

Tapio Seppänen

**KAATOPAIKAN TIIVISRAKENTEEN RAKENTAMINEN VAARATTOMALLE JÄT-
TEELLE**

KAATOPAIKAN TIIVISRAKENTEEN RAKENTAMINEN VAARATTOMALLE JÄTTEELLE

Tapio Seppänen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Talotekniikan tutkinto-ohjelman
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

Tekijä: Tapio Seppänen

Opinnäytetyön nimi: Kaatopaikan tiivisrakenteen rakentaminen vaarattomalle jätteelle

Työn ohjaaja: Tomi Jäävirta

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 33 + 9 liitettä

Opinnäytetyössä käsitellään Kiimingin Välimaalla sijaitsevan L&T teollisuuspalvelut Oy:n materiaali-
litehokkuuskeskuksen laajennusta. Laajennus koski vaarattoman jätteen loppusijoitusaluetta ja ra-
kennettavan alueen pinta-ala oli noin 5500 m².

Opinnäytetyössä tarkastellaan erityisesti kaatopaikan tiivisrakenteen rakentamisen työvaiheita
vaarattomalle jätteelle. Pääasiallisena tavoitteena opinnäytetyölle oli havainnollistaa, mitä kaikkea
tällaisen rakenteen rakentamisen aloittamiseen ja sen loppuun saattamiseen tarvitaan. Urakkaa
päästiin toteuttamaan, kun lupa-asiat ja suunnitelmat sekä hankinnat materiaalien ja urakoitsijoiden
suhteen saatiin alulle. Koska kyse oli tiivisrakentamisesta, oli projektille hankittu riippumaton laa-
dunvalvoja, joka toimi yhteyshenkilönä valvovalle viranomaiselle. Valvovana viranomaisena koh-
teessa toimi Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.

Jätteiden käsittely on erilaisia lupia vaativaa toimintaa. Rakentamista koskee useat lainsäädännöt,
joita pitää noudattaa rakentamisen aikana. Kohteelle täytyi hankkia viranomais- ja kaivuuluvat en-
nen rakentamisen aloittamista. Raportointi ja dokumentointi oli suuressa roolissa projektin aikana,
sillä dokumentointi kuului osaksi laadunvarmistukseen ja raportointi viranomaisia varten.

Rakentaminen päästiin aloittamaan, kun suunnitelmat laajennuksesta oli päivitetty ja hyväksytetty
valvovalla viranomaisella, työmaalla työskentelevälle urakoitsijalle oli pidetty perehdytys ja aloitus-
kokous pidetty työmaahallinnon kesken. Myös kaikki työkoneet tarkistettiin ennen laajennuksen
aloittamista, jotta työmaalla voisi työskennellä turvallisesti ja vahinkojen ennaltaehkäiseminen olisi
mahdollista. Huolellisten työmaasuunnittelujen- ja johtamisen puolesta rakennusprojektia on hel-
pompä lähteä toteuttamaan kohti onnistunutta toteutusta.

Asiasanat: vaaraton jäte, kaatopaikka, tiivisrakentaminen, laadunvalvonta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Building Services Engineering

Author: Tapio Seppänen
Title of thesis: Landfill Construction for Non-Hazardous Waste
Supervisor: Tomi Jäävirta
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: 33 + 9 appendices

This thesis deals with the construction of a landfill for non-hazardous waste. Thesis examines particularly the work stages of non-hazardous waste landfill construction. The priority was to illustrate what is needed to start and complete a construction like this. The actual construction starts when all permits, plans and materials have been acquired. An independent quality supervisor was acquired for the project, who acted as a contact person for the supervising authority. Centre for Economic Development, Transport and the Environment acted as the supervising authority in this case. The area of this construction was about 5500 m², and the purpose was to expand the landfill for non-hazardous waste.

Processing of waste is an activity that requires various permits. There are several legislations concerning landfill construction that must be followed during construction. Documentation and reporting are very important parts of the project because documentation and reporting can be used to prove that the area complies with permits and requirements. Documentation was part of quality control and reporting for the authorities.

Construction could start when the plans of the building area had been updated and approved by the supervising authority. In addition, an orientation was held for the contractor and kick-off meeting was held among the site administration. All work machines were checked to make sure for the safe working. Careful site planning and management are the key to a successful project.

Keywords: non-hazardous waste, landfill, building, quality control

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VAARATTOMAN JÄTTEEN KAATOPAIKKARAKENTAMINEN	7
	2.1 Mineraalinen tiivistyskerros	8
	2.2 Tiivisrakenteen muut kerrokset.....	10
3	VALMISTELEVAT TYÖT	12
	3.1 Pehdytykset ja työturvallisuus	14
	3.2 Pohjatyöt	15
4	TIIVISRAKENTEEN RAKENTAMINEN	19
	4.1 Maabentoniittimassan valmistus.....	19
	4.2 Mineraalinen tiivistyskerros ja koekenttä	20
	4.3 Keinotekoinen eriste	23
	4.4 Kuivatus- ja routasuojakerros	26
5	DOKUMENTOINTI	29
6	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä paneudutaan kaatopaikan tiivisrakenteen rakentamisprojektin työvaiheisiin ja laatuvaatimuksiin sekä laadunvalvonnan menetelmiin. Rakennusprojektissa laajennettiin vaarattoman jätteen loppusijoitusalueita, sillä vanhempi olemassa oleva loppusijoitusalue ei olisi tullut riittämään tulevaisuudessa, joten loppusijoitusalueen laajentaminen oli ennakoitava hyvissä ajoin.

Laadunvalvonta kuului suuresti rakennusprojektiin. Riippumaton laadunvalvoja teki tarkastuksia työmaalla urakan aikana, varmisti materiaalien soveltuvuuden, tarkasti mittaustulokset sekä toimi yhteyshenkilönä valvovalle viranomaiselle. Rakennuttajan täytyi pitää huolta, että tarvittavat dokumentit laadunvarmistusta varten löytyivät ja ne olivat vaatimuksien mukaisia. Tässä työssä selvitetään, miten opinnäytetyön aiheena oleva rakennusprojekti etenee työvaihe kerrallaan ja minkälaisia laatuvaatimuksia siihen kuuluu eri laadunvalvontamenetelmin.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on L&T Teollisuuspalvelut Oy. Edustamani L&T:n ympäristörakentamisen yksikkö toimii Kiimingin Välimaalla ja yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. L&T Teollisuuspalvelut Oy on yksi Lassila & Tikanoja Oy:n konserniyhtiöistä. Kiimingin materiaalitehokkuuskeskuksen rakentaminen aloitettiin vuonna 2019 ja se valmistui vuonna 2020. Keskuksen pinta-ala on 16 hehtaaria, josta 6 hehtaaria on suunniteltu jätteiden käsittelykentäksi ja loput 10 hehtaaria vaarallisten ja vaarattomien jätteiden loppusijoitusalueiksi. Edustamani yksikkö on erikoistunut vastaanottamaan teollisuuden sivuvirtoja ja pilaantuneita maita sekä huolehtimaan niiden jatkokäsittelyistä. Osa pilaantuneista maista otetaan hyötykäyttöön esimerkiksi infrarakentamisessa ja hyödyntämiskelvottomat maat loppusijoitetaan turvallisesti loppusijoitusalueelle.

Kiimingin Välimaan kaltaisia ympäristörakentamisen yksiköjä on kolme Kiimingin lisäksi. Muut toimipisteet sijaitsevat Leppävirralla, Uudessakaupungissa ja Kotkassa, joista Uudenkaupungin yksikkö on ainoa, joka vastaanottaa pelkästään vaarattomia jätteitä. Muut yksiköt vastaanottavat vaarattoman jätteen lisäksi myös vaarallisia jätteitä. L&T Teollisuuspalvelut Oy:n ympäristörakentamisen yksiköt hoitavat ympäristörakentamisen piiriin kuuluvia töitä, joita ovat muun muassa jätealuiden rakentaminen, purkutyöt ja pilaantuneiden maiden vastaanottaminen sekä niiden käsittely ja hyötykäyttö. Lisäksi L&T:n ympäristörakentamisen yksiköt ylläpitävät toiminnassa olevia ja sulkevat käytöstä poistettuja jätealueita.

2 VAARATTOMAN JÄTTEEN KAATOPAIKKARAKENTAMINEN

Kaatopaikkaa ei voida rakentaa mihin tahansa vaan kaatopaikan sijoittumisen määrittelee kaavoitukset. Kaatopaikan rakentamisen suhteen on huolehdittava, että alueesta ei koidu ongelmia ihmisille tai ympäristölle, kulkuyhteydet ovat toimivia ja etäisyys asutuksesta on riittävän suuri estäen esteettiset ongelmat. (1.) Kaatopaikoille myönnetään usein ympäristölupa määräajaksi. Ympäristölupaa on haettava ennen kaatopaikkatoiminnan aloittamista ja se voidaan myöntää, jos perusteltu toiminta kaatopaikalla on vaatimuksien mukaista. Ympäristöluvan käsittely kestää useita kuukausia tai jopa vuosia ja menettely on monivaiheinen. Lupa velvoittaa kaatopaikkatoiminnan harjoittajaa huolehtimaan asianmukaisista järjestelyistä jätehuoltoon liittyvistä asioista. (2.)

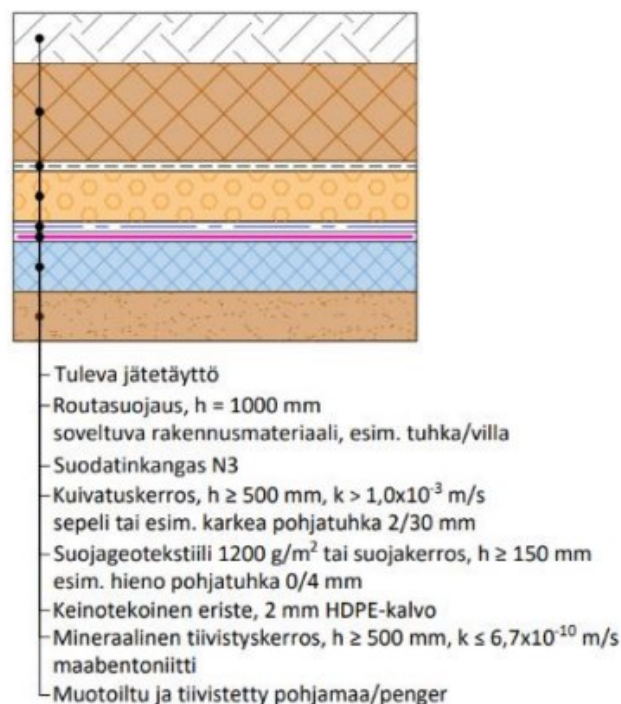
Kaatopaikalla tarkoitetaan jätteiden loppusijoitusaluetta, jonne voidaan sijoittaa tietyntyyppisiä jätteitä riippuen kaatopaikan rakenteesta. Kaatopaikan rakenne määrittää sen, saako loppusijoitusalueelle sijoittaa vaarallista vai vaarattonta jätettä. EU:n jätedirektiivit ja jäteluettelo määrittelevät jätteet joko vaarallisiksi tai vaarattomiksi. Vaarallisella jätteellä tarkoitetaan jätettä, jolla on jokin vaaraominaisuus. Vaaraominaisuuksia voivat olla esimerkiksi palo- tai räjähdysalttius tai haitta-aineet ja niiden pitoisuudet, jotka tuottavat ongelmia ihmisten terveydelle ja ympäristölle. Vaaraton jäte luokitellaan vaarattomaksi, jos se ei sisällä vaarallisia ominaisuuksia. Loppusijoitusaluetta suljetaan ympäristölupaa noudattaen sitä mukaan, kun alue tulee täyteen ja avoinna olevaa loppusijoitusaluetta saa olla kerrallaan avoinna noin 2 hehtaaria. (1; 13.)

Yleisiä kaatopaikkojen uhkakuvia ovat yleensä ympäristöriskit, ja näiden uhkien minimoimiseksi kaatopaikkahankkeet käyvät läpi ympäristövaikutusten arviointiprosessin (YVA). Prosessissa käydään läpi hankkeen vaikutusta ympäristöön ja yhteiskuntaan. Itse arviointiprosessin tavoitteena on parantaa kansalaisten tiedonsaantia ja vaikuttamista, kuulemista hankkeen vaikutuksesta yhteiskuntaan ja ympäristöön. Hankkeen edustajan on perusteltava, mitä hyötyä ja haittaa projektista koituu sekä miten mahdolliset haitat saadaan minimoitua. Käsittelyssä kuunnellaan eri osapuolten näkemyksiä hankkeesta, jotta voidaan parantaa päätöksenteon prosessia. Ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan välittömiä ja välillisiä vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin, ympäristöön ja sen monimuotoisuuteen. (2.)

Tiivisrakenteen merkitys kaatopaikan rakentamisessa on suuri. Jos tiivisrakennetta ei ole rakennettu vaatimusten mukaisesti, liukenee sieltä sadevesien mukana epäpuhtauksia ympäristöön

maaperän vedenpidätyskyvyn ylityttyä, mikä voi saastuttaa maaperän sekä pohjaveden. Tiivisrakenteelle on omat vaatimuksensa vaarattoman jätteen kaatopaikkaa rakennettaessa ja näin ollen merkitys kaatopaikan rakenteessa on todella merkittävä (kuva 1). Alusrakenteen eli pohjamaan tärkein tavoite on kantavuus ja sille on suoritettava kantavuuskoe. Rakenteen kantavuus todetaan levykuormituskokeella, mikä hoidetaan pudotuspainolaitteella. Pudotuspainolaite mittaa laitteen sisällä olevan painon pudottamisen aiheuttamaa painumaa. (2.)

Kaatopaikan pohjarakenteen
tyyppipoikkileikkaus
1:50



KUVA 1. Vaarattoman jätteen kaatopaikkarakenne (9)

2.1 Mineraalinen tiivistyskerros

Mineraalinen tiivistyskerros on tärkein kerros tiivisrakenteessa. Mineraalinen tiivistyskerros toimii vettä läpäisemättömänä kerroksena, jolloin se estää haitta-aineiden kulkeutumisen maastoon tai pohjavedeen. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (331/2013) 6. § määrittää rakennettavan mineraalisen tiivistyskerroksen paksuuden, jonka täytyy olla vähintään 500 mm rakennettaessa vaarattoman jätteen kaatopaikkaa. Parhaiten mineraalisen tiivistyskerroksen rakentaminen onnistuu

loppukeväästä tai alkukesästä, kun lämpötila on yli +5°C työn aikana ja loppukesän sateet eivät ole riesana. Loppukeväästä tai alkukesästä säät ovat yleensä kuivempia ja helpompia tiivistyskerroksen rakentamiseen. (2.)

Tyypillistä tiivistyskerrokselle on suuri savipitoisuus. Savi pystyy absorboimaan suuria määriä vettä ja tietyissä olosuhteissa laajenemaan tilavuudeltaan moninkertaiseksi. Savipitoisuutta voidaan saada suuremmaksi lisäämällä vaatimuksien täyttävään runkoainekseen eli moreeniin bentoniittia, jotta materiaalin k-arvo eli vedenläpäisevyys saadaan alemmaksi. Vedenläpäisevyyden k-arvon tulee olla $6,7 \times 10^{-10}$ m/s käytettäessä maabentoniittisekoitusta mineraalisessa tiivistyskerroksessa ja kerrospaksuuden 500 mm. Bentoniitti on luonnon savea ja sitä käytetään yleisesti kaatopaikkarakentamisessa. Bentoniitti muodostuu tulivuoren tuhkasta ja sen ominaisuudet soveltuvat hyvin eristerakentamiseen kuten kaatopaikan pohjarakenteisiin, sillä bentoniitti paisuu veden vaikutuksesta moninkertaiseksi. (3; 4.)

Runkoaineksesta ja valmiista maabentoniittimassasta on ennen käyttöä tehtävä ennakkokokeita, joista selvitetään esimerkiksi vedenläpäisevyys. Tasalaatuisen runkoaineksen saanti voi osoittautua ongelmalliseksi, sillä tiivistyskerroksessa käytettävät massamäärät ovat hyvin suuria. Tarvittaessa oikean runkoaineksen saamiseksi, täytyy aines tilata kaukaakin, jolloin kustannukset nousevat kilometrikulujen vuoksi. Rakentamiseen käytettävää bentoniittia tuodaan suursäkeissä Suomeen ulkomailta, sillä bentoniittia ei löydy Suomesta suuria määriä. Työmaalle tilatut bentoniittisäkit täytyy suojata auringolta ja vesisateilta huolellisesti.

Maabentoniittimassan valmistamiseen käytetään sekoitusasemaa, jossa runkoaines ja bentoniitti sekoitetaan keskenään. Maabentoniittimassa tuoreeltaan todella helposti tarttuvaa ja oikeissa olosuhteissa oikealla tavalla tiivistettynä jämäkkää ja todella tiivistä materiaalia. Valmiista maabentoniittimassasta otetaan ennakkokokeita ja kokeiden avulla saadaan selville, onko massa soveltuva rakentamiseen. Massalle on vaatimuksena tietty kosteus- ja bentoniittijauheen pitoisuus, millä se toimii oikealla tavalla ja kosteutta on mahdollista säädellä sekoitusasemalle tulevan veden määrällä. Massan tulee olla toimivaa, sillä liian kuiva maabentoniittimassa halkeilee eikä tiivisty kunnolla ja liian märkä maabentoniittimassa muuttuu hyytelömäiseksi ja tarttuu helposti tiivistettäessä. Valmistukseen tarvitaan oikeat sääolosuhteet, bentoniitti- ja vesipitoisuus, sillä väärällä tavalla valmistettu ja levitetty massa joudutaan lopulta poistamaan ja tekemään uudelleen, jos maabentoniittisekoitus ei toimi oikealla tavalla. (4.)

Kerroksen päälle voidaan asentaa bentoniittimatto, jos mineraalista tiivistyskerrosta ei saada toimivaksi. Tällaista rakennetta kutsutaan yhdistelmärakenteeksi. Bentoniittimatot ovat geosynteettisiä esteitä, joita käytetään tiivisrakentamisessa kuten kaatopaikoilla ja ne koostuvat geotekstiilistä ja natriumbentoniitista. Matot ovat hyviä tuotteita niiden paisumisominaisuuksien takia, sillä bentoniitti absorboi vettä ja laajenee. Lämpötilojen ja vaurioitumisten osalta bentoniittimatto kuroo itsensä kiinni paikaten vauriokohdat. Vedenläpäisevyyden k-arvo tulee olla bentoniittimatolle $2,0 \times 10^{-11}$ m/s. Bentoniittimatolla saadaan vahvistettua ja parannettua rakenteen toimivuutta. Bentoniittimattoa voidaan käyttää kaatopaikkarakentamisessa luiskien kohdalla, sillä se suojaa HDPE-kalvoa luiskissa olevilta epätasaisuuksilta. Tiivistyskerros voi vaurioitua routimisesta tai kuivumisesta, joten kerros tulee aina suojata hyvin riittävällä routasuojakerroksella. (4; 10.)

2.2 Tiivisrakenteen muut kerrokset

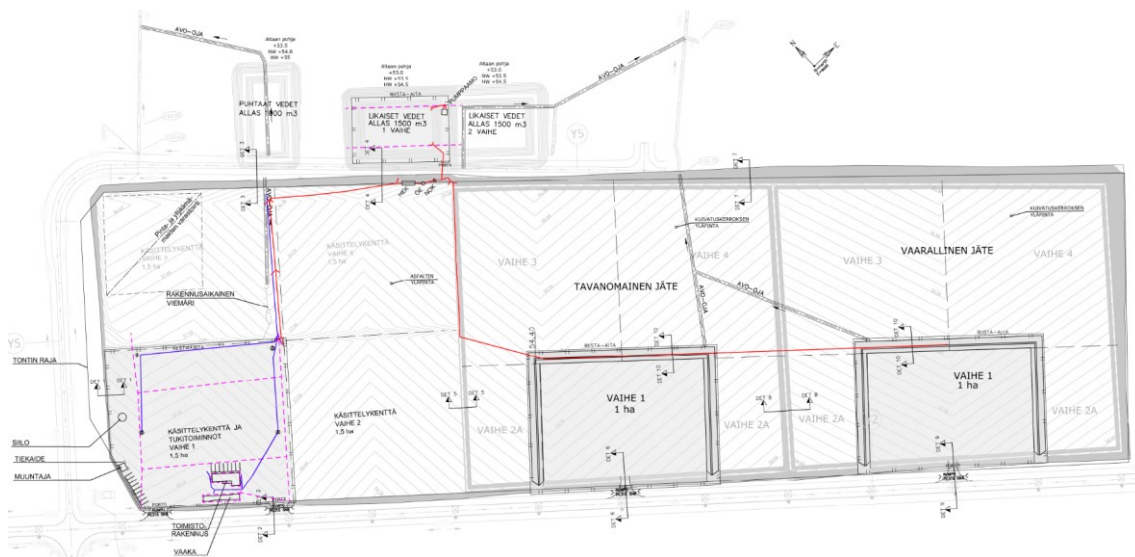
Mineraalisen tiivistyskerroksen päälle asennetaan keinotekoinen eriste eli tiivistyskalvo. Kalvon avulla saadaan pysäytettyä aineita suotautumasta alaspäin ja suojattua rakennetta. Kaatopaikkarakentamisessa tiivistyskalvona voidaan käyttää esimerkiksi HDPE-kalvoa, joka valmistetaan polyeteenistä. HDPE-kalvon hyviä puolia ovat pitkäikäisyys, hyvä kemikaalikestävyys ja helppo hitsattavuus. Tiivistyskalvon asennuksen jälkeen huolehditaan, ettei kalvon päälle tai alle ole jäänyt teräviä kiviä, jotka voisivat aiheuttaa kalvon rikkoutumisen eikä paljaan tiivistyskalvon päällä saa liikkua koneilla. Rikkoontunut kalvo täytyy korjata tai vaihtaa uuteen, sillä se ei toimi rikkoontuneena enää pysäyttävänä materiaalina ja alueen suotovedet voivat päätyä siten maaperään pilaamaan ympäristöä. (5.)

Kalvon päälle täytyy tehdä suojakerros suojageotekstiilillä tai mineraalisella suojakerroksella suojaamaan tiivistyskalvoa. Mineraalisella suojakerroksella tarkoitetaan, että suojakerros tehdään hiekalla. Kumpikin suojarakenne suojaa tiivistyskalvoa kuivatuskerroksen materiaalilta, auringolta ja muilta rasituksilta. Mineraalisessa suojakerroksessa täytyy varoa, jotta tiivistyskalvo ei rikkoontuisi. Kaikkea kalvoon tulevaa rasitusta tulee välttää ja tämä on huomioitava koneilla työskennellessä. Jos suojakerros tehdään mineraalisesti, täytyy kerrospaksuutta lisätä työvaiheen ajaksi, jotta alla oleva tiivistyskalvo ei rikkoutuisi koneiden aiheuttamasta painosta tai ajosta. Mineraalinen suojakerros voidaan rakentaa esimerkiksi hienolla tuhalla tai seulotulla hiekalla vähintään 150 mm kerrospaksuudella. Suojageotekstiilin hyvä puoli on helppo asennettavuus. Tekstiili saadaan levitettyä käsivoimin rullaamalla ja asennettua limittämällä. (2; 4.)

Kuivatuskerros rakennetaan esimerkiksi sopivan rakeisuuden omaavasta sepelistä ja sen tarkoituksena on johdattaa sadevesiä pois tiivisrakenteelta sekä vähentää rakenteeseen kohdistuvaa painetta. Kerroksen on myös säilytettävä vedenjohtavuutensa koko sen käyttöiän. Kuivatuskerroksessa käytetään salaojaputkia viettämään vedet kohti kokoojakaivoa, josta vedet kulkeutuvat jäteveden tasausaltaaseen. Salaojaputkilinjojen ympärillä käytetään hienompaa salaojasepeliä routivuuden estämiseksi ja vedenläpäisevyyden parantamiseksi. Vedenläpäisevyyden k-arvo tulee olla kerrokselle 1×10^{-3} m/s ja kerrospaksuuden täytyy olla vähintään 500 mm. Kuivatuskerroksen päälle asennetaan N3-suodatinkangas, jolla vältetään kerroksen päälle rakennettavien aineiden sekoittuminen kuivatuskerroksen materiaalien kanssa ja kuivatuskerroksen tukkeutuminen. Lopuksi päälle täytetään maita, josta saadaan nimitys routasuojakerros tai pintakerros. Routasuojakerroksen materiaaleina voidaan käyttää esimerkiksi jätettä, jolla voidaan täyttää kaatopaikka-altaan pohja tai pintamaata, jota käytetään luiskien täytön kohdalla. Maita nostetaan kuivatuskerroksen päälle vähintään 1000 mm, mikä suojaa rakennetta roudalta ja muilta vahingoilta, kuten mineraalisen tiivis-tyskerroksen kuivumiselta tai sadevesien imeytymiseltä. (2; 4; 11.)

3 VALMISTELEVAT TYÖT

Rakennettavalle alueelle oli tehty pohjamittauksia ja tutkittu pohjaolosuhteita vuonna 2018, kun ympäristölupa oli vireillä aluehallintoviranomaisella. Vuoden 2018 tutkimusten avulla voitiin laatia yleissuunnitelma alueelle, minkä pohjalta rakentaminen voitiin aloittaa. Valmiin yleissuunnitelman avulla pystytään havainnoimaan, miten uusia rakennuksia ja laajennuksia voidaan toteuttaa, missä järjestyksessä ja mitkä ovat alueiden pinta-alat. Yleissuunnitelma helpottaa alueiden rakentamisesta ja yhteensovittamista. Kuvassa 2 näkyy vuoden 2019 yleissuunnitelma siitä, mitä alueelle oli tulossa. Ennen uuden rakentamista on suunnitelmat päivitettävä vastaamaan rakennettuja alueita kuten tässä tapauksessa, kun laajennettiin olemassa olevaa vaarattoman jätteen loppusijoitusalueetta. Rakennettavalle alueelle tehtyjen mittausten ja tutkimusten avulla saatiin selville pohjaveden korkeus ja pintamaan paksuus. Pohjaveden korkeus oli riittävän matalalla, joten se ei vaikuttanut rakentamiseen.



KUVA 2. Vuoden 2019 yleissuunnitelma alueista ja rakennuksista (14)

Urakoitsijan tehtäväksi jäi tarkemittaukset alueesta ja tehdä maanrakentaminen suunnitelmien mukaisesti. Urakoitsijan käyttämiin työkonseihin oli asennettu 3D-koneohjausjärjestelmä laadun varmistamiseksi. Tarkemittaukset (X-, Y-, Z-koordinaatit) suoritettiin GNSS-vastaanottimella ja koneohjausjärjestelmällä. Tarkemittauksilla varmistettiin kerrospaksuudet ja maan viettosuunnat. Työkonoiden koneohjausjärjestelmään ajettiin suunnitelmien mukaiset mallit, minkä avulla urakoitsija

pystyi näkemään rakennekerroksen paksuudet ja muut rakenteet. Koneohjausmallia päivitettiin toteutuneiden kerrosvahvuuksien mukaan. Kerrosvahvuudet voitiin lukea myös GNSS-vastaanottimella. Rakennusalueen viereen mitattiin korkopiste ennen työmaan aloittamista ulkopuolisen mittaajan toimesta. Korkopisteen avulla kaikki työmaalla käytettävät mittalaitteet voitiin kalibroida rakennusalueen koron mukaisesti. Laitteiden kalibrointia vaikeuttivat kesän aikana vaihtelevat sääolosuhteet, sillä esimerkiksi pilviset päivät muuttivat korkopisteen tulosta. (11.) Kuvassa 3 näkyy laajennettava loppusijoitusalue alkutekijöissään. Kuvasta huomaa, että laajennettavalle alueelle ei ole vielä lumien aikaan keväällä tehty muuta kuin poistettu isompaa puustoa. Loppusijoitusalueen laajennus yhdistettiin kuvan 3 oikealla reunalla olemassa olevaan kasaan.



KUVA 3. Rakennettava alue ennen rakennustöiden aloittamista

Toimintasuunnitelma oli tehtävä myös ennen töiden aloittamista. Suunnitelmasta täytyi löytyä toimintaohjeita esimerkiksi sääolosuhteiden muuttuessa tuuliseksi tai sateiseksi, rakennusmateriaalien ja raaka-aineiden hankkimisesta ja varastoisesta sekä liikennejärjestelyistä ja rakennettavan alueen suojatoimenpiteistä. Toimintasuunnitelma helpotti työskentelyä työmaalla, sillä kaikilla oli selvät ja yksinkertaiset ohjeet työskentelytavoista kohteessa.

Työmaan kalusto tarkistettiin ennen töiden aloittamista. Työkoneiden tankkaukset ja huollot suoritettiin niille tarkoitettussa paikassa, joka sijaitsi aivan rakennuskohteen vieressä viemäroidyllä ja asfaltoidulla alueella. Akuutit huoltotoimenpiteet työkoneisiin suoritettiin työpaikalla tiiviin asfaltin päällä, jotta mahdolliset vuodot eivät päässeet kulkeutumaan maaperään. Työmaavarastossa oli

nopeasti saatavilla öljynimeytysturvetta koko rakennusprojektin ajan mahdollisten öljyvuo-
tojen va-
ralta. Urakoitsija hoiti koneet huoltamolle, jos isompia huoltoja tarvittiin. Kohteessa käytettävien
koneiden kunto ja toimivuus varmistettiin niille tarkoitettuun työhön ja noudatettiin valtioneuvoston
asetusta rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) lukujen 4 ja 5 määräyksiä.

3.1 Perehdytykset ja työturvallisuus

Hyvän työturvallisuuden takaaminen työntekijöilleen on työnantajan tärkein velvollisuus. Työnanta-
jan tehtävänä on pitää työpaikka turvallisena, jotta työntekijöille ei aiheudu vaaratilanteita. Työnanta-
tajalla on suuri vastuu pitää työympäristö turvattuna työskentelylle ennaltaehkäisemällä mahdollisia
vaaratilanteita ja tarkkailemalla oikeiden työmenetelmien käyttöä sekä annettujen ohjeiden noudat-
tamista. Useiden eri työnantajien työntekijöiden työskentely yhteisellä työpaikalla kasvattaa työn-
antajan vastuuta. Yhteisellä työpaikalla tarkoitetaan työpaikkaa, jolla yksi työnantaja toimii mää-
räysvaltaisena ja jolla samanaikaisesti toimii useampi kuin yksi työnantaja tai itsenäinen työnsuo-
rittaja. Tällaisia tilanteita on yleensä työmailla, joissa työskentelee monia eri urakoitsijoita. (6; 12.)

Velvollisuudet eivät silti koske pelkästään työnantajaa, vaan myös työntekijää koskee velvollisuuksia.
Työturvallisuuslain (738/2002) 18. § sanoo, että työntekijän on noudatettava työnantajan anta-
mia määräyksiä ja ohjeita. Työntekijän on huolehdittava työskennellessään kaikkien samalla työ-
paikalla työskentelevien turvallisuudesta ja ilmoitettava mahdollisista turvallisuusuhista lähimmälle
esihenkilölleen. (6.)

Uusille työntekijöille on tärkeä tiedottaa työpaikan yhteisistä säännöistä ja työmenetelmistä. Yhtei-
set pelisäännöt sujuvoittavat työpaikalla työskentelyä, kun samat säännöt koskevat kaikkia. Tämä
säästää aikaa ja työpaikkakulttuuri tulee helpommin tutuksi, kun asiat pidetään yksinkertaisina.
Neuvoja voi antaa hyvin seuraamalla perehdytettävien työskentelyä, millä voidaan varmistaa oppi-
minen. Henkilöstöön tutustuminen kannattaa suorittaa heti työpaikalle saavuttua, jotta voidaan
helpottaa työyhteisön vuorovaikutussuhteita. (7.)

Loppusijoitusalueen laajennusta aloittaessa työmaalle saapui urakoitsijan työntekijät, joille pidettiin
perehdytys. Perehdytyksessä käytiin läpi yhteisiä sääntöjä ja ohjeita sekä pidettiin katselmus työ-

maasta. Työmaan tutustumiskäynnillä käsiteltiin myös turvallisen työn suorittamisen kannalta tärkeät asiat, jotka liittyivät henkilöihin, materiaaleihin ja ympäristöön. Perehdytyksessä yhteiset työmaasäännöt laatuvaatimuksista ja suojavälineistä tulivat tutuksi, sillä työskenneltäessä täytyi käyttää kypärää, turvakengkiä ja heijastavia vaatetuksia. Jokaiselle uudelle työntekijälle annettiin tarkistuslista, mitä täytettiin päivän kuluessa tietyn kohdan tullessa tarkistuslistassa vastaan. Kaikki kohdat tuli täyttää ennen töiden aloittamista.

3.2 Pohjatyöt

Kokousten, perehdytyksien ja tehtyjen suunnitelmien jälkeen voitiin aloittaa varsinaiset rakennustyöt. Työt aloitettiin poistamalla lumia rakennusalueelta, mikä tapahtui kahdella kaivinkoneella. Lumien poiston jälkeen alueelta voitiin poistaa pintamaat. Pintamaiden poiston jälkeen pohjaa muotoiltiin ja leikattiin suunnitelmien mukaisesti, jotta pohja olisi valmis kerroksien rakentamisen aloittamiseksi. Pintamaata leikattiin suunnitellun tason alle, jotta alueen pengerrykselle jäisi varaa (kuva 4). Alueen pengerrykset hoidettiin viimeisenä vaiheena pohjatöissä.



KUVA 4. Poistetut pintamaat kasattu aumaksi kuvassa vasemmalla, josta ne vietiin varastokasaan

Töiden helpottamiseksi kaikki poistetut pintamaat kerättiin muutamaan aumaan, mistä kaivinkoneella oli helppo siirtää maita traktorin kyytiin. Ojien avaaminen sen sijaan auttoi maiden kuivauk-

nessa ja mahdolliset sateiden aiheuttamat pintavalunnat pääsivät kulkemaan ojia pitkin pois alueelta. Poistetut pintamaat kuljetettiin varastopaikalle jatkokäsittelyä varten. Varastoituja maita voidaan hyödyntää uuden rakentamisessa tai viimeistään silloin, kun keskus joudutaan sulkemaan ja lopputäyttämään mailla.

Laajennusalueelle täytyi rakentaa tieyhteydet mursketta tuovalle kuorma-autolle sekä muille työkooneille. Tieyhteyksiä rakennettiin kaksi eri reittiä. Päälystetyltä tieltä rakennusalueelle rakennettiin sopivan kokoisesta murskeesta yhteys kuorma-autolle, mikä mahdollisti kuorman purkamisen alueelle ja toinen yhteys moreenista maabentoniittimassan sekoitusasemalta työkooneita varten.

Maiden käsittelyjen jälkeen rakennettiin alueelle reunapenkereet leikatuista tiivistämiskelpoisista maa-aineksista, mikä koostui moreenista. Näin poistettuja maita päästiin hienosti hyödyntämään. Reunapenkereet ja jätealtaan pohja liipattiin kaivinkoneella sileäksi, mikä teki rakenteesta hieman tiiviimmän. Työkoneilla oli myös helpompi ajaa ja työskennellä tasaisella moreenipohjalla. Reunapenkereet tiivistettiin penkereiden päältä valssijyrällä, mutta tätä toimenpidettä ei toteutettu jätealtaan pohjaan, koska pohja oli vetinen eikä kantavuutta ollut vielä tarpeeksi. Haastavien sääolosuhteiden takia alueen pohjalle oli tehtävä tasauskerros raekooltaan 0/56 mm murskeella noin 100 mm (kuva 5).



KUVA 5. Valmis tasauskerros

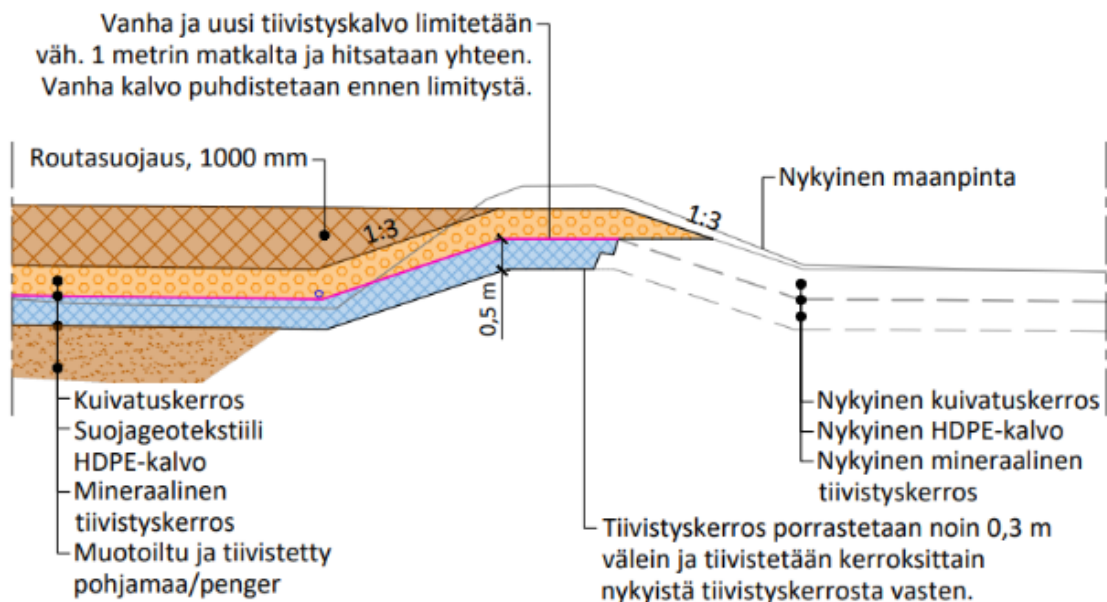
Pohja oli sateiden takia vetinen, eikä koneet olisi voineet työskennellä alueella ilman pientä murskekerrosta. Murskekerroksen avulla parannettiin pohjan kantavuutta ja varmistettiin alustan toimivuus myös sateiden aikana. Kerros tiivistettiin ja tasattiin valssijyrän avulla. Pohjasta ja penkereistä

otettiin tarkekuvia varten tarkemittaukset GNSS-vastaanottimella. Pohjan tarkemittaukset mitattiin 10 x 10 metrin pistevälein ja penkereet mitattiin 5 x 5 metrin pistevälein (liite 1).

Valmiille pohjarakenteelle ja reunapenkoille suoritettiin lopuksi levykuormituskokeet InfraRYL 18111 mukaisesti. Levykuormituskokeiden avulla voidaan varmistaa alustan kantavuus ja painuminen (8). Vaatimuksena oli, että koko alueen pohjarakenteen kantavuus tulee olla vähintään 45 MPa ja tiiviyssuhteen $E2/E1 \leq 2,2$ sekä kantavuuskokeita oli otettava 1 kpl / 1000m². Kokeita otettiin yhteensä 10 kpl, jokaisesta luiskasta 1 kpl, joita tuli yhteensä 4 kpl ja pohjasta 6 kpl (liite 2). Kyseinen koe toteutettiin Kuab FWD 50-pudotuspainolaitteella, ja rakenne läpäisi vaatimukset ensimmäisellä yrittämisellä. (11.)

Viimeisenä valmistelevana työnä kaivettiin auki olemassa olevan kaatopaikan reunarakenne. Rakennetta aukaistiin sen verran, että olemassa olevan kaatopaikan tiivistyskalvo eli HDPE-kalvon reuna saatiin esille ja käännettyä, jotta vanhan rakenteen porrastus onnistuisi suunnitelmien mukaisesti (kuva 6).

DET 4. Liittyminen nykyisiin rakenteisiin 1:100



KUVA 6. Suunnitelmien mukainen liittyminen olemassa olevaan rakenteeseen (9)

Kaivinkoneen kauhalla pystyttiin poistamaan suurimmat massat, mutta tiivistyskalvon rikkoutumisen välttämiseksi jouduttiin poistamaan loput maat kalvon päältä kaivinkoneeseen kiinnitettävällä

harjalaitteella ja lapiomiehen avulla. Tämä vaihe vaati kaivinkoneenkuljettajalta erityistä varovaisuutta, sillä kalvo ei saanut mennä rikki. Lapiomiestä tarvittiin silloin, kun massa oli märkää eikä kaivinkoneen harja tehonnut puhdistukseen. Lopuksi kalvo käännettiin sivuun, jotta rakennettava alue voitaisiin liittää vanhaan rakenteeseen. Vanhan rakenteen tiivistysmoreenia porrastettiin 300 mm, jotta liittäminen onnistuisi. (kuva 7). Varsinainen liittäminen tapahtui vasta myöhemmin, kun mineraalisen tiivistyskerroksen tekeminen aloitettiin ja HDPE-kalvot hitsattiin yhteen.



KUVA 7. Työmaakuva porrastuksesta vanhaan rakenteeseen

4 TIIVISRAKENTEEN RAKENTAMINEN

Tiivistysrakentaminen voitiin aloittaa hyvien pohjatöiden jälkeen. Ensin täytyi tehdä alue sekoitusasemaa varten, missä valmistettiin maabentoniittimassaa, jota sitten käytettiin mineraalisessa tiivistyskerroksessa. Sekoitusasemaa varten tehtiin kantavat pohjatyöt kaivinkoneella ja valssijyrällä pohja tasattiin sekä tiivistettiin. Vedenjakelu ja sähkönsyöttö hankittiin asemaa varten työmaan omilta kiinteiltä sähkö- ja vesipisteiltä. Materiaalihankinnat hoidettiin ennen rakentamista, jotta työskentely voitiin aloittaa ilman ylimääräisiä viivästyksiä.

4.1 Maabentoniittimassan valmistus

Tiivistyskerroksen rakentamiseen käytetty runkoaines saatiin kustannustehokkaasti lyhyen matkan päästä yksityiseltä maa-aines toimittajalta. Runkoaineksen soveltuvuus kohteeseen varmistettiin ennakkokokeilla kahden ulkopuolisen mittausyhtiön toimesta. Ennakkokokeissa täytyi määrittää pitoisuudet hienoainekselle, vedelle ja savelle. Lisäksi kokeissa piti mitata runkoaineksen maksimiraekoko, vedenläpäisevyyskerroin ja optimivesipitoisuus sekä maksimikuivatilavuuspaino. Näistä testeistä ainoastaan vesipitoisuus voitiin määrittää työmaan omassa laboratoriossa. Tiivistyskerrokseen käytetty runkoaines oli seulottua 0–32 mm moreenia, mikä täytti vaatimukset. Rakentamisen aikana runkoaineksesta täytyi tehdä samanlaisia testejä kuin ennakkokokeissa tietyn väliajoin laadun varmistamiseksi.

Runkoainesta tuotiin työmaalle yhteensä noin 8500 tonnia ja se vietiin sekoitusaseman viereen, mistä kaivinkoneella oli helppo täyttää sekoitusasemaa (kuva 8). Maabentoniittimassaan käytettyä bentoniittia tilattiin ulkomailta yhteensä noin 240 tonnia (liite 3). Sekoitusasema tilattiin paikalle tietyn määräajaksi ja se tuotiin työmaalle lavettiautolla. Sekoitusaseman ohjaaja hoiti massan sekoituksesta ja urakoitsijan tehtävänä oli täyttää sekoitusasemaa sekä kuljettaa valmis massa työkentälle.



KUVA 8. Urakoitsijan kaivinkone täyttämässä sekoitusasemaa runkoaines kasan päällä

Valmiista maabentoniittimassasta oli otettava ennakkokokeita ennen varsinaista käyttöä, jotta massa olisi vaatimuksien mukainen. Ennakkokokeilla oli määritettävä massan vedenläpäisevyys ja maksimikuivatiheys eri bentoniittipitoisuuksilla. Vaatimuksena vedenläpäisevyudeksi oli $6,7 \times 10^{-10}$ m/s ja tämä arvo saavutettiin tietyllä bentoniitin prosenttipitoisuudella. (11.) Vesipitoisuutta lisättiin tarvittaessa, jotta seos ei olisi liian kuivaa tai märkää. Ennakkokokeiden jälkeen voitiin varmistua, millä bentoniittipitoisuudella seosta lähdetään valmistamaan. Valmista maabentoniittiseosta valmistettiin rakennusaikana yhteensä 8749,8 tonnia. Rakentamisen aikana maabentoniittiseoksesta otettiin samoja testejä kuin ennakkokokeissa massan runkoaineksesta.

4.2 Mineraalinen tiivistyskerros ja koekenttä

Ennen mineraalisen tiivistyskerroksen rakentamista täytyi rakentaa koetiivistysrakenne, jotta voitiin varmistua valmiin maabentoniittimassan toimivuudesta. Koekenttärakenteessa täytyi olla pohja ja luiskat niin kuin varsinaisessa tiivistyskerroksessa. Koekentän koko oli 16 m x 10 m ja tavoitteena oli testata massan levitystä ja tiivistystä. Koekenttä toimi harjoitusalueena mineraaliselle tiivistyskerrokselle ja se rakennettiin samalla tavalla kahdessa kerroksessa kuin varsinainen tiivistyskerros. Alempi maabentoniittikerros tehtiin 300 mm:n paksuisena ja ylempi kerros 200 mm:n paksuisena. Kerroksien tekemisessä käytettiin kaivinkonetta ja pyöräkuormaajaa maabentoniittimassan kuljettamiseen sekä valssiyrää massan tiivistämiseen (kuva 9).



KUVA 9. Koekentän pohjan ja luiskien rakentamista

Koekentän rakentamista vaikeuttivat sääolosuhteet. Valmista maabentoniittimassaa tehtiin varastoon valmiiksi ja vesisateiden takia massan pinta oli imenyt vettä puoleensa, jolloin massan seassa oli märkiä kohtia, jotka vaikeuttivat tiivistämistä. Massa tarttui todella helposti valssiyrän valssiin, joten loppuosa kentästä tehtiin vasta sekoitetulla massalla, jolloin ongelmia ei syntynyt. Levitetty maabentoniittimassa täytyi jyrätä heti tiiviiksi, sillä seos kuivuu helposti eikä tiivisty enää kuivumisen jälkeen. Urakoitsijan työkonoiden 3D-koneohjausjärjestelmällä pystyttiin seuraamaan kerrospaksuuden syntymistä oikeaan korkoon.

Vesisateiden vuoksi töitä jouduttiin lisäksi keskeyttämään, koska massaa ei voitu valmistaa tai tiivistää liian kovalla vesisateella. Kesä oli muutenkin haastava rakentamisen puolesta kovien vesisateiden takia. Rankkasateita kesti koko rakennusprojektin ajan, mikä hidasti työtahtia. Työmaalle hankittiin kaksi uppopumppua ja letkuja, joiden avulla ongelmaa saatiin pienennettyä. Työn aikana syntyneet valumavedet ohjattiin rakennettavaa aluetta ympäröivään ojaan, joka oli käytössä koko rakentamisen ajan mahdollisten sadevesien varalta. Rakennettavalla alueella oli yksipuolinen kallistus ja vedet kertyivät alueen pohjoisnurkkaan, josta syntyneet vedet purettiin hallitusti ympäröivään ojaan. Uppopumppuilla ja riittävällä letkupituudella vedet oli helppo pumpata johdatetusti yhdestä paikasta ympäröivään purkuojaan. Pumput olivat välillä käynnissä koko yön rankkasateiden takia ja aggregaatin polttoainetilanteesta täytyi olla koko ajan selvillä, jotta polttoaine ei päässyt

loppumaan ja sen myötä vesi olisi päässyt tulvimaan rakennusalueella. Sähköt uppopumpulle saatiin omasta aggregaatista (kuva 10).



KUVA 10. Aggregaatti

Valmiista koekentästä mitattiin olosuhteista huolimatta vaatimuksien täyttävät kosteus- ja tiiveysarvot Troxler 3440 -laitteella. Suurin osa tiiveysmittauksista suoritettiin itse, mutta koekentän rakentamisen aikana mittauksia suoritti myös ulkopuolinen laadunvalvoja, joka valvoi samalla koekentän rakentamista koko koekentän rakentamisen ajan. Ulkopuolisen laadunvalvojan tehtävänä oli tarkistaa, että meidän mittauksemme täsmäsivät heidän mittaustuloksiaan. Koekentästä täytyi lisäksi suorittaa suunnitelmien mukaiset vedenläpäisevyys ja rakeisuusmittaukset ulkopuolisella mittausyhtiöllä. Tekniset vaatimukset tulivat InfraRYL:stä ja ne esitettiin työselostuksessa. Tehdyissä töissä ja testeissä noudatettiin työselostuksessa olevia ohjeita ja vaatimuksia.

Valmiin koekentän jälkeen voitiin todeta maabentoniittiseoksen olevan toimiva. Lisäksi koekentästä saadun tiedon perusteella tiedettiin, montako kertaa valssiyrällä täytyy jyrätä massan päältä, jotta massa varmasti tiivistyy vaatimusten mukaisesti. Vaatimuksien ylittämät arvot saatiin, kun valssiyrällä ylitettiin levitetty massa kolme kertaa valssin täry päällä. Luiskien kulmat tiivistettiin tärylätkällä, sillä kulmat olivat haastavia kohtia tiivistää valssiyrällä. Koekentän jälkeen päästiin tekemään mineraalinen tiivistyskerros kokonaisuudessaan loppuun. Valmis tiivistyskerros viimeisteltiin tiehöylällä, jotta pinnasta tuli oikean muotoinen korkoineen. Koekentästä saatujen toimivien mittaus-ten ja testien lisäksi tiivistyskerroksesta mitattiin rakentamisen ajan samoja asioita tietyin väliajoin, jotta voitiin varmistua laadusta.

Luiskien kohdalla käytettiin bentoniittimattoa suojaamaan HDPE-kalvon pintaa pieniltä epätasaisuuksilta, jotka syntyivät luiskia jyrätessä. Luiskat ovat muodoltaan hieman haastavia jyrättäväksi ja pintaan saattaa jäädä pientä karheutta, joten epätasaisuudet on hyvä hoitaa käyttämällä bentoniittimattoa. Käytetty bentoniittimatto oli molemminpuolisella kuitukankaalla varustettu laatuvaatimukset täyttävä bentoniittimatto (liite 4). Vedenläpäisevyyden k-arvon tuli olla $2,0 \times 10^{-11}$ ja paksuuden toimintatilassa vähintään 7 mm. (11.). Bentoniittimaton levitys ja asentaminen tehtiin materiaallitoimittajan ohjeita noudattaen maabentoniittimassan päälle. Valmiista tiivistyskerroksesta otettiin tarkemittaukset tarkekuvia varten GNSS-vastaanottimella pohjasta 10 x 10 metrin pistevälein ja penkereistä 5 x 5 metrin pistevälein (liite 5).

4.3 Keinotekoinen eriste

Keinotekoisien eristeiden eli tiivistyskalvon asentaminen voitiin aloittaa mineraalisen tiivistyskerroksen valmistuttua. Keinotekoisena eristeenä käytettiin Nauen HDPE -muovikalvoa (120 m x 7,5 m x 2,0 mm) (liite 6). Ennen kalvon asentamista tehtiin levityssuunnitelma, jonka ulkopuolinen laadunvalvoja hyväksyi. HDPE-muovikalvo levitettiin välittömästi valmiin maabentoniittikerroksen päälle (kuva 11). Kalvon asennukset hoidettiin poutasäillä, jolloin kalvon hitsaaminen onnistui lukuun ottamatta muutamaa pientä sadekuuroa, jolloin asennustyöt täytyi hetkeksi pysäyttää.



KUVA 11. Tiivistyskalvon asennustyötä

Keinotekoisien eristeiden asennukseen tarvittiin ulkopuolista sertifioitua hitsaajaa. Asennustyön aluksi tehtiin koehitsausseura, jossa hitsauskoneen toiminnot tarkastettiin ja säädettiin olosuhteisiin ja kalvomateriaaliin soveltuvaksi. Kalvon levitys tapahtui kaivinkoneella ja siihen kiinnitettävän asennuspuomin avulla, mihin tiivistyskalvorullan sai asennettua kiinni ja levitettyä auki ajon aikana jalkamiesten avustamana. Irtokivet poistettiin tiivistyskalvon molemmin puolin, sillä kalvo ei saanut rikkoontua missään tapauksessa. Kaikki mahdolliset saumat hitsattiin kaksoissaumahitsauskoneella ja läpiviennin sekä paikkausten tekemiseen käytettiin lisäksi ekstruusiopursotehitystä. Ekstruusiopursotehityksessä käytettävä työkalu on ekstruuderit, jolla ekstruusio tehdään. Ekstruusiossa kuuma muovi työnnetään muotoillun suulakkeen läpi ja sillä on hyvä tehdä hitsaukset esimerkiksi läpivienteihin, kuten tässä tapauksessa. (15.) Kokoojakaivolle täytyi tehdä läpivienti kalvosta, jotta salaojaputki pääsisi yhdistymään kokoojakaivoon (kuva 12).

Kalvon asennuksesta tehtiin asennuspöytäkirja, johon merkittiin levitettyjen kalvorullien tunnistetiedot, tehdyt saumat ja niiden koestustulokset. Kaikki saumat koestettiin ilmapainekokeella, veto- ja kuorintakokeella sekä kipinäkokeella, jotta voitiin varmistua kalvon toimivuudesta.



KUVA 12. Salaojaputken läpivienti tiivistyskalvosta kokoojakaivolle

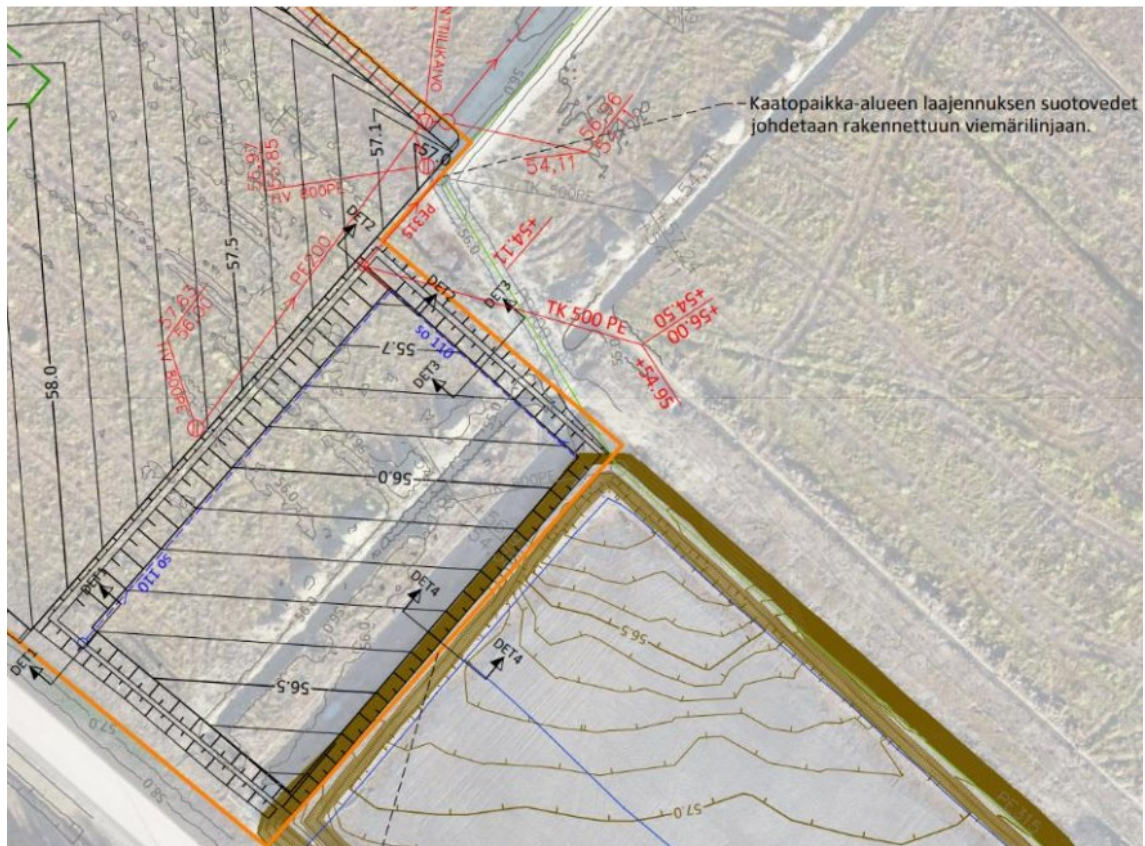
Asennetun ja hyväksytyt tiivistyskalvon päälle voitiin asentaa suojakerros, mikä toteutettiin suoja-geotekstiilistä Secutex PP White R 1201 1200 g/m² (liite 7). Vaatimuksena suoja-geotekstiilille oli, että tekstiilin neliöpainon tuli olla vähintään 1200 g/m² ja tekstiili limitetään saumoissa vähintään 500 mm limityksellä. (11.) Suoja-geotekstiili asennettiin varmuuden vuoksi 600 mm limityksellä, koska materiaalia oli riittävästi ja haluttiin pelata varman päälle. Apuna suoja-geotekstiilin limityksessä käytettiin mittanauhaa, mistä pystyi seuraamaan tarkkaan, kuinka paljon limitystä oli käytetty (kuva 13). Tekstiili levitettiin tiivistyskalvon päälle käsin, sillä kalvon päällä ei voinut ajaa työkoneilla. Työkoneiden käyttö rakenteen päällä oli kiellettyä ennen kuin rakenteen päällä on vähintään 500 mm suojakerros. Asennusvaiheessa tekstiilin kuntoa tarkasteltiin silmämääräisesti ja pidettiin huolta, että limitys oli riittävä.



KUVA 13. Mittanauhan avulla voitiin olla varmoja riittävästä limityksestä

4.4 Kuivatus- ja routasuojakerros

Kuivatuskerrosta päästiin tekemään, kun HDPE-muovikalvo ja suojageotekstiili olivat asennettu paikoilleen. Vesien johtamiseen oli tehty valmiiksi suunnitelmat ja laajennusalueen pohjois- ja luoteisreunaan asennettiin salaojaputkilinjat (kuva 14). Käytettyjen salaojaputkien koko oli 110 mm. Vedet johdatettiin putkilinjoja pitkin kohti kokoojakaivoa reunapenkereen läpi, josta vedet jatkoivat matkaansa jäteveden tasausallasta. Ennen tasausallasta vesi kulki sulkuventtiilikaivon sekä öljyn- ja hiekanerotimen läpi, jotta enimmäkseen epäpuhtaudet saatiin poistettua. Tasausaltaasta vesiä pumpattiin säännöllisesti altaan täytyessä kunnalliseen viemäriverkostoon. Salaojitukseen kuuluivat myös salaojan huuhtelu- ja tarkastuskaivon asennukset. Salaojien tarkemittaukset mitattiin GNSS-vastaanottimella jokaisesta salaojaputken liitoksesta 6 metrin välein (liite 8).



KUVA 14. Suunnitelmakuva vesilinjoista (9)

Kuivatuskerros tehtiin pääosin 16–32 mm murskeella, mutta salaojaputkien ympärillä käytettiin hienompaa 6–16 mm salaojasepeliä, sillä hienempi salaojasepeli ei roudi ja läpäisee vettä helposti. Kuivatuskerrokseen käytetty sepeli tuotiin samalta maa-aines toimittajalta kuin aikaisemmat runkoaines tilaukset. Mursketta tuotiin rakennuspaikalle kuorma-autolla ja kaivinkoneella murske päästiin levittämään alueelle. Murskeen levittämisessä kaivinkoneen kuljettajalla täytyi olla huolellinen, sillä työkoneilla ei saanut ajaa rakenteen päällä ennen kuin koneen alla oli vaatimusten mukainen 500 mm vahvuinen murskekerros työskennellessä tela-alustaisella työkoneella. Tällä voitiin varmistua, että kuivatuskerroksen alla olevat suojarakenteet eli muovikalvo ja suojaeotekstiili eivät vahingoitu koneen aiheuttaman painon ja jyrinän vaikutuksesta.

Suunnitelmien mukainen kerrosvahvuus oli vähintään 500 mm ja lopullinen rakenne täytti vaatimukset (kuva 15). Laatuvaatimuksena kerroksen vedenläpäisevyydelle oli $1,0 \times 10^{-3}$ m/s. (11.) Valmiista kuivatuskerroksesta otettiin tarkemittaukset GNSS-vastaanottimella pohjasta 10 x 10 metrin pistevälein ja penkereistä 5 x 5 metrin pistevälein (liite 9).



KUVA 15. Valmis kuivatuskerros

Kuivatuskerroksen päälle levitettiin N3-suodatinkangas, millä estettiin kuivatuskerroksen tukkeutuminen ja päälle tulevien maiden sekoittuminen keskenään kuivatuskerroksen kanssa. Suodatinkankaan päälle tuli metrin paksuinen routasuojakerros olemassa olevan loppusijoitusalueen ylitäyttö massasta. Olemassa olevalla loppusijoitusalueella oli ylitäyttöä sen verran, että massaa saatiin laitettua laajennusalueen pohjalle kauttaaltaan metrin verran suunnitelmien mukaisesti. Luisien kohdalla käytettiin poistettuja pintamaita, mitä saatiin urakan alussa, kun poistettiin pintamaita tulevalta rakennusalueelta. Loput varastokasalla olevat pintamaat voidaan käyttää tulevaisuudessa lopputäytön materiaalina, kun keskus suljetaan.

5 DOKUMENTOINTI

Dokumentointi ja raportointi työmaalla tapahtuvista asioista olivat tärkeitä päivittäisiä töitä rakennusprojektin kokonaiskuvaa ajatellen. Dokumentoinnin avulla voitiin varmistaa, että työt sujuivat sovitusti suunnitelmien ja vaatimusten mukaan eikä asioista jäänyt mitään epäselvyyksiä. Jos epäselvyyksiä tehdystä työstä tulee tulevaisuudessa, on asiat helpompi löytää ja näyttää hyvän dokumentoinnin avulla. Kunnollinen dokumentointi auttaa myös tulevaisuudessa, kun rakennetaan samanlaisia kohteita. Dokumentointiin käytettiin työurakassa riittävästi aikaa ja se hoidettiin selkeästi myöhempiä töitä ajatellen.

Dokumentointiin käytettiin erilaisia apuvälineitä kuten Microsoft Exceliä. Esimerkiksi maabentonitiimissä sekoituksesta pidettiin taulukkoa Excelissä, johon merkattiin päiväkohtaiset massamäärät, mitä oli sekoitettu. Exceliin oli helppo tehdä taulukoita ja sinne taltiointiin myös Troxler 3440 -laitteella mitatut kosteus- ja tiiveysmittaukset. Tietokoneen työmaakansioon tallennettiin ulkopuolisten mittayhtiöiden teettämät mittaustulokset massoista ja tarkemittaukset otettiin joka rakennekerroksesta GNSS-vastaanottimella, joista urakoitsija laati tarkekuvat AutoCad-ohjelmistolla.

Jokaisesta rakennusvaiheesta täytyi ottaa kuvia ja kirjoittaa työmaapäiväkirjaa jokaisen päivän tapahtumista, mikä auttoi rakennusurakan valmistumisen jälkeisiä kirjallisia lopputöitä. Laadunvarmistukseen kuului, että jokainen rakennekerros tuli hyväksyttävä ulkopuolisella laadunvalvojalla ennen seuraavan työvaiheen aloittamista. Esimerkiksi tiivistyskalvon hitsauksesta sertifioitu kalvohitsaaja täytti omaa päiväkirjaa, kunnes hitsaustyö tuli kokonaisuudessaan valmiiksi. Näin varmistettiin, että työt tulivat tehdyksi alusta asti kunnolla riittävän dokumentoinnin avulla. Rakennusvaiheesta tehtyjä merkintöjä käytettiin hyödyksi valvovaa viranomaista eli ELY-keskusta varten tehdyssä loppuraportissa. Työmaapäiväkirjaa ja kuvia apuna käyttäen voitiin laatia selkeä ja suoraviivainen raportti tehdyistä töistä eikä kuukausien takaisia työvaiheita tarvinnut muistella ulkoa.

6 YHTEENVETO

Kiimingin Välimaan käsittelykeskuksen vaarattoman jätteen loppulaajennus valmistui syksyllä 5.9.2023. Rakennustyöt sekä siihen liittyvät yhteistoiminnat eri tahojen kanssa sujuivat hyvin ja rakentaminen saatiin valmiiksi suunnitellun aikataulun mukaisesti. Rakennusurakka toteutettiin suunnitelmien mukaisesti ja kaikki tulokset laatuvaatimuksiineen toteutuivat. Jätetäyttöalueen rakenteet olivat näin ollen ympäristöluvan mukaiset.

Työn tarkoituksena oli havainnollistaa, miten tavanomaisen jätteen kaatopaikka-aluetta rakennetaan ja mitä kaikkea täytyy huomioida rakentamiseen liittyen. Dokumentointi ja laadunvarmistus ovat erityisen tärkeitä, jotta voidaan osoittaa alueen täyttävän ympäristöluvan vaatimukset. Laadunvarmistamiseen täytyi ottaa paljon eri kokeita eri materiaaleista ja lähettää materiaaleja analysoitaviksi, jotta voitiin varmistua materiaalien soveltuvuudesta. Rakennusprojektin aikana vastoin käymisiä ei käynyt muuta kuin sääolosuhteiden puolesta ja niitä oli enemmän kuin tarpeeksi. Onneksi huolellisten suunnitelmien ja varautumisien puolesta ongelmat eivät kasvaneet ylisuuriksi, mutta rakennustöitä jouduttiin pysäyttämään useaan otteeseen. Lisäksi materiaalien tulosten analysoiminen vei oman ajan.

Projektin valmistuttua täytyi tehdä kaksi eri loppuraporttia rakennusurakasta ELY-keskukselle. Ulkopuolinen laadunvalvoja kirjoitti oman loppuraporttinsa ja rakennuttaja omansa. Loppuraportin lisäksi rakennuttajan teettämästä laatukansiosta täytyi löytyä kaikki tarvittavat dokumentit, kuten työmaakuvat, laadunvarmistukseen tehdyt kokeet rakennusmateriaaleista tulkintoineen, materiaalien laatu- ja tuotetiedot sekä suunnitelmat ja piirustukset. Laajennuksen valmistuttua huomasin, että kuinka tärkeää kaikkien työvaiheiden dokumentointi oli. Loppuraporttia tehdessä oli paljon helpompaa näyttää ja kertoa, kun oli projektin jokaisesta eri vaiheesta mustaa valkoisella kuvien kera. ELY-keskus kävi tarkistamassa ja toteamassa loppusijoitusalueen toimivaksi sekä suunnitelmien mukaiseksi syyskuussa alueen valmistumisen jälkeen.

LÄHTEET

1. Finlex. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013). Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331>.
2. Leppänen, Minna 2002. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Hakupäivä 10.11.2023. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/9c9ceb7d-e9ee-4752-9aba-852235bf23f0/content>.
3. Geosynt Oy. Bentoniitti. Hakupäivä 28.11.2023. <https://www.geosynt.fi/tuote-osasto/bentoniitti/>.
4. Margareta Wahlström, Jutta Laine-Ylijoki, Paula Eskola, Pasi Vahanne, Esa Mäkelä, Minna Vikman, Olli Venelampi, Jyrki Hämäläinen ja Reetta Frilander 2004. Kaatopaikkojen tiivistysrakennemateriaaleina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuus. Hakupäivä 15.11.2023 <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2004/T2246.pdf>.
5. EG-Trading Oy. MIA Geokalvo HDPE. Hakupäivä 13.11.2023 <https://www.eg-trading.fi/content/mia-geokalvo-hdpe>.
6. Finlex. Työturvallisuuslaki (738/2002). Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.
7. Työterveyslaitos. Kunnollinen perehdytys kannattaa aina. Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.ttl.fi/teemat/tyohyvinvointi-ja-tyokyky/tyoura/kunnollinen-perehdytys-kannattaa-aina>.
8. SGS Finland. Levykuormituskokeet. Hakupäivä 12.10.2023. <https://www.sgs.com/fi-fi/services/levykuormituskokeet>.
9. L&T Teollisuuspalvelut Oy 2023. Loppuraportti vaarattoman jätteen pohjarakenteen rakentaminen. Hakupäivä 9.1.2024. <https://itsky.sharepoint.com/sites/YRKsittelykeskukset>

[Oulu-Viima-uusi/Jaetut%20asiakirjat/Oulu%20-%20V%C3%A4limaa%20uusi/9%20Koulutus/Loppuraportti_V%C3%A4limaa%20TAVO%202023.pdf?CT=1702620381249&OR=ItemsView.](https://www.viima.fi/asiakirjat/Oulu-2020V-C3%A4limaa-20uusi/9-20Koulutus/Loppuraportti_V-C3%A4limaa-20TAVO-202023.pdf?CT=1702620381249&OR=ItemsView)

10. Viacon Ab Oy. Bentoniitti muodostaa vesitiiviin kerroksen. Hakupäivä 5.12.2023. <https://viacon.fi/geotechnical-solutions/bentoniittimatto/>.
11. L&T Teollisuuspalvelut Oy 2023. Välimaan käsittelykeskus, vaarattoman jätteen loppusijoitusalueen laajennus työselostus. Hakupäivä 28.11.2023. [file:///C:/Users/seppata/Downloads/V%C3%A4limaa_Vaarattoman_loppusijoitusalueen_laajennus_ty%C3%B6selostus_21042023_RevA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/seppata/Downloads/V%C3%A4limaa_Vaarattoman_loppusijoitusalueen_laajennus_ty%C3%B6selostus_21042023_RevA%20(1).pdf).
12. Työturvallisuuskeskus. Yhteinen työpaikka. Hakupäivä 31.1.2024. <https://ttk.fi/tyoturvaluus/toimialakohtaista-tietoa/luovat-tuotannot/yhteinen-tyopaikka/>.
13. Ympäristöministeriö 2019. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. Hakupäivä 6.3.2024. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161316/YM_2019_02.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
14. L&T Teollisuuspalvelut Oy 2019. Loppuraportti 2019. Hakupäivä 6.3.2024. <https://itsky.sharepoint.com/sites/YRKsittelykeskukset-Oulu-Viima-uusi/Jaetut%20asiakirjat/Forms/AllItems.aspx?ct=1709719859759&or=OWA%2DNT%2DMail&cid=7de1280a%2D3b2f%2Ddc43%2D087a%2D6a26cbca2e3a&fromShare=true&ga=1&WSL=1&id=%2Fsites%2FYRKsittelykeskukset%2DOulu%2DViima-uusi%2FJaetut%20asiakirjat%2FOulu%20-%20V%C3%A4limaa-20uusi%2F3%20Rakentaminen%2FLoppuraportti2019%2FKentt%C3%A4%20ja%20allas%2FLiite%20%2E6%5FKentt%C3%A4%5Fkartat%20%2Epdf&viewid=a41de652%2D5f05%2D4894%2Db48b%2D8dad9112142e&parent=%2Fsites%2FYRKsittelykeskukset%2DOulu%2DViima-uusi%2FJaetut%20asiakirjat%2FOulu%20-%20V%C3%A4limaa-20uusi%2F3%20Rakentaminen%2FLoppuraportti2019%2FKentt%C3%A4%20ja%20allas>.

15. Muoviteollisuus Ry. Muovien tuotantomenetelmät. Hakupäivä 19.3.2024. <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/tuotantomenetelmat/>.

LIITTEET

Kantavuuskokeet liite 1

Tarkemittaukset pohjasta liite 2

Bentoniittijauheen tuotetiedot liite 3

Tarkemittaukset tiiviskerroksesta liite 4

Tarkemittaukset kantavuuskerroksesta liite 5

Tarkemittaukset salaojista liite 6

Bentoniittimaton tuotetiedot liite 7

Tiivistyskalvon tuotetiedot liite 8

Tarkemittaukset kuivatuskerroksesta liite 9



Winfra Oy		LT Välimaa		
		Tavallisen jätteen allas		
		Leikkauspohjan tarkkeet		
		Korkeuskäyrät		
PIKISÄBT	TYÖ NRO	MITTAAJA	KORJELMISTAVARA	PERUSS. NRO
Pekka Kotala		1:450		
24.7.23				REV



PANK-hyväksytty testausorganisaatio

Tiivistämistarkkailu
Pudotuspainolaite (Kuab-50)

Tilaaaja
 Työmaa Välimaan kiertotalousalue, Kiiminki
 Koepäivä 26.06.2023
 Tiivistettävä kerros Tavanomaisen jätteen allas, pohjatäyttö ja pengerr

nro	paikka	E_1 [MN/m ²]	E_2 [MN/m ²]	E_2/E_1
1	Altaan pohja, mittauspiste 1	41	63	1,5
2	Altaan pohja, mittauspiste 2	32	56	1,8
3	Altaan pohja, mittauspiste 3	34	59	1,7
4	Altaan pohja, mittauspiste 4	56	73	1,3
5	Altaan pohja, mittauspiste 5	63	91	1,4
6	Altaan pohja, mittauspiste 6	54	88	1,6
7	Penger, mittauspiste 1	56	81	1,4
8	Penger, mittauspiste 2	50	83	1,7
9	Penger, mittauspiste 3	36	56	1,6
10	Penger, mittauspiste 4	37	60	1,6
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

vaatimukset $E_1 \geq$ MN/m² $E_2/E_1 \leq$ 2,2
 $E_2 \geq$ 45 MN/m²

kuormituslevyn halkaisija x 300 mm 450 mm

Huom.



Doc No R8-07/1A

Specifications of Na-Base Bentonite (CPA)

High Quality, Multi- Purpose Na- Activated Bentonite Manufactured with World Class Technology

Na-Bento - CPA - Physical & Chemical Properties :

Properties	Unit	Range
<i>Moisture (2 Hrs. at 110°C Temp.)</i>	%	13.0 Max.
<i>125 Mic Sieve Residue</i>	%	6.0 Max.
<i>pH (2 % Solution)</i>	---	12.5 Max
<i>Free Swelling Value (ml/2g)</i>	ml	25 Min.
<i>Marsh Funnel (5% Slurry)</i>	Sec	40 Min.
<i>Methylene Blue Absorption Value</i>	Mg / g	350 Min.
<i>Plate Water Absorption (16 Hrs.)</i>	%	600 Min.
<i>Fluid / Water Loss</i>	ml	18 Max.
<i>Fan Viscosity (600 RPM / 300 RPM)</i>	cp.	45 Min / 40 Min.

Na-Bento - CPA – Typical Granulometry Dry and Wet Sieve :

Sieve Size	Unit	Dry Residue	Wet Residue
<i>63 Mic.</i>	%	28.0 – 32.0	3.0 - 5.0
<i>75 Mic.</i>	%	16.0 – 20.0	2.0 – 4.0
<i>125 Mic.</i>	%	3.0 – 5.0	0.5 – 1.5

For Ashapura MidGulf NV- Antwerpen

Mulhouseaan Noord 12, Haven 158, B-2030 Antwerpen, Belgium,
Tel: +32 (0) 3 541 19 81, Fax: +32 (0) 3 541 19 82

All information in this publication is in accordance with our present experience and knowledge. The user must assume responsibility himself for checking whether the products are suitable for the purpose and use proposed by him.

Na-Bento - CPA – Typical Mineralogy Property :

Properties	Montmorillonite	Quartz	Hematite	Magnetite	Anatase	Calcite
% Typical Value	82	3	4	7	2	2

Na-Bento - CPA – Typical Chemical Composition Property :

Properties	Unit	Observation
Silica as SiO_2	%	54.88
Aluminum as Al_2O_3	%	16.22
Iron as Fe_2O_3	%	11.78
Titanium as TiO_2	%	1.56
Calcium as CaO	%	2.52
Magnesium as MgO	%	2.73
Sodium as Na_2O	%	1.74
Potassium as K_2O	%	0.22
Sulphate as SO_4	%	0.09
LOI (1000 temp)	%	8.25

Excellent swelling, water absorbing and gelling property with lowest water loss.
 Highly viscous and expanding with water.
 Excellent property in GCL product.

For Ashapura MidGulf NV- Antwerpen

Revisoin 02, March-2015

**Mulhouselaan Noord 12, Haven 158, B-2030 Antwerpen, Belgium,
 Tel: +32 (0) 3 541 19 81, Fax: +32 (0) 3 541 19 82**

All information in this publication is in accordance with our present experience and knowledge. The user must assume responsibility himself for checking whether the products are suitable for the purpose and use proposed by him.

Fibre-reinforced Geosynthetic Clay Liner (GBR-C)

Bentofix® NSP 5300



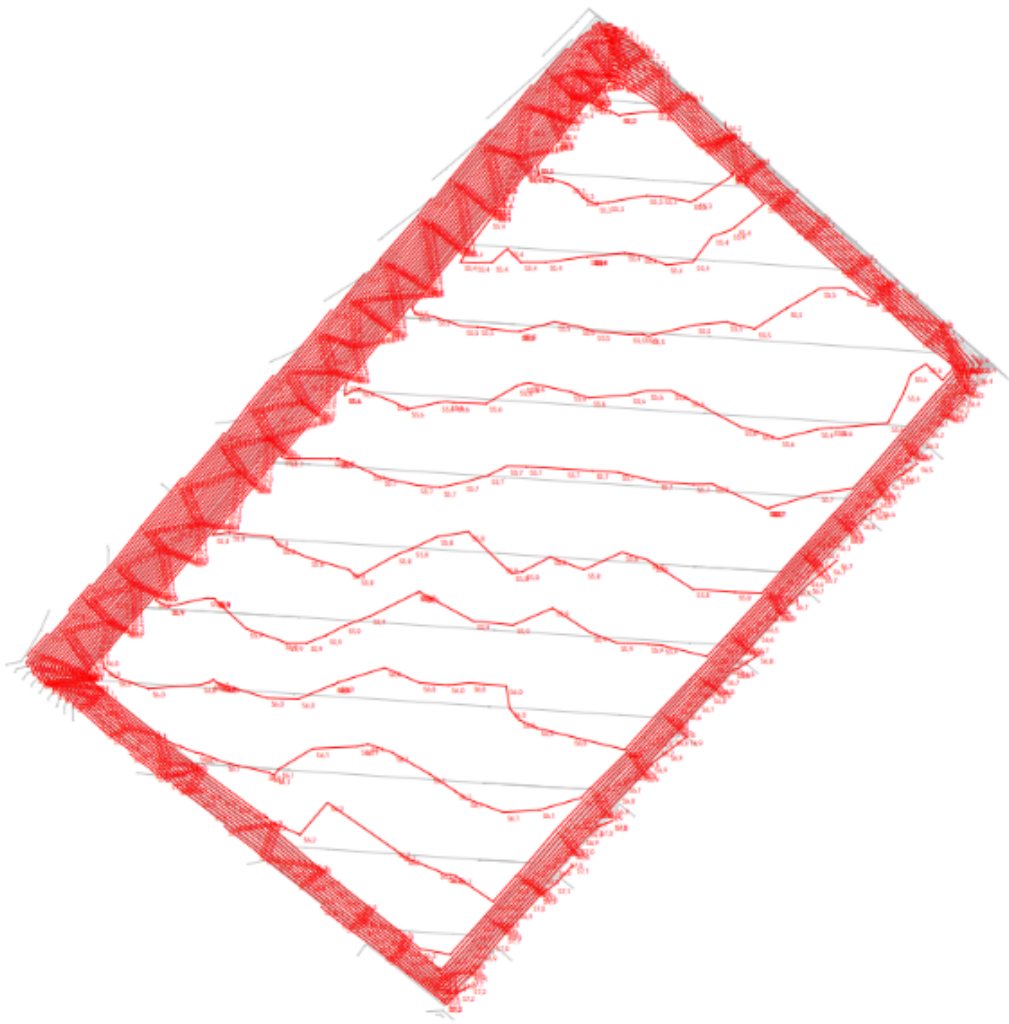
InfraRyl, Finland

Bentofix® NSP 5300 is a shear strength transmitting geosynthetic clay barrier (GBR-C), continuously needle-punched through all components. A GBR-C is also known as geosynthetic clay liner (GCL) or bentonite mat. Additional bentonite powder is impregnated into a 500 mm overlapping area on both longitudinal sides of the cover layer. The 300 mm length longitudinal overlapping areas are marked on the carrier layer.

Property	Test method*	Unit	Values	Test frequency
Geotextile layers:				
Cover layer (polypropylene nonwoven):				
Mass per unit area	EN ISO 9864	g/m ²	≥ 200	1/20,000 m ²
Carrier layer (polypropylene woven):				
Mass per unit area	EN ISO 9864	g/m ²	≥ 100	1/20,000 m ²
Bentonite layer (sodium bentonite powder):				
Mass per unit area	ASTM D5993 ($\rho_{\text{CLAY},0\%}$)	g/m ²	≥ 4,000	1/5,000 m ²
Swell index	ASTM D5890	ml/2g	≥ 24	1/50 t
Montmorillonite content	VDG P69	mg/g	≥ 300	1/50 t
Carbonate content	DIN 18129	weight- %	≤ 5	1 test / quality
Cation exchange capacity	ISO 11260	cmol/kg	≥ 70	1 test / quality
Fluid Loss	ASTM D5891	ml	≤ 18	1/50 t
Water content	ISO 11465 (5hrs, 105 °C)	%	≤ 15	1/50 t
Geosynthetic Clay Liner:				
Mass per unit area	EN 14196 ($\rho_{\text{GBR-C}}$)	g/m ²	5,330	1/5,000 m ²
Mass per unit area	ASTM D5993 ($\rho_{\text{GBR-C},0\%}$)	g/m ²	≥ 4,300	1/5,000 m ²
Thickness	EN ISO 9863-1	mm	≥ 6.3	1/20,000 m ²
Tensile strength, md/cmd**	ASTM D6768	kN/m	≥ 10.8 / ≥ 10.8	1/5,000 m ²
Elongation at max. strength, md/cmd**	ASTM D6768	%	≥ 9.0 / ≥ 5.4	1/5,000 m ²
Peel strength	ASTM D6496	N/10 cm***	≥ 60	1/5,000 m ²
		N/m	≥ 360	1/5,000 m ²
CBR puncture	ASTM D6241	N	≥ 1,800	1/25,000 m ²
Hydraulic Conductivity (k_{10})	EN 16416 / ASTM D5887	m/s	1.2×10^{-11}	1/25,000 m ²
Permittivity (Ψ_{10})	EN 16416 / ASTM D5887	1/s	1.6×10^{-9}	1/25,000 m ²
Index Flux (q_{10})	EN 16416 / ASTM D5887	(m ³ /m ²)/s	2.4×10^{-9}	1/25,000 m ²
Roll dimensions:				
width x length	-	m x m	5.00 x 40	

* = based on; **md = machine direction, cmd = cross machine direction; ***max. peak

The listed technical values are guiding values, achieved in our laboratories and/or independent testing institutes. Our products are subject to changes without prior notice.



Winfra Oy		Lassila ja Tikanoja Valimaa		
		Tavallisen jatealtaan laajennus		
		Bentoniitin korkeuskäyrät		
PIKILUOTTI Pekka Kotala	TYÖNJOHTAJA	MITTAAJA	KORJUSMITTAAJA	PÄIKKO MITTAAJA
18.8.23		1:450		REV

Inspection certificate 2.2 acc. DIN EN 10204
 Certificat de réception 2.2 suivre DIN EN 10204



delivery note no : W2023/01495
 order no.: A2023/01295
 project : Vällimaa Landfill
 delivery date : 05.06.23
 item ID : 6110233
 date of production : 08.05.23
 roll number : 1809120023
 type : CARBOFOL HDPE 406 2,0 s/s GM13
 7,50 m x 120 m

Prüfmerkmale / Property	Norm / Test Method	Einheit / Unit	Werte / Value
Thickness	ASTM D5994	mm	2,03
Tensile strength at yield, md	ASTM D6693	kN/m	35,2
Tensile strength at yield, cmd	ASTM D6693	kN/m	36,5
Elongation at yield, md	ASTM D6693	%	16,9
Elongation at yield, cmd	ASTM D6693	%	15,9
Tensile strength at break, md	ASTM D6693	kN/m	63,9
Tensile strength at break, cmd	ASTM D6693	kN/m	69,5
Elongation at break, md	ASTM D6693	%	791
Elongation at break, cmd	ASTM D6693	%	893
Tear resistance, md	ASTM D1004	N	295
Tear resistance, cmd	ASTM D1004	N	307
Carbon black dispersion	ASTM D5596		CAT 1
Carbon black content	ASTM D4218	%	2,57
Density	ASTM D792	g/cm³	0,943
NCTL	ASTM D5397 app.	h	500
Puncture resistance	ASTM D4833	N	739
Oxidation-induction time	ASTM D3895	min	210

This is to confirm that all geosynthetics appertaining to this delivery correspond to our technical data sheet.

This certificate is computerized and therefore not signed.

Multifunctional geotextiles for separation, filtration and protection

Secutex® PP white



NAUE GmbH & Co. KG
 Gewerbestrasse 2
 32339 Espelkamp-Fiestel
 Germany
 Phone: +49 5743 41-0 Fax: +49 5743 41-240
 E-Mail: info@naue.com Internet: www.naue.com

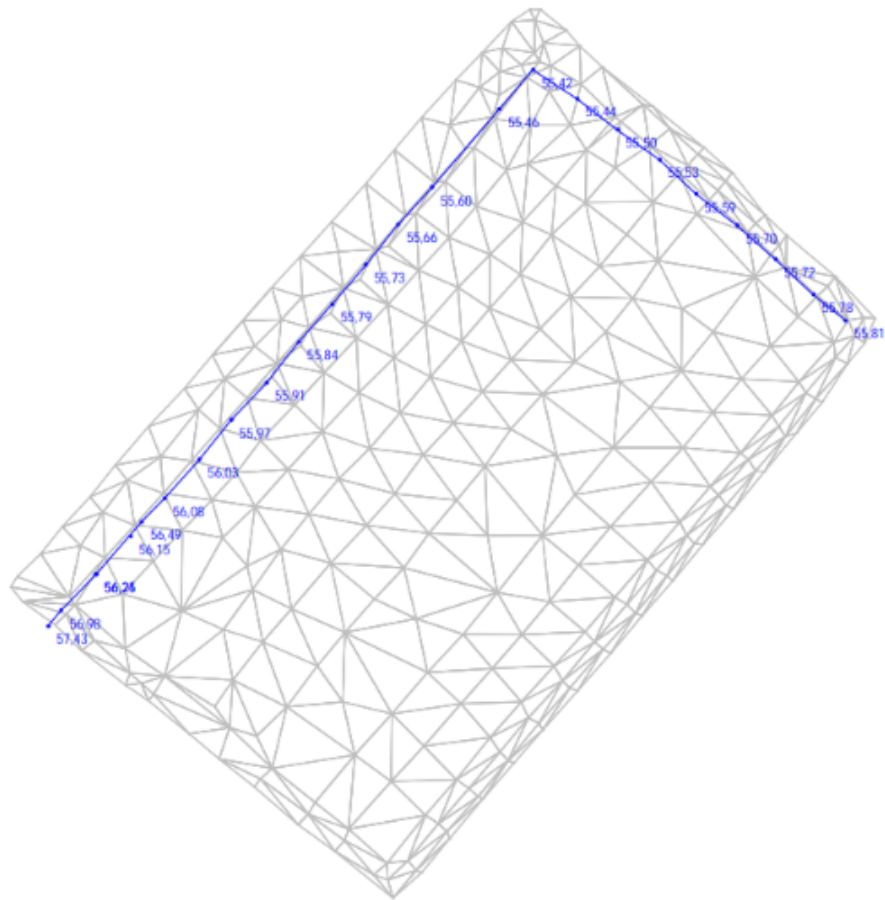
Product description:

Single-layered needle-punched staple fibre nonwoven geotextiles

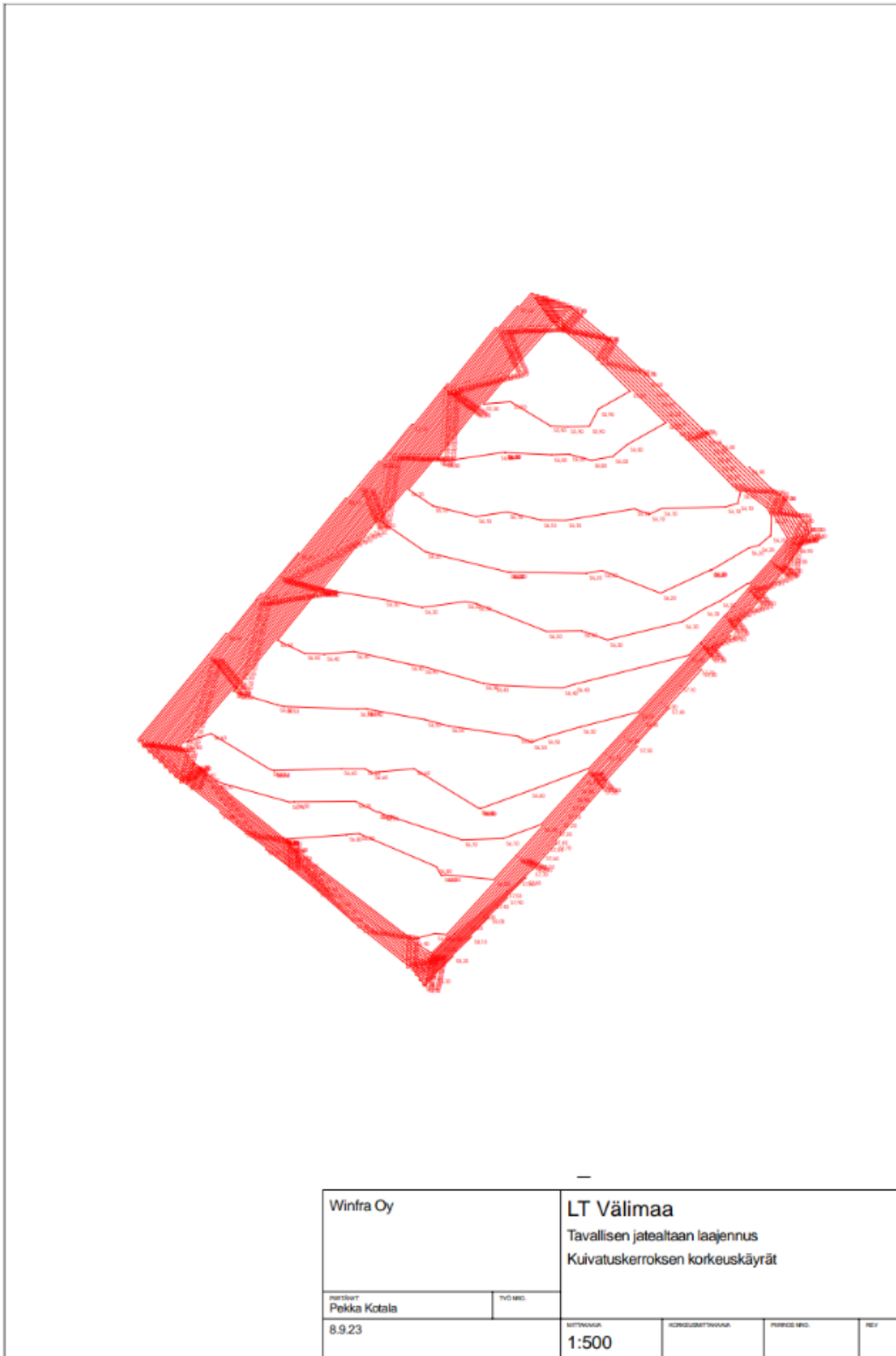
Property	Test method*	Unit	R 801	R 1001	R 1201
Raw material	-	-	polypropylene (PP), white		
Mass per unit area	EN ISO 9864	g/m ²	800	1.000	1.200
Thickness	EN ISO 9863-1	mm	5.3	7.0	8.2
Max. tensile strength, md / cmd**	EN ISO 10319	kN/m	52.0 / 56.0	50.0 / 80.0	63.0 / 100.0
Elongation at max. tensile strength, md / cmd**	EN ISO 10319	%	60 / 45	60 / 45	60 / 45
Puncture force	EN ISO 12236	N	10,600	13,000	14,000
Displacement at static puncture strength	EN ISO 12236	mm	50	50	50
Characteristic opening size	EN ISO 12956	µm	70	60	60
Water permeability - V _{H2O} -Index - Flow rate _{H2O}	EN ISO 11058	m/s l/(m ² s)	2.5 x 10 ⁻² 25	1.8 x 10 ⁻² 18	1.5 x 10 ⁻² 15
Detector tested	-	-	yes	yes	yes

*based on, **md = machine direction, cmd = cross machine direction

The listed technical values are guiding values, achieved in our laboratories and/or independent testing institutes. Our products are subject to changes without prior notice.



Winfra Oy		LT Välimaa		
		Tavallisen jatealtaan laajennus		
		Salaojan tarkkeet		
PIKILUOKA	TYÖ NRO.	MITTAVAUS	KOKOUSTYÖVAARA	PIIRRE NRO.
8.9.23		1:500		
PIKILUOKA	TYÖ NRO.	MITTAVAUS	KOKOUSTYÖVAARA	PIIRRE NRO.



Winfra Oy		LT Välimaa		
		Tavallisen jatealtaan laajennus		
		Kuivatuskerroksen korkeuskäyrät		
PIKIKUVA Pekka Kotala	TYÖ NRO.			
8.9.23		KUVAUSMÄÄRÄ	PIKIKUVA	TYÖ
		1:500		