

Työ: 22178
30.1.2026

KIERRÄTYSALUEEN OSAYLEISKAAVAN
RAKENNETTAVUUS- JA MASSATASAPAINOSELVITYS SEKÄ
KUSTANNUSARVIOINTI
HOLLOLAN KUNTA

TARATEST OY
Turkkirata 9 A
33960 Pirkkala
p. 03-368 3322
www.taratest.fi

Johdanto

Tämä selvitys liittyy osana kierrätysalueen/kierrätyskentän pohjaolosuhdeselvitykseen, ja se on laadittu täydentämään alueen maaperän ja pohjaolosuhteiden perusteella tehtyä arviointia. Selvityksen tarkoituksena on tarkastella rakentamisen aiheuttamia ympäristövaikutuksia, erityisesti muodostuvien maamassojen määrän, niiden hyödyntämismahdollisuuksien, maarakennustöiden kustannusten sekä rakentamisesta aiheutuvan hiilijalanjäljen näkökulmasta. Selvitys perustuu pohjatutkimusten tuloksiin ja arviointeihin, sekä alustavaan tasaussuunnitelmaan, joiden avulla on mahdollista arvioida ja optimoida rakentamisen ympäristövaikutuksia kokonaisvaltaisesti. Tämä asiakirja toimii liitteenä pohjaolosuhdeselvitykseen ja tukee suunnitteluprosessia tarjoamalla kustannus- ja rakennettavuusnäkökulmia rakentamisen päätöksenteon tueksi.

Pohjatutkimusaineisto, jonka perustella pohjaolosuhdeselvitys on laadittu, ja johon tämä selvitys perustuu, on vajavainen, koska kahdelle yksityisomistuksessa olevalle kiinteistölle ei saatu pohjatutkimuslupia. Geotekniset pohjatutkimukset muodostavat suunnittelun perustan, ja ilman todellisia tutkimustuloksia tarkkojen pohjaolosuhteiden esittäminen on mahdotonta. Tilaajan pyynnöstä tutkimattomien kiinteistöjen pohjaolosuhteita on kuitenkin pyritty arvioimaan ekstrapoloimalla viereiseltä alueelta saatujen tutkimustulosten perusteella. Suomessa maaperäolosuhteet voivat kuitenkin vaihdella merkittävästi jopa pienellä alueella. Näin ollen Taratest Oy:n tekemät ekstrapolointiin perustuvat maaperäolosuhteiden arviot, massalaskennat ja rakentamiskustannusten arvioinnit ovat luonteeltaan teoreettisia laskelmia, eivätkä ne voi täysin korvata varsinaisia pohjatutkimuksia.

Suunnittelualue on myös muuttunut oleellisesti siitä, mille alun perin pohjatutkimukset kohdistettiin loppuvuonna 2024. Tehdyt arvioinnit perustuvat siis edelleen osin tehtyihin pohjatutkimuksiin, mutta myös näistä tehtyihin ekstrapolointeihin, arviointeihin, sekä käytettävissä olevaan GTK:n kartta-aineistoon, jonka perusteella on tehty yleisiä tulkintoja ja oletuksia. Tällaisen karkean tason suunnittelussa näitä tietoja voidaan pitää riittävinä. Tämä tulee huomioida mahdollisissa jatkosuunnitelmissa ja riskienhallinnassa.

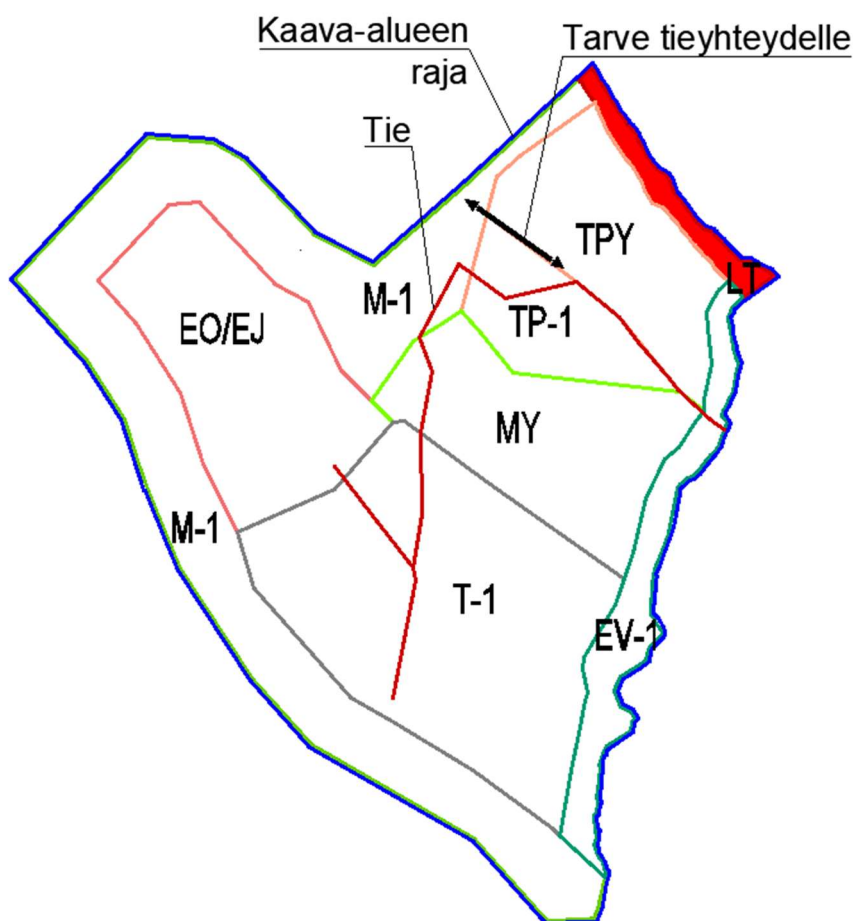
Sisällysluettelo

Johdanto.....	2
Sisällysluettelo.....	3
1 Taustatietoa	4
2 Suunnittelualueen rajaus	4
3 Massalaskentojen mallinnusperusteet	5
3.1 Massalaskenta ja saadut massamäärät	7
3.2 Destian suunniteltu ottamistoiminta T-1-alueella.....	11
4 Maa- ja kiviaines alueella	12
4.1 T-1 alueelta saatavan kalliokiviaineksen laatu ja hyötykäyttökelpoisuus	12
4.2 Koheesiomaiden laatu ja hyötykäyttökelpoisuus.....	14
4.3 Moreenimaiden laatu ja hyötykäyttökelpoisuus.....	15
5 Massojen hyödyntäminen ja sijoitus.....	16
5.1 Kiviaineksen valinta: kustannus-, ympäristö- ja standardinäkökulmat	16
5.2 Moreenimaiden ja koheesiomaiden hyötykäyttö	17
6 Esirakentaminen ja pohjanvahvistustyöt.....	17
7 Kenttärakenteet ja rakennekerrokset.....	18
7.1 Loppusijoitusalueiden pohjarakenteet.....	20
7.2 Eroosiosuojaus.....	20
7.3 Hulevesialtaat, ojitus ja vesiensuojeluratkaisut	21
7.4 Hulevesialtaiden tekniset vaatimukset ja sijoittelu	21
7.5 Uusiomateriaalien käyttö	22
8 Kenttäalueen koon optimointi ja stabiliteettitarkastelu.....	23
9 Arvio kierrätysalueen perustamiskustannuksista	23
10 Rakentamisen päästöjen arviointi.....	25
10.1 Alueen asfaltointi ja käytettävä kiviaines	25
11 Hankkeen toteuttamiskelpoisuuden arviointi ympäristönäkökohtien perusteella	26
12 Yhteenveto ja suositukset	27
13 Jatkotutkimustarpeet.....	28

1 Taustatietoa

Taratest Oy on tehnyt tutkimuksia, mallinnuksia, massalaskelmia, kustannusarvion ja päästölaskelman keväällä 2025 kaava-alueen eteläosaan (likimäärin T-1 alueelle), sekä pohjatutkimukset ko. alueelle loppuvuodesta 2024. Tämän selvityksen tiedot pohjautuvat ko. Pohjaolosuhdeselvitykseen ja Ympäristöselvitykseen (Taratest Oy).

Kierrätysalueen raja, sekä tuleva asemakaava on muuttunut näiden tehtyjen selvitysten jälkeen, uusi kaavaluonnosalue on esitetty kuvassa (Kuva 1).

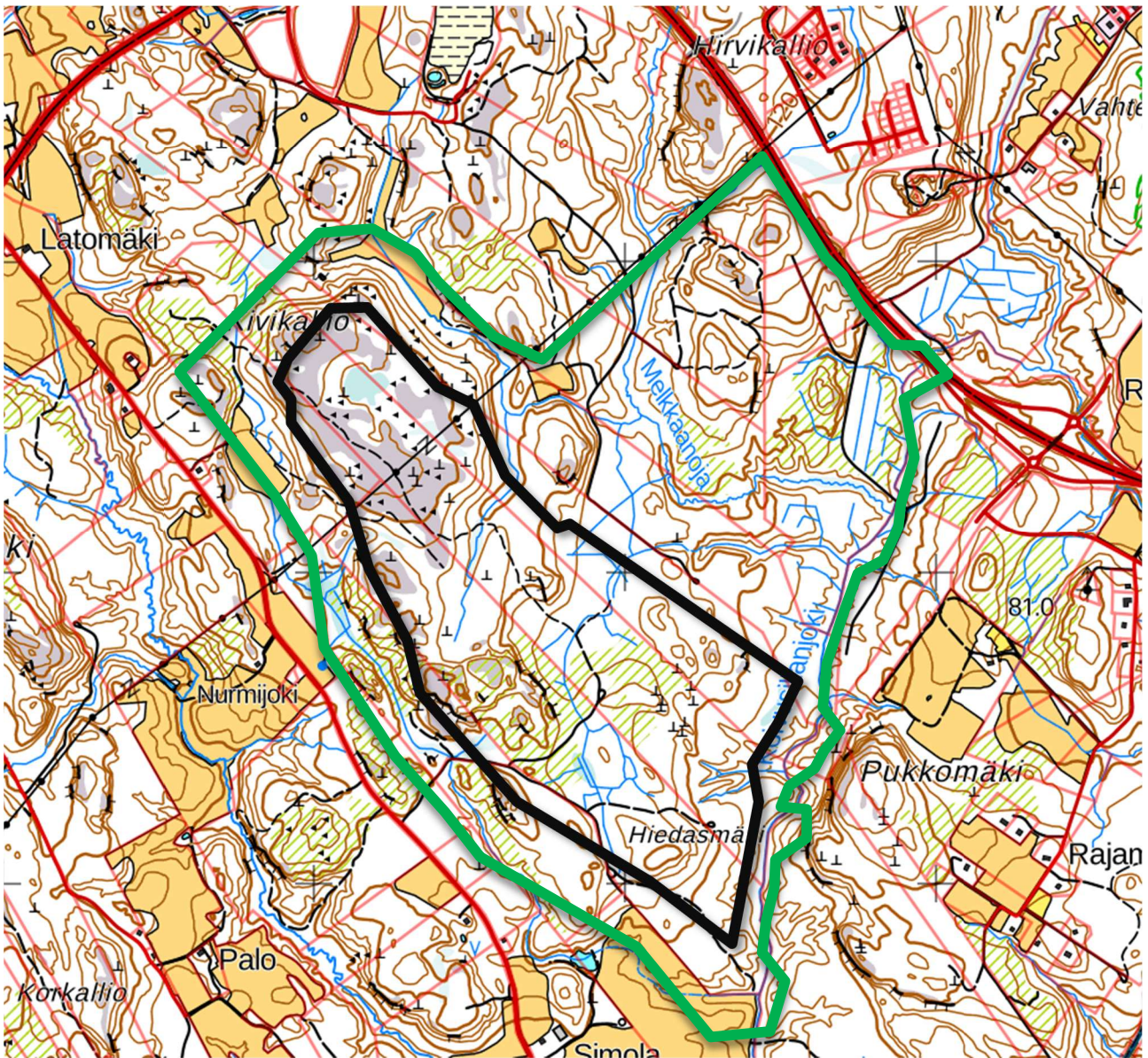


Kuva 1. Ote kierrätysalueen osayleiskaavaluonnoksesta, Hollolan kaupunki, 12/2025.

2 Suunnittelun alueen raja

Kaavaluonnoksen mukaan esitettyjen toimintojen sijoittelun myötä suunnittelun alue kattaa n. 137 ha ja kaava-alue n. 367 ha. Suunnittelun alue kattaa kaavaluonnoksen mukaiset EO/EJ ja T1 -alueet (Kuva 1). Suunnittelun alue on rajattu kuvaan mustalla (Kuva 2). Kaava-alue on kuvassa vihreällä rajauksella.

Suunnittelun alueen läpi, EO/EJ-alueella, kulkee sähkövoimalinja. Suunnittelussa on jätetty ko. voimalinja huomioimatta asiakkaan pyynnön mukaisesti.



Kuva 2. Suunnittelualue mustalla rajauksella ja kaava-alue vihreällä rajauksella.

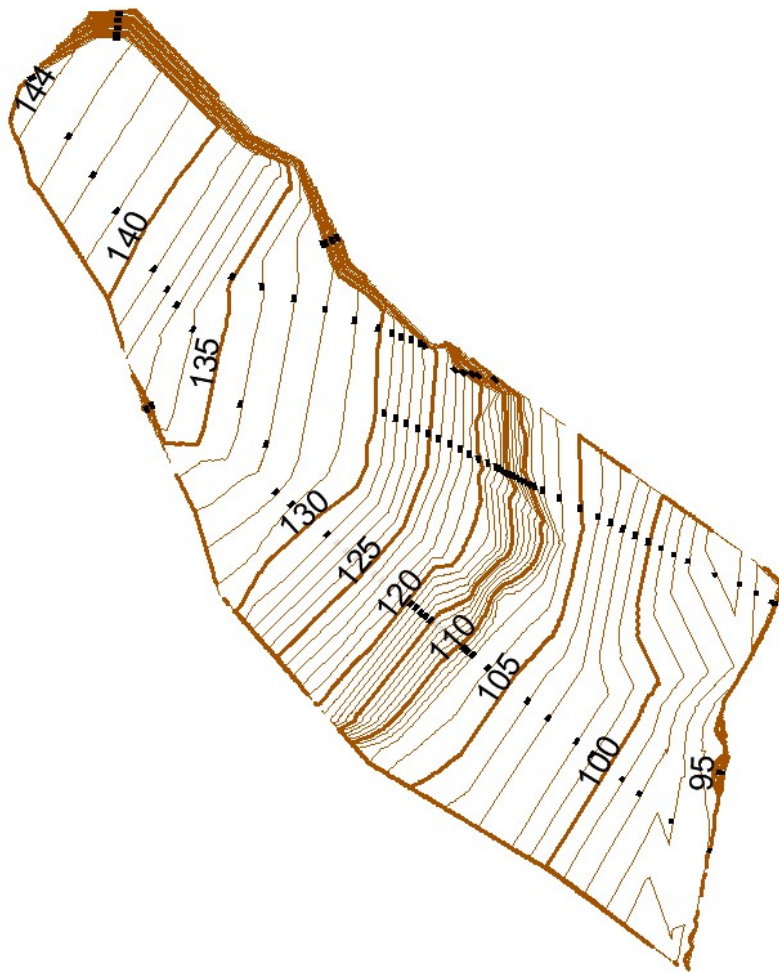
3 Massalaskentojen mallinnusperusteet

Massalaskentojen perustaksi on laadittu useita pintamalleja 3D-Win-laskentaohjelmistossa. Pintamallit alueen eteläosan alueelle (T-1) on tuotettu pohjatutkimustietojen, suunnittelualueen geoteknisten arviointien sekä avokallioalueiden sijaintien perusteella. Rakennetut mallit käsittävät kallionpintamallin, moreenipintamallin ja maanpintamallin. Näiden avulla on mahdollista tarkastella maakerrosten paksuuksia ja määriä alueella.

T-1 alueella hienoainespitoisten maa-ainesten pintamalli on johdettu laskennallisesti maanpinnan ja moreenipinnan välisenä erotuksena. Tämä mahdollistaa arvion erityisesti rakennushankkeen kannalta merkittävien maamassojen määrästä ja sijainnista. Esitetyt pintamallit eivät kuvaa maaperää täysin yksityiskohtaisesti, vaan ne antavat suuntaa-antavan ja yleispiirteisen kuvan alueen rakennekerroksista. Tästä huolimatta mallit mahdollistavat luotettavan arvion maamassojen määristä, ja ne soveltuvat hyvin suunnitteluvaiheen ympäristövaikutusten ja kustannustarkastelujen tueksi.

Lisäksi on tuotettu pintamalli tulevasta maanpinnasta. Tähän käytettiin lähtöaineistona ollutta kierrätysalueen luonnossuunnitelmaa, jossa alustavia maanpinnan tasoja on esitetty. Massalaskennassa käytettiin tasauksen mukaista vertailutasoa. Rakennekerroksia ei ole laskennassa huomioitu, koska ne määräytyvät vasta myöhemmin suunnittelun edetessä, sekä pohjamaan ja kallion laajuuden selvityksessä. Laskelma suoritettu tässä vaiheessa karkeasti tulevan tasauksen mukaisesti. Mallin avulla on mahdollista vertailla nykyisiä maaperän korkeuksia suunniteltuihin tasoihin ja arvioida tarvittavia leikkaus- ja täyttömassoja.

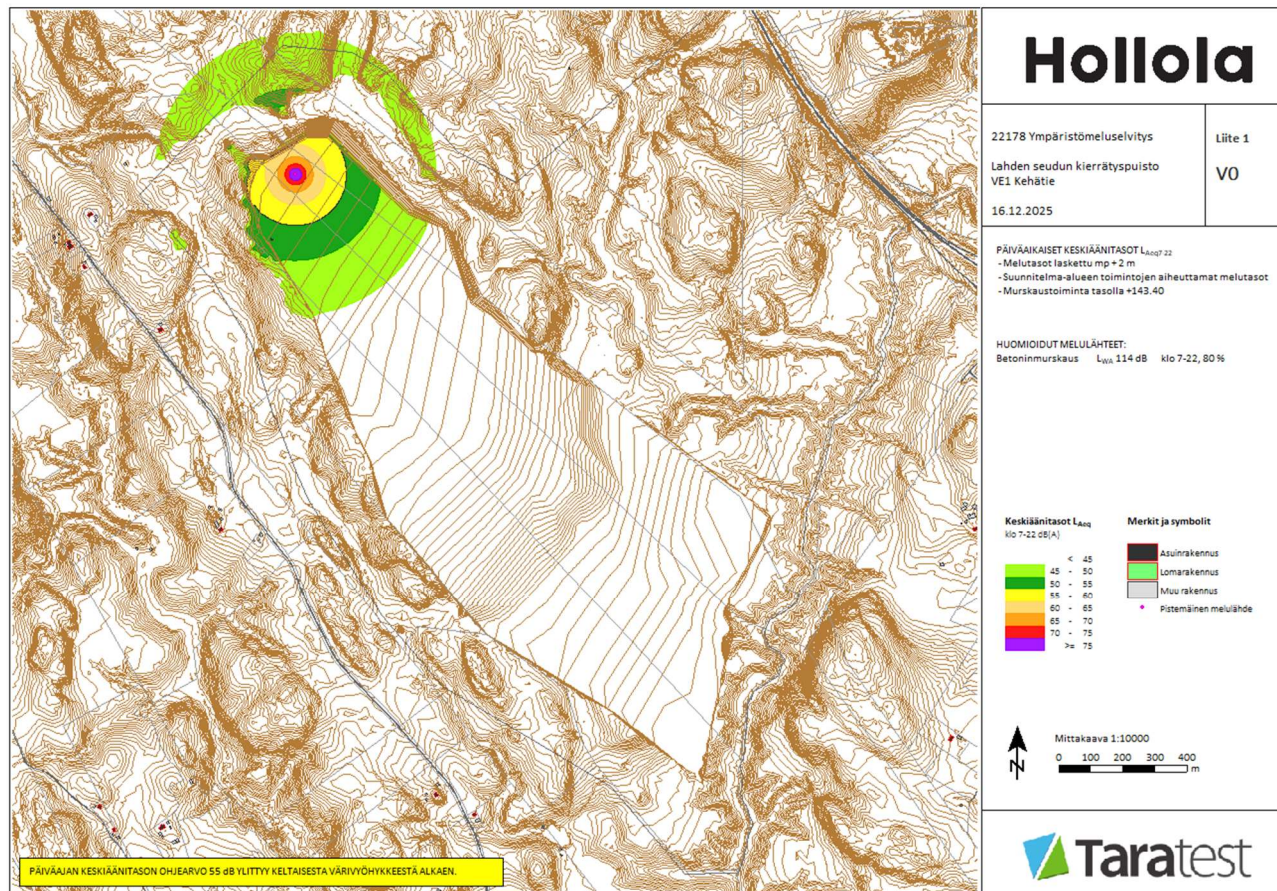
Pohjoisosan tasaus on suunniteltu melun leviämisen estämiseen riittäväksi, mutta myös louhinnan kannalta niin, että alueelle on mahdollista toteuttaa louhintaa jokseenkin kustannustehokkaasti. Maksimikaltevuus alueella on pääosin 0,5 % ja paikoin jyrkimmillään 3,6 %. Karkea esitys tulevasta tasauksesta on kuvassa (Kuva 3).



Kuva 3. Alustava esitys pinnantasauksesta perustuen lähtöaineistoon.

Pohjoisosa (130 käyrästä ylöspäin) on GTK:n kartta-aineiston mukaan (paikkatietoikkuna.fi) pääosin kalliopaljastumia ja kivikkoa, ja koska tarkempia maaperätutkimuksia ei olla tehty alueelle, on laskelmassa on oletettu pääosa maaperästä olevan kalliota. Laskennasta on jätetty pois arviolta n. 20 cm paksuinen pintamaakerros, jonka tilavuudeksi tulisi koko EO-alueelle (n. 49,8 ha) n. 100 000 m³.

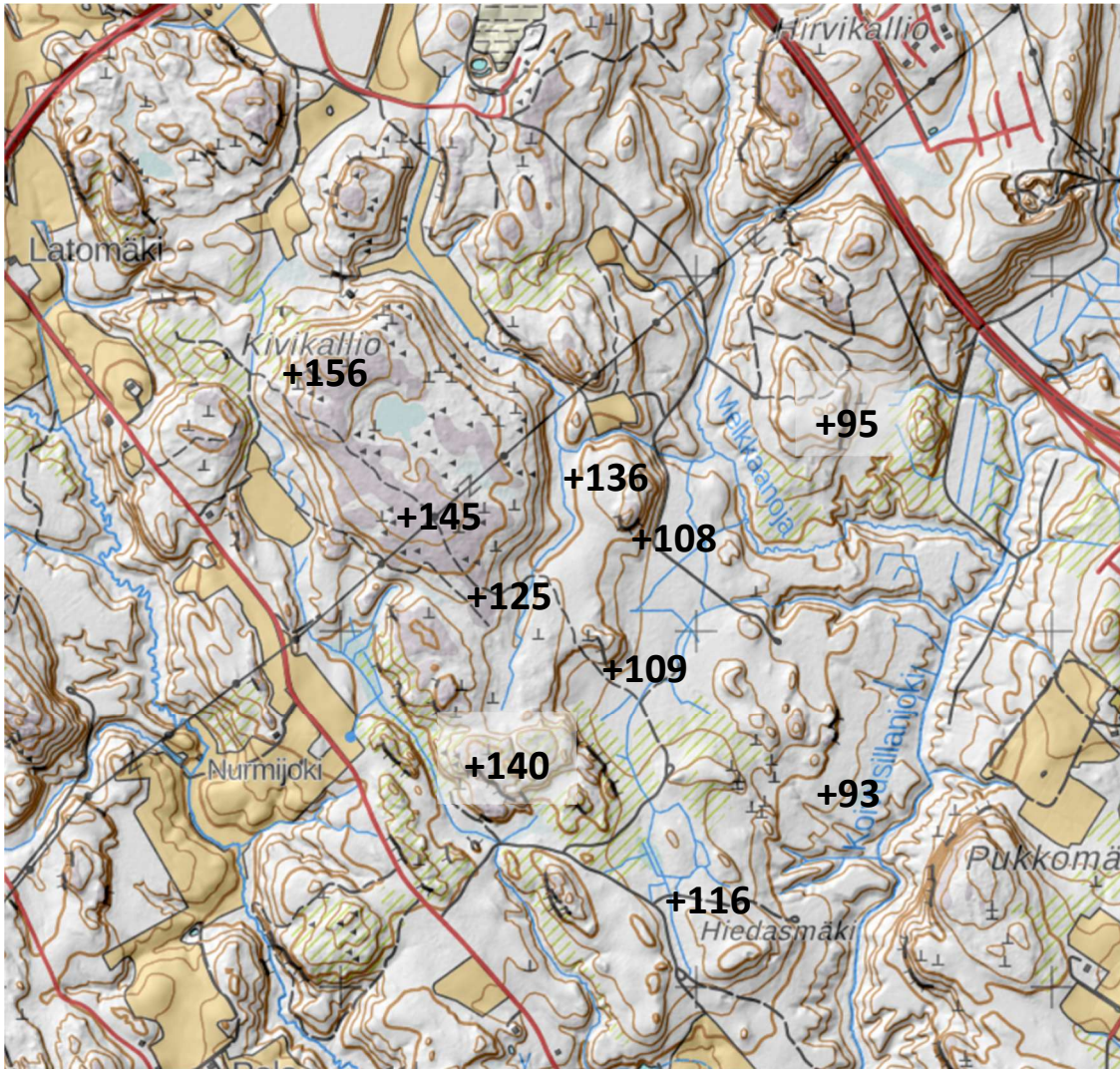
Melun leviämisen arviointiin on käytetty Soundplan-ohjelmistoa, leike alustavasta laskennasta alueen pohjoisosassa on esitetty kuvassa (Kuva 4). Melulähteenä on käytetty betonin murskauksen aiheuttamaa melutasoa, ja 80 % tehollista toiminta-aikaa.



Kuva 4. Alustava melun leviäminen alueen pohjoisosassa betonin murskaukselle, Taratest Oy

3.1 Massalaskenta ja saadut massamäärät

Suunnittelualueen topografia nousee merkittävästi itäosasta länteen siirryttäessä, mikä asettaa haasteita yhtenäisen kentän rakentamiselle ja edellyttää huomattavia maamassojen siirtoja.



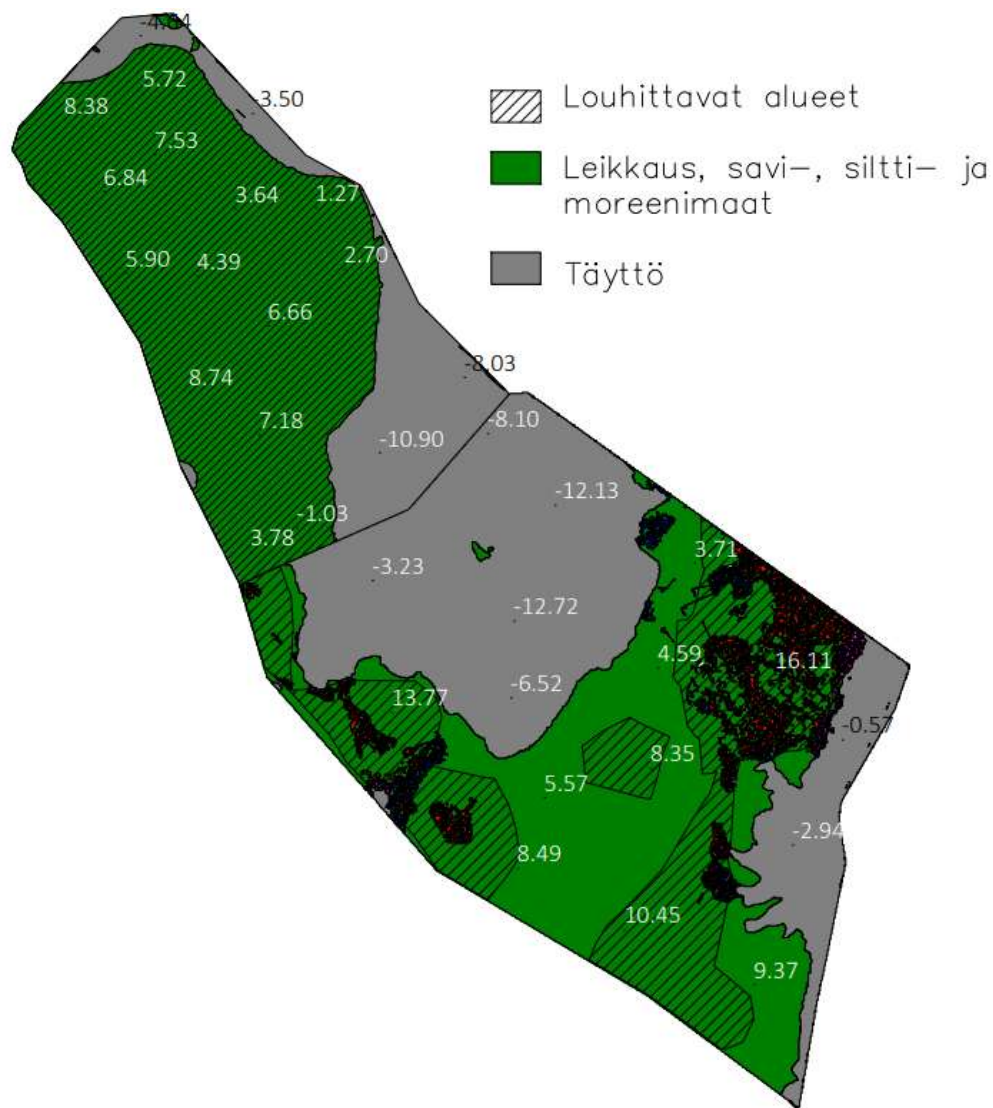
Kuva 5. Alueen korkotasot nykyisellään, paikkatietoikkuna.fi, luettu 10.12.2025.

Suunnittelualueelle (EO/EJ ja T1) lasketut leikkaus- ja täyttömäärät on esitetty taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tasauksen massalaskelmat suunnittelualueelle (Lisälaskelmat 12/2025).

MATERIAALI	[m ³]	Tapa
Kalliokiviaines	3 204 800	Louhint
Moreenimaat	399 400	Kaivuu
Savi-/silttimaat	1 788 000	Kaivuu
Täyttömateriaali	3 031 200	Täyttö

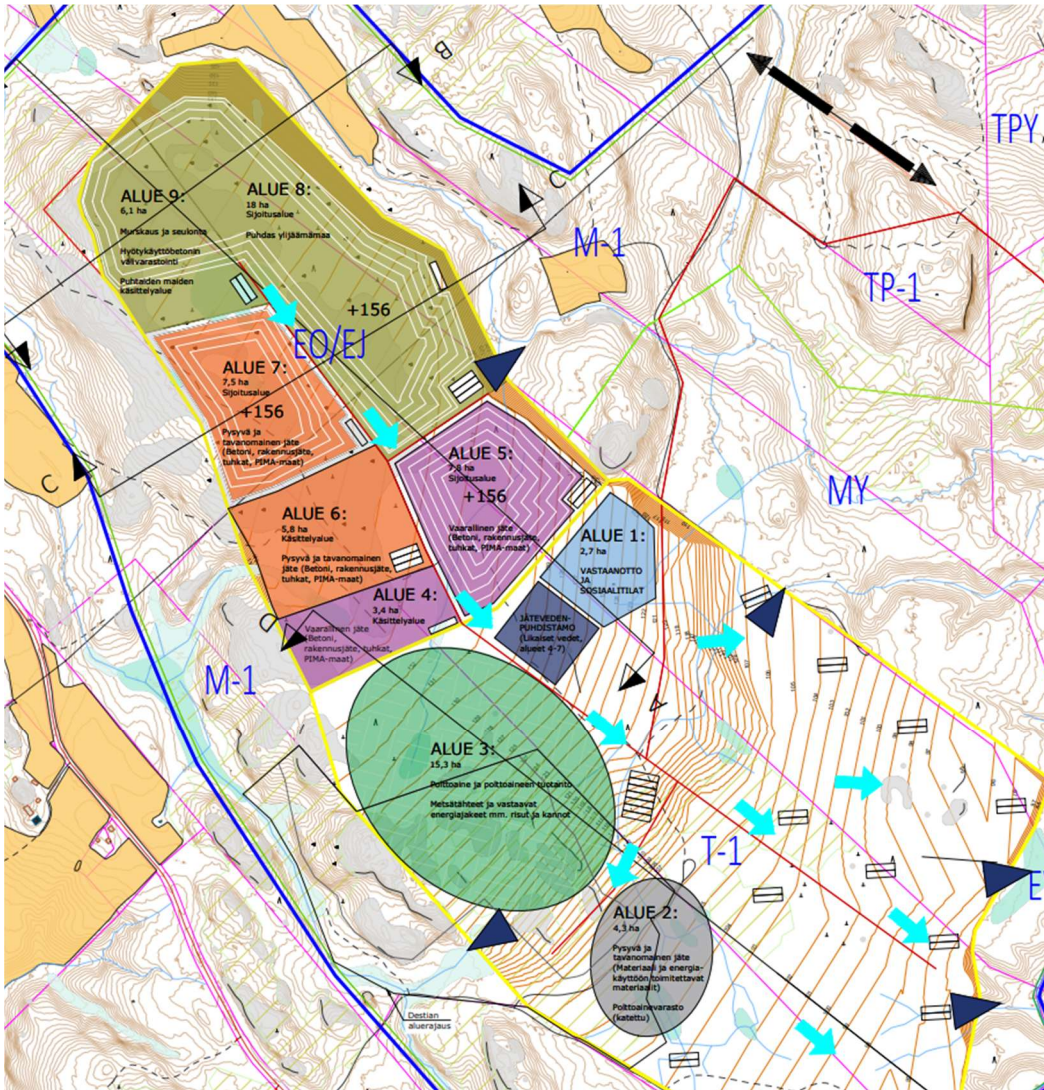
Alustavan suunnitelmaluonnoksen mukainen toteutus yhtenäisen kenttäalueen saavuttamiseksi vaatii merkittäviä leikkaus- ja täyttötöitä, erityisesti alueen luoteisosassa, jossa korkeuserot ovat suurimmat. Kuvassa 4 on esitetty 3DWin- ja CAD-ohjelmistoilla laadittu graafinen havainnekuva alueen leikkausmassojen ja täytön jakaumasta sekä leikkauskorkeuksista suhteessa lopulliseen maastopintaan.



Kuva 6. 3DWin- ja CAD-ohjelmistolla luotu esitys alustavasta tasauksesta: leikkaus- louhinta- ja täyttöalueet sekä suuntaa antavat korkoerot tulevaan tasaukseen nähden.

3.2 Täyttö ja aluesuunnitelma

Alueelle on tehty täyttösuunnitelma 22178-710 (liite 1), jossa on esitetty materiaalien sijoitus- ja käsittelyalueet. Alueet on numeroitu 1-9:



Kuva 7. Leike täyttö ja aluesuunnitelmasta 22178-710, Taratest Oy.

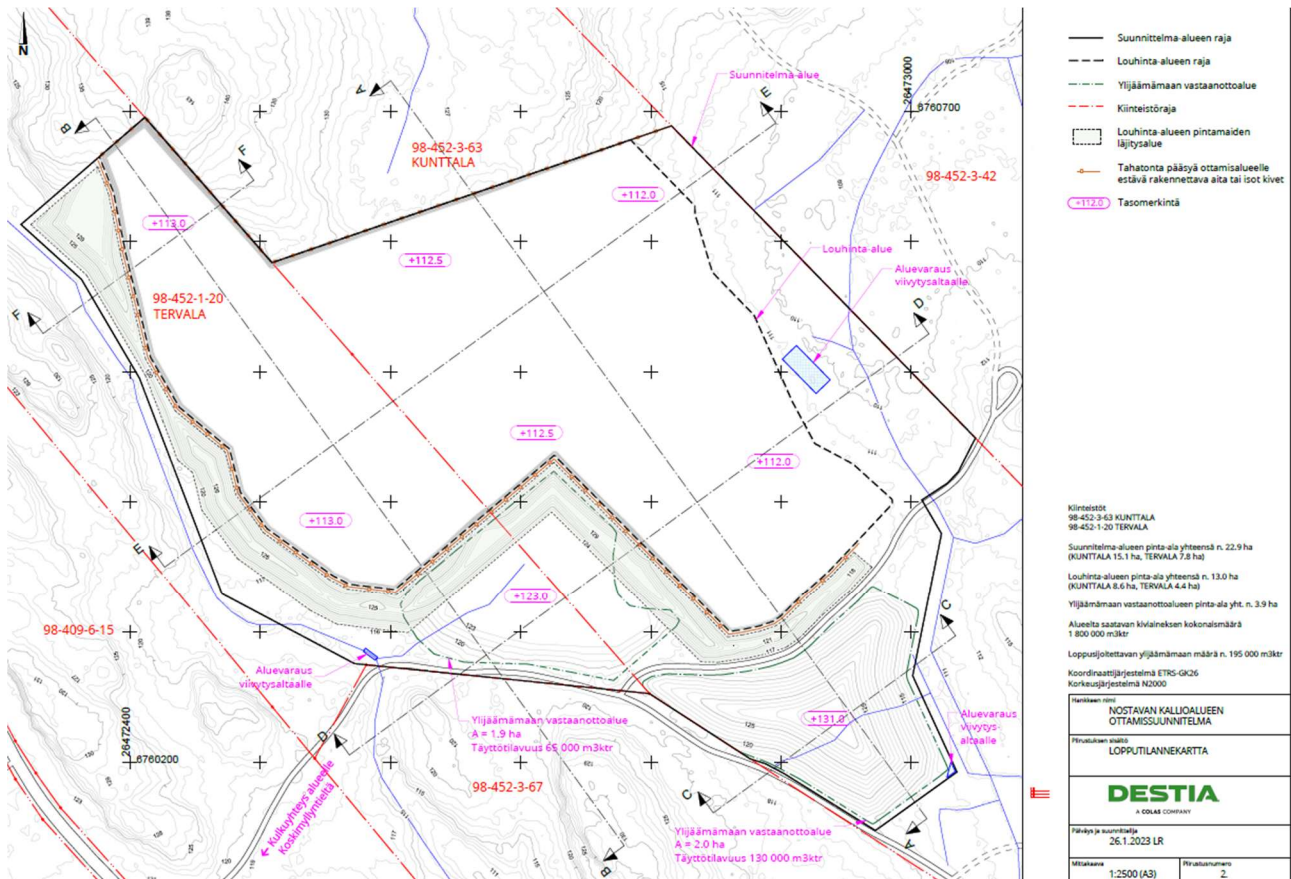
1. Vastaanotto ja sosiaalitilat
2. Pysyvä ja tavanomainen jätte: Materiaali- ja energiakäyttöön toimitettavat materiaalit
3. Polttoaine ja polttoaineen tuotanto: Metsätähteet ja vastaavat energijakeet mm. risut ja kannot
4. Vaarallisen jätteen käsittelyalue
5. Vaarallisen jätteen sijoitusalue
6. Pysyvän ja tavanomaisen jätteen käsittelyalue
7. Pysyvän ja tavanomaisen jätteen sijoitusalue
8. Puhtaan ylijäämämaan sijoitusalue
9. Puhtaan maan käsittelyalue, Murskausalue ja Hyötykäyttöbetonin välivarastointi.

Suunnittelualueen tasausta, etenkin alueilla 8 ja 9, on mahdollista toteuttaa puhtailla ylijäämämailla niiden ollessa geoteknisten ominaisuuksiensa perusteella käytettävissä. Alue 9 on aluksi ko-

konaisuudessaan (6,1 ha) varattu käsittelyyn ja murskaukseen myös meluntorjunnan näkökulmasta. Lopuksi aluetta voidaan täyttää puhtailla ylijäämämailla 4 ha verran. Sijoitettavien massojen määrät ovat ko. piirroksen 22178-710 (liite 1) taulukossa.

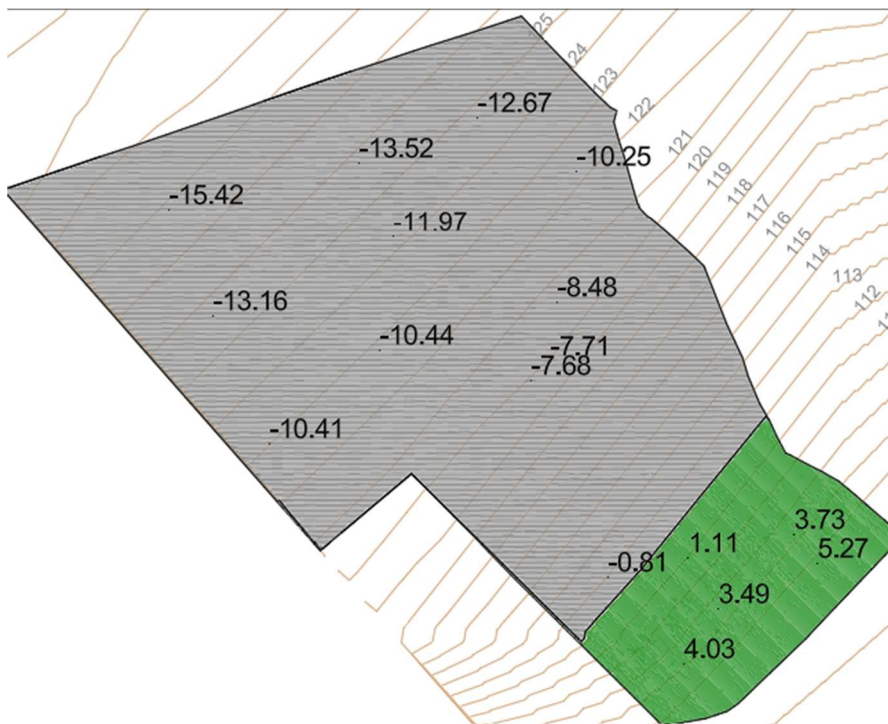
3.3 Destian suunniteltu ottamistoiminta T-1-alueella

Kierrätysalueelle on tehty kiviaineksen ottamissuunnitelmia Destian toimesta. Kuvassa (Kuva 8) näkyy osin T-1 alueelle ja osin kaavassa tarkoitettulle suojavyöhykealueelle kohdistuva louhinta n. tasolle +112. Alueelle on lisäksi suunnitteilla jonkin verran täyttöä, sekä meluvalli. Destian oman suunnitelmaan mukaan kallionotto olisi n. 1 800 000 m³.



Kuva 8. Leike Destian ottamisalueen suunnitelmakartasta, Destia 26.1.2023

Destian suunnitelmista tehtiin maastomalli 7:1 kallioseinämällä, jota verrattiin tulevaan suunniteltuun tasaukseen. Suunniteltuja meluvalleja, kasoja ym. ei huomioitu, vaan verrattiin vain suunniteltua louhinta-aluetta/nykyistä maanpintaa. Vain osa suunnitellusta ottamisalueesta on tulevan kierrätysalueen kanssa päällekkäin, osa louhinnasta on suojavyöhykkeellä.



Kuva 9. Destian alueen korkotasot tulevaan suunniteltuun tasaukseen nähden.

Louhinta-alue, joka kohdistuu tulevan kierrätyskentän alueelle, jää pääosin matalammalle, kuin tuleva kierrätyskentän alue. Tulevaan suunniteltuun tasaukseen nähden leikkausta jää Destian suunnitelmien jälkeen alueelle n. 46 700 m³, ja täyttöä tulee 725 700 m³. Kuvassa (Kuva 9) on esitetty alustava arvio tulevasta tasoista Destian suunnitelmiin nähden. Destian louhinnan jälkeen olisi tarve suurelle täyttömäärälle ko. alueella.

4 Maa- ja kiviaines alueella

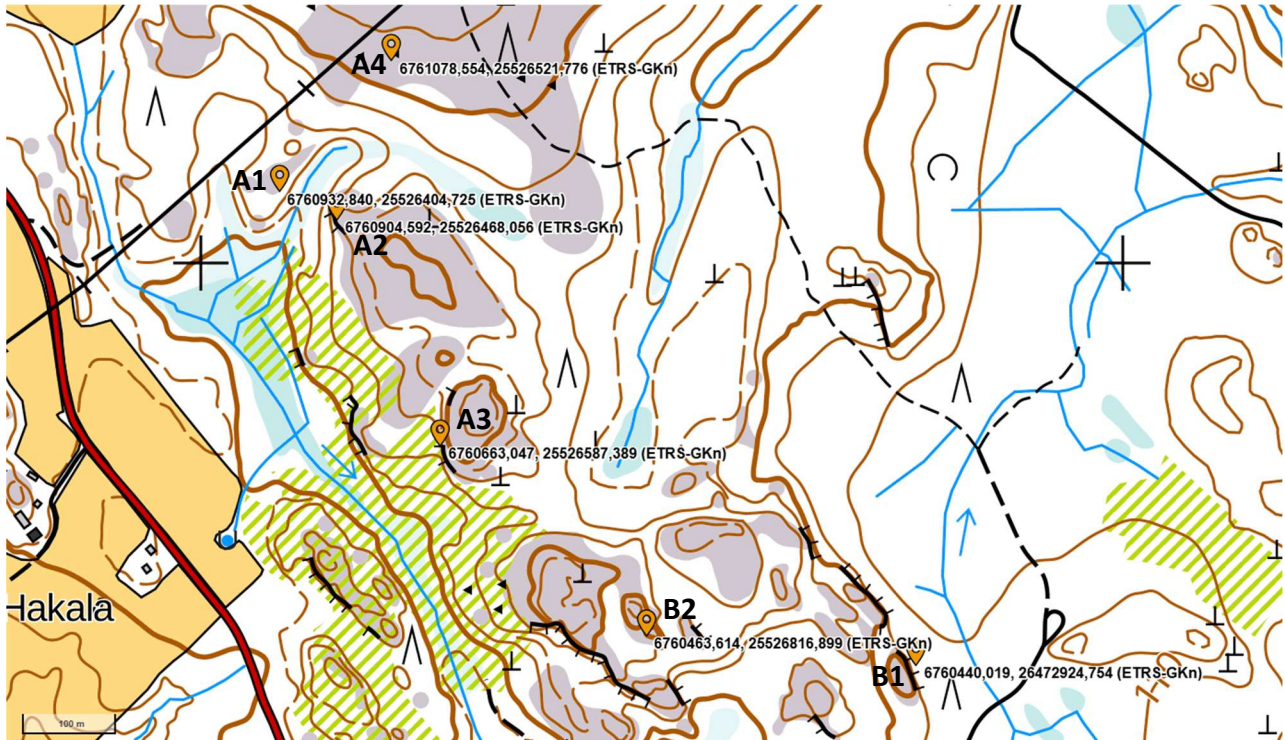
T1-alueella maaperä koostuu monentyyppisistä maamateriaaleista sekä kalliokiviaineksesta. Kierrätysalueen rakentamisen yhteydessä muodostuu maamassoja ja kalliokiviainesta, joita voidaan hyödyntää paikallisesti alueella, sekä Lahden seudun rakennuskohteissa. Tässä kappaleessa kuvataan yleisesti kohteessa esiintyvien koheesio- ja moreenimaiden ominaisuuksia ja hyötykäyttökelpoisuutta, sekä yksityiskohtaisemmin alueelta saatavaa kalliokiviainesta, josta pohjatutkimusten yhteydessä otettiin näytteitä, ja selvitettiin kiviaineksen käyttökelpoisuutta infrarakentamisessa.

4.1 T-1 alueelta saatavan kalliokiviaineksen laatu ja hyötykäyttökelpoisuus

Kallionäytteenotossa tavoitteena oli ottaa jokaisesta kivilajista näytettä noin 50 kg kokoomanäytteenä siten, että eri alueilta otettua samaa kivilajia yhdistettäisiin yhteen kokoomanäytteeseen.

Näytteenotot aloitettiin tutkimusalueen pohjoisosasta, jossa kallionäytettä kerättiin alueilta 1–4 (Kuva 10). Kyseisen alueen kokoomanäytteelle annettiin nimi N1. Kivilajina alueilla 1–4 oli silmä määräisesti määriteltynä heikosti suuntautunut granodioriitti tai graniitti (koska kalimaasälvän ja plagioklaasin määrä vaikutti vaihtelevan). Kokonaisuutena katsottuna kivi oli melko homogeenista syväkiveä.

Toinen osa kallionäytteenottoa suoritettiin alueen eteläosassa, jossa kallionäytettä otettiin alueilta B1 ja B2 (Kuva 10). Alueen kokoomanäytteelle annettiin nimi N2. Tällä alueella kivi oli kokenut selvästi enemmän deformaatiota, jonka vuoksi sitä voisi silmämääräisen tarkastelun perusteella kutsua graniittigneissiksi. Kivi oli huomattavasti heterogeenisempaa, raitaista ja voimakkaasti suuntautunutta kuin alueilla A1-A4. Näytteenottojen päätteeksi jokaiselta näytteenottoalueelta mitattiin piste, jonka läheisyydestä näytteenottoa on tehty.



Kuva 10. Kallionäytteenoton näytteenottoalueet merkittynä kartalle. Mitattu 13.2.2025, Taratest Oy.

Näytteet tutkittiin Taratest Oy:n PANK-hyväksytyssä laboratoriossa Pirkkalassa, lukuun ottamatta petrografista kuvausta, joka teetettiin Labroc Oy:ssä. Testaukset suoritettiin 17.2 – 1.4.2025 välisenä aikana. Tulokset ja käytetyt testausmenetelmät on esitetty taulukossa 3. Petrografiset kuvaukset ovat liitteenä 1.

Taulukko 2. Kiviainesnäytteiden lujuuskokeiden testaustulokset ja käytetyt menetelmät.

	LA-luku (SFS-EN 1097-2)	Kuulamylyarvo K_R (PANK 2207)
Näyte 1 (N1)	40	32
Näyte 2 (N2)	30	27

Taulukko 3. Kiviainesnäytteiden kiintotiheys ja vedenimeytymisen arvo, SFS-EN 1097-6.

	Kiintotiheys, näennäinen ρ_a [Mg/m ³]	Kiintotiheys, uunikuivattu ρ_{rd} [Mg/m ³]	Kiintotiheys, kyllästetty ja pintakuivattu ρ_{ssd} [Mg/m ³]	Vedenabsorptio WA ₂₄ [%]
Näyte 1 (N1)	2,72	2,70	2,71	0,3
Näyte 2 (N2)	2,80	2,77	2,78	0,3

Tutkimustulosten perusteella kiviaineksen käytölle maa- ja vesirakentamisessa ei ole estettä. Kiviaines soveltuu myös betonin kiviainekseksi, mutta ei korkealujuusbetoniin. Kiviaineksen LA-luku on korkea, joten se ei todennäköisesti sovellu kantaviin kerroksiin. Toinen näytteistä täyttää kuitenkin juuri InfraRYL 2010 vaatimuksen LA₃₀. Tuotannon aikainen testaus määrittelee tarkemmin ko. soveltuvuuden. Korkea LA-luku rajaa kiviaineksen käyttömahdollisuuksia, mutta ei estä sen käyttöä maa- ja vesirakentamisessa.

Kiviaines ei sovellu asfaltin kiviainekseksi tie- ja katualueille, sillä sen kuulamyllyarvo on korkeahko. Näytteen 2 kiviaines voi soveltua vähäliikenteisille teille (KVL alle 500 autoa/vrk, A_{N30}). Ennakkonäytteillä ei vielä saada tarkkaa tulosta kulumiskestävyydestä, joka määritetään tuotannon aikaisella testauksella standardin SFS-EN 1097-9 mukaan. Tässä tapauksessa tuloksista on kuitenkin selkeästi pääteltävissä, että korkeintaan näytteen 2 kiviaines voi soveltua vähäliikenteisten teiden asfalttipintauksiin.

Em. perusteella kiviainesta voidaan käyttää seuraavissa:

- Kevyen liikenteen väylien rakennekerrokset
- Päälystämättömien teiden pintausta ja kunnossapito
- Betonin kiviaines, huomioiden ettei sovellu korkealujuusbetoniin
- Katu- ja tierakenteiden jakavat kerrokset
- Täytöt ja penkereet.

4.2 Koheesiomaiden laatu ja hyötykäyttökelpoisuus

Koheesiomaat, kuten savi ja siltti, ovat hienorakeisia maita, joille on ominaista merkittävä koheesio eli partikkelien välinen sisäinen kitka, mutta usein heikko kantavuus ja suuri painuma-alttius. Geoteknisten ominaisuuksiensa vuoksi koheesiomaat eivät sovellu maarakentamiseen yleensä ilman esikäsitteilyä. Ne voivat kuitenkin olla hyödyllisiä tietyissä maa- ja ympäristörakentamisen kohteissa, kun käyttö perustuu maamateriaalin tiivistyvyyteen, tiiviyyteen tai massan tasapainotukseen.

Koheesiomaita voidaan hyödyntää esimerkiksi:

- Täyttöihin ja massanvaihtokohteisiin, joissa kantavuusvaatimukset ovat vähäisiä.
- Maisemointitöihin ja maastonmuotoiluun, esimerkiksi kaatopaikkojen peittorakenteissa tai melu- ja näköestevallituksissa.

- Hulevesien hallintaan, erityisesti viivytys- ja kosteikkorakenteissa, joissa saven tai silttisen maan pieni vedenläpäisevyys auttaa veden pidättämisessä ja ohjauksessa.
- Tiivyskerroksiksi tai eristäviksi maakerroksiksi, esimerkiksi kaatopaikkojen sulkurakenteisiin tai pilaantuneiden maiden kapselointeihin.
- Tilapäisten rakenteiden perustaksi, kuten työmaatäyttöihin, jos painuma ja routivuus voidaan hyväksyä tai hallita.

Koheesiomaiden hyödyntäminen edellyttää usein suunnitelmallista käsittelyä. Tavallisia menetelmiä ovat massan stabilointi, kuivatus, varastointi kuivumista varten tai sekoitus karkearakeisten maa-ainesten kanssa. Hyötykäyttö on ympäristön kannalta sekä taloudellisista syistä perusteltua, kun halutaan välttää suuria kuljetusmatkoja ja uuden materiaalin käyttöä.

4.3 Moreenimaiden laatu ja hyötykäyttökelpoisuus

Moreenimaat koostuvat vaihtelevassa suhteessa hienoaineksesta, hiekasta, sorasta ja kivistä. Niiden geotekniset ominaisuudet vaihtelevat suuresti raekokojakauman mukaan. Kohteessa on todennäköisesti sekä siltti- että hiekkamoreenia. Silttimoreeni on hienorakeinen ja usein routiva maa, kun taas hiekkamoreeni on karkeampi, paremmin kantava ja vähemmän routiva.

Hiekkamoreeni soveltuu yleisesti hyvin maarakentamiseen, erityisesti:

- **Täyttöihin ja penger- sekä kenttärakenteisiin**, joissa vaaditaan kohtalaista kantavuutta ja tiivistyvyyttä.
- **Jakaviin ja suodatinkerroksiin**, kun raekoko ja hienoaineksen määrä ovat sopivia (vaatii testauksen).
- **Routimattomiin kerroksiin**, kun moreeni ei sisällä liikaa hienoainesta (vaatii testauksen).
- **Työmaatäyttöihin ja tilapäisiin rakenteisiin**, joissa paikallisesti saatavilla olevien massojen hyödyntäminen tuo merkittäviä kustannus- ja ympäristöhyötyjä.

Silttimoreeni on käyttökelpoista erityisesti:

- **Täyttömateriaalina matalissa rakenteissa**, joissa ei vaadita korkeaa kantavuutta.
- **Maisemointiin ja massanvaihtokohteisiin**, kun huomioidaan mahdollinen routivuus ja tiivistyvyys.
- **Meluvallien ja muiden suurivolyymisten täyttörakenteiden materiaalina**, erityisesti alueilla, joissa maanläheisyys ja käytettävyyys ovat tärkeämpiä kuin tekniset huippuominaisuudet.

Silttimoreenin käyttöä rajoittaa sen taipumus routimiseen ja heikkoon vedenläpäisyyteen, mutta sen käyttö voi siltti olla kannattavaa, mikäli käyttöolosuhteet sallivat tai rakennekerrokset suunnitellaan sen mukaisesti. Molempien moreenityyppien käyttö edistää materiaalien kierrätystä ja paikallisten maa-ainesten hyödyntämistä, mikä vähentää tarvetta kuljettaa maamassoja pitkiä matkoja ja säästää neitseellisiä luonnonvaroja.

5 Massojen hyödyntäminen ja sijoitus

Kierrätysalue tulee olemaan suurelta osin päällystettyä kenttärakennetta. Alueella pyritään hyödyntämään hakkeen omia massoja mahdollisimman tehokkaasti niiden lujuus ja geotekninen soveltuvuus huomioiden. Materiaalien käyttökelpoisuutta rajoittavat kuitenkin kappaleessa 4 esitetyt seikat. Kiviaineksen osalta LA-luku 30–40 rajoittaa sen käyttökelpoisuutta kantavissa rakennekerroksissa. Kiviaineksen kulutuskestävyys rajoittaa sen soveltuvuutta asfaltin kiviaineksena. Mikäli hankkeelta muodostuvia kalliokiviaineksia myydään seudullisiin hankkeisiin, niiden käyttö rajoittuu kappaleessa 4 esitettyihin käyttökohteisiin. Tällä on vaikutusta alueelta saatavan materiaalin taloudelliseen ja ekologiseen hyötyyn – vaikka louhintamassoja syntyy, niiden käyttömahdollisuudet ovat rajoitettuja.

On myös huomioitava, että suunnitelma-alueen muutoksista johtuen, ei EO1-alueelta vielä ole saatavilla tietoja kiviaineksen mahdollisista laatumuutoksista.

5.1 Kiviaineksen valinta: kustannus-, ympäristö- ja standardinäkökulmat

Asfalttikentän kiviaineksen valinnassa on tarkasteltu vaihtoehtoja, jotka täyttävät tekniset vaatimukset ja samalla minimoivat sekä kustannukset että rakentamisen hiilijalanjäljen. Kohteen liikennekuormitus jää käytännössä vähäiseksi (KVL < 500 ajoneuvoa/vrk), ja käyttö painottuu materiaalien varastointiin ja käsittelyyn, ei jatkuvaan liikenteeseen. Tämän perusteella voidaan harkita alueelta saatavan kiviaineksen käyttöä, jonka kuulamylyarvo (AN) ylittää arvon 19. Kyseisen kiviaineksen käyttö voi merkittävästi alentaa kustannuksia, erityisesti kun materiaali olisi saatavilla lähialueelta. Paikallisen kiviaineksen hyödyntäminen vähentää myös kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä, mikä tukee kiertotalouden ja vähäpäästöisen rakentamisen periaatteita. Lisäksi kestävä käyttö tällaisessa kohteessa, jossa liikenteellinen rasitus on vähäinen, ei todennäköisesti lyhennä päällysteen käyttöikää merkittävästi.

Asfalttinormit 2023 määrittelevät pääasiassa liikennöityjen teiden ja katujen asfalttimassojen vaatimuksia, ja niissä viitataan eurooppalaiseen tuotestandardiin SFS-EN 13043 sekä kansalliseen soveltamisstandardiin SFS 7004. Maa- ja vesirakentamisessa käytettävien kiviaineksien osalta sovelletaan standardia SFS-EN 13242, joka kattaa esimerkiksi murskeet ja sorat, joita käytetään kantavissa ja suodatinkerroksissa. Tutkitut kiviainekset täyttävät testatuilta osin ko. standardien vaatimukset. Kohteessa ei voida suoraan soveltaa asfalttinormien vaatimuksia, sillä kyseessä on kierrätysalue, jonka toiminnallisuus poikkeaa tie- ja katualueen käytöstä. Em. perusteella kiviainesta voitaisiin siis käyttää myös kohteen asfalttipäällysteessä. Päällysteen suunnittelussa tulee huomioida riittävän vahva kulutuskerros. Kantavaan kerrokseen tulee käyttää hyvälaatuista kiviainesta, joka täyttää vaatimuksen LA 30, jotta kuormat jakautuvat tasaisesti, mikä pidentää myös asfaltin käyttöikää, ja vähentää paikkaustarvetta. Tästä syystä kantavaan kerrokseen suositellaan muualta tuotavaa kiviainesta tai kohteeseen soveltuvaa uusiomaamateriaalia.

Myös jakavaan kerrokseen/tukikerrokseen on suositeltavaa käyttää alueelta saatavaa kiviainesta, Kierrätyskentän päällystetyn alan ollessa arviolta n. 76 ha, voidaan karkeasti arvioida materiaalimekkinä näihin. Ojituksille, ja vesienhallintaratkaisuille arvioidaan alustavasti n. 15 ha tilantarve. Inf-

raRYL 2010 kantavuusvaatimuksista kohteeseen voidaan soveltaa katuluokkaa 2 tai 3, sekä pohjaan luokkaa F (siltti/moreeni). Tällöin suositeltava tukikerroksen paksuus olisi n. 75 cm, ja rakenteeseen tiivistettyä kalliomursketta (2,1 tn/m³) kuluisi alueella n. 922 500 m³. Käytännössä suuri osa alueesta on kuitenkin louhintapohjainen, tarkempi arvio rakennekerrosten massoista on esitetty kappaleessa 7. Laskelma on tehty arvioiden, että noin puolet päällystettävästä alueesta tulisi perustettavaksi louhitulle pohjalle.

Alueelta saatavan kiviaineksen laadun takia on myös suositeltavaa pyrkiä rajoittamaan muodostuvien kalliomassojen määriä ja hyödyntämään kiviainesta paikallisesti.

5.2 Moreenimaiden ja koheesiomaiden hyötykäyttö

Moreenimaiden osalta hyötykäyttökohteet ovat seuraavat:

- Täytöt ja penkereet

Hienoainespitoisten maiden osalta käyttöä rajoittaa geotekninen heikko kantavuus, ja suuri vesipitoisuus. Nämä materiaalit soveltuvat lähinnä maavalleihin ja täyttöihin, joihin ei kohdistu merkittäviä kuormia (maisemointitäytöt). Alueelle suunnitteilla olevan kierrätyskentän rakenteita varten hienoainespitoisia maita voidaan sijoittaa seuraaviin kohteisiin:

- Niskaojituksen tueksi tiivistyspenkereeksi (estämään alueella muodostuvien hulevesien pääsyn alueen ulkopuolelle esimerkiksi tulvatilanteessa.) Niskaojat ovat kuivatusoja, jotka sijoitetaan suunnittelu- tai työalueen "yläpuolelle", eli yleensä rinteen tai leikkausalueen yläreunaan. Niiden tehtävänä on katkaista ja ohjata valumavedet pois työalueelta, ennen kuin ne pääsevät valumaan rinteeseen tai rakenteisiin ja aiheuttamaan eroosiota, liettymistä tai kosteushaittoja. Niskaoja estää näin sade- ja sulamisvesiä kertymästä käsiteltävälle alueelle ja vähentää muun kuivatusjärjestelmän kuormitusta. Tiivistyspenger niskaojituksen vieressä estää puolestaan alueelta muodostuvien hulevesien pääsyn niskaojaan, ja täten estää alueella muodostuvien hulevesien sekoittumisen alueen ulkopuolisiin vesiin.

Karkeasti arvioiden kierrätysalueen piiri on n. 5 km. Mikäli maavalli rakennetaan 0,5 m korkeaksi, ja luiskaus 1:3, menee alueen ojitusta tukevaan maavalliin 6 500 t maa-ainesta, eli n. 3800 m³.

Tasausaltaiden pohjiin voidaan myös käyttää hienoainespitoista materiaalia vesisulkuna, mikäli materiaali vastaa geotekniseltä rakeisuudeltaan esimerkiksi laihaa savea. Alueille varattua alaa on alustavissa suunnitelmissa n. 3 ha, mikä merkitsee puolen metrin kerroksena n. 15 000 m³. On myös huomioitava, että savimateriaalin tiivistys edellyttää erityistä maarakennuskalustoa ja osaamista. Mikäli alueella käsitellään pima-maita, asetetaan alaiden vesisululle kuitenkin ympäristöviranomaisen toimesta todennäköisesti sellaisia vaatimuksia, että pohjan suojauksessa päädytään bentoniittimattoon tai muovikalvoon.

6 Esirakentaminen ja pohjanvahvistustyöt

Kierrätyskentän alueen esirakentaminen edellyttää maaperän ominaisuuksien huomioimista ja erilaisten maa-ainesten käsittelyä osana kenttärakenteiden perustamista. Alueella esiintyy vaihtelevia

vasti kallio-, moreeni- sekä hienorakeisia savi- ja silttimaita. Alueen pohjoisosissa suoritetaan enemmän louhintaa, lähes koko alueella on moreenimaiden poistoa, minkä lisäksi tuleva alueen tasaus edellyttää myös savi- ja silttimaiden poistoa. Em. eivät suoraan sovellu kantavuudeltaan tai routivuudeltaan kenttärakenteiden perustaksi.

Pehmeiden koheesiomaiden alueilla suositellaan toteutettavaksi esikuormitusta käyttämällä alueelta saatavaa mursketta, jota hyödynnetään myöhemmin käsittelykentän jakavan kerroksen materiaalina. Esikuormitus toteutetaan kasaamalla mursketta suoraan hienorakeisten maakerrosten päälle. Esikuormitusalueiden lopullinen sijainti ja tarve tarkentuu suunnitelmien edetessä. Huomiona, että tulevan tasauksen takia osin näiltä alueilta poistetaan maita, mikä vähentää esikuormituksen tarvetta, mikäli näille alueille ei ole odotettavissa suuria kuormia kierrätysalueen toiminnassa. Esikuormitusta suositellaan erityisesti alueille, joihin on tulossa suuria materiaalien varastokasoja (painavat kuormat).

Esikuormituksen tavoitteena on vähentää maaperän painumia ja parantaa kantavuutta ennen pysyvän rakennekerroksen rakentamista. Suodatinkankaita voidaan myös käyttää esikuormituksessa urakoitsijan suositusten mukaisesti.

Tavoitteena on hyödyntää alueella syntyviä tai louhittavia materiaaleja mahdollisimman tehokkaasti paikan päällä, minimoiden kuljetustarpeet, mikä tukee hankkeen ympäristötavoitteita ja vähentää rakentamisen kokonaispäästöjä.

7 Kenttärakenteet ja rakennekerrokset

Kentän rakennekerrokset toteutetaan teknisten vaatimusten ja kentän käyttötarkoituksen mukaisesti vaiheittain siten, että alimpana on jakava kerros, sen päällä kantava kerros ja ylin päällysrakenne muodostuu sidotuista rakennekerroksista ja kulutuskerroksesta. Kentän käyttötarkoitus vaikuttaa oleellisesti rakennekerrosten suunnitteluun. Alla esitys tavanomaisen logistiikkakentän rakennekerrosratkaisusta.

Jakava kerros rakennetaan noin **800 mm** vahvuiseena, ja sen materiaalina käytetään kierrätyskentän alueella louhittavaa ja murskattavaa kiviainesta. Jakava kerros tasaa pohjamaan rasituksia ja toimii alustana ylemmille rakennekerroksille. Koska materiaali saadaan pääosin paikan päältä, voidaan vähentää kuljetuksia ja näin pienentää sekä kustannuksia että rakentamisen hiilijalanjälkeä.

Kantava kerros toteutetaan murskeesta **150 mm** vahvuiseena. Tämä kerros rakennetaan pääosin muualta tuotavasta kiviaineksesta, koska vaatimusten mukaisen murskeen laatu ja rakeisuus eivät kaikilta osin täyty alueella saatavilla materiaaleilla. Kantavan kerroksen tehtävä on jakaa liikennekuormia ja tukea sidottuja kerroksia.

Sidottu kantava kerros (AB) tehdään **130 mm** paksuisena, ja siihen voidaan käyttää jalostettua alueen kiviainesta asfaltin raaka-aineena, mikäli tekniset vaatimukset täyttyvät. **Kulutuskerros 70 mm** asfaltoidaan samalla periaatteella, hyödyntäen mahdollisuuksien mukaan alueen omia kiviaineita, mikäli ne täyttävät asfalttinormien (PANK Asfalttinormit 2023) vaatimukset vähäliikenteisille alueille.

Taulukossa (Taulukko 4) on esitetty alustava arvio materiaalmääristä alueille, joissa pohjamaa on moreenia/koheesiomaata. Arviossa on käytetty massalaskennasta saatuja laskelmia alueiden koosta. Taulukossa (Taulukko 5) on esitetty alustava arvio materiaalmääristä alueille, joissa pohjamaa on kalliota, myös massalaskennasta saatujen laskelmien perusteella.

Louhepohjaisille osille käytetään hieman toisentyypistä rakennetta, josta tarkempi kuvaus taulukossa 7.

Taulukko 4. Kierrätyskentän alustavat rakennekerrokset pohjamaan ollessa moreenia tai koheesiomaata (arviolta n. 41 ha).

Rakennekerros	Paksuus (m)	Tilavuus (m ³)	Kiviaineksen alkuperä
Jakava	0,75	308 000	Alueelta saatava
Kantava	0,15	63 000	Muualta tuotava
Sidottu kantava (AB)*	0,13	55 000	Alueelta saatava
Kulutuskerros (AB)*	0,07	30 000	Alueelta saatava

**Sideaineen ja tyhjätilan huomiointi, karkea arvio n. 10 %*

Taulukko 5. Kierrätyskentän alustavat rakennekerrokset pohjamaan ollessa kalliota (karkeasti arvioiden 41 ha).

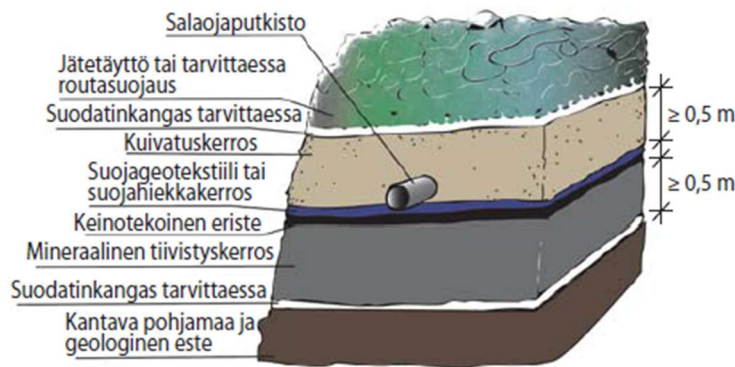
Rakennekerros	Paksuus (m)	Tilavuus (m ³)	Kiviaineksen alkuperä
Kiilaus 0/63 mm murske	0,15	63 000	Alueelta saatava
Tasauskerros 0/32 mm murske	0,15	63 000	Muualta tuotava
Sidottu kantava (AB)	0,13	55 000	Alueelta saatava
Kulutuskerros (AB)	0,07	30 000	Alueelta saatava

**Sideaineen ja tyhjätilan huomiointi, karkea arvio n. 10 %*

Pehmeiden maakerrosten ja jakavan kerroksen väliin suositellaan käytettäväksi suodatinkangasta, erityisesti silloin kun kenttä rakennetaan savi- tai silttimaalle. Suodatinkangas estää hienoainesten nousemisen rakennekerroksiin, parantaa pitkäaikaista kantavuutta ja vähentää routavaurioiden riskiä. Käyttö on erityisen perusteltua kohteissa, joissa liikennekuormat vaihtelevat tai pohjamaa on kosteusherkkää.

7.1 Loppusijoitusalueiden pohjarakenteet

Päivitetty osayleiskaavaluonnos 12/2025 mahdollistaa osan kierrätysalueen käytöstä loppusijoitusalueena (EJ/EO), jolloin pohjarakenteessa tulee huomioida sijoitettavien materiaalien ympäristönäkökohdat sekä geotekniset ominaisuudet. Sijoitusalueen pohjarakenteessa on käytettävä tiivistysrakennetta, jolla estetään mahdollisten suotovesien valuminen pohjamaahan. Tarkempi rakennesuunnittelu tulee tehdä myöhemmässä suunnitteluvaiheessa. Tässä raportissa rakennekerroksia on esitelty yleisellä tasolla aluesuunnittelua varten.



Kuva 11. Periaatekuva kaatopaikan pohjarakenteesta, INFRA 15-710194

7.2 Eroosiosuojaus

Rakennettavuusselvityksen perusteella ei ole esitetty tarvetta suorittaa laajamittaista läjitystä tai korkeita täyttöjä kenttäalueella Koivusillanjoen läheisyydessä, mutta EO/EJ-alueelle muodostuu korkeitakin täyttöluiskia. Seuraavassa annetaan yleisohjeet eroosiosuojauksen toteutukseen.

Eroosiosuojauksen suositukset:

- **Täyttöluiskat:** Mikäli täyttöjä tehdään, tulee koko luiska suojata eroosiota vastaan. Suositeltavia menetelmiä ovat:
 - Lohkarekivien käyttö luiskan pinnassa tai jalustassa, erityisesti veden valumareittien kohdalla.
 - Kasvillisuuspeitteet: nurmetus tai muuta nopeasti juurtuvaa kasvillisuutta, joka sitoo pintamaata. Tämän toteutus edellyttää usein pintamaan vakauttamista ja tarvittaessa juurtumista tukevia verkkoja.
 - Biohajoavat suodatinkankaat tai eroosiosuojamatot eroosion hallintaan erityisesti rakentamisen alkuvaiheessa. Maatuvat suojarakenteet, kuten kookoskuidusta tai juutista valmistetut matot, tarjoavat tehokkaan suojan pintavaluntaa ja eroosiota vastaan ennen kasvillisuuden vakiintumista. Ne tukevat samalla siemenkasvillisuuden juurtumista ja luonnollista maisemointia ilman pysyviä rakenteita. Tällaiset ratkaisut ovat ympäristöystävällisiä ja tukevat alueen luontaista kehitystä. Lisäksi biohajoavat materiaalit vähentävät kunnossapidon tarvetta myöhemmässä vaiheessa, kun suojauksen tehtävä siirtyy kasvillisuudelle.

- **Luonnonrinne:** Mikäli rakentaminen ulottuu lähelle nykyistä luonnollista rinnettä, myös tämä alue voi edellyttää suojausta eroosion ehkäisemiseksi, etenkin jos pintavesivalunnat ohjautuvat rinteeseen. Sama suojausperiaate pätee kuin täyttöluisien kohdalla, ja lohkarakiveys sekä kasvillisuuspeitteet voivat olla soveltuvia ratkaisuja.

Toteutettavat eroosiosuojauksen ratkaisut tulee valita paikallisten maaperäolosuhteiden ja veden virtausolosuhteiden perusteella.

7.3 Hulevesialtaat, ojitus ja vesiensuojeluratkaisut

Alueelle on suunnitteilla mm. pilaantuneiden maiden (pima) vastaanotto ja sijoitus, mikä edellyttää mahdollisesti kaatopaikkarakenteisiin rinnastettavia pohjarakenteita sekä erityistä huolellisuutta alueen vesienhallinnassa ja vesiensuojelussa. Koska suunnittelu on alkuvaiheessa, eikä pilaantuneiden maiden kokonaismäärästä, sijoittumisesta tai haitta-ainepitoisuuksista ole saatavilla tarkkoja tietoja, ei selvityksessä voida yksityiskohtaisesti määritellä tarvittavia suojaus- ja hallintarakenteita.

Alustavan arvion mukaan kierrätysalueen pinta-alasta noin 122 ha muodostaa kenttä- ja liikennealuetta, ja noin 15 ha varataan vesienhallinnan ja vesiensuojelun tarpeisiin. Alueen ojitus, hulevesien viivytys- ja selkeytysratkaisut sekä suotovesien mahdollinen käsittely edellyttävät kuitenkin yksityiskohtaista suunnittelua, jossa huomioidaan muun muassa alueen maaperän laatu, valuma-alueet, vastaanotettavien maiden ominaisuudet sekä ympäröivien vesistöjen suojelutarpeet.

Suositellaan, että alueelle laaditaan yksityiskohtainen vesienhallinta- ja vesiensuojelusuunnitelma siinä vaiheessa, kun alueen käyttötarkoitus ja toiminnalliset ratkaisut tarkentuvat. Suunnitelman tulee sisältää mitoitusperusteet, rakenteiden sijoittelu, tarvittavat suojarakenteet (esim. tiivistys- ja keräysrakenteet, öljynerottimet, selkeytysaltaat) sekä toimenpiteet valuma- ja suotovesien hallitsemiseksi ja käsittelemiseksi ennen purkua ympäristöön. Suunnittelussa on huomioitava ympäristönsuojelulain (527/2014) ja valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista (331/2013) vaatimukset, mikäli alueelle sijoitetaan pysyvästi pilaantuneita maita.

7.4 Hulevesialtaiden tekniset vaatimukset ja sijoittelu

Alustavissa suunnitelmissa alueelle oli suunniteltu kolme suurikokoista hulevesialtasta, kaikki sijoitettuna samaan osaan aluetta, tarkoituksena kerätä alueen valumavedet keskitetysti yhteen paikkaan. Vaikka alueen pinnanmuodot ohjaisivatkin virtaamia osittain samaan suuntaan, tällainen ratkaisu ei ole teknisesti tai toiminnallisesti suositeltava. Alueella tullaan käsittelemään erilaisia materiaaleja – mukaan lukien mahdollisesti pilaantuneita maita – joilla on erilaiset hulevesien laatuvaatimukset, puhdistustarpeet ja ympäristöriskit. Kolmen yhteiseen paikkaan sijoitetun altaan malli ei mahdollista näiden erityispiirteiden hallintaa tai riskien erottelua.

Lisäksi suureen yksittäiseen allasryhmään kohdistuu suuria virtaamapiikkejä, mikä heikentää veden viipymää ja puhdistustehoa. Keskitetty ratkaisu vaikeuttaa myös altaiden kunnossapitoa, erityisesti lietteenpoistoa ja rakenteiden huoltoa, ja voi lisätä tulvariskiä poikkeuksellisissa sääolosuhteissa.

Suosittelaaan, että hulevesialtaat sijoitetaan hajautetusti alueen eri osiin, siten että ne palvelevat selkeästi rajattuja toiminnallisia kokonaisuuksia (esim. kenttäalueet, materiaalien käsittelyalueet, huoltoreitit) ja mahdollistavat aluekohtaisen huleveden laadunhallinnan. Hajautettu malli parantaa veden puhdistumista, helpottaa kunnossapitoa ja vähentää paikallisia ylikuormituksia ja tulvariskejä.

On myös todennäköistä, että alueen toimintaa ohjataan ympäristöluvalla, mikäli alueella vastaanotetaan ja käsitellään pilaantuneita maita tai muita ympäristön kannalta kuormittavia materiaaleja. Ympäristöluvassa esitetään usein tarkkoja vaatimuksia hule- ja suotovesien laadun seurannalle. Tällöin hajautettu allasratkaisu tukee myös valvontaa ja raportointia: kun altaat palvelevat erillisiä osa-alueita, voidaan kuormituslähteitä ja veden laatua seurata luotettavammin ja aluekohtaisesti. Tämä helpottaa paitsi viranomaisvalvontaa myös toiminnanharjoittajan vastuullista raportointia ja mahdollisten ongelmien paikantamista.

Hulevesialtaiden teknisessä suunnittelussa on huomioitava seuraavat peruseriaatteen:

- Altaiden muoto ja pinta-ala vaikuttavat suoraan viipymäaikaan ja puhdistustehokkuuteen. Laajat, matalat ja loivapohjaiset altaat (kaltevuus yleensä 1:3 tai loivempi) edistävät kiintoaineen laskeutumista ja mahdollistavat kasvillisuuden hyödyntämisen puhdistuksessa.
- Altaiden syvyyden tulee pysyä maltillisena (yleensä 0,5-1,5 metriä) huollon ja turvallisuuden varmistamiseksi.
- Altaat tulee varustaa padotus- ja virtaamansäätörakenteilla, jotka tasaavat virtaamia ja estävät eroosiota.
- Mahdollisuuksien mukaan suositellaan myös öljynerottimia, suodattavia pintarakenteita tai kosteikkovyöhykkeitä, erityisesti, jos alueella käsitellään maita, joissa on haitta-aineita tai raskasmetalleja.

Hajautettu ja toiminnallisesti perusteltu altaiden sijoittelu tukee paitsi ympäristönsuojelua myös alueen käytännön toimivuutta, pitkäaikaista kunnossapitokelpoisuutta sekä viranomaisvalvonnan ja luvanvaraisten seurantavelvoitteiden toteutusta.

7.5 Uusiomateriaalien käyttö

Alueelle laaditussa YVA-Selostuksessa (Lahden seudun kierrätyspuisto) on arvioitu, että VE1:ssä voitaisiin hyödyntää n. 0,5 milj. m³ uusiomateriaaleja alueen rakennekerroksissa. Käytännössä sekä jakavaan, että kantavaan kerrokseen olisi mahdollista hyödyntää betonimursketta, joka lujittuu rakenteessa. Kuitenkin alueella vaadittavien louhintatöiden, ja muodostuvien suurien kalliomassojen vuoksi olisi suositeltavaa käyttää alueen omaa kiviainesta jakavassa kerroksessa. Koska alueen kiviainesta ei suositeltu kantavaan kerrokseen, suositellaan betonimurskeen käyttöä erityisesti kantavassa kerroksessa korvaamaan neitseellisiä kiviaineita. Betonimurskeella olisi todennäköisesti mahdollista saavuttaa riittävä kantavuus ko. käsittelykentällä. Rakennekerrokset tulevat olemaan asfalttipäällysteisiä (20 cm), jolloin sidottuja peittokerroksia tulee riittävästi, eikä betoni pääse suoraan kontaktiin sadevesien kanssa.

8 Alueen koon optimointi ja stabiliteettitarkastelu

T-1-alueen stabiliteettia ja Koivusillanjoen suojaetäisyyksiä suunnittelualueesta on tarkasteltu selvityksessä *22178 Kierrätysalueen osayleiskaavan rakennettavuus- ja massatasapainoselvitys sekä kustannusarviointi, loppuraportti, Hollolan kunta*. 30.6.2025, kappaleessa 7. Suunnittelualue on muuttunut merkittävästi alkuperäisestä, mutta ko. selvityksessä määritetty jokilaakson suojavyöhyke, sekä stabiliteetin kannalta olennainen vyöhyke, jonka ulkopuolelle ei suositella rakennuksia tai pysyviä rakenteita, pysyvät tässä selvityksessä samoina. Myös uusi kaavaehdotus, sekä laaditut luonto- ym. selvitykset ottavat kantaa suojaetäisyyksiin, ja ne on huomioitu tasauksen suunnittelussa.

Tasaus suunnittelualueella on tehty oletuksella, että tasaus tähtää ensisijaisesti kierrätysliiketoiminnan käynnistämiseen, ja näin ollen massojen optimointiin. Mikäli tulevaisuudessa kalliokiviainekselle tuleekin nykyistä merkittävästi suurempi tarve, on tasausta mahdollista syventää nykyisestä EO-alueella, ja näin mahdollistaa suuremman kalliokiviainesten louhinnan.

EO/EJ-alueella vastaanottomäärät puhtaille maille, pysyvälle jätteelle ja vaaralliselle jätteelle on suunniteltu maksimissaan korkoon +156, joka on alueella nykytilassa sijaitseva korkein kohta. Vastaanottokapasiteetin mahdollista lisäämistä viidellä metrillä korkoon +161 on tarkasteltu mallintamalla. Lisäkapasiteetti toisi yhteensä n. 445 000 m³ lisätilavuuden täyttöalueelle. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Täyttömäärät eri jätelajeilla.

JÄTTEET	Alue (ha)	FINAL 3DWin-mallin perusteella maks. tilavuus sijoitettuna (m3)	Pinta	Kaava-alue	+161 korkoon (m3)	Kasvu (m3)
Pilaantumattomat maa- ja kiviainekset	18,0	2010200	Moreeni	EO/EJ	2327350	317150
- käsittelyalue	6,1		Tiivistetty murske	EO/EJ		
Pysyvät ja tavanomaiset jätteet	7,5	630970	Kaatopaikkarakenne	EO/EJ	719480	88510
- käsittelyalue	5,8		Tiivistetty murske/ tai asfaltti	EO/EJ		
- polttoaineet	4,3		Päällystetty	T-1		
Vaaralliset jätteet	7,8	816680	Kaatopaikkarakenne	EO/EJ	856059	39379
- käsittelyalue	3,4		Päällystetty	EO/EJ		
POLTOAINE JA POLTOAINEEN TUOTANTO						
Metsätähteet ja vastaavat energiajakeet, mm. risut ja kan	15,3		Sora/Murske	T-1		
Huoltovarmuuspolttoaine						
Vastaanotto ja sosiaalililat	2,7		Katettu/päällystetty	T-1		
KIERRÄTYSOIMINTA/YRITYSTONTIT	66,1			T-1		
Asfaltoitua/katettua aluetta	59,5		Päällystetty			
josta 10 % huolto/hulevesirakenteet ym.	6,6		Sora/Vesi			
Yhteensä	137,0					445039

Koska EO-alue on muuta ympäristöään korkeammalla, laajemman topografisen tarkastelun perusteella ei suositella korkeampaa täyttöä maisemakuvan takia.

9 Arvio kierrätysalueen perustamiskustannuksista

Pohjatutkimuksiin ja yleistasoiisiin arviointeihin perustuva kustannusarvio on suuntaa antava ja voi vaihdella hankkeen erityisvaatimusten mukaan, sekä suunnitelmien tarkentuessa. Arvion tekemiseen on käytetty saatavilla olevia yleistasoisia maarakennustöiden hintatietoja, sekä mm. Ramboll Finland Oy:n alustavaa kierrätysalueen luonnossuunnitelmaa sekä YVA-selostusta, joissa on alustavasti esitetty alueen toimintoja sijoitettuna.

Kustannusarviossa on käytettyjä reunaehtoja:

- Alueella on reunaojituksen tarvetta, koska alueella käsitellään jätteitä.
- Myös alueen sisällä voi olla lisätarpeita ojitukselle materiaalikasojen reunoilla.
- Alue tulee olemaan pääosin päällystettyä tai pohjamaasta eristettyä kenttää.
 - Kentän rakennekerrosten vahvuus on arvioitu soveltaen InfraRYL Katuluokan 2 /3 mukaisia vaatimuksia, sekä pohjamaan kantavuusluokan F mukaan (huomioitu myös alueet, joissa louhintaa).
 - Tiivistysrakenteita vaativat alueet, joille loppusijoitetaan käsiteltyjä materiaaleja, on esitetty erillinen kustannusarvio/m² erillisessä dokumentissa.
- Päällystämättömän alueen suuruutta on arvioitu ojitusten perusteella, sekä hulevesialtaiden pinta-alaan perustuen.
- Kaivojen määrästä on esitetty arvio luonnossuunnitelmassa oleviin avoimiin alueisiin nähden (kaivot eivät sijoitu materiaalikasojen alle).

Asfalttimassa

Mikäli hankealueella hyödynnetään alueelta saatavaa kiviainesta asfalttimassan valmistuksessa, voidaan saavuttaa seuraava kustannussäästö (Taulukko 7).

Taulukko 7. Kustannusvertailu asfalttimassan valmistukseen käytettävästä kiviaineksesta.

Kustannuserä	Ulkopuolelta (louhos 10 km)	Oma tuotanto hankealueella
Kiviaineksen hinta	10 €/t	0 €/t (raaka-aine)
Kuljetus (10 km × 0,61 €/tkm)	6,10 €/t	0 €
Jalostus / käsittely	0 €	~5 €/t
Yhteensä	16,10 €/t	5 €/t*

* Kyseessä on hinta valmistonnille, sillä tässä vaihtoehdossa kulut muodostuvat vain louhinnasta ja murskauksesta.

Jos 76 ha alueelle tarvittava kiviaines on 328 000 t (arviolta n. 95 % asfalttimassan määrästä) tuotetaan kokonaan hankealueella eikä kuljeteta 10 km päähän sijaitsevasta louhoksesta, kustannussäästö olisi arviolta n. 4 miljoonaa euroa.

Jakava kerros

Jos kentän rakennekerrokseen hyödynnetään alueen omaa kiviainesta jakavaan kerrokseen, voidaan saavuttaa seuraava kustannussäästö (

Taulukko 8). Laskelmassa jakavan kerroksen paksuus on 0,75 m ja pinta-ala 41 ha. Tällöin tilavuudeksi saadaan 308 000 m³. Kun tiivistetyn kiviaineksen tiheys on 2 100 kg/m³ = 2,1 t/m³, niin jakavaan kerrokseen tarvitaan lähemmäs 656 000 tonnia kiviainesta. Omia kiviaineita voidaan todennäköisesti käyttää myös louhepohjalle kiilaus- ja tasauserroksiin.

Taulukko 8. Kustannusvertailu louhokselta tuodun ja oman kiviaineksen käytön välillä jakavassa kerroksessa.

Kustannuserä	Louhokselta (10 km)	Oma tuotanto alueella
Kiviaineksen hinta	10 €/t	0 €/t (raaka-aine)
Kuljetus 10 km (0,61 €/tkm)	6,10 €/t	0 €/t
Jalostus / murskaus	0 €/t	~5 €/t
Yhteensä per tonni	16,10 €/t	5 €/t
Kiviainesmäärä (tonnia)	656 000 t	656 000 t
Kokonaiskustannus (€)	20 800 000 €	6 460 000 €

Jos jakavaan kerrokseen käytetään oman tuotannon kiviainesta, on mahdollista saavuttaa jopa 14,3 milj. euron kustannussäästö. Kokonaiskustannusarvio on erillisenä liitteenä 3 ja sisältää alustavan luettelon hankealueen maarakennustoimenpiteistä.

10 Rakentamisen päästöjen arviointi

Rakentamisen päästöjen arviointi on suoritettu käyttäen Infra CO₂ -datan pohjalta laskettuja päästöarvioita. Päästöjen laskennassa on otettu huomioon kaikki hankkeen keskeiset toiminnot, kuten maansiirtotyöt, raivaustyöt, kaivuut, murskaukset ja muut rakennustöiden vaiheet, joissa käytetään työmaalla käytettäviä koneita ja laitteita. Kustannuslaskelman perusteella arvioidut työkonet on liitetty kunkin työvaiheen päästöihin, ja tämän avulla on saatu laskettua koko hankkeen ympäristövaikutukset suhteessa sen toteuttamiseen käytettyihin resursseihin.

Arvioinnissa käytetyt päästötietokannat ja laskentamallit perustuvat alan vakiintuneisiin standardeihin. Työmaalla käytettävien koneiden polttoainekulutus, työtunnit ja koneiden päästöt on huomioitu päästöjen arvioinnissa. Tämän arvioinnin avulla saadaan kokonaiskuva hankkeen ilmastovaikutuksista, ja sitä voidaan hyödyntää päätöksenteossa sekä ympäristöystävällisempien ratkaisujen valinnassa rakennusprosessin eri vaiheissa.

10.1 Alueen asfaltointi ja käytettävä kiviaines

Kierrätyskentän päällystettävä alue tulee olemaan todennäköisesti poikkeuksellisen laaja, riippuen täysin lopulta alueen yritysjakaumasta, ja toiminnoista. Mikäli esimerkiksi karkeasti arvioiden noin puolet alueesta olisi päällystetty, noin 76 hehtaaria, ja päällystettyjen kerrosten yhteenlaskettu paksuus on keskimäärin 0,2 m, muodostuu kokonaismassaksi arviolta:

- Tilavuus: $760\,000\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m} = 152\,000\text{ m}^3$
- Massa (tiheys 2300 kg/m^3): $152\,000\text{ m}^3 \times 2300\text{ kg/m}^3 = 345\,000\,000\text{ kg}$

Tämä tarkoittaa, että hanke vaatii noin **345 000 tonnia** asfalttimassaa, mikä tekee siitä erittäin suuren yksittäisen massakohteen.

Kuljetusten vaikutus

Jos yksi asfaltin kuljetuskuorma olisi noin 25 tonnia, kokonaiskuormamäärä olisi yhteensä noin 14 tuhatta kuormaa. Lähin toimiva asfalttiasema sijaitsee Okeroisissa, noin 10 km:n etäisyydellä. Tämä tarkoittaa yhteensä 20 km / kuorma kuljetusmatkaa (meno-paluu). Kokonaiskuljetusmatka olisi näin ollen:

- 15 000 kuormaa × 20 km = **280 000 km**

Päästöt

Laskelmassa keskimääräinen päästökerroin asfaltin kuljetukselle 32 tonnin maansiirtoautolla on 0,150 kg CO₂e/tkm. Tällä perusteella kuljetusten hiilidioksidipäästöt olisivat:

- 345 000 t × 20 km × 0,150 kg CO₂/tkm = 1 035 000 kg CO₂ = **1 035 tonnia CO₂**

Päästöjen kokonaisarviointi on erillisenä liitteenä 4.

11 Hankkeen toteuttamiskelpoisuuden arviointi ympäristönäkökohtien perusteella

Toteutuessaan Hollolan kierrätysalue tulee merkittävästi parantamaan maa-ainesten kierrätystä ja jätteiden käsittelyä. Suunnitellun kierrätysalueen toimintaan sisältyy erilaisten jättemateriaalien, kuten maankäytöstä ja rakentamisesta syntyvien ylijäämämaiden, rakennus- ja purkujätteiden (betoni, tiili, asfaltti) sekä eriasteisesti pilaantuneiden maa-ainesten vastaanotto, käsittely, kierrätys ja uusioraaka-aineiden valmistus. Tämä mahdollistaa tehokkaan materiaalien kierrätyksen ja vähentää uuden raaka-aineen tarvetta, edistäen alueen kiertotaloutta.

Kierrätysalue tarjoaa ympäristöystävällisen ratkaisun jätteiden käsittelyyn, sillä se mahdollistaa jätteiden tehokkaan lajittelun ja hyötykäytön. Esimerkiksi Lahden seudulla on jo ennestään vahvaa osaamista ja strateginen tavoite edistää kiertotaloutta, ja uusi kierrätysalue on merkittävä investointi tulevaisuuden elinkeinoelämään ja työllisyyteen. Tämän lisäksi alue tukee jätehuollon toimintoja kehittämään ja monipuolistamaan toimintaansa.

Kierrätysalueen rakentamiseen voidaan hyödyntää paikallisesti saatavia maa- ja kiviaineksia sekä kierrätysmateriaaleja. Alueen pohjarakentamisessa voidaan hyödyntää paikallisia ratkaisuja, kuten esikuormituspenkereitä alueelta saatavilla materiaaleilla, sekä esimerkiksi hankkeen omalla asfalttiasemalla, jolla saadaan merkittävät kustannussäästöt, sekä pienennetään merkittävästi kuljetusten CO₂-päästöjä. Koska alue on pinta-alallisesti suuri, tällä on merkittävä vaikutus sekä kustannuksiin, että rakentamisen hiilijalanjälkeen. Täyttöjä voidaan toteuttaa osittain alueelta saatavalla moreenilla, ja osittain esim. hankkeen omalla louheella/murskeella.

12 Yhteenveto ja suositukset

Hyvin toteutettu ennakkosuunnittelu on keskeisessä roolissa pyrittäessä minimoimaan kierrätysalueen rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset. Samalla voidaan merkittävästi pienentää rakentamisen kokonaiskustannuksia, erityisesti silloin, kun maan- ja kallioperämassojen hyödyntäminen tapahtuu mahdollisimman paikallisesti. Hankealueen laaja pinta-ala korostaa materiaalien sisäisen kierron ja logistiikan merkitystä kokonaiskustannusten hallinnassa.

Alueelle laaditun pohjatutkimuksen perusteella kierrätysalueen rajauksia on tarkennettu siten, että suunnittelualue ei ulotu Koivusillanjoen jokilaakson läheisyyteen. Rajaukset perustuvat alueen rakennettavuuteen ja stabiliteettiin, ja samalla varmistetaan, ettei rakentaminen tai alueen tuleva käyttö heikennä vesistöjen tilaa tai aiheuta haittaa paikalliselle ekosysteemille.

Selvityksessä on tunnistettu mahdollisuuksia vähentää rakentamisen hiilijalanjälkeä suunnittelemalla kenttä useampaan korkotasoon ja optimoimalla massatasapaino siten, että leikkaus- ja täytömäärät pysyvät kohtuullisina. Tasaussuunnittelusta on tuotettu useampia versioita, ja suunnittelualue on myös muuttunut alkuperäisestä. YVA-arvioinnissa käytetyn tasauksen suunnittelussa on todennäköisesti otettu huomioon myös tulevien maarakennuskasojen vaikutus maisemakuvaan. Laskelmat kuitenkin osoittavat, että suunnitelman mukainen tasoittaminen tuottaa erittäin suuret määrät maa- ja kiviaineksia, eikä tämän toteuttaminen alkuperäisessä laajuudessaan ole kokonaistaloudellisesti perusteltua.

Selvityksen perusteella kustannustehokkain oheinen tasausratkaisu on massataloudeltaan tasapainoisin. Tässä vaihtoehdossa myös heikkolaatuisten, jatkokäyttöön huonosti soveltuvien savi- ja silttimaiden osuus jää vähäisemmäksi, vaikka niitä suunnittelualueen laajuuden takia on edelleen merkittävä määrä. Kalliokiviainesta muodostuu edelleen enemmän kuin hankkeen omiin tarpeisiin tarvitaan, mutta tätä voidaan mahdollisuuksien mukaan myydä lähialueiden rakennuskohteisiin. On kuitenkin huomattava, ettei kiviaines laadullisesti vastaa korkealaatuisten kiviaineksien vaatimuksia, joten sen kysyntä riippuu pitkälti hinnoittelusta sekä alueen aktiivisista rakennushankkeista. Pitkäkestoista kalliokiviaineksen ottotoimintaa ei kierrätysalueen kontekstissa pidetä tarkoituksenmukaisena, joten suunnittelussa tulee pyrkiä minimoimaan louhintamassojen määrää. Lisäksi osa kallioalueista on edelleen tutkimatonta.

Alueen laajuus, eri toiminnot ja käsiteltävät materiaalit edellyttävät, että hulevesialtaat sijoitetaan hajautetusti eri osa-alueille niiden toiminnallisten ja vesienlaadullisten erityispiirteiden mukaisesti. Hajautettu allasratkaisu parantaa veden puhdistumista, mahdollistaa aluekohtaisen kuormituksen hallinnan ja helpottaa altain ylläpitoa.

Alueen toiminnan perustuen ympäristölupaan, esitetään luvassa vaatimuksia hulevesien ja suoto-vesien laadun seurannalle. Tällaisessa tilanteessa on selkeä etu, jos valumavedet kerätään ja johdetaan toimintokohtaisiin, erillisiin altaisiin, jolloin eri osa-alueilta tulevan veden laatua voidaan seurata luotettavasti ja ongelmatilanteissa jäljittää niiden lähde.

Alueelle suositellaan laadittavaksi erillinen vesienhallintasuunnitelma, jossa esitetään yksityiskohteisesti eri toimintojen hulevesien virtausreitit, käsittelymenetelmät ja rakenteet. Suunnitelman laa-

timinen edellyttää tietoa alueelle sijoitettavien materiaalien määrästä ja laadusta, ja se voidaan laatia esimerkiksi osana ympäristölupaprosessia tai siihen liittyvänä selvityksenä. Vesienhallintasuunnitelma tukee sekä lupaehtojen täyttämistä että alueen toiminnan suunnittelua kokonaisuutena.

13 Jatkotutkimustarpeet

Aiemmin toteutettujen tutkimusten varsinainen tutkimuslupa saatu vain noin 65 hehtaarin alueelle. Tämän tutkimusalueen sisällä käytettävissä olleiden kairauspisteiden määrä on ollut melko vähäinen, noin 30 kappaletta, mikä ei tarjoa kattavaa kuvaa pohjaolosuhteista edes tutkimusluvan saaneella alueella. Tästä syystä käytettävissä oleva pohjatutkimusaineisto on koko suunnittelualueen mittakaavassa hyvin rajallinen. Myös suunnittelualueen raja-
aus on sittemmin muuttunut.

Tilaajan pyynnöstä alustavat suunnitelmat, massalaskelmat sekä päästö- ja kustannusarvioinnit on laadittu koko 137 hehtaarin alueelle, perustuen osittain saatavilla olleisiin tutkimustuloksiin ja osittain pohjaolosuhteiden arviointiin. Tämän seurauksena esitetyt arviot ovat luonteeltaan karkeita ja sisältävät merkittävää epävarmuutta erityisesti massatasapainon, louhintatarpeen, maamassojen hyötykäytön sekä ympäristövaikutusten ja kustannusten osalta. Jotta suunnittelua voitaisiin jatkossa tarkentaa ja päätöksenteko pohjautuisi luotettavampaan tietoon, olisi perusteltua laajentaa pohjatutkimuksia kattamaan koko suunnittelualue. Samalla myös tutkimustiheyttä alueella tulisi lisätä, jotta voidaan paremmin arvioida maaperän ja kallioperän vaihteluita sekä niihin liittyviä tekni-
siä ja taloudellisia reunaehtoja.

Massalaskentojen tarkentamiseksi suositellaan, että tutkimuksia toteutetaan koko alueelle keven-
netyllä mutta kattavalla tutkimusverkolla. Suositeltava tutkimustiheys voisi olla noin 1 tutkimuspiste per 1,5–2 hehtaaria, mikä tarkoittaisi noin 60–90 tutkimuspistettä koko 137 hehtaarin alueelle. Tämä mahdollistaa jo merkittävästi tarkemmat arviot kallionpinnan vaihtelusta ja maapeitteiden paksuudesta kuin nykyinen tutkimusverkko, mutta pysyy edelleen kohtuullisena kustannusten näkökulmasta verrattuna tiheämpiin, esim. 25–50 metrin ruutuihin perustuviin verkkoihin, jotka yleensä rakennettavuusselvityksissä ovat suosituksena.

Lisäksi alueen pohjavesiolosuhteista ei ole tällä hetkellä saatavilla riittävää tietoa. Pohjaveden korkeustaso ja mahdolliset virtaussuunnat voivat vaihdella merkittävästi alueen sisällä topografisten ja geologisten tekijöiden johdosta. Suosituksena on, että alueelle asennetaan vähintään 6–8 pohjavesiputkea, jotka sijoitetaan maastonmuodot ja mahdolliset pohjavesialueet huomioiden. Tämä mahdollistaisi sekä pohjaveden pinnankorkeuden seurannan että vesinäytteiden oton tarvittaessa. Tarkempi tieto pohjavesiolosuhteista on keskeistä erityisesti tilanteissa, joissa alueella suunnitellaan merkittäviä leikkauksia, louhintaa tai muita pohjavesitasoon vaikuttavia toimenpiteitä. Pohjavesi-seuranta tukee siten myös vesienhallinnan ja rakenteiden kuivatusratkaisujen suunnittelua sekä mahdollisten ympäristöriskien hallintaa.

Jatkotutkimukset ovat näin ollen keskeinen edellytys suunnitelmien tarkentamiselle, riskien hallin-
nalle sekä kustannustehokkaiden ja ympäristön kannalta kestävien toteutusratkaisujen valinnalle.

SELVITYKSESTÄ VASTAA

Taratest Oy

Turkkirata 9 A

33960 Pirkkala

p. 03-368 3322

www.taratest.fi

Yhteyshenkilö: Maria Penttilä

maria.penttila@taratest.fi

puh. 044 703 5944

LIITTEET

Liite 1. Alustava pinnantasaus, alue ja täyttösuunnitelma 22178-710, Taratest Oy

Liite 2. Havainnekuvat, Leikkaukset A...C, Taratest Oy

Liite 3. Arvio kierrätysalueen perustamiskustannuksista, Taratest Oy

Liite 4. Päästöjen arviointi, Taratest Oy

LÄHTEET

Asfalttinormit. (2023). *Asfalttinormit 2023: Bitumipäällysteiden tekniset vaatimukset ja ohjeet*. Päällystealan neuvottelukunta PANK ry. Saatavilla: <https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2023/03/Asfalttinormit-2023.pdf> [Viitattu 14.4.2025].

Hollolan kunta. (2025). *Ympäristö ja kaavoitus Hollolassa*. Saatavilla: <https://www.hollola.fi> [Viitattu 14.4.2025].

Hollolan kunta. (2024). *Koivusillanjoen vesistötutkimukset 2022–2023 tutkimusraportti on valmistunut*. Saatavilla: <https://hollola.fi/ajankohtaista/uutiset/koivusillanjoen-vesistotutkimukset-2022-2023-tutkimusraportti-on-valmistunut/> [Viitattu 14.4.2025].

InfraCO₂. (2025). *Infrarakentamisen ilmastovaikutusten laskenta*. InfraCO₂-laskuri. Saatavilla: <https://infraco2.fi> [Viitattu 14.4.2025].

Kymijoen vesi ja ympäristö ry. (2023). *Koivusillanjoen vesistötutkimukset 2022–2023*. Tutkimusraportti 628/2023. Hollolan kunta. Saatavilla: https://hollola.fi/wp-content/uploads/2024/02/Koivusillanjoki_raportti_30.10.2023.pdf [Viitattu 14.4.2025].

Ramboll Finland Oy. 2020. *Lahden seudun kierrätyspuisto – Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. Lahti: Salpakierto Oy. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi>

Salpakierto Oy. (2025). *Kiertotalous ja jätehuoltopalvelut Päijät-Hämeessä*. Saatavilla: <https://www.salpakierto.fi> [Viitattu 14.4.2025].

SFS-EN 13043. (2002). *Kiviainekset bitumipäällysteisiin ja pintauksiin*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 7004. (2023). *Bitumipäällysteiden kiviainekset – Kansallinen soveltamisstandardi SFS-EN 13043:lle*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 13242. (2002). *Rakentamiseen tarkoitetut kiviainekset sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin maa- ja vesirakentamisessa*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Taratest Oy. (2025). *22178 Kierrätysalueen osayleiskaavan länsiosa, pohjaolosuhdeselvitys, loppuraportti, Hollolan kunta*. 30.6.2025.

Taratest Oy. (2025). *22178 Kierrätysalueen osayleiskaavan rakennettavuus- ja massatasapainoselvitys sekä kustannusarviointi, loppuraportti, Hollolan kunta*. 30.6.2025.

UUMA4-ohjelma. (2023). *Vähähiilinen esirakentaminen: Uusiomateriaalien käyttö esirakentamisessa*. Saatavilla: https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2024/01/Vahahii-linen-esirakentaminen_UUMA4_2023_12_31.pdf [Viitattu 14.4.2025].