



LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8.

Ülevaade varasematest kaevandusalade korrastustöödest, kogemustest ja nende käigus kogutud andmestikest, osapooltega täpsustatud tegevuskavad kavandatud pilootaladel

Töö nimetus:

Ülevaade varasematest kaevandusalade korrastustöödest, kogemustest ja nende käigus kogutud andmestikest, osapooltega täpsustatud tegevuskavad kavandatud pilootaladel.

Töö teostajad:

Jaanus Paal
Jaanus Paali OÜ,
Niidu tn 13, Tartu linn, 50304,
Tel. 5068430
jaanus.paal@ut.ee

Meelis Tambets,
Eesti Loodushoiu Keskus,
Veski 4, Tartu,
Tel. 5176886
meelis.tambets@gmail.com

Indrek Tamm
Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Marja 4D, Tallinn, 10617
Tel. 5083764
indrek.tamm@klab.ee

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium, 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 IPE/EE/000007. Aruanne kajastab autori seisukohti ja Euroopa Komisjon ei vastuta sisu kasutamise eest.

Sisukord

1	Sissejuhatus, töö eesmärk.....	4
2	Ülevaade põlevkivi kaevandusalade korrastustööde praktikast ja tulemustest	5
2.1	Täna seks kaevandatud alad.....	5
2.2	Ammendatud põlevkivikarjäärade senine korrastamine	7
2.2.1	Karjäärialade looduslik taastumine.....	9
2.3	Põlevkivikarjäärade korrastamise kaasaegsed seisukohad.....	10
3	LIFE IP CleanEST tegevuste C.8 pilootalad.....	11
3.1	Narva karjääri tranšee 13	11
3.1.1	LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Narva karjääri tranšee 13 pilootalal.....	15
3.2	Aidu karjääri kirdenurk	16
3.2.1	LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Aidu karjääri kirdenurga pilootalal.....	20
3.3	Sirgala-Viivikonna	22
3.3.1	LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Sirgala-Viivikonna pilootalal	23
4	Kokkuvõte, soovitus, ettepanekud.....	25
4.1	Esialgsed soovitus	25
4.1.1	LIFE IP CleanEst C.8 käigus on soovitatav uurida ja pakkuda lahendusi:	26
4.1.2	LIFE IP CleanEST tegevuste käsitlemis vajavad küsimused	27
5	Kirjanduse viited.....	29

Joonised

Joonis 1	Kaevandatavad ja kaevandamiseks taotletud alad Eesti põlevkivimaardlas [9]	6
Joonis 2	Väljaveotranšeede veekogude süsteem ja tasandatud puistanguplatoodel tekkinud väikeveekogud Maa-ameti kõrgusmodelitest	14
Joonis 3	RMK matkateed Aidu karjääris.	17
Joonis 4	Aidu sõudekanali veekogude süsteem ja eraldiseisvad veekogud (ETAK 2019)	19
Joonis 5	Sirgala-Viivikonna pilootala ja sealsed ETAKis olevad veekogud	22
Joonis 6	Veetaseme abs. kõrgusel 30.5 m lisanduvad veekogud Maa-ameti kõrgusmodelist	23

Aruande lisad

Lisa 1. Kaevandusvee isevoolsete väljalaskude veekogused ja analüüsitulemused.xlsx

Lisa 2. Tranšee 13 väikeveekogud Maa-ameti kõrgusmodelitest 2019.xlsx

Lisa 3. Aidu karjääri alal 2019 aasta ETAKis olevate veekogude esialgsed näitajad Maa-ameti kõrgusmodelite ja LIDAR mõõtmiste järgi.xlsx

1 Sissejuhatus, töö eesmärk

Taust. Suurtes põlevkivikarjäärides kestab kaevandamine 30-50 aastat ja aastakümneid etteulatuva korrastamisprojekti tegemine on raske. Et kiiresti taastada kahjustatud taimkate, korrastatakse karjääriviisil kaevandatud alad juba kaevandamise ajal metsamaaks. See aitab vältida erosiooni ning kiirendada mullatekke protsessi.

Seni pole piisavalt silmas peetud maastiku kui terviku korrastamist ega hinnatud kaevandamisjärgselt kujuneva veekeskonna osa ökosüsteemide taastamisel ja uute märgalade tekkel.

LIFE IP CleanEst C.8 tegevuse eesmärgiks on kaevandatud aladel võimalikult mitmekesise maastiku ja ökoloogilise võrgustiku kujundamine. Kasutades tänapäevaseid teadmisi ja oskusi, on eesmärgiks tuua kaevandusala kiiremini tagasi avalikku kasutusse ning võimaldada neil aladel mitmekesiste elupaikade (sh veekogude ja märgalade) kujunemist ning näidata, kuidas muutub kaevandamisega rikutud ala uuesti ühiskonnale täisväärtuslikuks loodushüvesid pakuvaks ökosüsteemiks.

Esimeste pilootaladena uuritakse Narva põlevkivikarjääri korrastatud tranšee 13 piirkonda (piirneb Natura aladega) ning Aidu põlevkivikarjääri korrastatud kirdenurga ala.

Valitud pilootaladel (hiljem lisandub ka Sirgala Viivikonna jaoskond) analüüsitakse erinevaid taastamisvõimalusi looduses, et paremini kavandada nüüdisaegsete ökoloogiliste korrastamisprojektide elluviimist lähtudes parimast praktikast, arvestades sealjuures korrastamise ja järelhooldusega kaasnevaid kulusid.

Komplekssed uuringud hõlmavad maismaa, märgalade ja veekogude elupaikade inventuuri, karjääriveekogude ja märgalade uuringuid. Veekogude ja märgalade võrgustiku kavandamisel kasutatakse maapinna kõrguse, hüdroloogilisi ja hüdrogeoloogilisi mudeleid.

Uuringute alusel esitatakse soovitused ja lahendused võimalikult soodsas seisundis mitmekesiste elupaikade ja hea ökoloogilise potentsiaaliga tehisveekogude ökoloogilise võrgustiku kujundamiseks.

Projektitegevuste käigus soovitakse edendada koostööd kaevandajate, riigi, kohalike omavalitsuste ja kogukondade ning keskkonnaühenduste vahel kaevandatud alade korrastamisel ja edasisel kasutamisel lähtudes seni tehtust. Näiteks Aidu karjääris tänaseks rajatud matkateede ja seiklusturismi radade täiendamine pakub võimalusi tutvustada nii tööstuspärandit, näitlikustada kaevandamise ja maastiku taastamise erinevaid meetodeid ning tööetappe ja kujunevaid loodusväärtusi.

Kokkuvõtlik ülevaade on koostatud tuginedes Jaanus Paali OÜ ja Eesti Loodushoiu Keskuse poolt esitatud 2019. aasta vahearuannetele (uuringud veel käivad).

Vahearuanne sisaldab ülevaadet pilootaladel seni tehtud korrastustööde tulemustest. Ekspertide kogemuse, kirjandusallikate ja pilootaladega esmatutvumisel nähtu põhjal on esitatud esialgsed ettepanekud elupaikade mitmekesisuse suurendamiseks.

2 Ülevaade põlevkivi kaevandusalade korrastustööde praktikast ja tulemustest

Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 järgi tuleks mineraalsete maavarade puhul eelistada intensiivset kaevandamistehnoloogiat, mille puhul keskkonna koormamine on lühiajaline ja kaevandatud ala korrastatakse kiiresti. Kaevandatud ala kiire projektikohane korrastamine kuulub keskkonnasõbraliku kaevandamise juurde [3].

Looduskaitse arengukava aastani 2020 järgi tuleb kaevandamisjärgselt taastada alal võimalikult looduslähedane seisund, rabade puhul näiteks ökoloogiliselt funktsioneeriv soolupaik. Kaevandamise lubamise tingimuseks on, et kaevandatud alad korrastatakse kaevandamiseelse maastikuga samaväärseks [7]. Maa ja maapõue korrastamine algab võimalikult varases kaevandamise staadiumis ning toimub võimalikult suures ulatuses paralleelselt kaevandamisega [4]. Eeltoodust johtuvalt on oluline, et juba kaevandamist alustades ja selle ajal oleks maksimaalselt selge, missugusena tahame näha kaevandamisjärgselt korrastatud ala.

2.1 Tänapäevase kaevandatud alad

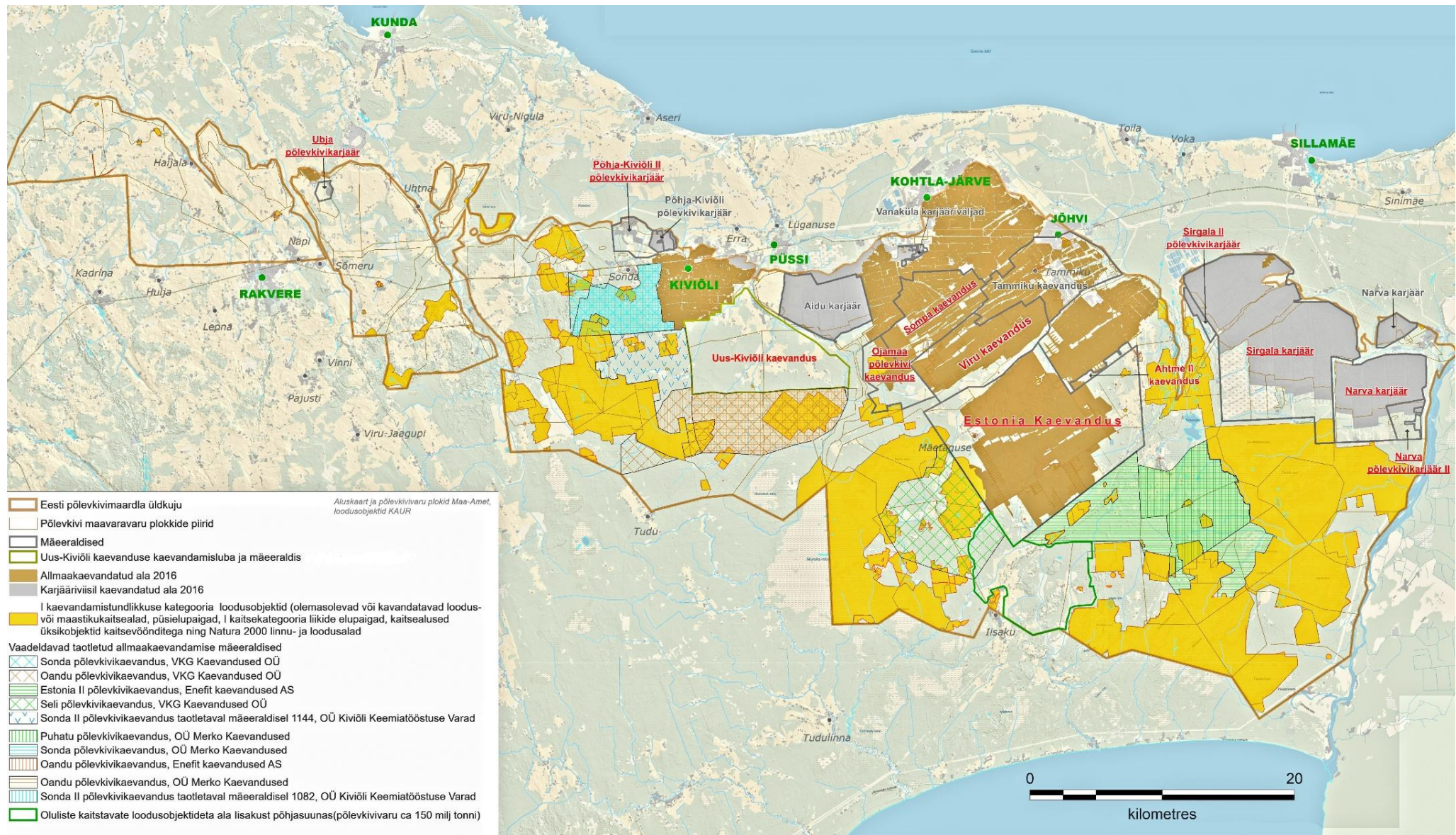
Eestis on põlevkivi kaevandatud alates 1916. aastast. Süstemaatiline karjääriivisil kaevandamine algas 1918.-1919. a. Pavandu karjääris, mis asus praeguse Kohtla-Järve vanalinna kohal. Põlevkivi kaevandamine liigub järk-järgult lõuna suunas, kus kasulik põlevkivikiht asub järjest sügavamal. Selle põhjuseks on põlevkivivaru ammendumine Eesti põlevkivimaardla põhja- ja idaosas ning keskkonnakaitsega seotud ja asustusest tingitud piirangud (vaata joonis 1) [5].

Põlevkivi allmaakaevandamisel on Eestis kasutatud peamiselt kahte kaevandamisviisi, mis erinevad teineteisest kaevanduse laekäsitluse poolest. Eelmisel aastatuhandel oli laialdaselt kasutusel lankkaevandamine laavakombainiga (lähi- ja põhilae täieliku varistamisega, nn kombainlaavad), mille tagajärjel tekkisid maapinnale 1-2 m sügavused vajumid ehk langatusalad. Langatuslohkude pikkus on umbes 600 m ja laius 200-300 m ja maapind muutus kõrgusmudelites ja aerofotodel jälgitavalt nn vahvliarnaseks. Taolistel põllumaadel alanes mulla boniteet 3-10 % ulatuses [28].

Praegu kasutatakse allmaakaevandamisel tulptervikutel kamberkaevandamist lae ülalhoidmisega, jättes kambrite vahele ruudustikuna 6 -7 meetrise küljepikkusega tulptervikud. Tulptervikute arvestuslik koormus on loetud igaveseks (s.t igavesti kestvateks)[5]. Võrreldes kombainlaavadega on kamberkaevandamisel põlevkivikaod küll suuremad, kuid maapinnavajumisi on oluliselt vähem.

Üldjuhul maa algsel kujul kaevandamiseelne liigniiskus allmaakaevandamise lõpetamisel ei taastunud, vaid üksikutes üle ujutatud alla vajunud kohtades on kujunenud uued liigniiskusest sõltuvad ökosüsteemid.

Pealmaakaevandamisel (karjäärides) kasutatakse vaal- ja transportkaevandamise tehnoloogiat. Pealmaakaevandamisel kaovad olemasolevad maastikud, mullad ja taimestik ning pinnavete võrk. Alal kasvanud taimeliigid hävivad, sealsed loomad peavad leidma endale uued elupaigad. Taimeliikide mitmekesisus on karjäärialal palju väiksem kui enne kaevandamist. Esineb küll arvukalt käpalisi, ent tegemist on nende liikide ajutiste elupaikadega, mis kaovad koosluste suhtsessiooni käigus [5].



Joonis 1 Kaevandatavad ja kaevandamiseks taotletud alad Eesti põlevkivimaardlas [9]

Liigirikkuse taastumist ei ole karjäärade korrastamisel omaette eesmärgiks seatud, seetõttu on suur osa endisi liigirikkaid kooslusi asendatud väga liigivaeste männikutega [5]. Siiski esineb karjäärialadel EL loodus- ja linnudirektiivi lisades olevaid liike (nt suurkiskjad), kuid nende arvukus on esialgselt võrreldes oluliselt väiksem.

Ida-Virumaal kaevandatud põlevkiviala kogupindala oli 2014. aastaks 441 km², sellest 151 km² on kaevandatud karjääriviisil, allmaakaevandatud ala hõlmab 290 km² [6]. Lähiaastatel lõpetatakse kaevandamine Sirgala II põlevkivikarjääris ja Sirgala Viivikonna jaoskonnas ning ühiskonnale saab taaskasutatavaks mitukümmend ruutkilomeetrit kaevandusmaastikku, korrastatud metsaala, märgalasi ja veekogusid.

Et vältida lõpetatud või üleujutatud kaevanduste ja karjäärade alal ning nende ümbruses liigniiskust, on kaevandamise lõppedes rajatud mitmeid isevoolliseid karjäärivee ja kaevandusvee (pärast kaevanduse veega täitumist kaevanduskäikudes olev põhjavesi) väljalaske pinnaveekogudesse. Taoliste isevoolliste väljalaskude kaevandusvesi moodustab Eesti põlevkivibasseini pinnavee äravoolust pidevalt kasvava osa [6].

LIFE IP CleanEst tegevuse C.8 raames mõõdetakse vee vooluhulki ja analüüsitakse vee keemilist koostist üheksas kaevandusvee isevoollises väljalasus (vaata Lisa 1). Hinnatakse väljalasu mõju eesvooluks oleva pinnaveekogumi seisundile. Mõõdetud isevoolliste väljalaskude summaarne kaevandusvee vooluhulk oli 2019. aasta mais 2.28 m³/s, septembris 0.59 m³/s ja novembris 4.27 m³/s. Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 isevoolliste väljalaskude vee koostis ja vooluhulgad iseloomustavad ka vaadeldavatel pilootaladel kujunenud pinnaveekogumeid.

2.2 Ammendatud põlevkivikarjäärade senine korrastamine

Valdavalt kaasneb kaevandamisega maa järelkasutuse muutus või teisenemine ning esialgse maastiku taastamine on pigem erandlik. Elluviidav korrastamislahendus peab olema kestlik ja hooldusvaba selles ulatuses, et toimimiseks vajalikud tegevused ei ületaks sama maakasutusega seotud tavapäraseid tegevusi [10]. Kaevandamise lõpetamisel tuleb maa muuta taaskasutatavaks kaevandusloas määratud sihtotstarbel.

Karjäärade korrastamine toimub kahes järgus: tehniline ja bioloogiline. Tehniline korrastamine seisneb maade ettevalmistamises metsastamiseks, tasandatakse puistangud, kujundatakse nõlvad, ehitatakse teed ja muud vajalikud rajatised.

Metsamaaks korrastamisel ei tohiks maa lainete nõlvnurk ületada 8 kraadi, looduslikuks rohumaaaks korrastamisel 18 kraadi [12]. Bioloogilise korrastamise käigus ala metsastatakse põhiliselt männi- ja kaseistikute istutamisega.

Kaevandatud alade metsastamine algas juba 1960. a. Kohtla kaevanduse 4.58 ha tasandatud karjäärialale männi-lehise istutuskultuuri rajamisega. 2009. a. lõpuks oli põlevkivi karjääriviisilisel kaevandamise maid metsastatud 109.65 km² [11].

Põlevkivikarjäärade tasandatud puistangutele rajatud metsakultuuridest moodustavad okaspuukultuurid 89.3% (mänd 85%, kuusk 2.8% ja lehis 1.5%), segapuistuid 1.6%. Lehtpuukultuure on 10.7% , nendest on puhtpuistud 90.6% ja segapuistuid 9.4% [11]. Hariliku männi ulatuslikku kasutamist on soodustanud tema suur kohanemisvõime ekstreemsete kasvutingimustega ja hea kasvama minek istutamisel, samuti istikute kättesaadavus.

Samas on suured hariliku männi monokultuuri massiivid tuleohtlikud ja võivad langeda putukarüüste ohvriks [11]. Männikultuurid ei sobi tasandatud puistangute metsastamiseks

kohtades, kus esineb vee-erosiooni, samuti külmakohrutuseohtlikel rasketel savi- ja turbapinnastel [13].

Rajatud männipuistud on metsamajanduslikult tulusad, kuid ei ole maastikuliselt ja bioloogiliselt mitmekesisuselt kõige rikkamad [11]. Puistute stabiilsuse huvides peaks lehtpuude osa soovituslikult suurenema 40-60%, mis vähendaks metsatulekahjude ohtu ja tõstaks haigus- ja kahjurirüüstekindlust [11; 13; 14]. Lehtpuud aitavad paremini puhastada kaevandusrajoonides süsihappegaasi ja tuhaosakestega saastatud õhku ning parandavad oma kõduga pinnase omadusi [13; 14].

Ulatuslikumalt soovitatakse kasvatada eeskätt arukaske. Kulud kasekultuuride rajamisele on väiksemad kui männikultuuridele, kaskede istutamisel kulub vähem istutusmaterjali, istutustööd tulevad odavamad ja ajasäästlikumad. Kasekultuurides pole vaja teha valgustus- ja puhastusraiet. Raie järgi tekib vajadus alles harvendusraieas (30 aasta vanuses), mil saadakse juba tarbematerjali [15].

Kivistel puistangumuldadel on lehtpuudest osutunud kõige sobivamateks sang- ja hübriidlepp (sanglepa ja halli lepa hübriid). Lepad on meie kliimas parimad mullateket soodustavad puuliigid [15; 16]. Lehtpuude eelisteks on nii suurem mullaviljakuse tõus kui ka produktiivsus ja suurem perspektiiv biokütusena. Lehtpuude raiering on lühem, mistõttu nende majandamine suurendab tööhõivet, olles nii seostatav ka regionaal- ja sotsiaalpoliitikaga [11]. Ka pole lepad puhul vaja teha valgustus- ja puhastusraiet, sest katsekultuuride andemetel on need (kuni 30 aastani) mändidest kiirekasvulisemad, lehistega enam-vähem võrdsed, jäädes alla vaid arukaskede kasvule [15]. Seni on ulatuslikumat lehtpuude kasutamist endiste karjäärade metsastamisel takistanud vastava istutusmaterjali puudumine [16].

Karjäärialade taastamine **põllumaaks** on äärmiselt kulukas. Pärast puistangute esmast tasandamist tuleb neil lasta vähemalt kolme aasta jooksul vajuda, misjärel toimub puistangute lõplik tasandamine ja lubatud on vaid ühesuunalised kalded kuni 2 kraadi, alale ei tohi jääda sulglohke. Lõplikult tasandatud ala kaetakse 0.5-0.6 meetri paksuselt varem ladustatud mullaga [11].

1976. a. katsetati Aidu karjääris tasandatud puistangutel esimesena põllumajanduslikku rekultiveerimist. Nende töödega jätkati 1995. a., mil rajati viimane põld. Kokku teostati tehnilist põllumajanduslikku rekultiveerimist 148 ha ulatuses ning kogu see ala on sihtotstarbelises kasutuses. 2012. a. juuliks oli põllumaaks korrastatud 169 ha. Rekultiveeritud põllu boniteeti, kui kõik tehnilise rekultiveerimise nõuded on täpselt täidetud, võib pärast rekultiveerimise bioloogilise etapi läbimist hinnata 65 hindepunktiga [11].

Muud korrastamised. Kuna põlevkivi kaevandamine on harilikult aastakümnete pikkune protsess ja karjäärade metsastamisega alustatakse kohe peale kaevandatud karjääriala tehnilist korrastamist, viiakse karjäärialal kavandatud muud plaanid ellu juba enamasti metsamaaks korrastatud alal. Lähtutakse konkreetse projekti vajadustest ning maa sihtotstarbe muutmine toimub kavandatud projekti planeeringuprotsessis. Vajadus põlevkivikarjääri korrastamiseks riigikaitsemaaks, tootmismaaks, ärimaaks, ühiskondlike ehitiste maaks, veekogude maaks jne pole kaevandamise ajal enamasti teada; Aidu karjääri näitel täpsustub see alles töö lõpuaastail.

2.2.1 Karjäärialade looduslik taastumine

Enne Teist maailmasõda tegutsenud vanades karjäärides on taimkate taastunud looduslikult. Tänapäeval kasutatakse looduslikku taimestumist enim karjääri puistangute nõlvadel, mida ei ole ohtlikkuse tõttu võimalik inimtegevuslikult metsastada [21].

Taimestiku areng sõltub peamiselt karjääri ümbritsevatest kooslustest ja karjääri suurusest [10]. Esimestena ilmuvad tasandatud puistangutele umbrohu- ja prahitaimed, nende katteväärtus on väike ning orgaanilist ainet koguneb maapinnale väga vähe [15]. Seetõttu on mullateke spontaanselt arenenud puistu all mõneti aeglasem kui istutatud metsaga puistangutel. Puittaimedest on looduslikul uuenemisel kõige edukamad mitmed pajuliigid ning arukask; viimane kujunebki puurindes domineerivaks liigiks [17].

Vanimad looduslikule taimestumisele jäänud põlevkivi karjääriviisilisel kaevandamisel tekkinud puistangud asuvad tõenäoliselt Viivikonna karjääris, raudtee ääres Viivikonna asula lähedal. Seal võis looduslik taimestumine alata 1938.-1940. aastal. Üheks suuremaks looduslikule taimestumisele jäänud alaks on Küttejõu karjäär, kus tasandamata puistangule on kasvanud mitmekesise puurindega segamets, mille vanus varieerub 25 aastast 70 aastani. Suur vanusevahe tuleneb sellest, et kohati on esimene metsapõlvkond pinnasepõlengute käigus hävinud ja selle asemele on hiljem sirgunud uus.

Looduslik uuenemine toob karjäärialadel kaasa mitmekesisema elustiku kui see on männiistandikes. Tasandamata puistangute niiskusrežiim on varieeruv, seetõttu on looduslikult kujunenud puurinne nii ruumiliselt kui ka liigiliselt ebaühtlane ning niisugused alad sobivad kasvuks märksa suuremale arvule taimeliikidele kui monokultuursed männikud [18, 20]. Seega võib spontaanselt taastunud taimkate anda bioloogilisest seisukohast parema tulemuse, kuid see ei ole see kindlasti rakendatav põlevkivikarjäärade korrastamise põhilahendusena. 1962.-1964. a. jäeti Sirgala karjääris umbes 150-200 ha puistangutega ala tasandamata, et oleks võimalik jälgida looduslikku taimestumist. Kui selliseks maastikuks oleks jäetud kõik senini tasandatud ja metsastatud alad, siis oleks sinna kujunenud kasutamiskõlbmatu džungel [11]. Maastikulist väärtust/mitmekesisust suurendaksid segapuistud ja ribalahendused, st vahelduvad ökotoobid, mis servaepektist tulenevalt toetavad nii bioloogilise kui maastikulise mitmekesisuse suurenemist [11, 20].

Loodusliku taimestumise sobivust tuleb hinnata ka majanduslikust aspektist. Kui soovitakse näiteks kasvatada võimalikult kiiresti kõrge boniteediga metsa, on inimtegevus nii istutamise kui ka sobiva kasvupinnase loomiseks ilmselt vajalik. Kindlasti pole taimkatte isetaastumisega mõistlik arvestada, kui eesmärk on kaevandatud maa korrastada tulundusmetsaks, mis on seni olnud riigimaade korrastamisel peamiseks viisiks. Kui aga maa tootlikkuse tõstmine või korrastamise tulemuste väga kiire saavutamine pole tingimata eesmärk, on mõistlik kaaluda taimestiku looduslikule taastumisele jätmist. Arvestada tuleb ka järelhoolduse vajadusega, näiteks sihtliikide elupaikade planeerimisel.

Mil määral taimestiku arengut on vaja suunata või toetada, sõltub konkreetsele ala korrastamise eesmärkidest ja keskkonnatingimustest. Kui sobivate tingimuste säilitamine nõuab regulaarselt järelhooldust, tuleb selle korraldusele ja finantseerimisele mõelda juba korrastamissuunda planeerides ning asjaomastelt asutustelt ja isikutelt arvamust küsides. Kui eesmärgiks on majandusmets, võib olla vajalik mittesobivate liikide (pajude (*Salix sp.*, halli lepa *Alnus incana*) ja teiste niinimetatud väheväärtuslike lehtpuude) väljaraie, et vähendada kasvukonkurentsi kasvatatavatele puudele; kui korrastamise eesmärgiks on looduslik mitmekesine metsakooslus, ei ole väljaraie vajalik.

Rohttaimede suurim liigirikkus endistel kaevandusaladel on tuvastatud just spontaanselt taastunud taimestikuga segapuistutes, mis kinnitab seda, et karjäärialade kultiveerimine erinevate puuliikidega, k.a. lehtpuud, on seal suurema liigirikkuse kujunemise eelduseks [19].

Põlevkivikarjääride tasandamata puistangutel looduslikult taastunud metsade väärtus majandusliku tuluallikana on väiksem kui tavalistes metsakoostes, sest raie tingimused on raskemad ja saadava puidu kvaliteet on ebaühtlane.

2.3 Põlevkivikarjääride korrastamise kaasaegsed seisukohad

Maastik. Põlevkivi kaevandamine on Ida-Virumaal kestnud üle 90 aasta ja kaevandatud alade korrastamine ligi 50 aastat, kuid seni pole seejuures piisavalt arvestatud maastikku kui tervikut.

Kaevandus- ja tööstusmaastike puhul on oluline alles hoida maastikukuvandis domineerivad elemendid, säilitada need maastiku elemendid, mis kõige ehedamalt kannavad endas piirkonna tööstusajalugu, sh kaevandamise erinevaid meetodeid ja tööetappe näitlikustavad alad/objektid. Aherainemäed ja karjäärid sobiksid eelkõige suuremate rekreatsioonialade, parkide, matkaradade, teemaparkide rajamiseks ning seiklusturismi arendamiseks [11].

Maastike heterogeensus, milles kooslused ja nende võrgustikud toetavad bioloogilist mitmekesisust, suurendavad liigirikkust ja liikide elujõudu.

Veekogud ja märgalad. Karjäärimaastike kujundamisel on soovitatav iga 2-3 ruutkilomeetri kohta rajada veekogu. Veekogu kujundamisel tuleb lähtuvalt ala järelkasutuse kontseptsioonist lahendada veekogu olemus: loodusliku või tehisliku ilmega maastik, avalikult kasutatavad veekogud või mitteavalikud veekogud.

Kaevandamise tehnoloogiast tulenevalt on suuremad veekogud (veega täitunud väljaveotransšeed) pikad ning kitsad, kõrgete püstloodsete kallastega. Seetõttu on sageli probleemiks nende juurde pääsemine. Kaldanõlvad on taimestunud enamasti looduslikult, sest metsastada ei ole neid ohtlikkuse tõttu alati võimalik [21].

Veetaimestiku kujunemist pärsivad astangud, püstised ja järsud nõlvad ning sügav vesi [10]. Enamik mageveeliike saavad asustada veekogu madalveelisi osi, mille nõlvnurk on ligikaudu 1:10.

Veepinna kõikumisest lähtuvalt on võimalik luua erineva niiskusréžiimiga elupaiksid, mis tagaksid nii taime- kui ka loomaliikide suurema mitmekesisuse. Ajutiste veekogudega märgadel aladel kujunevad taimestiku ja ka muu elustiku kooslused oluliselt kiiremini kui kuivades kohtades.

Metsastamine ja isetaastumine. Seadusandlus nõuab maade taaskasutatavaks muutmist kaevandusloas määratud sihtotstarbel. Arvestades põlevkivikarjääride ümbruskonna maa-alade iseloomu, on eelistatud metsastamist, eesmärgiga saada tulundusmetsi.

Nii on kujunenud olukord, kus endiste taimekoosluste (niisked segametsad, palumetsad, soometsad ja rabad) asemele on kaevandamisjärgselt eelkõige metsamajanduslikest kaalutlustest lähtuvalt rajatud ulatuslikke männi- ja kaseistandusi. Arvestamata on jäetud muud tänapäeva keskkonnakaitses olulised küsimused, eelkõige elupaikade mitmekesisus ja bioloogiline mitmekesisus, mille kaitsmise kohustuse on Eesti endale võtnud allkirjastades bioloogilise mitmekesisuse säilitamise Rio de Janeiro konventsiooni [20].

Liikide arvu suurendamine ei peaks ole maa-ala korrastamisel eesmärk iseeneses. Mõistlik on aga eristada, millised liigid on eelistatud ja milliste tulek taunitud. Oskuslik ja piirkonna maastikule iseloomulikke kooslusetüüpe ja eluslooduse mitmekesisust arvestav bioloogiline korrastamine võib oluliselt panustada ka looduskaitsete eesmärkide saavutamisse.

Isetaastuvaid maastikke võiks planeerida vaalpuistangute liitekohtadesse ja puistanguplatoodel kujunevate väikeste karjäärijärvede kaldaile. Veekogude kallaste ilmestamiseks ning reljeefi vormide rõhutamiseks on sobiv kasutada lehtpuu- ja pöösaliike [13]. Looduslikule taimestumisele jätta alad, mis karjääride sulgemisel ja veepumpamise lakkamisel võivad soostuda või kujuneda märgaladeks [11].

Asjatundlikult ellu viidud bioloogiline korrastamine aitab vähendada valdavat arusaama, et kaevandamine mõjub elustikule ainult negatiivselt. Korrastatud karjäärides on võimalik tutvustada nii tööstuspärandit kui ka eluta ning elusloodust ja selle taastamise erinevaid võimalusi¹, maavarade kasutamist ning kasutamise ajalugu laiemale avalikkusele ja korraldada õppetööd [8]. Sellised alad aitavad kaasa õpilastes riikliku õppekava kohaste pädevuste kujundamisel, näiteks tajuda ja väärtustada oma seotust teiste inimeste, ühiskonna, looduse, oma maa kultuuripärandiga, väärtustada kultuurilist ja looduslikku mitmekesisust, analüüsida oma käitumist erinevates olukordades, käituda ohutult ja järgida tervislikke eluviise, mõista loodusteaduste ja tehnoloogia tähtsust ning kaasnevaid piiranguid, korraldada ühistegevusi ja neist osa võtta [8].

3 LIFE IP CleanEST tegevuste C.8 pilootalad

3.1 Narva karjääri tranšee 13

Pilootala pindalaga ca 4.4 km² asub Mustanina ja Auvere külas Vaivara vallas (praegu Narva-Jõesuu linn) Ida-Viru maakonnas. Kaevandamine toimus ajavahemikul 1992. a kuni 2015. a. Varem oli sellel alal mets ja üksikute talukohtade võsastunud heinamaad. Ala läbis põhjast lõunasse voolav Metsküla oja (VEE1064700), mis karjääri rajamisel paigutati väljaspool mäeeraldist uude sāngi. Mets kujutas endast peamiselt lodusid, või kuulus angervaksa kasvukohatüüpi [22].

Täna maastiku tasandatud puistangute moodustamisel paigutati kõvad kivimid alla ja pehmed setted nende peale, tagades nii puistangute püsivuse ja luues head eeldused hilisemaks korrastamiseks. Korrastustööde käigus tasandatud väljaveotranšeede nõlvanurk on kuni nõlva pinnalt kuni veepiirini (25.5 m abs) 30°, sama nõlv jätkub ka kaldajoonest 2 m kaugusel vee all. Bioloogilise korrastamise käigus metsastati ala männi- ja kaseistikute istutamisega. Bioloogiliselt on korrastatud 3.8 km² ja hariliku männi kultuurid hõlmavad metsastatud kogupinnast 60-70%, arukase kultuurid 30-40%.

¹ Sh kaevandamise ja korrastamise erinevaid meetodeid ja tööetappe näitlikustavad alad/objektid



Foto 1 Tranšee nr 13 viimane kaevandatud kaevesamm idaosas pärast korrastamistööd (Melnik, jt., 2016).

Mõnes kohas on tehtud intensiivne võsaraie. Sellega võiks piirduda mõnevõrra väiksemas ulatuses (laikude, ribadena), või see üldse ära jätta, mis metsanduse seisukohast poleks küll mõistlik, aga toetaks taimkatte üldist taastumist.

Kunagistes väljaveotranšeedes on moodustunud veekogu (nn „Rästikmetsa järv“) ja karjääripuistangu alale on tekkinud uued väikesed märgalad ja väikeveekogud. Rästikmetsa järve pindala on 48.6 ha, sügavus 2-10 m, pikkus hinnanguliselt 10 km, veetase on planeeritud absoluutkõrgusele 25.5 m, keskmine vooluhulk väljavoolus on hüdrogeoloogilise prognoosi järgi 46 l/s, maksimumvooluhulk 300 l/s. Narva karjääri tranšee 13 veesüsteemi isevoolest väljalasust 2019. aastal võetud üksikproovide alusel võib analüüsitud näitajate osas veekogu keemilise seisundi lugeda heaks.

Osa tasandatud puistanguplatoodele istutatud metsanoorendikku on veetaseme tõusu tagajärjel jäänud üleujutatud või liigniiske pinnaga alale ja sinna kujunenud väikeveekogud (joonis 2) on ala looduslikkuse taastamise seisukohast väärtuslikud elupaigad. Maa-ameti kõrgusmodelite järgsed veekogud on esitatud lisas 2. Taoliste väikeveekogude on ümber ei ole vähemalt 100 m laiuselt soovitatav teha mistahes raiet, st need alad tuleks jätta looduslikule taastumisele.

Tranšee 13 idaotsa kohta Maa-ameti kõrgusmodelite ja LIDAR kõrguspunktide andmed puuduvad ja seetõttu on seal Rästikmetsa järve sügavused ja nõlvused veepinnalt vaja uuesti mõõta.

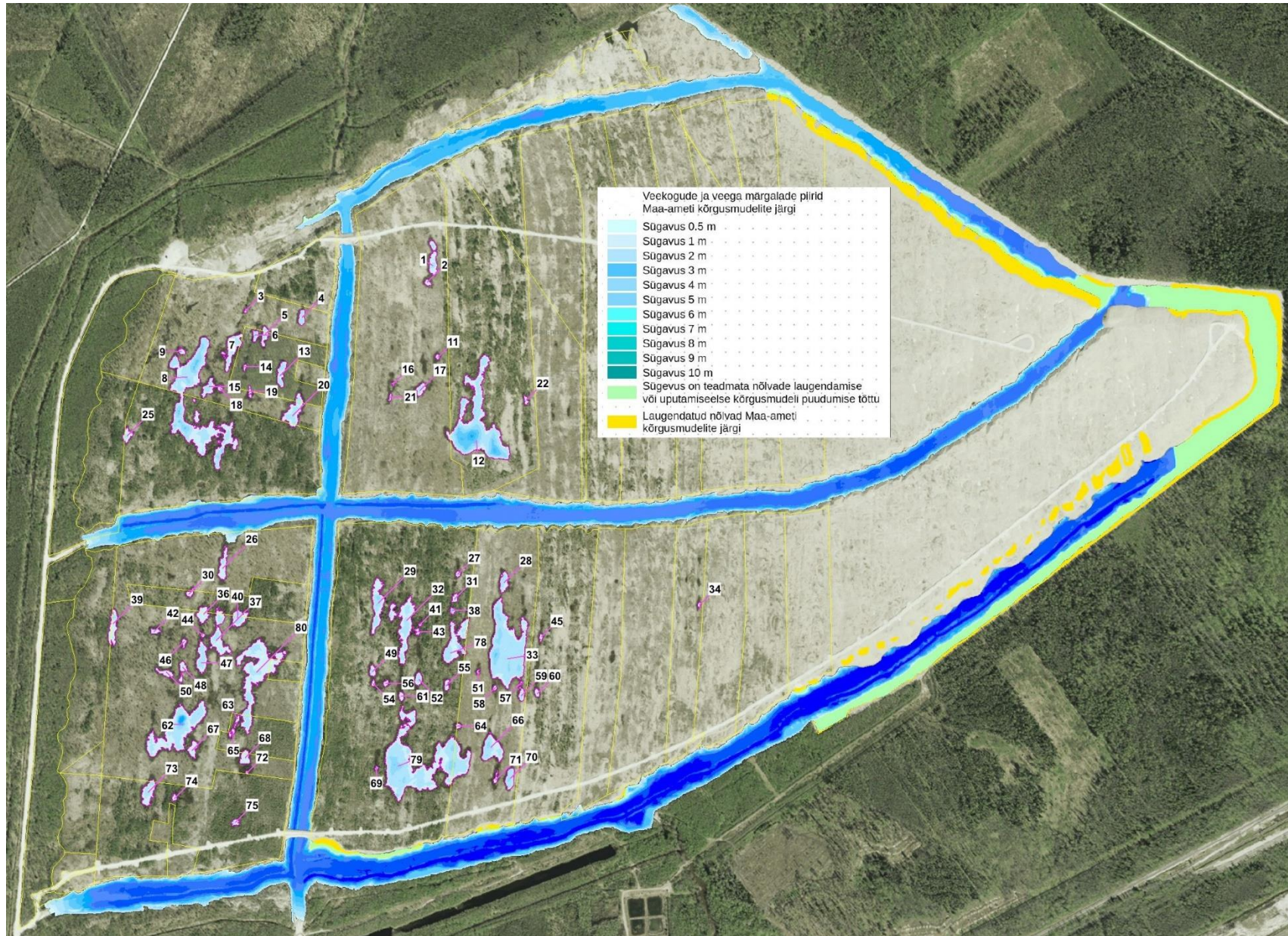
Kohati võiks kaaluda, kas puistanguplatoodel kujunenud väikeveekogu (joonisel 2 väikeveekogu nr 26 juures) oleks võimalik ühendada Rästikmetsa järvega. See võimaldaks madalamates veekogudes kaladel kudedada (sõltub, millised liigid tranšeedesse sisse tuuakse), samuti pakuks elupaiku paljudele lindudele, kahepaiksetele ja selgrootutele.



Foto 2 Tranšee 13 kirdeservas on veekogude kaldad muudetud laugeiks. See soodustab kallaste kiiremat taimestumist, selle toetamiseks võiks sinna istutada ka põõsaid või puid (foto J.Paal)



Foto 3 Väikeveekogude ümbrus tuleks jätta looduslikule taimestumisele (foto J.Paal).



Joonis 2 Väljaveotransseede veekogude süsteem ja tasandatud puistanguplatoodel tekkinud väikeveekogud Maa-ameti kõrgusmodelitest

3.1.1 LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Narva karjääri tranšee 13 pilootalal

1. Aastal 2020. Teostatakse maismaaelupaikade ja märgalade elupaikade inventuur, mille käigus kirjeldatakse iga elupaiga tüüpi, seisundit ja perspektiivi. Esitatakse ettepanekud elupaikade (metsade, märgalade jt) looduslähedasemaks ning ökoloogiliselt mitmekesisemaks muutmise/majandamise kohta.
2. Aastal 2020. Viiakse läbi väljaveotranšees kujunenud Rästikmetsa järve lähteolukorra ja elupaikade uuringud ökoloogilise seisundi hindamise kriteeriumide alusel² ja tehakse tekkinud tehisveekogu seisundi hindamine. Esitatakse Rästikmetsa järve tehisveekogu veekogumina arvele võtmise põhjendatud ettepanek ja hea potentsiaali tagamiseks kavandatavate tegevuste ettepanekud, sh kalade asustamise plaan (kui see osutub vajalikuks).
3. Aastal 2020. Tranšee 13 isevoolses väljalasus mõõdetakse vee vooluhulki ja analüüsitakse vee keemilist koostist (vaata Lisa 1); praeguseks on tehtud kolm mõõtmist ja neid jätkatakse 2020. aasta esimesel poolaastal hüdroloogilise aasta seireandmete saamiseks.
4. Põlevkivi kaevandamise tulemusena Viru alamvesikonnas tekkinud oluliste tehisveekogude inventuuri lõpptähtaeg on 31.12.2020 (kasutatakse ka eeltoodud punktide 1, 2 ja 3 uuringuid).
5. Valmib hinnang väljalasu mõju eesvooluks oleva pinnaveekogumi seisundile. Tehakse Rästikmetsa järve ja Metsküla oja vahelise 125 m pikkuse tehisvooluveekogu keskkonnaregistris arvele võtmise ettepanek (lõpptähtaeg 30.06.2021).
6. Kui peetakse vajalikuks kalade asustamine Rästikmetsa järve, alustatakse sellega 31.06.2021.
7. Tranšee 13 pilootala uuringute tulemusi ja saadud kogemusi kasutatakse kaevandatud alade ja veekogude elupaikadeks taastamise juhendmaterjali koostamiseks (lõpptähtajaga 2028. a.).

² vee füüsikalise-keemilise põhinäitajad, olulisemad vee-elustiku rühmad: fütoplankton (chl a, füpla põhilised rühmad ja nende arvukus), bentilised ränivetikad, suurtaimestik, suurselgrootud ja kalad, veega seotud elustikurühmadest kahepaiksed

3.2 Aidu karjääri kirdenurk

Aidu karjääri kogupindala on ca 34 km²; pilootala pindala on 4.6 km² asub Ida-Viru maakonnas Lüganuse vallas Aidu külas. Aidu karjäär töötas 1974.-2012. a.

Aidu karjääri alla jäänud aladest suurema osa moodustasid sood ja metsad [23]. Kaevandamisseelse metsakorralduse andmetel oli karjäärialal 136898 tihumeetrit puitu, millest raieküpse metsa osakaal oli 12 % [28]. Põllumaid jäi karjääri alla umbes 700 ha. Nende keskmine boniteet oli 52 hindepunkti, ulatudes kohati 61 hindepunktini ning see oli Põhja-Eesti parim põllumassiiv [11].

Bioloogilised korrastamised. Aastatel 1960-2014 on Aidu karjääri metsa istutatud ca 2500 hektaril (üle 4 miljoni puu [24]. 83% ulatuses istutati mände ja 13.8% ulatuses kasekultuure. Muude puuliikide osatähtsus on väike. Mägimändi (*Pinus mugo*) on istutatud väljaveoteede nõlvadele. Mõnel metsaeraldisel on algselt rajatud männipuistu asendunud looduslikult kaasikuga [11]. Praeguseks on Aidu metsastatud aladel piirkondi, kus elab rohkesti suurulukeid (karu, põder, metssiga, metskits jt).

1976. a. katsetati Aidu karjääris tasandatud puistangutel põllumajanduslikku rekultiveerimist. Nende töödega jätkati 1995. a., mil rajati viimane põld; kokku teostati tehnilist põllumajanduslikku rekultiveerimist 148 ha ulatuses ning kogu see ala on täna sihtotstarbelises kasutuses. Rekultiveeritud põllu boniteeti, kui kõik tehnilise rekultiveerimise nõuded on täpselt täidetud, võib pärast rekultiveerimise bioloogilise etapi läbimist hinnata 65 hindepunktiga [11]. Juuliks 2012. oli Aidus põllumaaks korrastatud 169 ha.

Aidu karjääri korrastamise põhisuunad olid metsastamine koos vee- ja puhkemajanduslike võimaluste loomisega. Pärast karjääri sulgemist hakkasid väljaveotranšeed veega täituma. Korrastustööde käigus valmis Aidu karjääri edelanurgas 2013. a. augustis kavandatud spordikeskuse jaoks 2.3 km pikkune, 162 m laiune ning ca 3.5 meetri sügavune sõudekanal. Sõudekanali veekogude süsteem, pindala on üle 200 ha, pikkus harudega ligikaudu 30 km. Aidu karjääri sulgemise järel on sellesse piirkonda tekkinud uus veemaastik, nn „Aidu fjordid“. Veekogude tasemeks planeeriti abs. kõrgus 42 m. Sel juhul saab 445 m pikkuse kraaviga isevoolu teel vett ära juhtida Ojamaa jõkke (prognoosi järgi aastas keskmiselt 27 mln m³ ehk 850 l/s) [27].

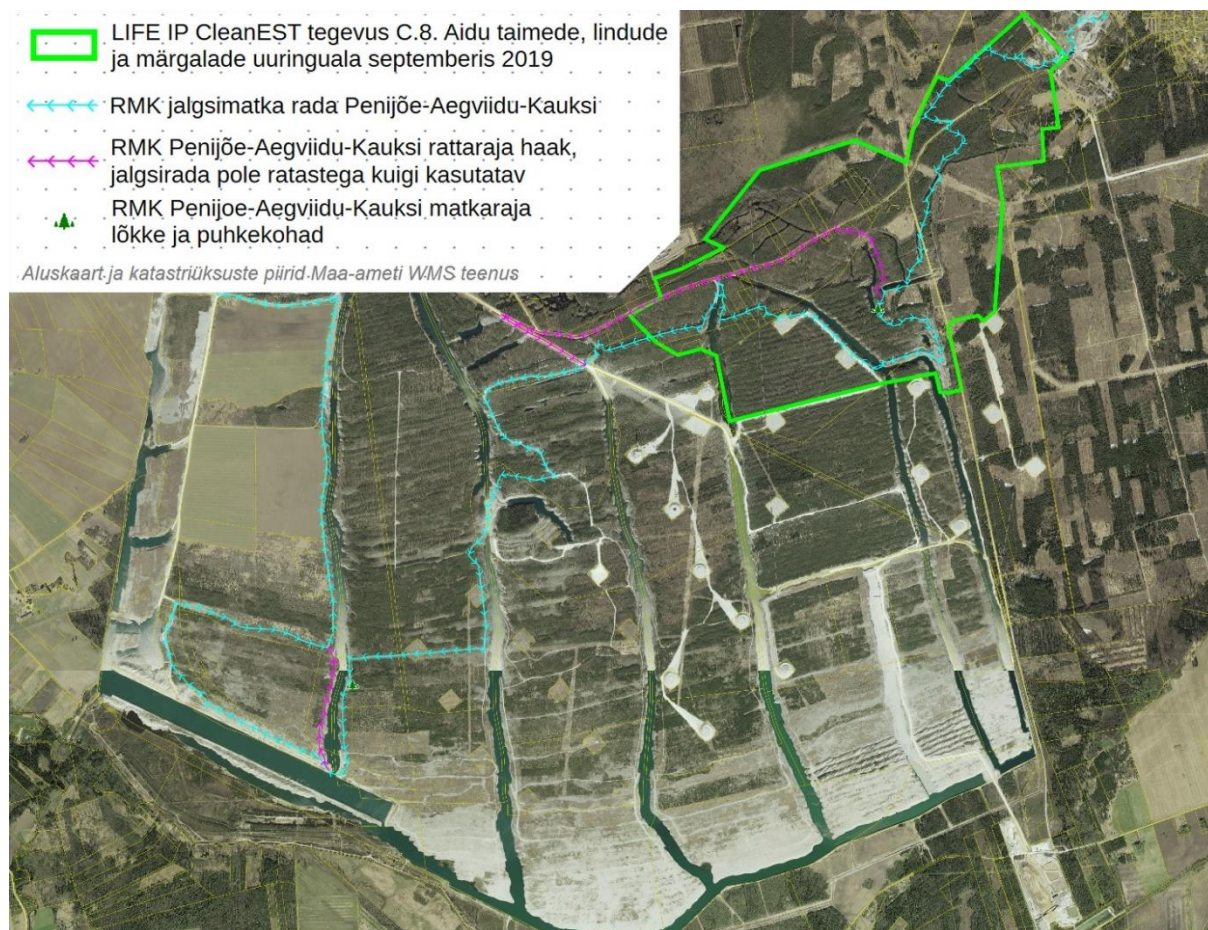
Lisaks karjääri edelanurka kavandatud veespordikeskusele on endise põlevkivikarjääri alale kavandatud tuulepark, Kaitseliidu lasketiir, aheraine taaskasutusala ja erinevad puhkevõimalused (peamiselt loodava veespordikeskuse ümber).

Aidu karjääris juba püstitatud ja ehitamisel olevate tuulikute juurde on rajatud kuni 40 m laiused ja kuni 10 m kõrgused teetammiga teed. Need kulgevad läbi alale istutatud paarikümneaastase metsa, seda kohati enda alla mattes ja valgudes väljaveotranšeedes kujunenud veekogudesse, olles näiteks hoolimatust suhtumisest karjääriala varasematesse korrastustöödesse.



Foto 4 Tuulikute juurde viivad teed kõrguvad üle varem sinna istutatud metsa (fotod J.Paal).

Õppe- ja matkarajad. Kohtla-Nõmme kaevandusmuuseumi juurest algab RMK matkaradade võrgustik, mis läbib puistangutele rajatud erineva vanuse ja koosseisuga metsakultuure ja maastikuelemente (joonis 3). Endise Kohtla karjääri alale jääb ka valgustatud suusarada ja mitmeid ATV ning mägirattaga sõitmiseks mõeldud radu Kaevandusmuuseumi poolt pakutavaks seiklusturismiks (seiklusturismi pakutakse ka Aidu karjääri alal).



Joonis 3 RMK matkateed Aidu karjääris.

Tehisveekogud. Aidu peamine veekogude süsteem on isevoolse väljavoolu (445 m pikkune kraav karjääri edelaosas, väljavoolu seirepunkt on näidatud joonisel 4) kaudu ühendatud Ojamaa jõkke, mis suubub Purtse jõkke selle keskjooksul.

Aidu karjääri alal 2019. aastal ETAKis olevate veekogude Maa-ameti kõrgusmodelite järgsed veekogude esialgsed näitajad on esitatud lisis 3.



Foto 5 RMK Penijõe-Aegviidu-Kauksi/Roela-Mummassaare (158 km) matkateel olevad purre Kohtla karjääris, parv Aidu väljaveotranšee veekogu ületamiseks ja Aidu-Nõmme lõkkekoht Aidu karjääris (fotod J.Paal).

Aidu karjääri lõunaosas puuduvad sobivad LIDAR kõrguspunktide andmed ja seetõttu on veekogude näitajad seal sageli puudulikud.

2012 aastal oli väiksema punktihedusega metsanduslik LIDAR lend ja 2013 aasta LIDAR lennu ajaks oli veetase lõunapoolsetes tranšeedes juba absoluutkõrgustel 36-37 m. See andis tänapäevasest Maa-ameti kõrgusmudelist lahutamisel väljaveotranšeede veekogudes tegelikkusest oluliselt väiksemad sügavused.

2012 aasta metsandusliku LIDAR lennu ajal oli sõudekanali ehitus pooleli ja seetõttu pole Aidu lõunaosas sõudekanaliga ühendatud veekogude süsteemi kohta asjakohaseid veekogude sügavuse ja nõlvuse andmeid ning olemasolevaid kõrgusmudelitest saadud andmeid on vaja uuesti mõõta veepinnalt.

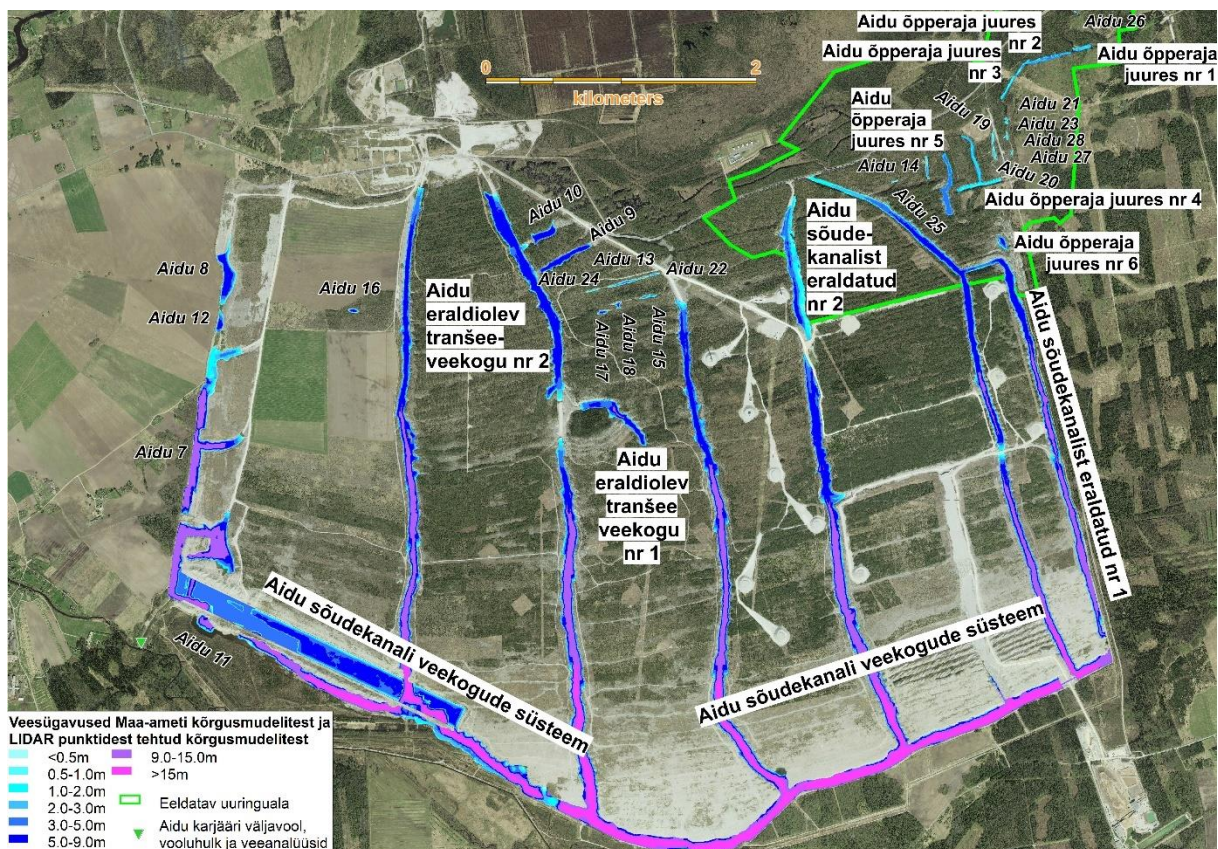
Veekogu sügavused ja laugema, madalama (kuni 2 m sügavuse) taimestiku arenemiseks soodsama ala olemasolu ja ulatus äärmiselt olulised väljaveotranšeedes moodustunud tehisveekogude arengu prognoosimisel.

Vaja võib olla kindlaks teha, millised on nt vee pH, temperatuuri ja hapnikuolud (võimalik, et ka teised näitajad, nt sulfaadid, sulfiidid jms) erinevatel sügavustel kogu

aasta vältel, iseäranis südasuvel ja hilistalvel.

Aidu veesüsteemi isevoolsest väljalasust võetud üksikproovides alusel võib veekogu keemilise seisundi heaks lugeda välja arvatud nikli sisaldus, mis ületab viies võetud veeproovis nikli aastakeskmist piirväärtust ($4 \mu\text{g/l}$) maismaa pinnaveekogudele. Niklis sisalduse järgi oleks Aidu sõudekanali veekogude süsteemi veekogude seisund halb.

Eelarve piiratuse ja suure veekogude arvu tõttu pole võimalik kõiki joonisel 4 esitatud ETAKis olevaid veekogusid 2020 aastal hüdrobioloogiliselt uurida. Nõutavate uuringute vajadus ja maht saab selgeks 2020 aasta suveks, peale läbiviidud välitöid.



Joonis 4 Aidu sõudekanali veekogude süsteem ja eraldiseisvad veekogud (ETAK 2019)

Tuulepark. Aidu karjääri territooriumile kerkib mitmekümnest tuulikust koosnev tuulepark. Hetkel toimub tuulikute aluste rajamine, materjalide transpordiks on ehitatud suuri teid ja kohati on selleks täidetud juba tekkinud karjääriveekogu osi.

Ehitustegevusega kaasnevad tavaliselt erinevad häiringuid – müra, vibratsioon, vee-elustikule on eriti oluline setete intensiivne lisandumine vette. Aidu ala ülevaatusel 23.09.2019 oli nähtav väljaveotranšee põhjapoolses teeäärises osas oleva veekogu värvusemuutus (vaata ka Foto 6). Vee värvuse muutuse võisid põhjustada ka veekogusse ja selle kaldale kandunud materjalist eraldunud setted.

Kuna ehitustegevus võib kesta kaua ja setete eraldumine jätkub ka pärast ehitustööde lõppu, on oluline sellega kaasnevate negatiivsete mõjude vältimine. Kohati on näha tuulikute aluse killustikpatja tekkinud praod. Oluline on tagada, et need tööde jätkumise korral ei tekitaks karjääriala võimalikele kasutajatele ohtlikku keskkonda.

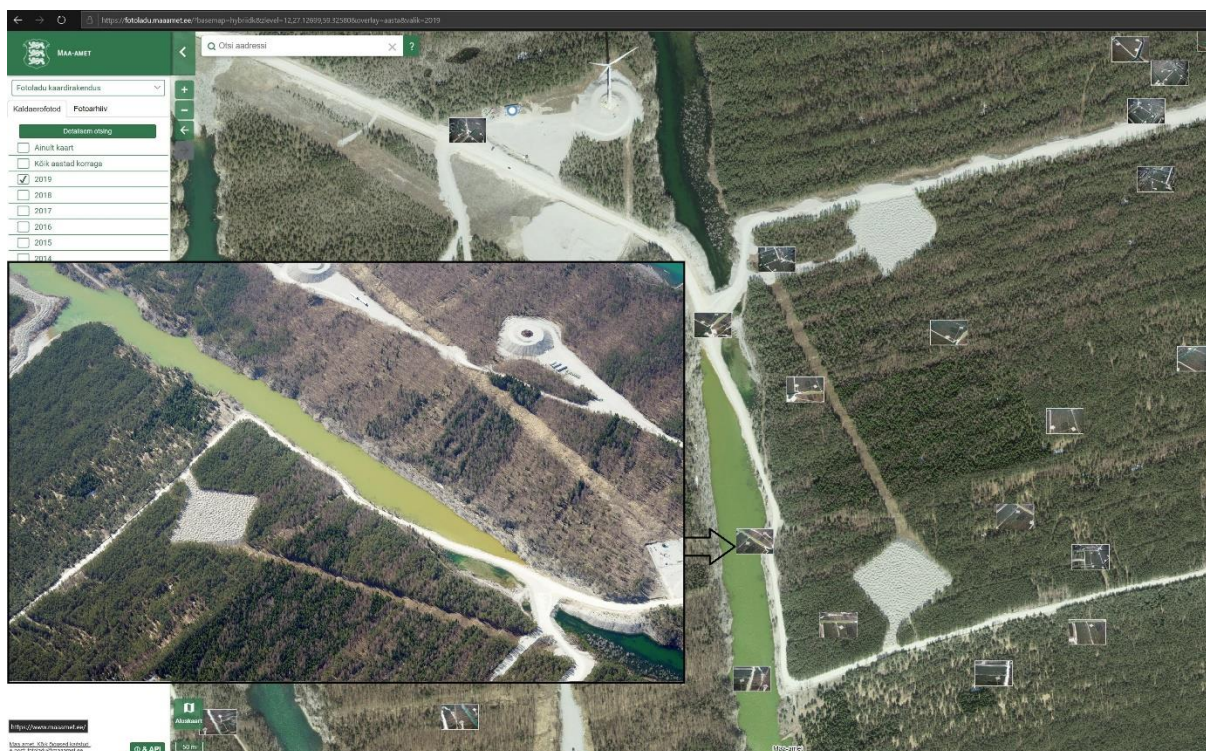


Foto 6 Ka kaldaerofotodel Maa-ameti fotolaos 2019 aasta kevadisest lennust (20.04.2019) on jälgitav Aidu väljaveotranšee põhjapoolses teeäärses osas oleva veekogu värvusemuutus

3.2.1 LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Aidu karjääri kirdenurga pilootalal

1. Aastal 2020. Teostatakse maismaaelupaikade ja märgalade elupaikade inventuur, mille käigus kirjeldatakse iga elupaiga tüüpi, seisundit ja perspektiivi. Esitatakse ettepanekud elupaikade (metsade, märgalade jt) looduslähedasemaks ning ökoloogiliselt mitmekesisemaks muutmise/majandamise kohta. Lisaks ETAK veekogudele piiritletakse kõrgusmodelite abil alal tekkinud märgalad.
2. Aastal 2020. Viiakse läbi väljaveotranšees ja kaevandamise lõpuees ning Aidu sõudekanali veekogude süsteemis lähteolukorra ja elupaikade uuringud ökoloogilise seisundi hindamise kriteeriumide alusel³ ja tehakse tekkinud tehisveekogu seisundi hindamine. Esitatakse Aidu sõudekanali veekogude süsteemi veekogumina keskkonnaregistris arvele võtmise põhjendatud ettepanek ja ettepanekud selle hea potentsiaali tagamiseks kavandatavatele tegevustele, sh kalade asustamise plaan (kui see osutub vajalikuks).
3. Aastal 2020. Esitatakse ettepanekud olemasolevate matkateede/seiklusradade ning kavandatud õpperadade võimalikuks ühendamiseks, nende ümbruse elupaikade mitmekesisuse suurendamiseks ning õpperadade korrastus- ja arendustöödeks. Esitatakse soovitused matkateede/seiklusradade ja kavandatud õpperadade inforikkuse tõstmiseks, õpperadade korrastamiseks/täiendamiseks ja vajaduse korral ka asukoha muutmiseks. Aidu väärtuslikemate väikeveekogude osas esitatakse ettepanekud nende kajastamiseks kavandatava õpperaja planeerimisel ja õpperaja juurde kuuluva selgitava teksti täiendamiseks. Eesmärk on võrdlevalt demonstreerida eri viisil korrastatud

³ vee füüsikalise-keemilise põhinäitajad, olulisemad vee-elustiku rühmad: fütoplankton (chl a, füpla põhilised rühmad ja nende arvukus), bentilised ränivetikad, suurtaimestik, suurselgrootud ja kalad, veega seotud elustikurühmadest kahepaiksed

karjäärialasid, esitleda veekogude kalda- ja märgalade elupaikade kujunemist soodustavaid töid.

4. Aastal 2020. Aidu karjääri isevoolses väljalasus mõõdetakse vee vooluhulki ja analüüsitakse vee keemilist koostist (vaata Lisa 1); praeguseks on tehtud viis mõõtmist ja neid jätkatakse 2020. aasta esimesel poolaastal hüdroloogilise aasta seireandmete saamiseks.
5. Põlevkivi kaevandamise tulemusena Viru alamvesikonnas tekkinud oluliste tehisveekogude inventuuri lõpptähtajaks on 31.12.2020 (kasutatakse ka eeltoodud punktide 1, 2 ja 4 uuringuid).
6. Lõpptähtajaga 30.06.2021 koostatakse hinnang väljalasu mõju kohta eesvooluks oleva pinnaveekogumi seisundile. Tehakse Aidu sõudekanali veekogude süsteemi ja Ojamaa jõe vahelise 445 m pikkuse tehisvooluveekogu arvele võtmise ettepanek.
7. Kui kalade asustamise plaani järgi on vajalik, alustatakse 31.06.2021 kalade asustamisega..
8. Aastal 2021 koostatakse Aidu karjääri kirdeosa õpperaja eskiisprojekt (sh infotahvlite tekst ja tutvustavad materjalid veebis). Aastatel 2021-2022 koostatakse õpperadade põhiprojekt. Tõenäoliselt võib osutuda vajalikuks muuta lihtsamaks/ohutumaks RMK Penijõe-Aegviidu-Kauksi/Roela-Mummassaare (158 km) matkateel Aidu karjääris üle väljaveotranšee parvele viivat juurdepääsu ja samuti juurdepääsu veekogule Aidu-Nõmme lõkkekohal. Analüüsitakse võimalust rajada Aidu-Nõmme lõkkekohale juurdepääs ka sõiduautodega puhkajatele (praegu võimalik vaid maasturitega). Ehitustööde hanget alustab Keskkonnaministeerium orienteeruvalt 31.10.2022. Aidu õpperadade ehitustööde lõpptähtaeg on 30.06.2026.
9. Aidu pilootala uuringute tulemusi ja saadud kogemusi kasutatakse kaevandatud alade ja veekogude elupaikadeks taastamise juhendmaterjali koostamiseks (lõpptähtajaga 2028⁴). Aidu karjääri kirdeosas on selleks ajaks rajatud õpperada ja läbi on viidud kaevandatud alade taastamisega seonduvate tegevuste, ringmajanduse ja looduskeskkonna kaevandamisjärgse taaskasutamise põhimõtete tutvustamine.

⁴ märgala kujundamine, veekogu ja nende võrgustiku kujundamine, matka- ja looduspuhkuse võimalused, metsamajandus, kaitsealuste liikide elupaikade kujundamine.

3.3 Sirgala-Viivikonna

Sirgala-Viivikonna pilootala (Sirgala II mäeeraldis + endise Viivikonna jaoskonna karjääriala + aastatel 1940–1955 allmaakaevandatud ala, kokku 27.4 km²) paikneb Toila valla ja Narva-Jõesuu linna territooriumil, vaid väike läänepoolne osa jääb Alutaguse valla maadele.

Sirgala-Viivikonna pilootala idapoolne osa ühes vana allmaakaevandusega on valdavalt juba korrastatud ala. Kaevandamine edelaosas lõpetatakse lähiaastatel.



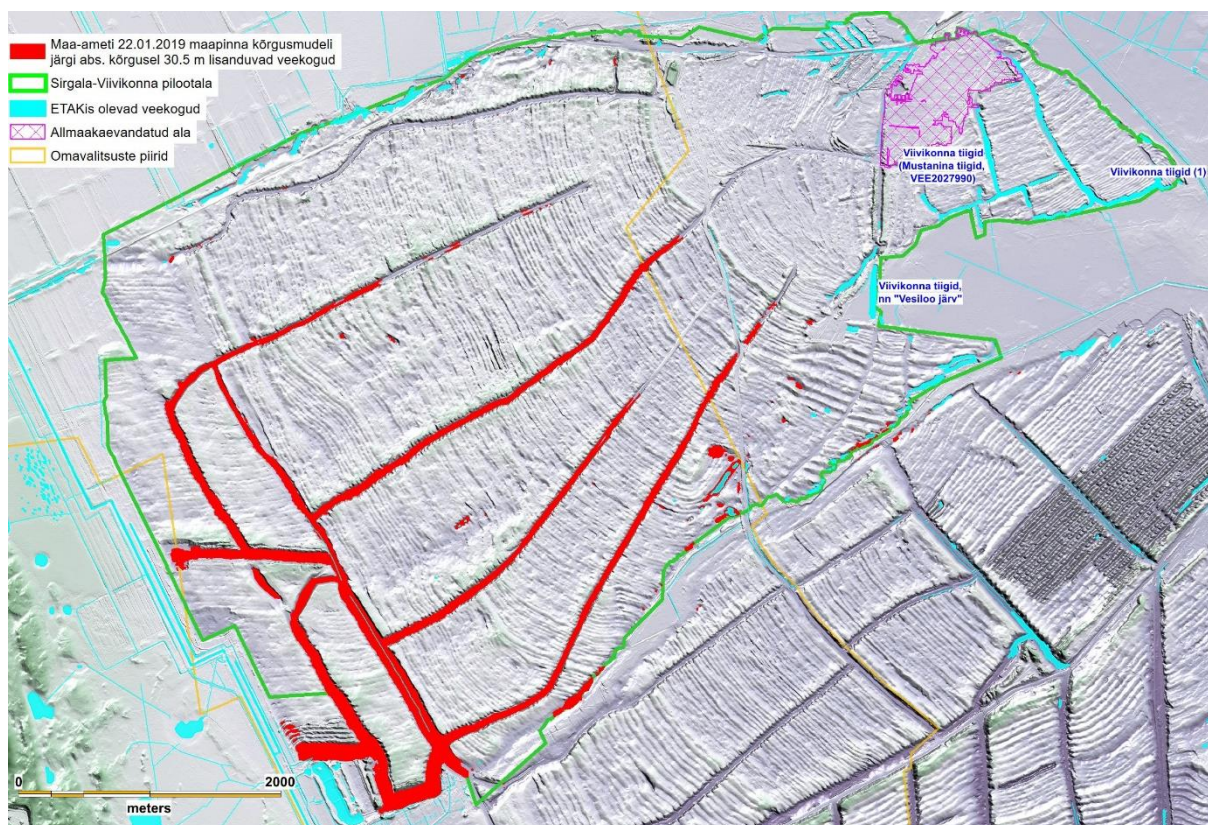
Joonis 5 Sirgala-Viivikonna pilootala ja sealsed ETAKis olevad veekogud

Sirgala-Viivikonna pilootalal kujuneb ootuspäraselt Aidu karjääriga suuruselt võrreldav tranšeeveekogude süsteem (joonis 6). Veetaseme tõus võib olla esialgu piiratud, sest lõuna pool jätkub Narva karjääris põlevkivi kaevandamine ja pilootala põhja- ning pinnaveetase võib jääda sõltuvaks sealsest kaevandustegevusest.

Kuna Sirgala II ja Viivikonna jaoskonna ala külgneb Kurtna maastikukaitse- ja Natura loodusalaga (Kurtna järved), on siin soovitatav maksimaalselt kõrge veetaseme hoidmine. Kõrgeim võimalik veetase (30-31 m) on vajalik eeskätt lähedal paiknevate looduskaitsealade veest sõltuvatele looduskaitseobjektidele ja elupaikadele soodsate tingimuste tagamiseks [29]. Põhja-veetase karjääri servast väljaspool ei tohiks tulevikus jääda kõrgemale kui 1-1.5 m maapinnast [29].

Sirgala-Viivikonna pilootalal on tähelepanuväärne seal juba tänaseks kujunenud väikeveekogude olemasolu (joonisel 5). Neist paljudes on Maa-ameti kõrgusmodelite järgi juba praegu veetaseme absoluutne kõrgus üle 31 m. See näitab väikeveekogude ja märgalade tekke võimalust johtuvalt pinnakatte veepidavusest või alale peale valguvast põhjaveest.

Tõenäoliselt võib pidada puistanguplatoodel olevate sulglohkude põhjade savistumist/kolma-teerumist aja jooksul⁵. Siis on puistanguala väikeveekogude veetasemed märgatavalt kõrge-mal kui ümbritsevatel tranšeeveekogudes. Kasulikuks võib osutuda Sirgala-Viivikonna pilootalal, ja ka teistel pilootalade väikeveekogudel, praegu ETAKis olemasolevate väikeveekogude veetasemete määramine täppis-GPS-iga.



Joonis 6 Veetaseme abs. kõrgusel 30.5 m lisanduvad veekogud Maa-ameti kõrgusmudelist
Sirgala-Viivikonna alal alal prognoositakse ja analüüsitakse eri variante kaevandamise lõppe-des kujunevatest märgaladest ja veekogudest erinevate veetasemete korral.

3.3.1 LIFE IP CleanEst C.8 raames kavandatud tegevused Sirgala-Viivikonna pilootalal

1. Aastal 2020 tutvutakse Sirgala-Viivikonna pilootalaga, et ette valmistada 2021.a. alga-vat bioloogidelt tellitavat tööd. Tähelepanu pööratakse eeskätt alal olevatele suure-matele väikeveekogudele (nn Viivikonna tiigid, vt. joonis 5 ja 6). Põlevkivi kaevanda-mise tulemusena Viru alamvesikonnas tekkinud oluliste tehisveekogude inventuuri lõpptähtaeg on 31.12.2020
2. 2021-2022. a. teostatakse välisekspertide abiga potentsiaalsete oluliste elupaikade uuringud (maismaaelupaigad, märgalad ja veekogud). Tööde maht täpsustub 2020. a. tehtavate tranšee 13 ja Aidu pilootala uurimisel saadavate kogemuste põhjal.

Esitatakse ettepanekud elupaikade (metsad, märgalad, väikeveekogud) loodusläheda-semaks ning ökoloogiliselt mitmekesisemaks muutmise/majandamise osas, nende loo-duslähedaseks kujunemise soodustamiseks, veekogude ühendamiseks ja sidusalade kujundamiseks (sh potentsiaalselt oluliste elupaikade kujundusraieks). Orienteeruv tähtaeg selleks on 30.06.2022.

⁵ Ka murenevad savikad lubjakivi ja merglikihid aja jooksul vettpidavamaks

Modelleeritakse ja analüüsitakse alal potentsiaalselt kujunevate väikeveekogude ja põhjavee tasemeid veekogude spontaanseks tekkeks (väikeveekogude veetasemed on ka kõrgemal kui veetase tulevastes tranšeeveekogudes). Koostatakse eskiislahendused alal moodustuvate olulisemate veekogude liigirikkamaks kujundamiseks, vajadusel antakse soovitusel vee ärajuhtimiseks. Esitatakse ettepanekud alal kujunevate veekogude hea potentsiaali tagamiseks kavandatavate tegevuste jaoks.

3. Sirgala-Viivikonna pilootala uuringute tulemuste, saadud kogemuste ja koostatud eskiislahendustega osaletakse kaevandatud alade ja veekogude elupaikadeks taastamise juhendmaterjali koostamisel lõpptähtajaga 2028⁶.

⁶ määrgala kujundamine, veekogu ja nende võrgustiku kujundamine, matka- ja looduspuhkuse võimalused, metsamajandus, kaitsealuste liikide elupaikade kujundamine.

4 Kokkuvõte, soovitused, ettepanekud

Käesolev projekt on unikaalne võimalus vaadelda ja luua täiendavaid võimalusi looduslähedase maastiku ja elurikkuse taastamiseks. Vanad olemasolevad karjääriveekogud on oluliselt väiksemad kui Aidu ning Narva karjääris tekkinud seni uurimata veekogud. Tulevikus tekib Narva karjääri alal niisuguseid karjääriveekogusid veel mitu korda rohkem

Kaevandamise tehnoloogiast tulenevalt on suuremad põlevkivikarjääride veekogud (veega täitunud väljaveotranšeed) pikad ning kitsad, kõrgete püstloodsete nõlvadega. Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 pilootalade veekogud on suures osas juba oma kuju saanud ning suuremahulisi ümberkujundustöid planeerida ei ole võimalik. Küll aga saab välja pakkuda viise põlevkivikarjääride tulevase korrastamise käigus sobilike vee-elupaikade loomiseks arvestades erinevate loomarühmade elupaikade vajadustega.

LIFE IP CleanEst C.8 tegevusena alustatakse nende veekogude uuringutega ja tekkivate elupaikade arengu prognoosimise ja hindamisega. LIFE IP CleanEst C.8 tegevusega loodav teadmine ja kogemus on ülivajalik, et leevendada kaevandamise keskkonnamõju ja kujundada kaevandusalad võimalikult kõrge väärtusega loodus- ja elukeskkonnaks. Eeldatavasti omavad käesoleva projekti tulemused ka suurt teaduslikku tähtsust ja annavad muude tehisveekogude kujundamiseks täiendavaid teadmisi.

Narva karjääri tranšee 13 ja Aidu karjääri kaevandusalade veekogude uuringud, tulemuste analüüs ja arutelud erinevate osapooltega ning võimalusel ka vastavate konkreetsete tegevuste elluviimine, viivad edasi püüdlusi endiste ja praegu kasutuses olevate põlevkivikarjääride alade kujundamiseks mitmekesise sotsiaalmajandusliku kasutusega ja ökoloogilist väärtust omavateks looduskompleksideks.

Põlevkivikarjääridesse moodustuvad veekogud on seotud nii looduslike jõgede kui ka Peipsi järvega ja/või Soome lahega. Leitakse vastused küsimustele, millistele liikidele ja millistel tingimustel on need veekogud sobivateks elupaikadeks ja milliseid tingimusi saaks veel muuta, et elupaikade kvaliteeti parandada ja võimalikult looduslähedaste elupaikade pindala suurendada.

Praeguse hinnangu kohaselt on Narva karjääri tranšee 13 veekoguna ilmelt juba lõpetatum kui Aidu karjääri veekogude süsteem. Aidu on suurem ja sellega on seotud rohkem erinevaid huviseid ja võimalikke kasutuseesmärke. Tranšee 13 territooriumil on lisaks sügavatele veega täitunud tranšeedele ka hulgaliselt varieeruva sügavusega väiksemaid veekogusid, millede sobivust veekogusid asustavatele liikidele tuleb uurida ja potentsiaali suurendamiseks vajalikke tegevusi kaaluda ning võimalusel ellu viia.

4.1 Esialgsed soovitused

1. Kaevandus- ja tööstusmaastike osas on mõistlik **säilitada maastikuelemendid, mis ilmekalt kajastavad piirkonna tööstusajalugu - kaevandamise erinevaid meetodeid ja tööetappe näitlikustavad alad ja objektid**. Neid saab siduda õppe-, matka- ja seiklusturismi radade, teemaparkide ning suuremate rekreatsioonialadega.
2. Osa karjäärialasid, eriti need, mis on korrastamiseks raskesti ligipääsetavad, **mille korrastamine on seotud suurte kulutustega ja ohuga, võib jätta looduslikule taimestumisele**. Karjääride sulgemisel ja vee pumpamise lakkamisel võib **looduslikule taimestumisele jätta ka alad, mis võivad puistanguplatoodel soostuda või kujuneda märgaladeks ehk väikeveekogudeks**. See eeldab õigeaegselt koostatud kaevandamisjärgselt kujunevate veetaseme prognoosi. Niisugused sekundaarsed märgalad võimaldavad

edaspidi oluliselt suurendada maastike bioloogilist mitmekesisust. Nad on eelduseks soometsalaikude kujunemisele keset lausalisi männikultuure, samuti varjepaigaks ja elupaigaks kaitsealustele või piiratud levilaga sootaimeliikidele, selgrootutele, kahepaiksetele ja lindudele.

3. **Puistute stabiilsuse huvides peaks lehtpuude osa metsakultuurides olema 40-60%.** Praeguseks on ka metsanduses leitud, et majanduslikult tulusate hariliku männi monokultuuride rajamine tasandatud puistangualadele ei ole alati nende taimeistamise kõige optimaalsem viis. Need metsad on tuleohtlikud ja võivad langeda putukarüüste ohvriks, alustaimestu liigirikkus on märgatavalt väiksem segapuistute omast ja seega pakuvad nad ka vähem eluvõimalusi loomariigi liikidele. Lisaks aitavad lehtpuud paremini puhastada kaevandusrajoonides süsihappegaasi ja tuhaosakestega saastatud õhku ning parandavad oma kõduga pinnase omadusi. Kivistel puistangumuldadel on lehtpuudest osutunud kõige sobivamateks sang- ja hübriidlepp. Lepad on meie kliimas parimad mullateket soodustavad puuliigid. Karjäärialade metsastamisel tuleks vältida võõrliikide kasutamist.
4. Selleks, et karjäärialale rajatud mets kujuneks võimalikult varakult sobilikuks kaitsealusele metsisele, tuleb karjäärimännikutes õigeaegselt teostada valgustusraied ning harvendusraiega viia mets juba 40. aastaks täiusele 0.5-0.6. Lisaks võiks kujundada häile, mille läbimõõt võrdub ligikaudu puurinde kõrgusega.
5. **Karjäärimaastike kujundamisel on soovitatav iga 2-3 ruutkilomeetri kohta rajada veekogu,** nende kallaste ilmestamiseks ning reljeefi vormide rõhutamiseks on sobiv kasutada lehtpuu- ja põõsaliike. Sügavamatel ja suurematel veekogudel võib olla mitu funktsiooni ja inimesed saavad neid kasutada mitmel viisil.
6. Kui veekogu tekib karjääri pärast kaevandamise lõpetamist, tuleb tavaliselt enne karjääri veega täitumist eemaldada koos mullaga selle põhjale kasvanud (puit)taimestik, sest kõdunev taimne mass halvendab vee kvaliteeti. Ent veekogude madalamas kaldaärses osas võib kaladele varjumiskohtade ja koelmute võimaldamiseks, selgrootute loomadele (s.h. putukatele), kahepaiksetele ning lindudele elu- ja pesitsuspaikade loomiseks, samuti taimkatte mitmekesisuse suurendamiseks puittaimestiku ning põhja katva peenese ja mulla jätmine olla teatud ulatuses isegi soovitatav
7. Karjäärides tekkinud madalad väikeveekogud (loigud, tiigid) on sageli ajutised ja muutliku veetasemega. Siiski ei ole alati otstarbekas neid alasid hakata kuivendama või pinnasega täitma. Madalad -- nii alalised kui ka ajutised -- veekogud ja märgalad pakuvad elupaiku väga paljudele, sealhulgas haruldastele, ohustatud ja kaitsealustele liikidele. **Karjäärides tekkinud madalad väikeveekogud tuleb säilitada,** sellistel veekogudega märgadel kujunevad taimestiku ja ka muu elustiku kooslused oluliselt kiiremini kui kuivades kohtades.
8. **Kaaluda tuleb Aidu karjääri idaservas oleva 28 ha suuruse veekogu (joonisel 4 Aidu sõudekanalist eraldatud nr 1) Aidu sõudekanali veesüsteemiga ühendamist.**

4.1.1 LIFE IP CleanEst C.8 käigus on soovitatav uurida ja pakkuda lahendusi:

1. Veekogude omaduste kujunemise uurimine (tranšeeveekogu sügavused on suured, kihistumine, sulfaatide sisaldus on suur) ja ökoloogilise potentsiaali selgitamine erinevate liikide vajadustest lähtuvalt.

2. Suure niklisisalduse (see ületab viies võetud veeproovis maismaa pinnaveekogudes lubatavat nikli aastakeskmist piirväärtust -- 4 µg/l) allika täpsustamine Aidu veesüsteemi väljavoolus Ojamaa jõkke (esalt eri veekogu osadest veeproovide ja väikeveekogude veeproovide abil) ja vee kollaseks värvumise põhjuste selgitamine. Kõrge nikli sisaldus võib mõjutada veekogu sobivust kaladele ja olla toksiline inimestele. Nikkel on kõrgeim kolmest Viru kaevanduse vee väljavoolust võetud veeproovis⁷.
3. Ala veekogusid tuleb käsitleda tervikuna, hõlmates ka allavoolu jäävaid looduslikke veekogusid. Vajadusel tranšee 13 alal (joonisel 2 väikeveekogu nr 26 juures) eraldi-seisvate väikeste veekogude ühendamine või ka eraldamise vajaduse selgitamine (näi-teks Aidus nikli allika või vee kollase värvuse põhjuse tõttu).
4. Täpsustada veekogude sügavusandmeid ja veealuste nõlvade kuju Aidu karjääri lõuna-osas ja tranšee 13 idanurgas (kui korrastamisprojekti asjakohaseid teostusjoonised ei saada).
5. Karjäärde veepinna tasemete täiendava muutmise kaalumise. Uurida tuleks Aidu kar-jääri väljavoolu praegu projektikohasest veidi kõrgema taseme langetamise võimalusi (ca 0.5 m võrra) projektijärgsele tasemele ja selle keskkonnamõju.
6. Elupaikade täiendava uurimise ja laiendamise ettepanekute koostamine. Eelarve tõttu pole võimalik kõiki joonisel 4 esitatud ETAKis olevaid Aidu karjääri veekogusid 2020. a. hüdrobioloogiliselt uurida. Väljaspoole Aidu pilootala jäävate veekogude uuringute va-jadus ja maht täpsustub 2020. a. välitööde põhjal.
7. Lisaks aastal 2020 tehtavatele väliuuringutele võib soovitada hüdrobioloogiliste tööde kordamist projekti lõpuaastail, mis annaks parema pildi kaevandusveekogudes nende moodustume algusaastail toimunud muutustest.
8. Kasulikuks võib osutada pilootalade praegu ETAKis olemasolevate veekogude ja alal kaevandamisjärgselt tekkinud muude väikeveekogude veetaseme absoluutkõrguse määramine täppis-GPS-iga veekogude omavaheliste seoste täpsustamiseks. Maa-ameti kõrgusmudelite andmed pole selleks piisava täpsusega.

4.1.2 LIFE IP CleanEST tegevuste käsitlemis vajavad küsimused

- Täpsustada karjäärijärvede seisundi hindamise metoodikat ja keskkonnaeesmärke. Seni on karjääridesse kujunevate tehisjärvede ökoloogilise potentsiaali hindamiseks kasutatud looduslike järvede seisundi kriteeriume.
- Sotsiaalmajanduslikud küsimused: kelle valdusse ja vastutusalasse jäävad korrastatud territooriumid koos metsa, märgalade ja veekogudega? Veekogude ja nende kaldaa-lade järelevalve ja puhkealade korrashoid, sh jäätmekäitlus on seni olnud suuresti RMK haldusalas, viimasel ajal ka kohalike omavalitsuste vastutusalal. Selles osas on prob-leeme isegi kaitsealadel (nt Kurtna järvistu). Veekogude ja nende kaldaalade kasutami-sega kaasneb järelevalve, hooldus- ja leevendusmeetmete maksumuse kasv. Kulutusi tuleb osapoolte vahel mõistlikult jagada. Vastasel juhul on alternatiiviks juurdepää-sude sulgemine endistele karjäärialadele, väljaveotranšeede täitmine ja sellega kaas-nev elupaikade mitmekesisuse vähenemine. Kuna tegemist on suurte

⁷ Vesi voolab Põllualuse kraav VEE1069300→Ratva oja VEE1069100→Ojamaa jõgi VEE1068700→Purtse jõgi VEE1068200.

territooriumidega, on ilmselt mõistlik planeerida piirkondade erinev kasutamine. Selles osas on vajalik KOV uute üldplaneeringute koostajate kaasamine.

5 Kirjanduse viited

1. Ülevaade LIFE IP CleanEST tegevustest C.8 pilootaladel. Seniste korrastustööde kogemustest, ettepanekud elupaikade mitmekesisuse suurendamiseks. Jaanus Paali OÜ vahearuanne, Tartu 2019.
2. Ülevaade LIFE IP CleanEST tegevustest C.8 pilootaladel. Hüdrobioloogilised tööd Narva karjääri tranšee 13 ja Aidu karjääri alal. Eesti Loodushoiu Keskuse vahearuanne, Tartu 2019.
3. Eesti Keskkonnanstrateegia aastani 2030.
4. Maapõuepoliitika põhialused aastani 2050 ja seletuskiri.
5. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030.
6. Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016-2030 keskkonnamõju strateegilise hindamise aruanne, AS Maves, Tallinn 2014
7. Looduskaitse arengukava aastani 2020.
8. Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega. Kaevanduste ja jäätmetekke mõju maastikele kaitsealadel, Kalev Sepp, Kaie Metsaots, Janar Raet. Tartu 2018.
9. Põlevkivi kaevandamise eelispiirkondade määramine looduskeskkonna ja majanduslike tingimuste põhjal. Poliitikauuringute Keskus Praxis, AS Maves, Tallinn 2018
10. Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamat. OÜ Inseneribüroo STEIGER, Tallinn 2017.
11. Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis, Eesti Maaülikool, Tartu, 2010.
12. Põlevkivi kaevandamise ja töötlemise keskkonnamõjud Kirde-Eestis. Publikatsioonid 6/1999. Ökoloogia Instituut, Tallinna Ülikool, Tallinn 1999.
13. Põlevkivikarjääride rekultiveerimine. Eesti NSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeerium, Tallinn 1971
14. Productivity of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) plantations on reclaimed oil-shale mining detritus and mineral soils in relation to rhizosphere conditions. Vares, A., Lõhmus, K., Truu, M., Truu, J., Tullus, H., Kanal, A. 2004. Oil Shale 21: 43-58.
15. Rekultiveerimine Eestis. Teaduse ajaloo lehekülgi Eestis. XII kogumik. Kaar, E. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn, 1998.
16. Tasandatud põlevkivikarjääride rekultiveerimise mõningaid tulemusi. Kaar, E., Raid, L. Metsanduslikud Uurimused 25, 1992, lk 109-117.
17. Development of soils on calcareous quarry detritus of open-pit oil-shale mining during three decades. Reintam, L., Kaar, E., – Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 48, 1999.
18. An analysis of vegetation restoration on opencast oil shale mines in Estonia. Pensa, M., Sellin, A., Luud, A., Valgma, I. Restoration Ecology, 12, 2004.

19. The effect of planted tree species on the development of herbaceous vegetation in a reclaimed opencast. Pensa, M., Karu, H., Luud, A., Rull, E., Vaht, R. Canadian Journal of Forest Research, 38, 2008.
20. Keskkond ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis. Taimkatte arengust põlevkivikarjäärade taastamisel. Karu, H., Luud, A., Pensa, M., Rull, E., Vaht, R. Publikatsioonid 9/2005. Ökoloogia Instituut, Tallinna Ülikool, Tallinn, 2005.
21. Põlevkivikarjäärade (kaevandatud alade) rekultiveerimine. Viil, A. Kaevandamine ja vesi. TTÜ Mäeinstituut, Tallinn 2011.
22. Mis saab maast pärast kaevandust: Küttejõu karjääri lugu. Sepp, M., Pensa, M. Eesti Loodus, 9, 2007.
23. 90 aastat põlevkivi: tehnoloogia ja inimesed. Aidu karjäär. Tulchinsky, A. GeoTrail KS, Tallinn 2008, lk. 355-379.
24. Ammendunud põlevkivikarjäärid kattuvad metsaga. Viiron, K. Eesti Mets, 4, 2015.
25. Holistic development of the oil shale region as an industrial heritage, recreational, sports and tourism district. Metsaots, K. Doctoral Theses. Estonian University of Life Sciences, Tartu, 2019.
26. Narva karjääri tranšee nr 13 kaevandamisega rikutud maa korrastamise projekt. Eesti Energia Kaevandused AS. Jõhvi 2016.
27. Eesti Energia Kaevandused AS Aidu karjääri kaevandamise lõpetamise ja kaevandamisega rikutud maa korrastamise projekt. Eesti Energia Kaevandused AS. Jõhvi 2014.
28. Aruanne uurimusest „Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvalt keskkonnaseisundi parandamise nõuetest. Tallinna Tehnikaülikool, Mäenduslaboratoorium, Tallinn 1991.
29. Sirgala harjutusvälja tulevase veetaseme modelleerimine. AS Maves 2014.
30. Hüdrogeoloogilise ja limnoloogilise uuringu läbiviimine koos loodusdirektiivi järvedele lubatava veetasemekõikumise vahemiku määramisega Kurtna maastikukaitsealal. Tallinna Ülikool, Loodus- ja terviseteaduste instituut, Ökoloogia keskus; Tartu Ülikool, Maateaduste ja ökoloogia instituut, Geoloogia osakond. Versioon 19.07.2019.