei ole.

Modelleeritud veetasemete järgi (joonis 13) võib väljasõidutranšee 2/2 alale rajatav uus filtratsioonik- raav hakata rikkest kagu poole jäävat ala kuivendama juba enne pumpade peatamist.

Arvestades suuremat veejuhtivust rikkevööndi alal selle lõunapoolses osas [12] ja võimalust, et välja- sõidutranšee 2/2 alale rajatav uus filtratsioonikraav võib hakata rikkest kagu poole jäävat ala kuiven- dama juba enne pumpade peatamist, on korrastusprojektis rikkest lõuna poolt prognoositud täiendava pumpamisvajaduse veekogus $4000 \text{ m}^3/\text{d}$ küllaltki põhjendatud.

Viivikonna rikke kesk- ja põhjaosa töötab karjääris ilmselt põhjaveevoolu tõkkena, seetõttu on vee pealevalgumise alal rikke loodeservas reljeefi madalamates kohtades tekkinud küllalt kõrge veetasemega veekogusid.

Rajatavasse filtratsioonikraavi on vee juurdevool suurem selle lõunaosas, kus puistangusisene veetaseme tõus kraavi paiknemiskohas on üle kolme meetri. Kui rajatav uus filtratsioonikraav hakkab enne pumpade peatamist töötama puistangut kuivendavana, väheneb praegu sealt pea- levalguva vee kogus töötamist jätkavasse Narva karjääri lõunaosasse.

¹⁰ Küllalt kõrge veetaseme tõttu rikke loodeserva juures kaevandatud alal jääb korrastamisjärgne bilansimuutus mudelis N15aIF7WGW tagasihoidlikuks.

3.3 Veetaseme tõus Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal

Viivikonna tektoonilise rikke hüdrogeoloogilise uuringu käigus tehtud hüdrogeoloogilise mudeli [12] kohaselt tõuseb veetase pumpade seiskamisel kavandatud tasemele 4–6 aasta jooksul [11]. Veetaseme taastumise kiirus sõltub oluliselt karjääri ümbritsevate kivimite filtratsiooniparameetritest, aga ka aastasest sademete hulgast ning kevadisest suurvee hulgast. Kuna karjääri kivimite filtratsiooniomadused on andmete puudumise tõttu üldistatud, siis võib tegelik veetaseme taastumise kiirus erineeda modelleerimisel saadud tulemusest [12].

Olemasolevate kogemuste järgi võib see väljapakutud veekogu täitumise aeg olla ka väiksem. Näidetena võib tuua Aidu karjääri ja Narva 13 tranšee, kus veetase tõusis oluliselt kiiremini, kui hüdrogeoloogiline prognoos ennustas [12]. Aidu karjääris tõusis veetase abs kõrguselt 24 m abs kõrgusele 42 m 1 aasta ja 8 kuu jooksul (prognoos oli 2.5 aastat [17]) ja Narva karjääri 13 tranšees tõusis veetase abs kõrguselt 16.3 m abs kõrgusele 25.5 m 1 aasta 4 kuu jooksul (prognoos oli 1.5–2 aastat [18]) [12].

Viivikonnas tekkiv kõige suurem tranšeeveekogu oleks veetaseme reguleerimisel absoluutkõrgusele 30 m pindalaga 109.9 ha ja veemahuga ca 5.6 miljonit kuupmeetrit. Sellise tehisveekogu veega täitumise arvestamine nõuaks mudelis N15aIF7WGW oluliselt erinevat väljaveotranšeeala ülesehitust.

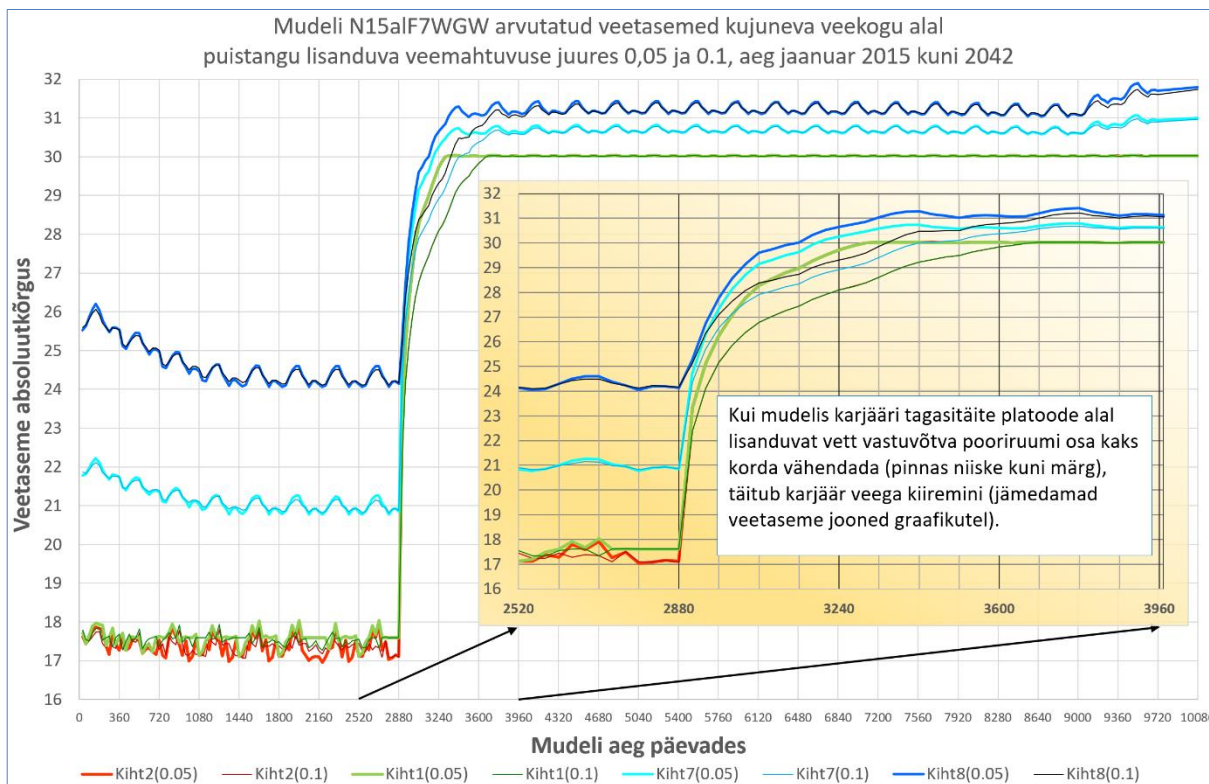
Prognooside ja karjääri tegeliku täitumisaja aja erinevusi võivad põhjustada ka järgmised asjaolud:

- veetase hakkab kaevandatud ala mõnes piirkonnas tõusma juba enne viimase pumbajaama väljalülitamist (kaevandamise ajal on töös rohkem pumbajaamasid). Nii on juba praegu Viivikonna sügavamate tranšeede põhjas (foto 3) märkimisväärsel hulgal vett, sest välja pumbatakse lõunapoolseimast pumbajaamast 1C (joonisel 8) vaid niipalju, kui on vaja juurdepääsuteede kuivana hoidmiseks.
- Katsetöödel [12] on täheldatud, et puistangu aladel rajatud puuraukudesse voolab tõenäoliselt Uhaku veepideme peal voolav vesi. Kuna kaevandatud ala põlevkivialune lubjakivipind pole tasane ja ühtlase kallakusega, on tõenäoline, et selle põlevkivialuse lubjakivipinna reljeefi madalamates kohtades võib puistangu alumine osa olla veeküllastunud juba enne pumpade peatamist.

Karjääri veega täitumise mudelarvutustes määrab pumpamise peatamisel veetaseme tõusu kiiruse karjääri tagasitäitepuistangute (liiv, savi, dolomiidid, domeriidid, lubjakivi) veemahutavusvõime ja nendes pinnastes juba enne pumpade seiskamist olev niiskus. Ühesõnaga, lisanduv veemaht tagasitäitepuistangute pinnase veeküllastamiseks. Tagasitäitepuistangutes on piisavalt niiskust metsakasvatuse jaoks ja kohati ka veekogude ja lompide moodustumiseks.

Kui puistangus on juba enne pumpade peatamist küllalt palju niiskust (pinnas niiske kuni märg), on sinna lisanduda võiv veemaht veeküllastatuse saavutamiseks väiksem ja veetaseme tõuseb kaevandatud alal pumpamise lõpetamisel kiiremini.

Kuna puistangu veeküllastamiseks ruumalaühiku kohta vajalik veekogus pole täpselt teada, esitatakse veetaseme tõusu kiiruse arvutused reeglina variantidena. Näiteks saadi Narva karjääri 13 tranšee osas puistangu täiendava veemahutavuse tegurite 0.1, 0.15 ja 0.2 juures põhjaveemudeli arvutatud täitumisajaks vastavalt 22 kuni 42 kuud [18].



Joonis 14. Mudeli N15aIF7WGW erinevate veemahutavuse variantide järgi saavutaks Viivikonna jaoskonna alal moodustuv veekogu projekteeritud taseme 15–25 kuuga.

Joonisel 15 esitatud nn „kiire täitumise“ lisavariandis vähendati Viivikonna karjääri ja tagasitäite puistangute alal pea poole võrra mudeli N15aIF7WGW vee- ja rõhumahtuvusnäitajaid S_s , S_y ja poorsus $0.1 \rightarrow 0.05$ ning $0.072 \rightarrow 0.042$.

Analüüsides sellise vähendatud tagasitäite puistangu ja karjäärialala mudelivariandi veetasemete ajalist käitumist karjäärialal, võib veetasemete järgi loogilisemaks pidada siiski algset mudelivarianti puistangu veemahutavuse juures 0.1.

Karjäärade ning kaevanduste veega täitumise prognooside ja nende täitumise tegelikku kiiruse järgi on Viivikonnas otstarbekas tugineda puistangu täiendava veemahutavuse osas teguriga 0.1 saadud arvutustele.

Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal kujuneva suure veekogu projekteeritud veetase saavutatakse orienteeruvalt 2 aasta jooksul. Tegelikku täitumisaega mõjutavad aasta sademete hulk, nende ajaline jaotus, kevadise lumesulavee teke jne.

Viivikonna kaeveväljal suure tehisveekogu tekkel ja veetaseme reguleerimisel absoluutkõrgusele 30 m, laugeneb karjääri põhjaveevoolu kallakus karjääri suunas ning väheneb põhjaveevool Narva karjääri alale.

Vastavalt Viivikonna tektoonilise rikkevööndi hüdrogeoloogilisele uuringule [12], on veetaseme reguleerimisel Sirgala kaevevälja Viivikonna osal abs kõrgusele 30 m prognoositud tektoonilisest rikkest põhja poolt välja pumbatava vee hulgaks keskmiselt 10000–16000 m³/d, rikkest lõuna pool filtratsioonikraavi abil lisanduks väljapumbatavat vett veel 4000 m³/d [11]. Kokku oleks väljapumpamist vajava vee mahuks seega ca 20000 m³/d.

Viivikonna alalt pumbati aastatel 2019–2022 vett välja 53000–57000 m³/d (pumplad ja veekogused on toodud joonisel 8). Seega oleks korrastamisjärgselt väljapumpamist vajava veekoguse vähenemine ca 35000 m³/d ja detailsemal analüüsil tundub see Viivikonna alalt väljapumbatava veemahu vähenemine optimistlikuna.

Vee juurdevool moodustub põhiliselt Keila-Kukruse veekihi, Kvaternaarisetete vee ja ammendatud alade kohal maha sadanud sademete arvel. Narva karjäärist välja pumbatavast veest on eri ajaperioodidel¹¹ 65–85% on hinnatud sademeveeks [14, 20, 21].

Sademevee osakaal on suur ja varieerub aruannetes sõltuvalt eeskätt puistangute ala vee arvestatuse detailsusest kas sademe- või põhjaveena. Veeseaduse¹² järgi osutub tagasitäite puistangutes sademetest moodustunud vesi põhjaveeks.

Asjaolu, et osa veeringest liigub Narva karjääride alal läbi pumpade, ei muuda ja mõjuta laiemal regionaalsel tasemel põhjavett karjääri veekõrvalduse pumpamismahus. Reaalne mõju on veekõrvalduse pumpamismahust alati väiksem. Nii kasutati kaevandusvee summaarsest koguväljapumpamisest üle-eestilises põhjaveemudelis pumpamise põhjaveevõtuna vaid kolmandikku [22]. Kaevanduste veekõrvalduses on põhjavee osa suurem ja karjäärides väiksem [14] ning praktiliselt kirjeldas see 1/3 kasutamine üle-eestilises põhjaveemudelis koguväljapumpamise mõju väljapoole karjääre ja kaevandusi.

¹¹ Karjäär suureneb ja sademevee osa muutub.

¹² Põhjavesi on kogu vesi, mis asub maapinna all küllastumusvööndis ning on otseses kokkupuutes pinnase või aluspõhjaga.

Veekõrvalduse summaarseks mõjuks väljapoole Narva karjääride jäävale alale on prognoositud kuni 25% (ca 40000 m³/d) Narva karjääride poolt väljapumbatavast veest[13]. See moodustab suure ja olulise osa Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi nr 7 looduslikuks ressursiks hinnatud veekogusest 107903 m³/d [16].

Kuna sademevee osas peale veetaseme tõstmist olulisi muutusi ette näha pole, saab kaevandamisajaga võrreldes Viivikonna alalt korrastamisjärgselt väljapumbatava veekoguse vähenemine tulla sinna juurdevoolava põhjaveekoguse vähenemisest ja kaevandamise ajal infiltratsioonibasseini pumbatud nn ringleva vee arvel.

Kui eeldada, et pea kogu infiltratsioonibasseini pumbajaama nr 2 vesi (12000–13000 m³/d) oli ringlev (ülevalt infiltratsioonibasseinist tagasi karjääri ja sealt uuesti pumbati infiltratsioonibasseini), saame väljapumpamist vajava veekoguse vähenemiseks ca 33000 m³/d (55000-20000-12000). Seega peaks Viivikonnas ca 20000 m³/d olema põhjavee juurdevoolu vähenemist.

Lähenedes Viivikonna ala veebilansile detailsemalt, saame peale korrastamist Viivikonna alalt väljapumpamist vajava vee osas mõneti suuremad numbrid kui korrastusprojektis.

Kui Viivikonnast summaarselt välja pumbatavast kaevandamisaegsest veekogusest umbes neljandik on põhjavesi (ca 15000 m³/d) ning alal põhjaveetaseme tõusu järel abs kõrgusele 30 m jääb summaarsest põhjavee osast (ca 15000 m³/d) ainult kolmandik praegu väljapumbatavast põhjaveekogusest Viivikonna alale endiselt juurde voolama (ca 5000 m³/d), saame põhjavee juurdevoolu vähenemiseks peale korrastustöid ca 10000 m³/d.

Lisades sellele kümnele tuhandele juurde infiltratsioonibasseinis ringelnud veekoguse pumpamise lõppemise ca 12000 m³/d ning rajatava filtratsioonikraaviga kinni püütava korrastusprojektis prognoositud veekoguse ca 4000 m³/d, saame summaarseks Viivikonna rikkest põhja poolt väljapumbatava vee koguse vähenemiseks ca 26000 m³/d ja Viivikonna rikkest põhja poolt väljapumpamist vajavaks veekoguseks jääb ca 29000 m³/d.

Sirgala II põlevkivikarjääri korrastusprojekti uuringuga võrreldes väiksemat põhjaveekoguse vähenemist näitas ka põhjaveemudel N15aIF7GW arvutused Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna ala veebilansi muutuste osas (bilansiala on toodud joonisel 4).

Mudeli ajaetapil nr 97 (jaanuar 2023) lõpetatakse pumpamine ja veetase hakkab tõusma. Mudelarvutuses on näha Vasavere ürgoru kohal oleva põhjavee voolu vähenemist Narva karjääri Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise suunas vähemalt 3000 m³/d. Viivikonna ala summaarne veebilanss mudeli ajaetappide nr 88 (aprill 2022), nr 112 (aprill 2024) ja nr 136 (aprill 2026) vähenes 5000–6000 m³/d

võrra karjääri põhjavee juurdevoolu arvel. Need bilansialad teineteisega ei kattu ja bilansinumbrid üksühele omavahel ei liitu¹³.

Põhjaveemudeli N15aIF7WGW Viivikonna ala summaarse veebilansi osas tuleb arvestada, et vihma- ja sulavee äravoolu mööda ülemist maapinnaosa ei modelleerita (põhjaveemudelis on vaid netoinfiltratsioon põhjavette). Suure pindalaga kiviklibuse Viivikonna ala puhul on tõenäoline, et lisades vihma- ja sulavee täiendava bilansiosa, võib võrreldes kaevandamisajaga oodata alalt väljapumbatava põhjavee koguse vähenemist peale korrastamist 7000–9000 m³/d.

Ka põhjaveemudel N15aIF7WGW põhjaveebilansi arvutuste järgi jääks Viivikonna rikkast põhja poolt väljapumbatava vee kogus ligi kaks korda suuremaks kui korrastusprojektis [11] toodud eeldatav pumpamise maht 16000 m³/d.

Mingit lahendamist vajavat probleemi eri meetoditel saadud korrastamisjärgselt väljapumbatavate veekoguste erinevusest ei teki, sest veetaseme reguleerimise pumpla tootlikkus on korrastusprojektis kavandatud piisava varuga¹⁴ [11].

Tervikuna on põlevkivi kaevandamisloa KMIN-087 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala korrastamisprojektis ettenähtud lahendused asjakohased ja tagavad kaevandamisaegse mõju vähenemise põhjaveele ning kaevandamise jätkumise ohutuse Narva karjääri lõunaosas.

Tõenäoliselt võib pidada Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal kujuneva suure veekogu projekteeritud veetaseme saavutamist orienteeruvalt 2 aasta jooksul.

Viivikonna alalt korrastamisjärgselt väljapumbatava veekoguse vähenemine johtub karjäärialale juurdevoolava põhjaveekoguse vähenemisest. Üldine kaevandamisaegne pumpamise maht võib väheneda ka varasemalt infiltratsioonibasseini suunatud veekoguse võrra (ringles karjäärist infiltratsioonibasseini ja sealt tagasi karjääri).

Viivikonna rikkast põhja poolt korrastamisjärgselt väljapumbatava vee kogus võib olla ligi kaks korda suurem kui korrastusprojektis toodud 16000 m³/d. Mingit lahendamist vajavat probleemi suuremast pumpamisvajadusest ei teki, sest korrastusprojektis kavandatud pumplate tootlikkus on igati piisav.

¹³ Võib lisada 500-1000 m³/d 2015 aastal kaevandamata olnud ala bilansiarvutuse paratamatu ebatäpsuse arvel.

¹⁴ Praeguses situatsioonis on vooluhulgad ühtlased, kuna põhjavee osakaal on suur. Eeldatavalt põhjavee juurdevool veetaseme tõstmisel väheneb, kuid ebaühtlus suureneb, selle tõttu on eeldatud, et maksimaalsed vooluhulgad jäävad praegusele tasemele [11].

3.4 Põhjaveetaseme tõusuga kaasnev pinnaveekogude teke ja veetaseme tõusu ulatus alal olemasolevates veekogudes.

Joonisel 16 on toodud Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal olemasolevad ja lisanduvad veekogud ning alal juba olemasolevates veekogudes veetaseme tõusu ulatus. Olemasolevates veekogudes praegused veepiirid joonisel 16 on ETAK-ist ja tekkivate veekogude veepiir on joonisel toodud 30 m absoluutkõrguse järgi.

Veetaseme aastasisesed muutused. Võrreldes isevoolse väljavooluga reguleeritud Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 alal moodustunud suurte tehisveekogudega, kus veekogu veetaseme aastasisese muutuse amplituud on 0.5–0.7 m, võib Viivikonnas kujuneva suure veekogu veetase olla ka stabiilsem, sest on reguleeritav pumpade töörežiimiga.

Põhjaveetaseme tõusust tekkivatel uutel väikestel tehisveekogudel, mis on reguleeritava veetasemega suure tranšeeveekoguga ühendamata, oleks veetaseme kõikumine põhjavee modelleerimise andmetel vähemalt 0.5 m.

Veetasemete absoluutkõrgused. Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal tekkivatest tehisveekogudest jääb veetase tinglikult¹⁵ absoluutkõrgusele 30 m vaid suures tekkivas tehisveekogus (pindala 109.9 ha ja veemaht ca 5.6 miljonit kuupmeetrit, keskmine sügavus 5.1 m).

Selle reguleeritud veetasemega suure veekoguga ühendamata väikestes veekogudes oleks põhjaveetaseme tõusu järel kujunevad veetasemed ja veepiirid modelleerimisandmetel kuni 0.5 m kõrgemal abs kõrgusjoone 30 m järgi saadutest. Uutes tehisveekogudes oleks veetase põhjaveetaseme modelleerimisandmetel orienteeruvalt absoluutkõrgusel ca 30.5 m.

Alal on juba praegu mitmeid nn „rippuvaid“ põhjaveetasemest sõltumatuid veekogusid, mis veetasemete järgi toituvad sademetest. Veetase neis korrastamisjärgselt üldreeglina ei tõuse. Detailsemalt vaadeldakse neid uusi ja olemasolevaid veekogusid Viivikonna pilootala aruandes 2.

Korrastamisjärgselt tõuseb veetase alal praegu olemasolevates veekogudes (ETAK) kuni 6.5 m. Põhjaveetaseme tõusust johtuv veetaseme tõus alal juba olemasolevates veekogudes ulatub joonisel 16 tähistatud Vesiloo järvest veidi põhja poole. Viivikonna asula ümbruses ja sellest kagu pool olevates tehisveekogudes veetase ei tõuse.

Märgalad. Põhjaveetaseme tõusuga kaasneb põhjaveega seotud olemasolevate märgalade laienemine ning uute teke. Lisaks uute suurte veekogude moodustumisele pakuvad alal tekkivad madalad väikeveekogud (lombid, loigud, tiigid) – nii alalised kui ka ajutised – ja märgalad elupaiku väga paljudele,

¹⁵ Sõltub veetaset reguleeriva pumbajaama tööst.

sealhulgas haruldastele, ohustatud ja kaitsealustele liikidele. Ajutiste veekogudega märgadel aladel moodustuvad taimestiku ja ka muu elustiku kooslused oluliselt kiiremini kui kuivades kohtades [6, 7].

Kuna enamuse olemasolevate või tekkivate uute tehisveekogude kaldad on järsud, loodusliku varikaldega, ei põhjusta veetaseme tõus kuigi ulatuslikku märgalade või üleujutusosalade teket istutatud majandusmetsa alal.

Märgalasid on endise Viivikonna jaoskonna alal väga vähe. Tänapäevaks on vaid Vesiloo järve lõunaosa juurde moodustunud küllaltki ulatuslik märgala¹⁶, tingituna Vesiloo järve lõunaosast peale valguvast veest (fotod 4).

¹⁶ Aastatel 2012 ja 2020 lasi RMK alalt liigniiskuse käes kannatava metsa eemaldada.

Sademetest toituv Vesiloo järv tekkis mäetehnilistel põhjustel. Viivikonna karjääri rajamisel 1952–1954. a. avamistranšee lõunapoolset osa ei saanud kasutada tootmiseena karsti ja põlevkivi kihi rikke tõttu. Selle tranšee lõunaosa täitis veega 1954–1955, ja tranšee nr 5 avamisega, et mitte lasta tehisveekogu tühjaks, eraldati see tammiga tolleaegse karjääri peainseneri Paul Vesiloo algatusel. Seetõttu tehisveekogu säilis ja selle vee tasapind kõigub vaid vähesel määral sest järve vett mõjutavad praktiliselt ainult sademed, puudub sissevool ja väljavool. Eespooltoodud põhjusel kutsutakse seda tehisveekogu Vesiloo järveks mis on käesoleval ajal asularahva kalapüügi ja supluspaik [21].

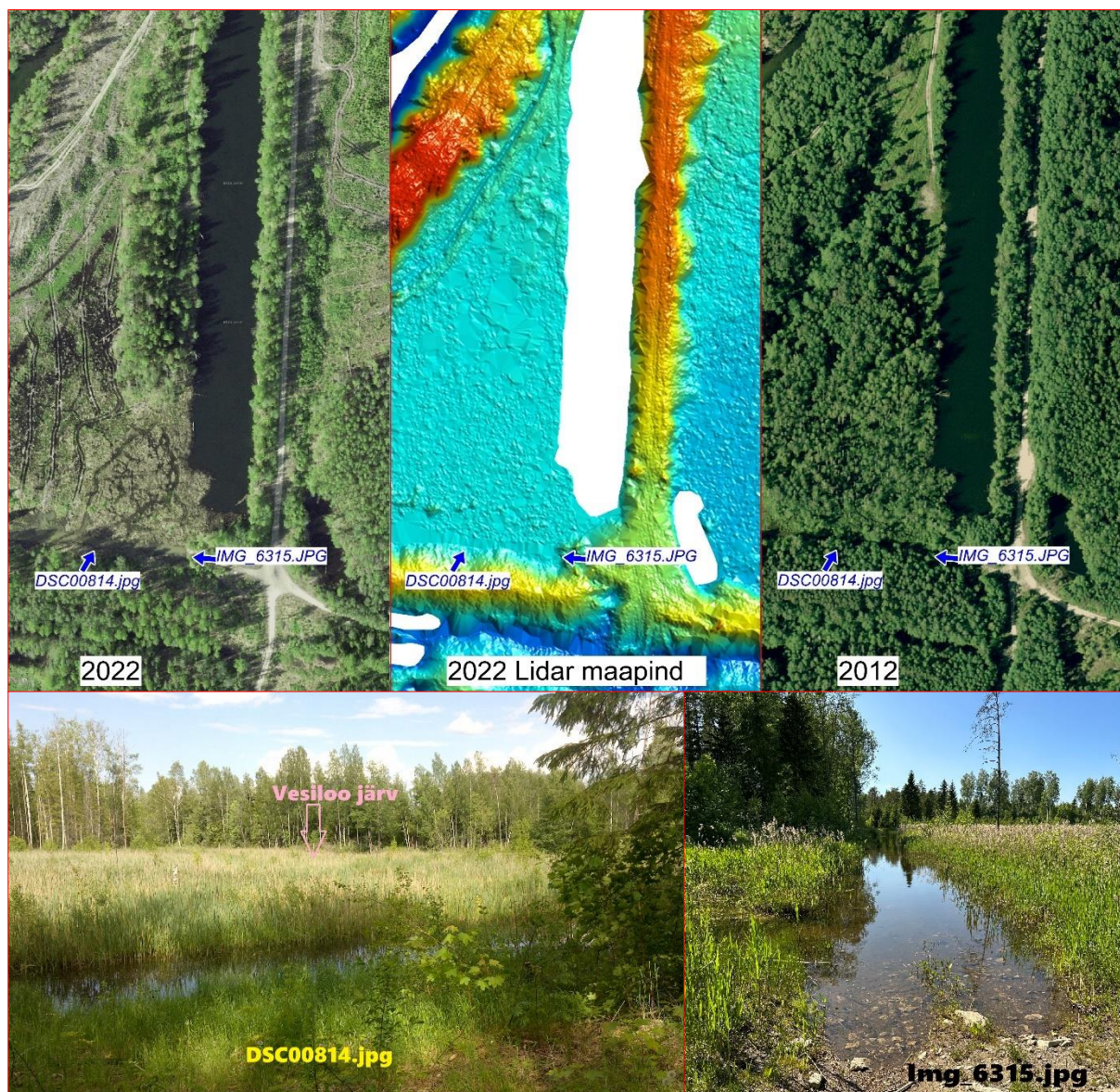


Foto 4. Aerofotode järgi tekkis Vesiloo järvest lõunas olev märgala ala umbes 2012 aastal.

Kuigi Vesiloo järv on peamiselt sademeveetoitega, jõuab sinna ilmselt ka põhjavett järvest idas olevalt kaevandamata alalt. Praeguseks juba toimunud veetaseme tõusu võib olla põhjustanud nii lisandunud põhjavesi kui tehisjärve põhja kolmateerumine.¹⁷

¹⁷ Veekogu põhja pindmise osa veepidavamaks muutumine aja jooksul orgaanilise aine ja/või peenosakeste (savi, tolmu) tõttu.

Kuna põlevkivikarjääride aladel enne kaevandamist olid valdavalt soo- ja märgalad, on elupaikade mitmekesisuse võtmes märgalade olemasolu korrastatud põlevkivikarjäärides kindlasti vajalik.

LIFE IP CleanEST projekti käigus vaadeldud põlevkivikarjääridest tekkis korrastamisjärgselt enim madalaid väikeveekogusid ja märgalasid Narva karjääri 13. tranšee alal ja endise Kohtla kaevanduse karjääri alal¹⁸.

Korrastatud Aidu karjääri alal tekkis ja endise Viivikonna jaoskonna alal tekib korrastamisjärgselt märgalasi vähe ja elupaikade mitmekesisuse võtmes võiks neid olla rohkem.

Viivikonna alal tekkiva suure reguleeritud veetasemega veekogu morfoloogiat ja alal moodustuvate märgalade ning uute veekogude detailsem käsitus esitatakse Viivikonna pilootala aruandes 2.

Suure reguleeritava veetasemega tehisveekoguga ühendamata uutes väikestes tehisveekogudes kujunev veetase oleks põhjaveetaseme modelleerimisandmetel orienteeruvalt absoluutkõrgusel kuni ca 30.5m.

Põhjaveetaseme tõusust johtuv veetaseme tõus alal juba olemasolevates veekogudes ulatub joonisel 16 tähistatud Vesiloo järvest veidi põhja poole. Viivikonna asula ümbruses ja sellest kagu pool olevates tehisveekogudes veetase ei tõuse.

Märgalasid on endise Viivikonna jaoskonna alal vähe. Enamuse olemasolevate või tekkivate uute tehisveekogude kaldad on järsud, loodusliku varikaldega, mistõttu ei põhjusta veetaseme tõus ulatuslikku märg- või üleujutusala teket istutatud majandusmetsa alal.

¹⁸ Tekkisid veetaseme tõusust Aidu karjääris peale korrastamist.

4 Kokkuvõte

Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal oli aastaks 2020 kujunenud olukord, kus põlevkivivaru ammendumise järel kaevandamisloa KMIN-087 Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala korrastamisprojekti [11] elluviimisel toimub põhjaveetaseme tõus ja alale tekib uus suur tehisveekogu. Tekkiva tehisveekogu veetase reguleeritakse pumpamisega absoluutkõrgusele 30 m. Põhjaveetaseme tõusu ja tekkiva veekogu mõju ulatuvad korrastatavalt mäeeraldisest tunduvalt kaugemale.

Ala kaevandamisaegset põhjaveetaset tõstetakse ja kõrgeim võimalik veetase on vajalik lähedal paiknevate Alutaguse rahvusparki veest sõltuvatele looduskaitseobjektidele ja elupaikadele soodsamate tingimuste tagamiseks.

Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise ala korrastamine tehakse vastavalt kooskõlastatud korrastamisprojektile [11], mis paljude oluliste asjaolude juures järgib vastavate juhendite ja varasemate aruanete soovitusi [1, 7, 8, 9, 13]. Peale korrastamist läheb ala Kaitseväe kasutusse.

Korrastamisprojekti [11] ettenähtud lahendused on piisavalt asjakohased ja tagavad kindlasti kaevandamisaegse mõju vähenemise põhjaveele ja kaevandamise jätkumise ohutuse Narva karjääri lõunaosas.

Käesolevas aruandes käsitletakse Maa-ameti LIDAR kõrguspunktidest moodustatud maapinnamudelite ja ala kohta tehtud põhjaveemudelite abil korrastamisjärgselt kujunevat veekogude võrgustiku teket, alal juba olemasolevates veekogudes veetaseme tõusu ja selle seost põhjaveega.

Kokkuvõtvalt on tehtud analüüsi olulisemad tähelepanekud järgmised:

- Viivikonna rikke kesk- ja põhjaosa töötab karjääris põhjaveevoolu tõkkena. Põhja–lõunasuunaliselt vee pealevalgumise alal on rikke loodeservas palju küllalt kõrge veetasemega veekogusid.
- Korrastamisjärgselt oleks vee juurdevool suurem Viivikonna rikkedest kagu poole kavandatud filtratsioonikraavi lõunaosas, kus puistangusisene veetaseme tõus kraavi paiknemiskohas on suurim. Kui rajatav uus filtratsioonikraav hakkab enne pumpade peatamist töötama puistangut kuivendavana, väheneb juba praegu sealt pealevalguva vee kogus Narva karjääri töötamist jätkavasse lõunaosasse.
- Vasavere ürgoru alal oleva põhjavee väljavool Narva karjääri Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise suunas väheneb korrastamisjärgselt peale põhjaveetaseme tõusu vähemalt 3000 m³/d.

Võrreldes kaevandamisaegse olukorraga, on põhjaveetaseme tõusu positiivne efekt suurem mäeeraldise lõunaosa juures, sellega külgneval läänepoolsel alal.

- Tõenäoliselt võib pidada Narva karjääri endise Viivikonna jaoskonna alal kujuneva suure veekogu projekteeritud veetaseme saavutamist orienteeruvalt 2 aasta jooksul.
- Reguleeritud veetasemega suure tehisveekoguga ühendamata uutes väikestes tehisveekogudes oleks veetase põhjaveetaseme modelleerimisandmetel orienteeruvalt absoluutkõrgusel ca 30.5 m.
- Veetaseme tõus alal juba olemasolevates veekogudes ulatub veekogudeni, mis paiknevad Vesiloo järvest veidi põhja pool. Viivikonna asula ümbruses ja sellest kagu pool olevates tehisveekogudes veetase ei tõuse.
- Viivikonna jaoskonna alal on märgalasi vähe ja nende lisandumine peale korrastamist on väike. Enamuse olemasolevate või tekkivate uute tehisveekogude kaldad on järsud, loodusliku variakaldega, mistõttu ei põhjusta veetaseme tõus ulatuslikku märg- või üleujutusala teket alale istutatud majandusmetsa alal.
- Viivikonna alalt korrastamisjärgselt väljapumbatava veekoguse vähenemine johtub karjäärialale juurdevoolava põhjaveekoguse vähenemisest, üldine kaevandamisaegne pumpamismaht võib väheneda ka varasemalt infiltratsioonibasseini suunatud veekoguse võrra, mis ringles karjäärist infiltratsioonibasseini ja sealt tagasi karjääri.
- Korrastamisjärgselt Viivikonna rikkealast põhja poolt väljapumbatava vee kogus võib olla ka ligi kaks korda suurem kui korrastusprojektis toodud 16000 m³/d. Mingit lahendamist vajavat probleemi suuremast pumpamisvajadusest ei teki, sest korrastusprojektis kavandatud pumpade tootlikkus on igati piisav.

Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldise korrastamisprojekti elluviimine, veetasemete, veekvaliteedi ja veekoguste jälgimise tulemused võimaldavad parendada Narva karjäärade järgmiste korrastamislahenduste kavandamist.

5 Kirjanduse viited

1. Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamat. OÜ Inseneribüroo Steiger. Tallinn 2017.
2. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel. Nikli uuring pinnavees Ida-Virumaal Purtse valgalas 2021. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2022.
3. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Ülevaade Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 ning piirkonna vanemate karjääriveekogude uuringutest. Eesti Loodushoiu Keskuse lõpparuanne, Tartu 2020.
4. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude inventuuri aruanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021
5. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2020
6. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8 Maismaa- ja märgalade elupaigad Narva karjääri 13. tranšee ja Aidu karjääri pilootaladel. Jaanus Paali OÜ lõpparuanne. Tartu 2020.
7. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Sirgala II mäeeraldise Viivikonna jaoskonna ala potentsiaalsete kujundatavate elupaikade ja veekogude uuring. Jaanus Paali OÜ. Tartu 2021.
8. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Põlevkivi kaevandatud ala iseoolsete väljalaskmete veekeemia ja veekoguste uuring ning mõju hinnang pinnaveekogumite seisundile. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021.
9. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Põlevkivikarjäärade korrastamise, ringmajanduse ja looduskeskkonna kaevandamisjärgse taaskasutamise põhimõtted. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2022.
10. Narva karjääri tranšee nr 13 kaevandamisega rikutud maa korrastamise projekt. Eesti Energia Kaevandused AS. Jõhvi 2016.
11. Narva karjääri mäetöödega rikutud maa korrastamise projekt. Lisa 2. SIRGALA II PÕLEVKIVIKARJÄÄRI MÄEERALDIS. Töö nr 20/3059. OÜ Inseneribüroo Steiger. Tallinn 2020.

12. Viivikonna tektoonilise rikke hüdrokeoloogiline uuring. Töö nr 19/2762. OÜ Inseneribüroo Steiger. Tallinn 2019.
13. Eesti Energia Kaevandused AS kaevandamislubade KMIN-073, KMIN-046. KMIN-074 ja KMIN-087 muutmisega kaasneva keskkonnamõju hindamise aruande (heakskiitmine 27.01.2016 kirjaga nr 7-12/16/861) Lisa nr 10. Narva karjääri allmaakaevandamisest tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi mudeli korrigeerimine. AS Maves, Tallinn 2015.
14. Kaevandustest ja karjääridest väljapumbatava vee päritolu. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2005.
15. Hüdrokeoloogilise ja limnoloogilise uuringu läbiviimine koos loodusdirektiivi järvedele lubatava veetasemekõikumise vahemiku määramisega Kurtina maastikukaitsealal. Tallinna Ülikool, Loodus- ja terviseteaduste instituut, Ökoloogia keskus; Tartu Ülikool, Maateaduste ja ökoloogia instituut, Geoloogia osakond. Versioon 19.07.2019.
16. Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014–2019. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere 2020.
17. Hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2019.
18. Narva karjääri 13-nda tranšee mäetööde lõpetamise projekti hüdrokeoloogiline prognoos, AS Maves, Tallinn 2015.
19. Eesti põlevkivimaardla põhjaveevarule hinnangu andmine, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2010
20. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016-2030. TTÜ mäeinstituut, aprill 2013.
21. Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimeerimine, TTÜ Mäeinstituut, Tallinn 2010
22. Eesti hüdrokeoloogiline mudel. Leo Vallner, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2002.