

Liite 1
Rakennuslupapäätös

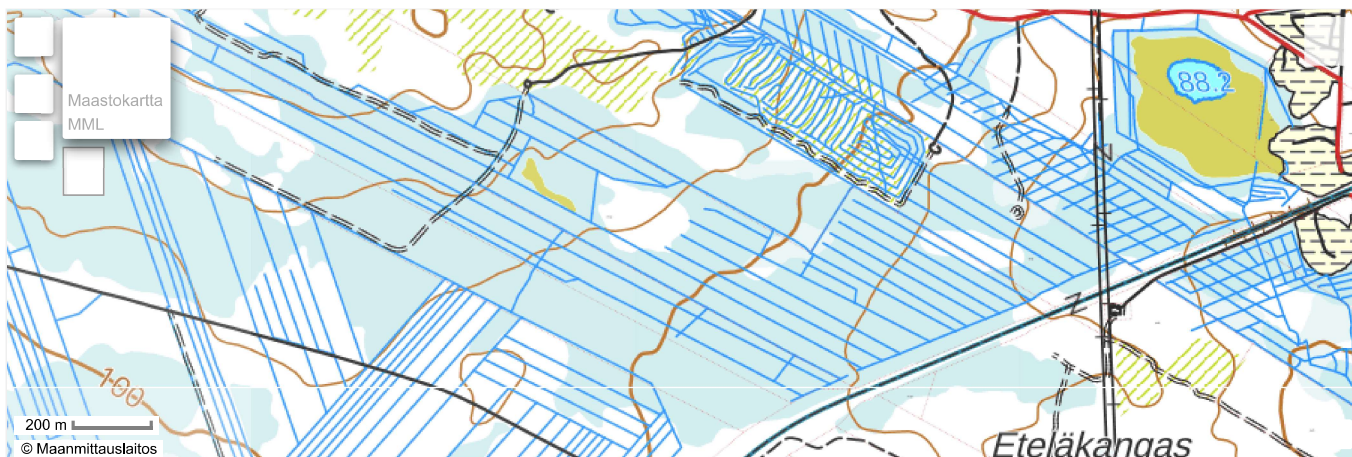


698-2023-826 Uudisrakennus

Tila: Lupapäätös tehty

Rakennusluvan osoite

Lämpökatu 4
96320
ROVANIEMI



Rakennuspaikka Lämpökatu 4 (698-9-9076-1)

Rakennuspaikan perustiedot

Tunnus 698-9-9076-1
Rakennuspaikan tyyppi Kiinteistö
Osoitteet Lämpökatu 4, 96320 ROVANIEMI

Kaavatiedot

Asemakaavan mukainen käyttötarkoitus EN Energiahuoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten korttelialue
Kiinteistön pinta-ala 165072,00 m²
Rakennusoikeutta käytetty 0,00 m²
Rakennusoikeutta vireillä 10971,00 m²
Rakennusoikeutta jäljellä 30297,00 m²

Kaavatunnus 698 2008-34
Kaavan tyyppi Asemakaava
Lajin tarkenne Ensimmäinen asemakaava ja asemakaavan muutos
Kaavatilanne Lainvoimainen

Rakennuspaikka Lämpökatu 2 (698-9-9076-2)

Rakennuspaikan perustiedot

Tunnus 698-9-9076-2
Rakennuspaikan tyyppi Kiinteistö
Osoitteet Lämpökatu 2, 96320 ROVANIEMI

Kaavatiedot

Asemakaavan mukainen käyttötarkoitus EN-2
Kiinteistön pinta-ala 167943,00 m²
Rakennusoikeutta käytetty 1259,00 m²
Rakennusoikeutta vireillä 0,00 m²
Rakennusoikeutta jäljellä 40726,70 m²

Kaavatunnus 698 2008-34

Kaavan tyyppi	Asemakaava
Lajin tarkenne	Ensimmäinen asemakaava ja asemakaavan muutos
Kaavatilanne	Lainvoimainen

Rakennuspaikka Terminaalikatu 8 (698-9-9076-3)

Rakennuspaikan perustiedot

Tunnus	698-9-9076-3
Rakennuspaikan tyyppi	Kiinteistö
Osoitteet	Terminaalikatu 8, 96320 ROVANIEMI

Kaavatiedot

Asemakaavan mukainen käyttötarkoitus	EN-2
Kiinteistön pinta-ala	127951,00 m ²
Rakennusoikeutta käytetty	0,00 m ²
Rakennusoikeutta vireillä	60,00 m ²
Rakennusoikeutta jäljellä	31927,80 m ²
Kaavatunnus	698 2008-34
Kaavan tyyppi	Asemakaava
Lajin tarkenne	Ensimmäinen asemakaava ja asemakaavan muutos
Kaavatilanne	Lainvoimainen

Uusi rakennus

Rakennuksen perustiedot

Rakennuspaikka	Terminaalikatu 8 (698-9-9076-3)
Rakennuspaikan hallinta	Vuokrattu
Kaavallinen valmiusaste	Asemakaava
Poikkeamislupa	Ei
Rakennuksen pääasiallinen rakentaja	Liiketaloudellinen rakentaminen
Rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus	Energiansiitorakennukset

Rakennuksen pinta-ala tiedot

Rakennuksen pinta-ala ja tilavuus

Kerrosala	30,00 m ²	Kokonaisala	30,00 m ²	Vertailuala (US250 mm)	0,00 m ²
Tilavuus	90 m ³	Kellarin pinta-ala	0,00 m ²	Kerrosluku	1

Rakennuksen ominaisuudet

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusaine	Teräs	Rakennuksen varusteet	
Rakennuksen pääasiallinen rakentamistapa	Elementti	☐ Viemäri	☐ Lämmin vesi
Pääasiallinen julkisivumateriaali	Metallilevy	☐ Vesi	☐ Aurinkopaneeli
Liittymät verkostoihin		☒ Sähkö	☐ Hissi
☐ Viemäri	☐ Vesi	☐ Kaasu	☐ Koneellinen ilmastointi
☒ Sähkö	☐ Kaapeli		
Pääasiallinen lämmitystapa	Suora sähkölämmitys	Talokohtaisia saunoja	0 kpl
Polttoaine tai lämmönlähde	Sähkö	Uima-altaita	0 kpl
		Väestönsuoja	0 hengelle
Paloluokka	Paloluokka P3	Autopaikkoja kiinteistöllä	0 kpl
Paloturvallisuuden lisätieto		Autopaikkoja muualla	0 kpl

Rakennuksen huoneistot

Porras- kirjain	Numero	Jako- kirjain	Pysyvä huoneistotunnus	Huone- luku	Keittiötyyppi	Huoneisto- ala (m ²)	WC	Amme/ suihku	Sauna	Parveke/ terassi	Lämmin vesi	Muutos
0		A		0	Ei arvoa	0,00	☐	☐	☐	☐	☐	Ei arvoa

Uusi rakennus

Rakennuksen perustiedot

Rakennuspaikka	Terminaalikatu 8 (698-9-9076-3)
Rakennuspaikan hallinta	Vuokrattu
Kaavallinen valmiusaste	Asemakaava
Poikkeamislupa	Ei
Rakennuksen pääasiallinen rakentaja	Liiketaloudellinen rakentaminen
Rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus	Energiansiirtorakennukset

Rakennuksen pinta-alatiedot

Rakennuksen pinta-alat ja tilavuus

Kerrosala	30,00 m ²	Kokonaisala	30,00 m ²	Vertailuala (US250 mm)	0,00 m ²
Tilavuus	90 m ³	Kellarin pinta-ala	0,00 m ²	Kerrosluku	1

Rakennuksen ominaisuudet

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusaine	Teräs	Rakennuksen varusteet	
Rakennuksen pääasiallinen rakentamistapa	Elementti	☐ Viemäri	☐ Lämmin vesi
Pääasiallinen julkisivumateriaali	Metallilevy	☐ Vesi	☐ Aurinkopaneeli
Liittymät verkostoihin		☒ Sähkö	☐ Hissi
☐ Viemäri	☐ Vesi	☐ Kaasu	☐ Koneellinen ilmastointi
☒ Sähkö	☐ Kaasu		
Pääasiallinen lämmitystapa	Suora sähkölämmitys	Talokohtaisia saunoja	0 kpl
Polttoaine tai lämmönlähde	Sähkö	Uima-altaita	0 kpl
		Väestönsuoja	0 hengelle
Paloluokka	Paloluokka P3	Autopaikkoja kiinteistöllä	0 kpl
Paloturvallisuuden lisätieto		Autopaikkoja muualla	0 kpl

Rakennuksen huoneistot

Porras- kirjain	Numero	Jako- kirjain	Pysyvä huoneistotunnus	Huone- luku	Keittiötyyppi	Huoneisto- ala (m ²)	WC	Amme/ suihku	Sauna	Parveke/ terassi	Lämmin vesi	Muutos
0		B		0	Ei arvoa	0,00	☐	☐	☐	☐	☐	Ei arvoa

Uusi rakennus

Rakennuksen perustiedot

Rakennuspaikka	Lämpökatu 4 (698-9-9076-1)
Rakennuspaikan hallinta	Vuokrattu
Kaavallinen valmiusaste	Asemakaava
Poikkeamislupa	Ei
Rakennuksen pääasiallinen rakentaja	Liiketaloudellinen rakentaminen
Rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus	Energiansiirtorakennukset

Rakennuksen pinta-alatiedot

Rakennuksen pinta-alat ja tilavuus

Kerrosala	30,00 m ²	Kokonaisala	30,00 m ²	Vertailuala (US250 mm)	0,00 m ²
Tilavuus	90 m ³	Kellarin pinta-ala	0,00 m ²	Kerrosluku	1

Rakennuksen ominaisuudet

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusaine

Rakennuksen pääasiallinen rakentamistapa

Pääasiallinen julkisivumateriaali

Liittymät verkostoihin

☐ Viemäri ☐ Vesi ☒ Sähkö ☐ Kaasu ☐ Kaapeli

Pääasiallinen lämmitystapa

Polttoaine tai lämmönlähde

Paloluokka

Paloturvallisuuden lisätieto

Teräs

Elementti

Metallilevy

Suora sähkölämmitys

Sähkö

Paloluokka P3

Rakennuksen varusteet

☐ Viemäri ☐ Lämmin vesi

☐ Vesi ☐ Aurinkopaneeli

☒ Sähkö ☐ Hissi

☐ Kaasu ☐ Koneellinen ilmastointi

Talokohtaisia saunoja

Uima-altaita

Väestönsuoja

Autopaikkoja kiinteistöllä

Autopaikkoja muualla

0 kpl

0 kpl

0 hengelle

0 kpl

0 kpl

Rakennuksen huoneistot

Porras- kirjain	Numero	Jako- kirjain	Pysyvä huoneistotunnus	Huone- luku	Keittiötyyppi	Huoneisto- ala (m ²)	WC	Amme/ suihku	Sauna	Parveke/ terassi	Lämmin vesi	Muutos
0		C		0	Ei arvoa	0,00	☐	☐	☐	☐	☐	Ei arvoa

Selostus

Pääasiallinen rakennustoimenpide

Uusi rakennus

Lyhyt selostus rakennustoimenpiteistä

Rakennuslupaa haetaan teollisen kokoluokan aurinkovoimapuiston rakentamiseen. Aurinkovoimala koostuu kolmesta muuntamosta, aurinkopaneelikentästä, huoltotiestöstä ja aluetta ympäröivästä riistaaidasta. Aurinkopaneeleita alueelle tullaan sijoittamaan n. 18200 kpl:tta maanvaraisiin aurinkopaneelitelineisiin. Aurinkopaneelitelineiden todennäköisin perustustapa teräspaalaus tai ruuvipaalaus. Aurinkopaneelien ja sähköaseman tarvitsema pinta-ala on n. 57000 m2. Aurinkopuiston tuottama energia on n. 9482 MWh/vuosi. Sähkö tullaan johtamaan maakaapelilla edelleen sähkön siirtoyhtiö Rovaniemen Verkkoon. Siirtoyhtiö Rovaniemen Verkon liitäntäpiste sijaitsee Valajaskoksi-Viirinkangas voimajohdossa pylväsvälissä P37 - P39 johon liitytään johdonvarsiliitynnällä. Liityntäpisteen välittömään läheisyyteen rakennetaan sähköasema ja muuntamo joka muuntaa aurinkovoimalasta tulevan 33 kV jännitteen 110 kViin.

Poikkeukset

Poikkeukset:
Ei poikkeuksia.

Päätöksen toimitus

- ☐ Haluan päätöksen asiakirjat vain sähköisesti
- Virallinen leimattu lupapäätös Postitetaan
- ☒ Suoramarkkinointikielto

Yhteyshenkilöt

Hakija

Napapiirin Energia ja Vesi Oy 0730905-1

PL 8013

96101 ROVANIEMI

Lisätietojen antaja

Etha Wind Oy 1790018-7

Vaasanpuistikko 14 B 11

65100 Vaasa

Maksaja

Napapiirin Energia ja Vesi Oy 0730905-1

PL 8013

96101 ROVANIEMI

Vastuuhenkilöt

Lisää vastuuhenkilöt.

Pääsuunnittelija

Tehtävän vaativuus: Tavanomainen

☐ Olen toiminut tässä kunnassa aiemmin vastaavassa tehtävässä

Liitteet:

Lisäksi on liitetty 3 dokumenttia, jotka ovat näkyvissä vain viranomaiselle tai muille dokumenttien lisääjille.

Rakennussuunnittelija

Tehtävän vaativuus: Tavanomainen

☐ Olen toiminut tässä kunnassa aiemmin vastaavassa tehtävässä

Liitteet:

Lisäksi on liitetty 3 dokumenttia, jotka ovat näkyvissä vain viranomaiselle tai muille dokumenttien lisääjille.

Päätöstiedot

Käsittelyvaihe	Hyväksytty
Päivä	22.11.2023
Päätöksen tekijä	Ympäristölautakunta
Päätöksen laatu	Hyväksytty
Pykälä	130
Päätöspäivä	22.11.2023
Päätöksen antopäivä	28.11.2023
Lainvoimaisuuspäivä	29.12.2023
Voimassaolo päättyy	29.12.2028

ROINRo-2023-3499

Rovaniemen kaupungin ympäristölautakunnan päätös:

- Ympäristölautakunta päättää myöntää haetun luvan ja vahvistaa esitetyt pääpiirustukset
- Pelastuslaitoksen lausunnossaan (14.11.2023 nro 78 886) antamia ohjeita ja määräyksiä on noudatettava.
 - Ennen rakennustöihin ryhtymistä esitettävä tarkennettu suunnitelma paneelien sijoittelusta pelastusviranomaisen lausunnon mukaisesti.
 - Huomioitava pelastuslaitosten kumppanuusverkoston laatima aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje.
 - Hulevedet tulee ensisijaisesti käsitellä ja imeyttää hakijan hallinnoiman kiinteistön alueella.
 - Kiinnitettävä huomioita alueelta mahdollisesti leviävän pölyn sidontaan.
 - Kaikki kastumisesta kärsivät rakennusosat tulee sijoittaa tason +76.24 (N2000) yläpuolelle.

Päätöksen antopäivä 28.11.2023

Muutoksenhaku
Muutoksenhakuohje pöytäkirjanotteella.

Rovaniemellä 22.11.2023

Johtava rakennustarkastaja Hannu Kangas

Luvan saajan ja rakennushankkeeseen ryhtyvä on velvollinen huolehtimaan työmaalla rakennustyön riittävästä valvonnasta ja tarkistamisesta (MRL 149§) sekä varmentamaan tarkastuksen suorittaminen rakennustyön tarkastusasiakirjaan tehtävällä merkinnällä.
Esittämään ja luovuttamaan loppukatselmuksessa pelastussuunnitelmat palo- ja pelastusviranomaiselle.

Lupaehdot

Lisäselvitykset ja poikkeukset

Poikkeukset:
Ei poikkeuksia.

Rakennustyötä ei saa aloittaa ennen kuin on hyväksytty
Vastaava työnjohtaja

Ennen kunkin työvaiheen aloittamista on rakennusvalvontaviranomaiselle esitettävä
Sähkötöiden tarkastuspöytäkirja esitetään ennen käyttöönottoa

Rakennustyön edistymisen mukaan pyydettyä seuraavat katselmuks
Aloituskokous
Paikan merkitseminen_mittausosasto
Loppukatselmus

Muut ehdot
Rakennustyön aikana on pidettävä työmaapäiväkirjaa ja rakennustyön tarkastusasiakirjaa sekä laadittava rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Liitteet

Voit ostaa dokumentteja hakemuksen pohjaksi [kauppapalvelusta](#).

Toiminnot	Liite	Kuvaus	Päiväys	Tekijät
Muutettu 21.9.2023 14:00	Pääpiirustukset (PDF) 1368-23 003-002 TELINE.pdf Liitetty 21.9.2023 13:56			
Muutettu 21.9.2023 14:00	Pääpiirustukset (PDF) 1368-23 003-001 MUUNTAMO.pdf Liitetty 21.9.2023 14:00			
Muutettu 21.9.2023 14:01	Asemapiiirros (PDF) 1368-23-002-001 ASEMAPIIIRUSTUS.pdf Liitetty 21.9.2023 14:01			
Muutettu 27.9.2023 15:13	Lainhuuto, kauppakirja tai vuokrasopimus (PDF) Vuokrasopimus_698-9-9076-1.pdf Liitetty 27.9.2023 15:13	Vuokrasopimus_698-9-9076-1		
Muutettu 27.9.2023 15:13	Lainhuuto, kauppakirja tai vuokrasopimus (PDF) Vuokrasopimus_698-9-9076-2.pdf Liitetty 27.9.2023 15:13	Vuokrasopimus_698-9-9076-2		
Muutettu 27.9.2023 15:13	Lainhuuto, kauppakirja tai vuokrasopimus (PDF) Vuokrasopimus_698-9-9076-3.pdf Liitetty 27.9.2023 15:13	Vuokrasopimus_698-9-9076-3		
Muutettu 25.9.2023 9:19	Naapurien kuuleminen (PDF) Rovaniemen kaupunki kuulee naapurit.pdf Liitetty 25.9.2023 9:19			
Muutettu 5.10.2023 14:15	Naapurien kuuleminen (PDF) Liitetty 5.10.2023 14:14		5.10.2023	
Muutettu 21.9.2023 14:07	Energiaselvitys Energiaselvitys.pdf Liitetty 21.9.2023 14:07			
Muutettu 22.9.2023 13:41	Muut (PDF) Teollisuuskylä_impact assesment_AKa230921-1rev1VKt.pdf Liitetty 22.9.2023 13:40	Hankkeen vaikutusten arvionti	22.9.2023	
Muutettu 25.9.2023 9:21	Muut (PDF) Aurinkovoimalahanke Neve Oy.Teollisuuskylä Rovaniemi.pdf Liitetty 25.9.2023 9:20	ELY keskus vastaus YVA prosessista. ELYllä ei YVA vaatimusta.		
Muutettu 25.9.2023 11:53	Muut (PDF) 20230925 Valtakirja Etha Wind rakennuslupa allekirjoitettu.pdf Liitetty 25.9.2023 11:53	Valtakirja rakennuslupahakemuksen jättämiseen	25.9.2023	Neve Oy
Muutettu 26.9.2023 15:43	Kaavaote, rekisterikartta tai tonttikartta (PDF) tonttikartat.pdf Liitetty 26.9.2023 15:43	Tonttikartat	26.9.2023	
Muutettu 26.9.2023 15:44	Kaavaote, rekisterikartta tai tonttikartta (PDF) kaavaote_9076.pdf Liitetty 26.9.2023 15:44	Kaavaote	26.9.2023	
Muutettu 26.9.2023 15:45	Kiinteistörekisteriote (PDF) Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-1.pdf Liitetty 26.9.2023 15:45	Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-1	26.9.2023	KTJ
Muutettu 26.9.2023 15:46	Kiinteistörekisteriote (PDF) Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-2.pdf Liitetty 26.9.2023 15:46	Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-2	26.9.2023	KTJ
Muutettu 26.9.2023 15:46	Kiinteistörekisteriote (PDF) Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-3.pdf Liitetty 26.9.2023 15:46	Kiinteistörekisteriote_698-9-9076-3	26.9.2023	KTJ
Muutettu 22.9.2023 13:46	Pelastustiepiirustus (PDF) Teollisuuskylä_pelastustiet_AKA230922-5.pdf Liitetty 22.9.2023 13:44	Pelastustiepiirustus	22.9.2023	

Muutoshistoria

20.9.2023	Lupahakemus perustettu	
21.9.2023	Vastuuhenkilö vahvisti osallistumisensa	
21.9.2023	Vastuuhenkilö vahvisti osallistumisensa	
21.9.2023	Vastuuhenkilö vahvisti osallistumisensa	
21.9.2023	Vastuuhenkilö vahvisti osallistumisensa	
21.9.2023	Ennakkokäsittelyä pyydetty	
26.9.2023	Lausuntopyyntö lähetetty käsittelijälle	
26.9.2023	Lausuntopyyntö lähetetty käsittelijälle	
27.9.2023	Lupaa haettu	
13.11.2023	Lupahakemus vastaanotettu	
23.11.2023	Viivästetty lupapäätös	

Liite 3

Tuhkan omavalvontasuunnitelma (Neve Oy)

Lupahakemukseen toimitettu erillinen päivitetty versio (19.1.2026)
omavalvontasuunnitelmasta.

Liite 4

Ympäristöriskinarvio

Vastaanottaja

Neve Oy

Asiakirjatyyppi

Riskinarvio

Päivämäärä

3/2025

NEVE OY

**AURINKOPANEELIKENTÄN
HUOLTOTIESSÄ HYÖDYNNETTÄVÄN
TUHKAN RISKINARVIO**

NEVE OY
AURINKOPANEELIKENTÄN HUOLTOTIESSÄ
HYÖDYNNETTÄVÄN TUHKAN RISKINARVIO

Projekti **Paneelikentän tiessä hyödynnettävän tuhkan riskinarvio**
Projekti nro [REDACTED]
Vastaanottaja **Anne Strandman, Napapiirin Energia ja Vesi Oy**
Asiakirjatyyppi **Riskinarvio**
Versio **1**
Päivämäärä **17.3.2025**
Laatija [REDACTED] **Ramboll Finland Oy**
Tarkastaja [REDACTED] **Ramboll Finland Oy**

Ramboll
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
2.	Kohde	2
2.1	Sijainti ja lähialue	2
2.2	Kaavoitus	3
2.3	Toiminta	4
2.4	Maa- ja kallioperä	4
2.5	Pohjavesi	5
2.6	Pintavesi	5
2.7	Herkät kohteet	6
3.	Tierakenne	7
3.1	Tierakenteen sijainti	7
3.2	Rakenne	8
3.3	Hyödynnettävät materiaalit ja niiden määrät	9
4.	Tuhkan laatu	9
4.1	Tuhkan muodostuminen	9
4.2	Tuhkanäytteet ja näytteenotto	10
4.3	Kokonaispitoisuudet	10
4.4	Liukoisuudet	12
5.	Riskinarvio	13
5.1	Tavoitteet ja rajaukset	13
5.2	Tarkasteltavat haitta-aineet ja niiden ominaisuudet	14
5.3	Käsitteellinen malli	14
5.4	Kulkeutumisriskin laadullinen arviointi	16
5.4.1	Pölyäminen	16
5.4.2	Kulkeutuminen veden mukana	16
5.5	Kulkeutumisen laskennallinen tarkastelu	16
5.5.1	Arviointimenetelmä	16
5.5.2	Suotovesien ja pintavesiin aiheutuvan kuormituksen laskenta	17
5.5.3	Liukenevan huippupitoisuuden laskenta	18
5.5.4	Rakennusvaiheen aikainen kuormitus	19
5.5.5	Valmiin rakenteen kuormitus	20
5.6	Ekologisten riskien arviointi	22
5.7	Terveysriskin arviointi	23
5.8	Epävarmuudet	24
5.9	Johtopäätökset	25
6.	Yhteenveto	26

LIITTEET

Liite 1

Kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet

Liite 2

Haitta-aineiden ominaisuudet

Liite 3

Laskenta

1. JOHDANTO

Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n Mustikkamaan polttoaineterminaalilla tuotetaan ja varastoidaan puupolttoaineita Suosiolan voimalaitoksen sekä muiden lähialueen lämpölaitosten käyttöä varten.

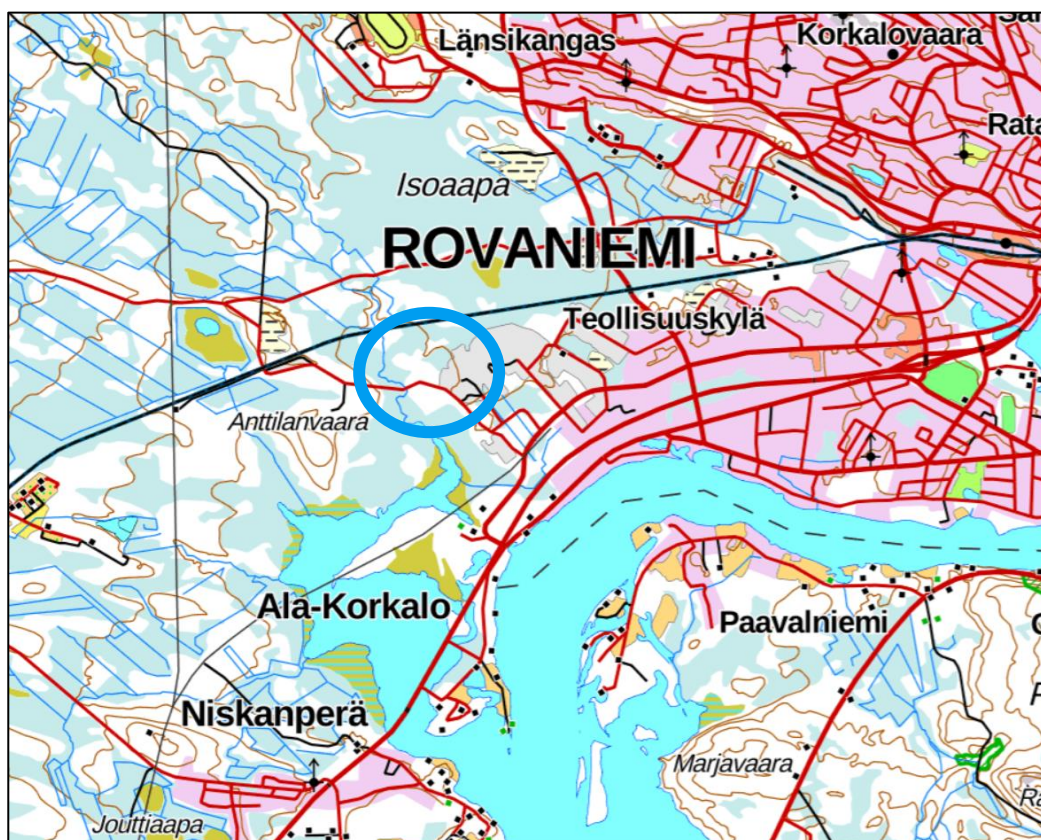
Alueelle on suunnitteilla rakentaa aurinkopaneelikenttä, jonka huoltotien rakenteissa on tavoitteena hyödyntää Suosiolan lentotuhkaa. Hyötykäytettävässä lentotuhkassa molybdeenin, kromin ja sulfaatin liukoisuudet ylittävät valtioneuvoston eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa antaman asetuksen (MARA-asetus 591/2006 ja sen muutokset) mukaiset raja-arvot tierakenteelle. Tierakenteessa edellä mainitun tuhkan hyödyntäminen on ympäristöluvanvaraista toimintaa.

Tässä riskinarvioinnissa tarkastellaan edellä mainitun tuhkan hyödyntämisestä huoltotierakenteessa aiheutuvia vaikutuksia ihmisen terveydelle ja alueen ympäristölle.

2. KOHDE

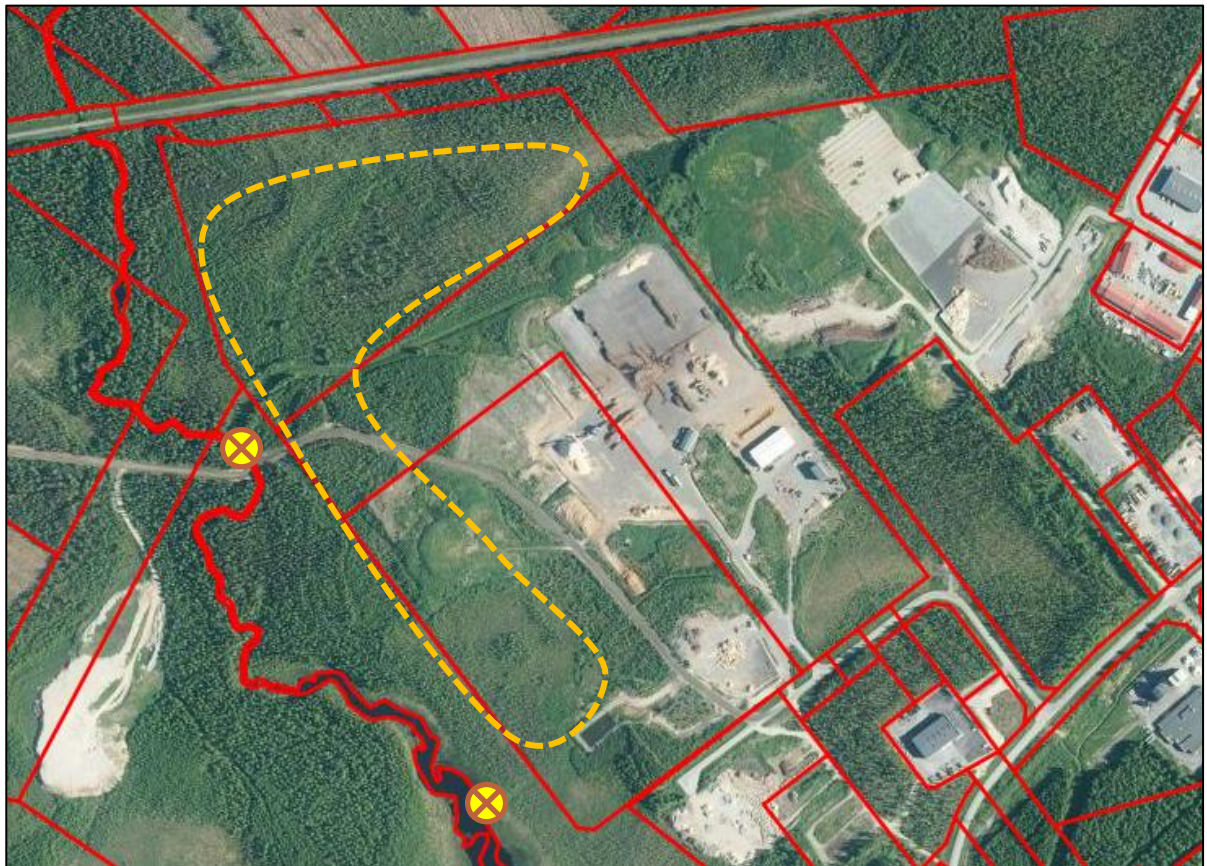
2.1 Sijainti ja lähialue

Mustikkamaan polttoaineterminaalilla sijaitsee Rovaniemen Alakorkalossa, valtatie 4:n ja rautatien välisellä alueella Kuolajoen itäpuolella. Alue sijoittuu noin 4,5 km Rovaniemen keskustasta etelään. Polttoaineterminaalien sijainti on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 1).



Kuva 1. Mustikkamaan polttoaineterminaalien sijainti on merkitty karttaan sinisellä. (ympäristö.fi)

Suunniteltu aurinkopaneelikentän sijainti on esitettyä kuvassa 2.



Kuva 2. Aurinkopaneelikentän sijainti on merkitty karttaan oranssilla ja suotovesien purkupisteet keltaisella.

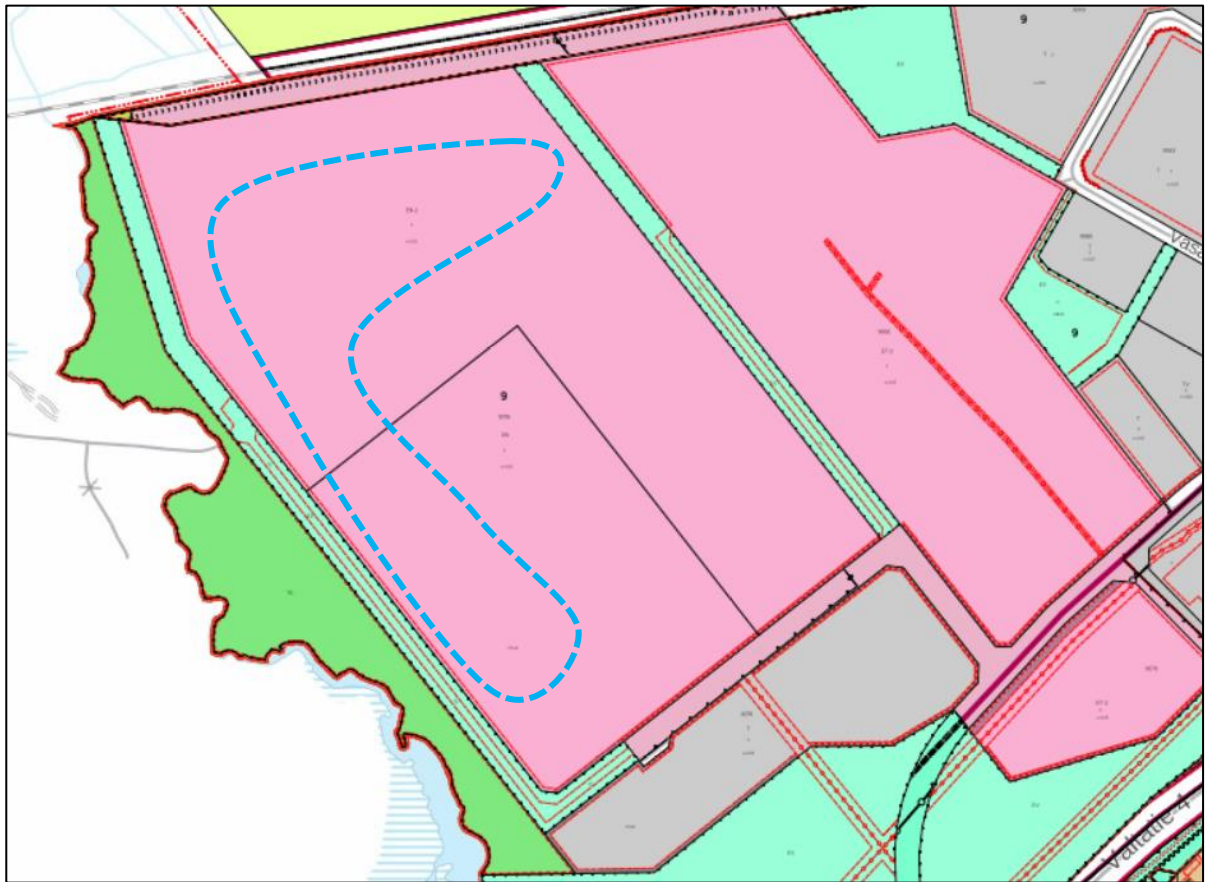
Mustikkamaan polttoaineterminaalin lähialueella on Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamo ja Napapiiri Residuum Oy:n jätteenkäsittelyalue idässä. Lisäksi lähialueella on pienteollisuutta.

Lähimmät asuinkiinteistöt sijaitsevat noin 500–600 m etäisyydellä Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n polttoaineterminaalialueelta valtatie 4 itäpuolella. Noin 4 kilometrin etäisyydellä kaakossa sijaitsee kaksi yksityistä luonnonsuojelualuetta. Lähimmät peltoalueet sijaitsevat Kemijoen itäpuolella noin 1,3 kilometrin päässä polttoaineterminaalista kaakkoon.

2.2 Kaavoitus

Rovaniemen maakuntakaavassa polttoaineterminaalin alue on merkitty maa- ja metsätalousvaltaiseksi alueeksi (M) ja teollisuustoimintojen alueeksi (T). Rovaniemen yleiskaavan muutoksessa ja laajennuksessa (2015) alue on merkitty energiahuollon alueeksi ja suojaviheralueeksi sekä virkistysalueeksi alueen länsi- ja itäpuolella.

Alue on voimassa olevassa asemakaavassa (Asemakaavan muutos ja laajennus, Mustikkamaa 698 2008-34) merkitty energiahuoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten korttelialueeksi. (EN ja EN2) Alueelle (EN) voidaan kaavamääräysten mukaan sijoittaa energiantuotantotoimintoja, jotka tarvitsevat YSL:n 28 §:n mukaisen ympäristöluvan (YSL 1 §, kohta 3). (ks kuva 3).



Kuva 3. Ote alueen asemakaavasta. Suunniteltu aurinkopaneelialue on merkitty kuvaan sinisellä katkoviivalla. (rovaniemi.fi, Rovaniemen karttapalvelu katsottu 13.4.2022)

2.3 Toiminta

Aurinkopuistohankkeessa on tarkoitus tuottaa arktisissa olosuhteissa puhdasta energiaa Rovaniemen Alakorkalon suunnitellun 12MWp aurinkovoimalan avulla. Alueelle on suunnitteilla asentaa arviolta lähes 18200 aurinkopaneelia, mitkä tuottavat 9,5 GWh sähköä/a. Aurinkopaneelit eivät tuota operatiivisessa toiminnassaan hiilidioksidipäästöjä, sillä polttoaineena energiantuotannossa käytetään vain auringonvaloa.

Aurinkopuiston rakenteissa on suunniteltu hyödynnettäväksi Suosiolan voimalaitoksella puun ja turpeenpoltossa muodostunutta lento- ja pohjatuhkaa. Tuhkien hyötykäytöllä voidaan korvata neitseellisten maa-ainesten käyttöä rakentamisessa ja edistää kiertotaloutta. Jätteen hyödyntäminen rakennusmateriaalina vähentää rakennushankkeen ympäristövaikutuksia ja on jätelain 8§:n etusijajärjestyksen mukaista eli jäte tulee ensisijaisesti kierrättää aineena, ellei uudelleenkäyttö ole mahdollista. Lisäksi hankkeen yhteyteen on suunniteltu toteutettavaksi yhteistyössä Luonnonvarakeskus Luken kanssa niittykoe, jossa on tarkoitus selvittää millaiset Lapissa luonnonvaraisena esiintyvät niittykasvit menestyvät aurinkoenergiakentällä, jossa kosteus- ja valo-olosuhteet vaihtelevat.

2.4 Maa- ja kallioperä

Alueen maaperä on pääosin hiekkamoreenia. Lisäksi osalla alueesta esiintyy saraturvetta moreenin pinnalla. Hiesua esiintyy pienellä alueella alueen luoteisnurkassa. Suunniteltu huoltotie sijoittuu hiekkamoreenin ja osin turpeiselle alueelle. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2010; GTK 2020)

Suunnittelualueella maanpinta vaihtelee tasovälillä +76...+81 (N2000). Alueella maanpinta on tasolla +80...+81 mpy. (N2000, MML avoin data)

2.5 Pohjavesi

Suunnittelualue ei sijaitse Ympäristöhallinnon luokittelemalla pohjavesialueella. Lähin luokiteltu pohjavesialue on Mäntyvaaran vedenhankintaa varten soveltuva pohjavesialue (1269801) ja se sijaitsee noin 2 km etäisyydellä polttoaineterminaalin pohjoispuolella (www.ymparisto.fi). Polttoaineterminaalin vaikutuksia pohjavesiin tarkkaillaan olemassa olevan ympäristöluvan mukaisesti. Pohjavesitarkkailussa ei ole havaittu toiminnan aiheuttavan päästöjä pohjaveteen.

2.6 Pintavesi

Lähin vesistö on Kuolajoki, joka sijoittuu alueesta noin 400 m länteen. Kuolajoki yhtyy Kemijokeen Kuolajoen sillan kohdalla, joka sijoittuu alueesta noin 750 m etäisyydelle etelä-kaakkoissuuntaan polttoaineterminaalin alueesta.

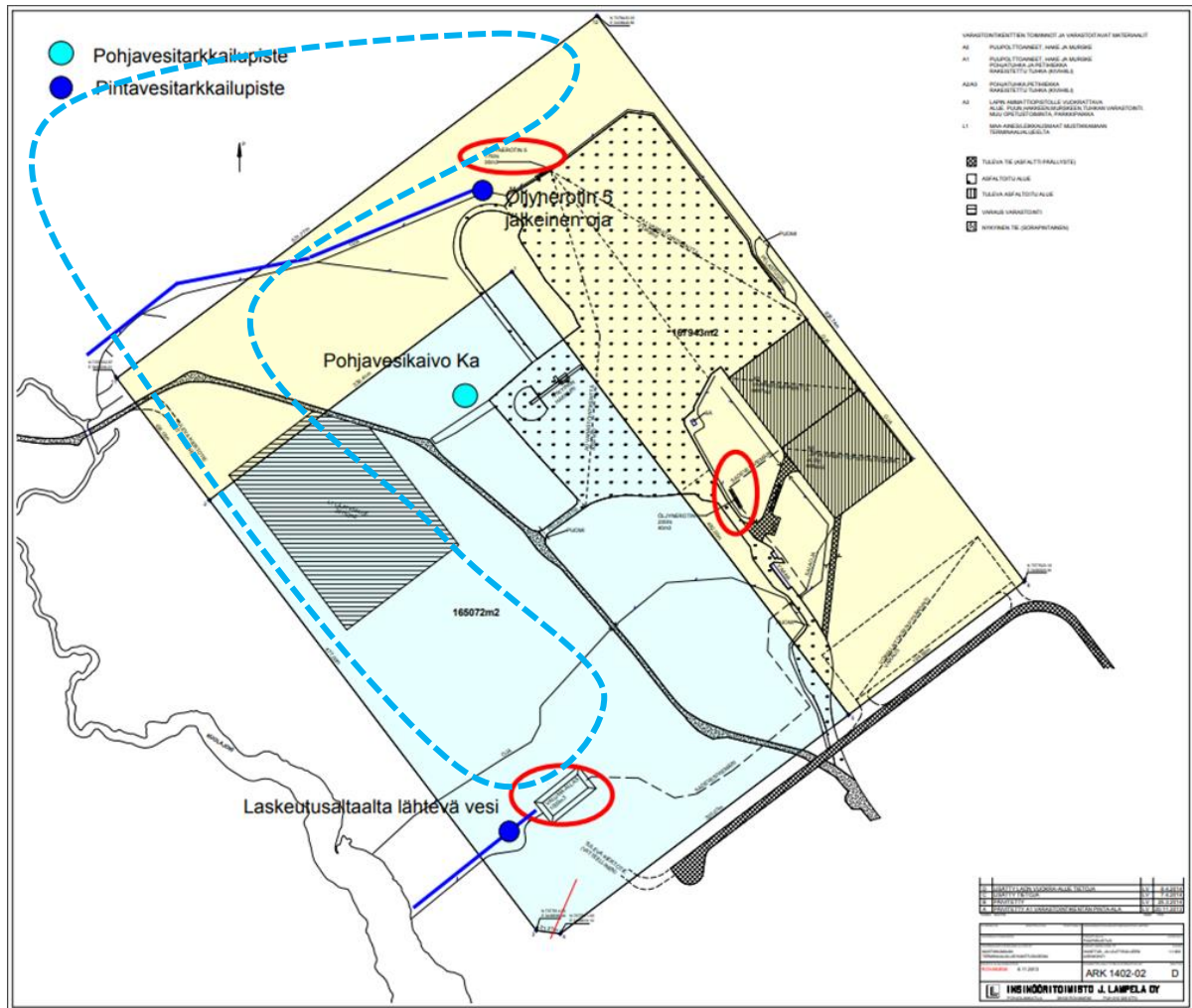
Kuolajoen valuma-alue hankealueen kohdalla on noin 29,3 km² ja järvisyys 1,6 %. Kemijoki määrittää Kuolajoen vedenkorkeutta Ala-Korkalon kohdalla. Alueen virtaamatietoja ei ole saatavilla, mutta joen suun virtaamatietojen perusteella arvioitu virtaama alueella on MNQ 0,03 m³/s, MQ 0,3 m³/s, MHQ 5,5 m³/s ja HQ 10,5 m³/s. Kemijoen tulviminen vaikuttaa alueella, mutta tulva-alue (HW1/100) ei yllä terminaalin alueelle (kuva 4).



Kuva 4. Kemijoen tulva HW1/100.

Nykyisin suunnittelualueen lähialueelta hulevedet johdetaan kahta reittiä pitkiin Kuolajokeen (kuva 5). Vesien käsittelyjärjestelmä käsittää 2 kpl öljyn- ja hiekanerotuskaivoja ja laskeutusaltaan. Nykyiseltä tuhkien varastointialueelta A1 vedet johdetaan öljyn- ja hiekanerotuskaivon kautta Kuolajokeen. A2 alueelta hulevedet johdetaan öljyn- ja hiekanerotuskaivon ja valuma-altaan kautta

Kuolajokeen. Kuolajoesta vedet virtaavat Kemijokeen. Suunnittelualueen läheisten toimintojen vaikutuksia pintavesiin tarkkaillaan ojista ja laskeutusaltaalta otettavilla pintavesinäytteillä. Aurinkopaneelien yhteyteen rakennettavan huoltotien vaikutuksia voidaan tarvittaessa tarkkailla samoista ojalinjoista, sillä vedet on suunniteltu johdettavan samoihin ojalinjoihin (Ks. ympäristölupahakemuksen liite 5). Nykyisen alueen toiminnan ei ole havaittu aiheuttavan päästöjä pintaveteen.



Kuva 5. Mustikkamaan vesientarkkailupisteet.

2.7 Herkät kohteet

Mustikkamaan suunnittelualueen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse häiriintyviä kohteita. Alueesta noin 4 kilometrin etäisyydellä kaakossa sijaitsee kaksi yksityistä luonnonsuojelualuetta (Pöyliövaaran luonnonsuojelualue ja Paukanpalo). Alueen välittömässä läheisyydessä ei ole varsinaisia luonnonsuojelukohteita, eikä tiedossa ole kasvillisuuden kannalta uhanalaisesiintymiä. Lähin Natura-alue sijaitsee noin 5,2 km (Ounasjoki, FI1301318) etäisyydellä. Ounasjoki yhtyy Kemijokeen noin 8 km ylävirtaan Mustikkamaan polttoaineterminalilta. Seuraavaksi lähin Natura-alue sijaitsee yli 20 km etäisyydellä alueesta.

Lähimmät asuinkiinteistöt sijaitsevat noin 700 m etäisyydellä Neve Oy:n suunnittelualueelta valtatie 4 kaakkoispuolella. Kemijoen rannassa noin 1 000 m etäisyydellä etelässä sijaitsee

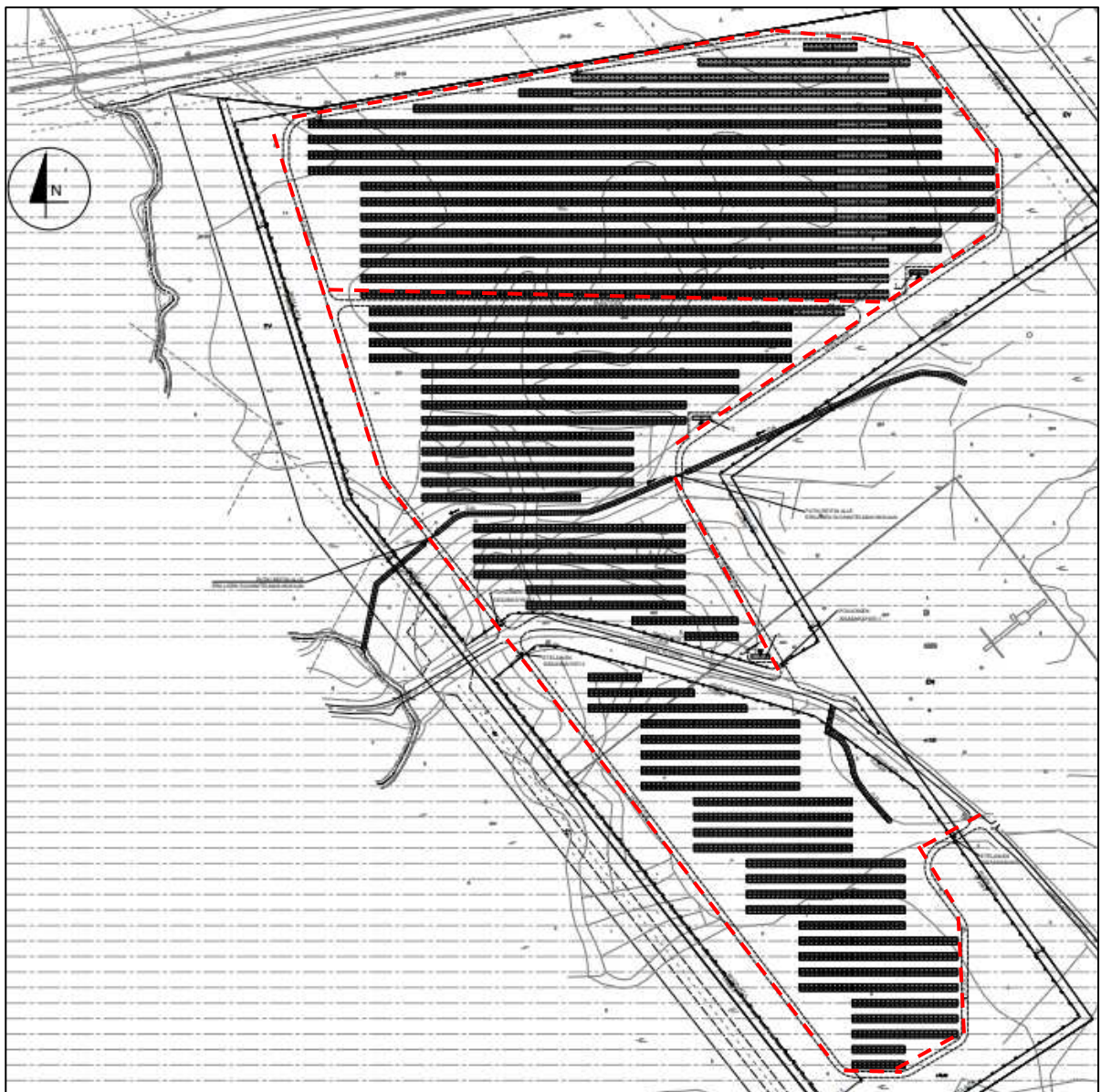
Alakorkalon uimaranta. Alueelta vedet laskevat Kuolajoen kautta Kemijokeen virtaussuunnassa uimarannan alapuolella, joten vaikutuksia ei uimarannalle aiheudu.

Aluetta lähimmät koulu Viirikankaan koulu ja päiväkoti Väinämöinen sijaitsevat molemmat 2,5 km etäisyydellä alueesta linnuntietä itään.

3. TIERAKENNE

3.1 Tierakenteen sijainti

Tierakenteen sijainti aurinkopaneelikentän ympärillä ja läpi on esitetty punaisella katkoviivalla (kuva 6).



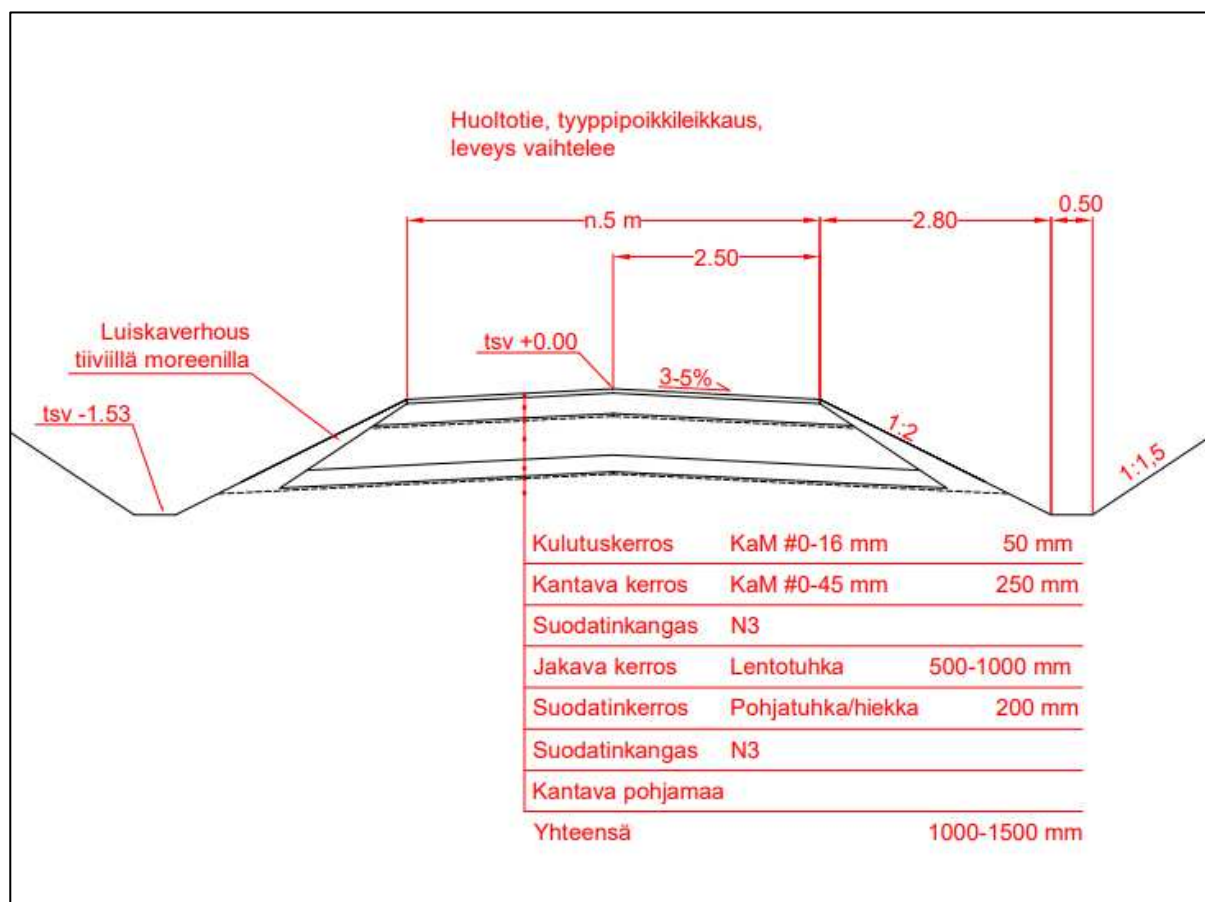
Kuva 6. Huoltotien sijainti aurinkopaneelikentän ympärillä ja pohjoisosassa kentän läpi menevänä on esitetty punaisella katkoviivalla.

Suunnitellun huoltotien pituus on noin 2,4 kilometriä ja rakentamisen on suunniteltu tapahtuvan vuosina 2025 ja 2026.

3.2 Rakenne

Huoltotien rakenteessa on suunniteltu hyödynnettävän Suosiolan voimalaitoksella syntyvää lento- ja pohjatuhkaa. Piirustuksessa 1 ja kuvassa 6 on esitetty huoltotien sijainti.

Edellä mainitut tuhkat on suunniteltu hyödynnettäväksi tien jakavassa kerroksessa. Voimalaitostuhkat sijoitetaan rakenteeseen niin, että niiden päälle tulee kantava kerros 0,25 m ja kulutuskerros 0,05 m. Tuhkakerroksen paksuus jakavassa kerroksessa voi vaihdella 0,5-1 metrin välillä. Suunnitelmakuva tierakenteesta on esitettyä alla kuvassa 7 sekä piirustuksessa 2.



Kuva 7. Tierakenteen periaatepiirustus. Rakennekuva on ohjeellinen ja suunnitelmia tarkennetaan, kun vallirakennetta toteutetaan.

Tien leveys on arviolta 5 m leveimmillään ja luiskat rakennetaan kaltevuuteen 1:2. Tierakenteen alueelle satava vesi ja sulamisvesi kulkeutuvat luiskan tiiviin moreeniin päältä avo-ojiin.

Vesien alustavasti suunniteltu johtaminen huoltotien alueella on esitetty piirustuksessa 3.

3.3 Hyödynnettävät materiaalit ja niiden määrät

Tierakenteessa hyödynnetään pääasiassa kasavarastoitua lentotuhkaa Suosiolan voimalaitokselta. Tierakenteessa hyödynnettäväksi suunniteltujen tuhkien määrä on laskettu Novapoint ohjelmistolla, missä massalaskenta perustuu solid-objektiin:

- **Tierakenne, jakava kerros 500 mm, 2400 m**
 $Lentotuhka = 7\,698\,m^3rtr + 1\,389\,m^3rtr = 9\,087\,m^3rtr$ eli **13 600 tn**
- **Tierakenne, jakava kerros 1000 mm, 2400 m**
 $Lentotuhka = 17\,488\,m^3rtr + 3\,164\,m^3rtr = 20\,652\,m^3rtr$ eli **30 978 tn**

Yhteensä lentotuhkaa hyödynnetään 14 000...31 000 tn tierakenteissa. Rakentaminen jakaantuu kahdelle vuodelle.

4. TUHKAN LAATU

4.1 Tuhkan muodostuminen

Tuhkaa muodostuu Suosiolan voimalaitoksella polttoaineen poltosta. Polttoaineena käytetään puuperäistä polttoainetta ja turvetta. Lisäksi polttoaineena voidaan käyttää kivihiiltä huoltovarmuuspolttoaineena. Nykyisin kierrätyspuu on merkittävä polttoaine ja turpeen osuus käytettävästä polttoaineesta on n. 20 %. Vuoden 2025 aikana turpeen osuus vähenee 10 %:iin.

Lentotuhkaa muodostuu puupolttoaineiden ja turpeen poltossa. Tuhka poistuu kattilasta savukaasujen mukana, josta se erotellaan suodattimin. Lentotuhka kerätään talteen suodattimista. Lentotuhka on jauhemaista, erikokoisista pallomaisista hiukkasista ja neulasmaisista kiteistä koostuvaa materiaalia. Tuoreessa kuivassa lentotuhkassa metallit esiintyvät usein oksideina ja silikaatteina. Ns. ikääntymisen myötä eli esimerkiksi kasavarastoidussa tuhkassa, jossa tuhka on kostutettu varastointivesipitoisuuteen ja kasan pintakerrokset ovat alttiina ilman hiilidioksidin vaikutukselle, metallit voivat esiintyä myös niukkaliukoisina karbonaatteina. Lentotuhkan pääkomponentteja ovat piin, alumiinin ja raudan yhdisteet. Lentotuhka sisältää myös kalsiumoksidia, mikä tekee tuoreesta, kuivasta lentotuhkasta reaktiivisen, lujittuvan ja soveltuvan mm. stabiloinnin sideainekäyttöön. Lisäksi lentotuhka sisältää pieniä määriä haitallisia raskasmetalleja. Huoltotien rakentamiseen on tarkoitus käyttää lentotuhkaa.

Pohjatuhkaksi nimitettävä tuhka on käytännössä kattilan petihiekkaa, johon on sitoutunut pieniä määriä polttoaineesta peräisin olevia raskasmetalleja ja ravinteita sekä kiviä. Petihiekka on kattiloiden alasajoissa vaihdettua kattilan petihiekkaa. Petihiekan koostumus on samankaltainen kuin pohjatuhkan, mutta se on hienojakoisempaa ja muistuttaa hienoa hiekkaa. Petihiekka ei ole ollut prosessissa niin pitkään kuin pohjatuhka, joten siihen ei ole ehtinyt sitoutua yhtä paljon polttoaineen jäämiä.

Taulukossa 1 on esitetty tuhkien yleisiä geoteknisiä ominaisuuksia. Taulukossa on esitetty vertailun vuoksi myös valtioneuvoston kaatopaikoista antaman asetuksen (kaatopaikka-asetus, 331/2013) mukaiset tavanomaisen ja pysyvän jätteen kaatopaikan pohjarakenteiden tiiveysvaatimukset.

Taulukko 1. Tuhkien geoteknisiä ominaisuuksia ja vertailuna kaatopaikan pohjarakenteilta vaadittuja vedenläpäisevyyden arvoja.

	Vedenläpäisevyys, k-arvo, m/s	Märkäirtotiheys tiivistettynä (kg/m ³)
Lentotuhka*	Lujittumaton 10^{-7} - 10^{-6} Lujittunut 10^{-8} - 10^{-6}	1 300 – 1 500
Pohjatuhka*	Lujittumaton 10^{-6} - 10^{-5}	1 250 – 1 800
Tavanomaisen jätteen kaatopaikka, pohjarakenteen tiiveysvaatimus**	10^{-9} (≥ 1 m)	-
Pysyvän jätteen kaatopaikka, pohjarakenteen tiiveysvaatimus**	10^{-7} (≥ 1 m)	-

*Tuhkarakentamisen käsikirja, verkkojulkaisu, 2012

**VNA 331/2013

Suosiolan lentotuhkalle on tehty useita sen sisältämien haitta-aineiden kokonaispitoisuus- ja liukoisuusmääryksiä. Liukoisuustestinä on käytetty 2-vaiheista ravistelutestiä (EN 12457-3).

4.2 Tuhkanäytteet ja näytteenotto

Syntyneen tuhkan laatua tarkkaillaan viikoittain Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n toimesta lentotuhkasta otettavilla näytteillä, jotka analysoidaan omalla XRF-laitteistolla.

Riskinarvioinnissa käytetyt kasalla olevan tuhkan kasanäytteet on otettu kokoomanäytteenä (1 sangollinen eri puolilta kasaa), mahdollisimman edustavana näytteenä. Lisäksi voimalaitoksella muodostuvasta tuhkasta otetaan näytteet viikoittain, ja näistä tehdään kokoomanäytteet laboratorioanalyysijä varten.

Jatkossa jokaisen kuukauden tuhkanäytteistä koostetaan pieni määrä näytettä (noin litran pussillinen), joka säilytetään.

4.3 Kokonaispitoisuudet

Napapiirin energia ja vesi analysoi XRF-laitteistolla tuhkan ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia. Mittausten mukaan vuonna 2022 esimerkiksi Fosforin (P) pitoisuus tuhkassa on vaihdellut 5000-1300 ppm, kaliumin (K) pitoisuus 12000-24300 ja kromin (Cr) pitoisuus 80-630 ppm välillä. Lisäksi arseenin (As) pitoisuudet ovat olleet välillä 26-72 ppm ja lyijyn (Pb) pitoisuudet välillä 46-1260 ppm ja ovat näin ylittäneet lannoitevalmisteasetuksen raskasmetallien raja-arvon vuoden 2022 XRF-mittauksissa. Taulukossa 2 on esitetty lentotuhkan laadun seurannan yhteydessä tehdyt XRF-mittaukset vuoden 2024 ja alkuvuoden 2025 aikana.

Taulukko 2. Tuhkan laadunseurannan XRF-mittaustuloksia alkuvuodelta 2024-2025.

Tuote	Päivämäärä	Ravinteet tavoitepitoisuus		Raskasmetallit (raja-arvo, lannoitevalmisteasetus)					ppm
		15000	30000	300	150	700	40	150	
		Fosfori (P)	Kalium (K)	Kromi (Cr)	Nikkeli (Ni)	Kupari (Cu)	Arseeni (As)	Lyijy (Pb)	
Lentotuhka	4.10.2024	9463	21813	426	0	784	44	1247	
Lentotuhka	4.10.2024	9428	22362	418	0	705	52	1257	
Lentotuhka	4.10.2024	8964	20556	399	0	772	42	1187	
Lentotuhka	18.10.2024	8730	21875	474	0	755	64	768	
Lentotuhka	18.10.2024	8683	22255	477	0	646	58	717	
Lentotuhka	18.10.2024	8872	22428	627	0	683	72	815	
Lentotuhka	25.10.2024	9800	21041	334	0	786	39	611	
Lentotuhka	25.10.2024	9437	22013	399	0	888	50	707	
Lentotuhka	25.10.2024	9507	20883	368	0	733	50	689	
Lentotuhka	31.10.2024	10423	21898	380	0	704	45	688	
Lentotuhka	31.10.2024	10895	21747	409	0	663	52	735	
Lentotuhka	31.10.2024	10251	20528	415	0	660	37	600	
Lentotuhka	7.11.2024	11321	21458	376	0	654	47	796	
Lentotuhka	7.11.2024	10989	20827	378	0	727	39	668	
Lentotuhka	28.11.2024	10163	20675	340	0	539	44	490	
Lentotuhka	28.11.2024	10827	21496	324	0	566	52	628	
Lentotuhka	28.11.2024	10359	21076	364	0	598	45	583	
Lentotuhka	11.12.2024	10560	20038	340	0	433	51		
Lentotuhka	11.12.2024	10281	21020	248	0	413	48		
Lentotuhka	11.12.2024	10658	21081	340	0	442	49		
Lentotuhka	13.1.2025	9873	18958	269	7	2554	55	664	
Lentotuhka	13.1.2025	9819	18461	99	16	1938	45	501	
Lentotuhka	13.1.2025	10202	16658	215	18	1846	54	258	
Lentotuhka	23.1.2025	5987	20796	320	13	2180	35	248	
Lentotuhka	23.1.2025	6242	19987	258	14	2155	38	262	
Lentotuhka	23.1.2025	6323	20441	223	13	2306	34	286	
Lentotuhka	30.1.2025	7834	20544	202	9	1919	40	379	
Lentotuhka	30.1.2025	7001	19824	108	8	1669	26	283	
Lentotuhka	30.1.2025	7924	21750	181	0	1916	46	468	
Lentotuhka	6.2.2025	8733	23165	227	7	2731	56	1023	
Lentotuhka	6.2.2025	8380	23057	272	11	2459	53	788	
Lentotuhka	6.2.2025	8659	23310	280	8	2729	46	821	
Lentotuhka	21.2.2025	9233	24332	186	20	2550	49	543	
Lentotuhka	21.2.2025	8898	22813	202	16	2752	43	544	
Lentotuhka	21.2.2025	8988	23669	150	20	2527	37	410	

Alkuvuoden 2024 säännölliset mittaustulokset on esitetty liitteessä 1.

XRF-mittauksilla tehtävän laadunseurannan lisäksi tuhkasta otetuista näytteistä on määritetty mm. naftaleenin ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Taulukossa 3 on esitetty naftaleenin ja PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuksia vuosien 2023–2024 tuhkasta otetuissa näytteissä ja keskiarvot vuosien 2021–2024 näytteissä. Kaikki analyysitulokset on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 3. Tuhkan naftaleenin ja PAH-yhdisteiden summapitoisuuden kokonaispitoisuustulokset.

Haitta-aine, mg/kg	Jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m	14.4.2023, 2NP lentotuhka, kokoomanäyte 1.1.-12.4.2023	22.8.2023 Mustikkamaa, Tuhkavalli, vanha tuhka	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy 7.9.-31.12.2023	2NP lentotuhka, kokoomanäyte kevät 1.1.-19.6.2024	Suosiola 1NP lentotuhka, 6-10/2024	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy	Keskiarvot
Naftaleeni	5	0,99	1,1	1,5	1,1	3,4	1	1,2
PAH-yhdisteet ⁵⁾	30	2,7	3,1	3,7	2,7	6,3	2,1	2,4

4.4 Liukoisuudet

Hyödynnettävien materiaalien tarkasteltaviksi haitta-aineiksi on valittu barium, kromi, lyijy, molybdeeni, sinkki, kloridi ja sulfaatti, joiden liukoisuudet ylittävät MARA-asetuksen tuhkamursketien (≤ 0,2 m) raja-arvot. Taulukossa 4 on esitetty tuhkan haitta-aineiden liukoisuudet vuosina 2023–2024 otetuissa näytteissä ja keskiarvot vuosien 2021–2024 näytteissä. Kaikki analyysitulokset on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 4. Tuhkan haitta-aineiden liukoisuudet vuosilta 2023–2024. Lisää tuloksia on esitetty liitteessä 1.

	Tuhkamursketie MARA 843/2017 Tuhkan kerrospaksuus ≤ 0,2 m	14.4.2023, 2NP lentotuhka, kokoomanäyte 1.1.-12.4.2023	22.8.2023 Mustikkamaa, Tuhkavalli, kasalla varastoitu tuhka	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy 7.9.-31.12.2023	2NP lentotuhka, kokoomanäyte kevät 1.1.-19.6.2024	Suosiola 1NP lentotuhka, 6-10/2024	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy	Keskiarvot
pH		11,2	9,8	11,5	11,3	12,6	12	
Antimoni (Sb)	0,7	<0,01	0,059	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,11
Arseeni (As)	2	0,024	0,053	0,014	0,013	0,011	0,019	0,03
Barium (Ba)	80	2,6	0,85	2	2,4	95	1,7	9,0
Kadmium (Cd)	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Kromi (Cr)	5	3,0	0,79	2,3	2,4	8,5	7,4	3,2
Kupari (Cu)	10	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	0,075	<0,05	0,08
Lyijy (Pb)	1	0,005	0,005	0,005	0,005	19	2,1	1,7
Molybdeeni (Mo)	2	5,6	1,9	5,8	2,4	0,89	3,7	2,8
Nikkeli (Ni)	2	<0,01	<0,01	0,41	<0,01	<0,01	0,012	0,21
Seleen (Se)	1	0,07	0,097	0,11	0,1	0,27	0,18	0,11
Sinkki (Zn)	15	0,067	0,15	0,44	0,05	31	2,0	2,7
Vanadiini (V)	3	0,44	0,22	0,17	0,36	<0,01	0,048	0,16
Elohopea (Hg)	0,03	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	4700	690	420	2000	1300	5500	2200	1598
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	6500	8400	14000	12000	22000	7000	17000	14669
Fluoridi (F ⁻) ³⁾	100	<5	<5	<5	<5	13	5,5	356
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	500	50	89	65	110	69	55	71

Yksittäinen korkea fluoridipitoisuus on todennäköisesti satunnaisvirhe. Yleisesti kaikissa nykyisillä polttosuhteilla ja -materiaaleilla tehdyissä tuhkan mara-analyyseissa (ks. liite 1 ja osin myös

taulukko 4, liukoisuudet) fluoridi on ollut selvästi tätä yhtä poikkeuksellisen korkeaa arvoa pienempi. Mara-analyysseja on kuitenkin tehty vuodesta 2006 alkaen ja yleisimmin fluoridin pitoisuus on ollut <5 mg/kg. Vuosien aikana polttosuhteet ja -materiaalit ovat tosin vaihdelleet. Näillä perusteilla fluoridin katsotaan olevan poikkeava satunnaisvirhe, jota ei huomioida tarkastelussa.

Koska tuhista on laatutietoja useammalta näytteenotokerralta, laskennassa haitta-aineen pitoisuutena on käytetty mm. liukoisuustestituloksien (L/S10) keskiarvoja (taulukko 5).

Tierakenteessa on suunniteltu hyödynnettävän jo muodostunutta varastoitua tuhkkaa, jonka liukoisuus ominaisuudet ovat tiedossa. Tätä tuhkkaa on muodostunut vuosina 2023-2024, ja niiden liukoisuus tulokset on esitetty taulukossa 4 yllä.

Taulukko 5. Hyödynnettävän lentotuhkan keskiarvopitoisuudet, raja-arvot (VNA 843/2017) ja liukenevan haitta-aineiden kokonaismäärä suunnittelukohteen rakenteessa.

Haitta-aine	Haitta-aineen keskiarvopitoisuus hyötykäytettävässä tuhassa 2021-2024 (mg/kg L/S10 ka)	Raja-arvo, VNA 843/2017 (mg/kg)	Liukenevan haitta-aineen kokonaismäärä 30 978 000 kg tuhkkaa (kg)
Barium (Ba)	9,0	80	28
Kromi (Cr)	3,2	5	10
Lyijy (Pb)	1,7	1	5
Molybdeeni (Mo)	2,8	2	9
Sinkki (Zn)	2,7	15	8
Kloridi (Cl)	1 598	4 700	5 (tn)
Sulfaatti (SO₄²⁻)	14 669	6 500	45 (tn)

5. RISKINARVIO

5.1 Tavoitteet ja rajaukset

Riskinarvioinnissa tavoitteena on arvioida tierakenteessa hyödynnettävän tuhkan sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat ympäristö- ja terveysvaikutukset. Tarkoituksena on arvioida sekä rakentamisen että käytön aikaisia riskejä. Arvioinnissa huomioidaan kohdekohtaiset olosuhteet sekä tuhkien kemialliset ja tekniset ominaisuudet.

Osa hyödynnettävistä tuhista on jo muodostunut vuosina 2023-2024 ja niitä säilytetään välivarastolla. Välivarastossa on tällä hetkellä tuhkkaa 5 360 t ja kaatopaikalla hyödynnettävissä olevaa vastaavanlaatuista tuhkkaa 5 235 t.

Tuhkan hyötykäytöstä voi aiheutua haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle vain, mikäli kaikki seuraavista kolmesta reunaehdosta toteutuvat:

1. Materiaali sisältää haitta-ainetta (tai haitta-aineita) merkittävänä pitoisuutena
2. Haitta-aine kulkeutuu ympäristössä
3. On olemassa altistusreitti, jonka kautta kohde (eliö tai ihminen) altistuu haitta-aineelle

Mikäli kaikki kolme reunaehto toteutuvat, arvioidaan riskin merkittävyys.

5.2 Tarkasteltavat haitta-aineet ja niiden ominaisuudet

Hyödynnettävän tuhkan tarkasteltaviksi haitta-aineiksi on valittu ne haitta-aineet, joiden liukoisuuksien maksimipitoisuudet ylittävät MARA-asetuksen päällystetyn rakenteen raja-arvot. Liukoisuuksia on verrattu MARA-asetuksen raja-arvoihin tierakenteen merkittävien haitta-aineiden tunnistamiseksi.

Koska tuhkasta analysoidut bariumin, kromin, lyijyn, molybdeenin, sinkin, kloridin ja sulfaatin liukoisuuksien maksimi-arvot ylittävät MARA-asetuksen päällystetyn mursketierakenteen liukoisuusraja-arvot, tarkastellaan niitä tässä selvityksessä. *Huomioitavaa on, että tässä raja-arvon ylitykset kohdistuvat bariumin, sinkin ja kloridin osalta 1NP lentotuhkaan, jonka osuus tuhkan kokonaismäärästä on pieni, noin 15-20 %. Myöskin korkeimmat pitoisuudet lyijyn ja kromin osalta on todettu 1NP tuhkassa. Siten näiden käyttäminen laskennassa yliarvioi varovaisuusperiaatteen mukaisesti haitta-aineiden kulkeutumista.*

Bariumin, kromin, molybdeenin, sinkin, kloridin ja sulfaatin liukoisuuksien keskiarvot, maksimi-arvot sekä arvioidut maksimi-arvot ovat esitettynä seuraavassa taulukossa (Taulukko 6). Arvioitu maksimi on asiantuntija arvio siitä, kuinka korkeaksi liukoisuudet voisivat tuhkassa nousta.

Taulukko 6. Haitta-aineiden liukoisuuksien keskiarvot ja maksimi-arvot tuhkasta otetuissa näytteissä sekä arvioidut maksimi-arvot.

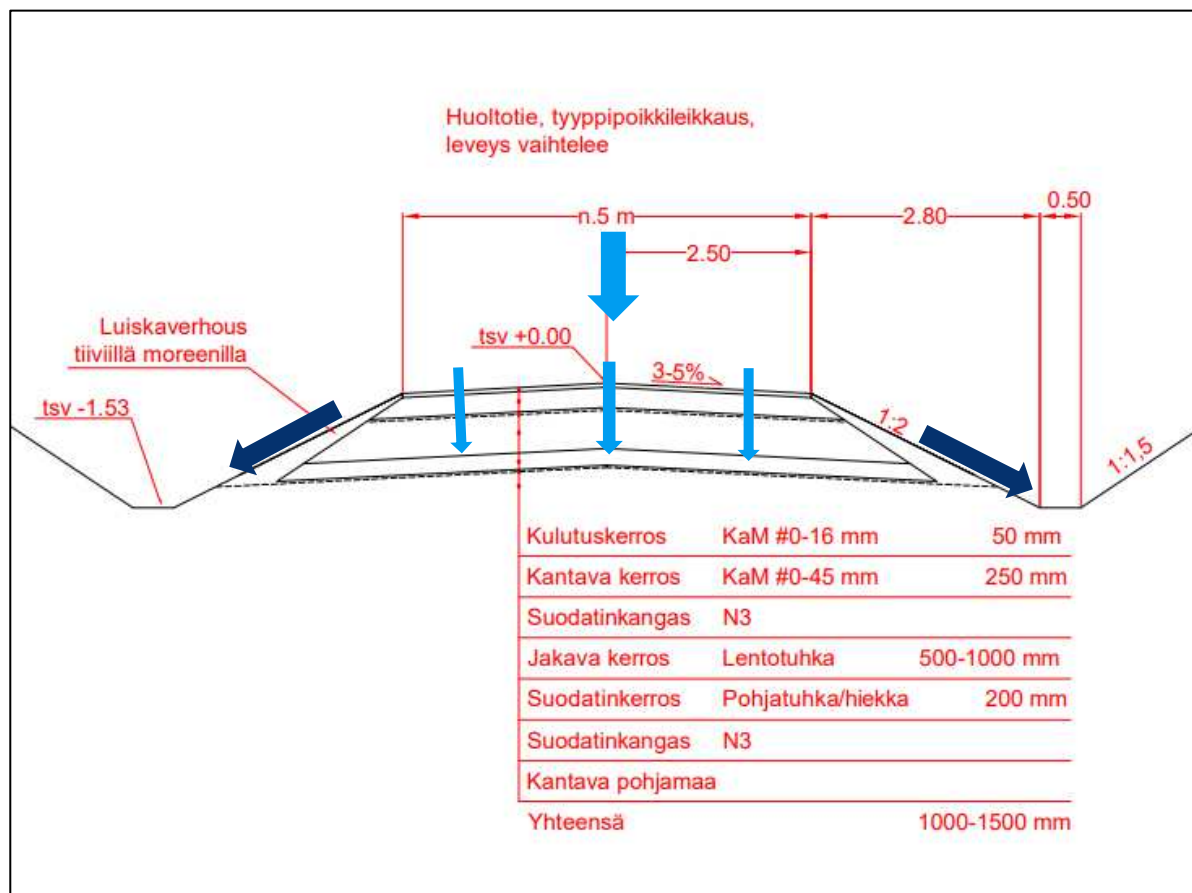
Haitta-aineet	Liukoisuuksien (L/S 10) keskiarvo mg/kg	Liukoisuuksien (L/S 10) maksimi mg/kg	Liukoisuuksien (L/S 10) arvioitu maksimi mg/kg
Barium	9,0	95	100
Kromi	3,2	8,5	10
Lyijy	1,7	19	30
Molybdeeni	2,8	5,8	10
Sinkki	2,7	31	40
Kloridi	1 598	5 500	6 000
Sulfaatti	14 669	23 000	30 000

Liitteessä 2 on esitetty bariumin, kromin, lyijyn, molybdeenin, sinkin, kloridin ja sulfaatin ominaisuuksia.

5.3 Käsitteellinen malli

Käsitteellisessä mallissa tunnistetaan tarkasteltavat haitta-aineiden kulkeutumis- ja altistumisreitit.

Satava vesi pääsee rakennusvaiheessa suoraan materiaaliin ja valmiissa rakenteessa pienemmissä määrin pintarakenteen läpi uuttaen materiaalien haitta-aineita vesiliukoiseen muotoon. Haitta-aineet voivat siten kulkeutua tierakenteen läpi (kuva 7, vaaleansininen nuoli) maaperään ja edelleen Kuolajokeen. Valmiissa tierakenteessa sadeveden pintavalunta on merkittävää (kuva 8, tummansininen nuoli).



Kuva 8. Käsitteellinen malli - poikkileikkaus tierakenteesta. Nuolilla on kuvattu mahdolliset kulkeutumisreitit, jotka on huomioitu tässä riskinarvioissa. Valmiissa rakenteessa pintavalunnan osuus on merkittävää, mitä kuvaa nuolten paksuudet.

Rakenteen läpi kulkeutuva suotovesi ja sen pinnalta valuva vesi kulkeutuvat ojien kautta Kuolajokeen. Huoltotien alueelta suotovedet ohjataan ojastoon huoltotien keskivaiheilta ja eteläosalta (piirustus 3). Purkupisteiden sijainti on esitetty kuvassa 2. Kuolajoessa altistujina on vesieliöt ja ihmiset.

Haitta-aineiden kulkeutuminen tuhkan pölyämisen välityksellä on mahdollista. Mahdollisiksi altistumisreiteiksi on arvioitu altistuminen suoran kontaktin (iho) tai materiaalin nielemisen kautta. Merkittävin altistumisriski tuhkien hyödyntämisessä syntyy rakentamisolosuhteissa työntekijöille, jotka voivat altistua haitta-aineille hengittäessään pölyävää materiaalia. Lentotuhka ei sisällä merkittäviä määriä haihtuvia haitta-aineita.

Kohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella ja ranta-alueella suotoveden arvioidaan purkautuvan pääsääntöisesti jokeen, joten kulkeutumisen pohjaveteen ei arvioida olevan kohteessa merkittävää.

Käsitteellisen mallin perusteella tarkasteltavia kulkeutumis- ja altistumisreittejä ovat:

- Kulkeutuminen pintaveteen
 - o vesieliöiden ja ihmisten altistuminen
- Tuhkan pölyäminen
 - o ihmisten altistuminen rakennustyön aikana

5.4 Kulkeutumisriskin laadullinen arviointi

5.4.1 Pölyäminen

Lentotuhka on kuivana pölyävää. Tuore tuhka puretaan voimalaitoksen päässä kostutettuna, ja tiivistetään tierakenteeseen kerroksittain, joten pölyäminen työmaalla on vähäistä. Mikäli rakentamisessa käytettävä kasavarastoitu tuhka on kuivunut varastoinnin aikana, saattaa pölyämistä kuitenkin esiintyä. Kasalla varastoituun tuhkaan lisätään tarvittaessa vettä tuhkan levittämisen jälkeen. Alueella ei pääsääntöisesti varastoida tuhkaa, vaan se pyritään levittämään ja tiivistämään saman päivän aikana rakenteeseen. Tällä hetkellä alueella on varastoituna lentotuhkaa, jota on toimitettu alueelle tammikuusta 2021 alkaen. Kasalla varastoitu tuhka odottaa lupaa, että sitä voisi hyödyntää tierakenteessa.

Tuhkan työstettävyyden vuoksi rakentaminen tehdään hieman vanhentuneella kostealla tuhalla, eikä pölyäminen ole todennäköistä. Rakentamisen aikana voi jonkin verran tapahtua tuhkan pölyämistä, mutta suunnitellun tierakenteen sijaitessa teollisuusalueella ei merkittävää kulkeutumista arvioida päätyvän asutuksen, koulun tai päiväkodin alueelle asti. Jonkin verran tuhkaa voi päätyä työn aikana pölyämisen seurauksena pintaveteen. Tämän ei arvioida olevan merkittävää.

Valmiin rakenteen pölyäminen ei ole mahdollista, koska tuhkakerroksen päälle levitetään suodatinkangas ja kantava sekä kulutusta kestävä murskekerros. Luiskat viimeistellään tiiviillä moreenilla (piirustus 2).

5.4.2 Kulkeutuminen veden mukana

Rakentamisen aikana tuhkan leviäminen ympäristöön on mahdollista rankkasateiden sattuessa, mikäli tuhkaa ei ole tiivistetty. Näin ollen työ on järkevä vaiheistaa siten, että kerros tiivistetään mahdollisimman pian tuhkakerroksen levittämisen jälkeen. Tuhka tiivistetään ja päällystetään murskeella.

Haitta-aineiden kulkeutumista voi tapahtua lähinnä veteen liuenneena, jos rakenne pääsee kyllästymään vedellä poikkeustilanteessa, esimerkiksi tulvan seurauksena. Tulvatilanteessa tuhkarakenteesta avo-ojaan arvioidaan kulkeutuvan lähinnä helposti liukenevia sulfaatteja. Tierakenteesta vedet johdetaan huoltotietä kiertävään sivuojaan (piirustus 3), josta ne johdetaan joko laskeutusaltaan tai alueen purkupisteiden (kuva 2) kautta Kuolajokeen.

Valmiista rakenteesta haitta-aineiden kulkeutuminen on vähäistä. Rakenne on suunniteltu niin, että tierakenteen jakava tuhkakerros päällystetään suodatinkankaalla ja murskeella.

Seuraavassa kappaleessa 5.5 esitetään laskentaan liittyviä lähtökohtia ja esitetään rakennuskuormitus ja käyttövaiheen kuormitus.

5.5 Kulkeutumisen laskennallinen tarkastelu

5.5.1 Arviointimenetelmä

Tien rakentamisessa tuhka aiheutuva haitta-ainekuormitus vesistöön arvioidaan laskennallisesti. Tuhkien sisältämien haitta-aineiden kulkeutumisen arvioinniksi lasketaan tuhkakerroksen läpi suotautuvan veden määrä huomioiden tien päällysrakenteet siten, että valmiin tierakenteen veden läpäisevyys arvioidaan olevan 20 % valunnasta. Haitta-aineiden oletetaan liukenevan rakenteen läpi suotautuvaan veteen liukoisuustestien mukaisessa suhteessa. Laskennan lähtökohdat on kuvattu seuraavassa.

Bariumin, kromin, lyijyn, molybdeenin, sinkin, kloridin ja sulfaatin kuormitus lasketaan liukoisuustestien maksimiliukoisuudella (taulukko 6, sarake 3). Koska kaikessa hyötykäytettävässä tuhassa liukoisuus ei kuitenkaan ole maksimiliukoisuuden mukainen, lasketaan kuormitusta myös tuhkan keskiarvoisella liukoisuudella (taulukko 6, sarake 2). Lisäksi laskenta tehdään ko. haitta-aineiden osalta arvioidulla maksimiliukoisuudella (taulukko 6, sarake 4).

Tierakenteen suoto- ja valuntavedet johdetaan alueella olevan avo-ojan ja maastoon johtamisen kautta Kuolajokeen (ks. Ympäristölupahakemuksen liite 5). **Tien suotovesien osalta arvioidaan laskennallisesti kuormitus ja pitoisuuslisäykset, jotka päätyvät Kuolajokeen.**

5.5.2 Suotovesien ja pintavesiin aiheutuvan kuormituksen laskenta

Rovaniemen alueella sadanta on vuosina 1991–2020 ollut keskimäärin 633 mm/a (Ilmatieteen laitos, 2022). Kuormituslaskennassa on käytetty valmiin tierakenteen läpi suotautuvan veden määräksi 20 % valunnasta (320 mm/a*0,20) eli noin 63 mm/a.

Seuraavassa taulukossa 7 on esitetty tarkasteltavien haitta-aineiden liukoisuustestissä todettuja maksimi- ja keskiarvo liukoisuuksia (L/S-suhde 10) vastaavat haitta-aineiden pitoisuudet liuoksessa.

Taulukko 7. Haitta-aineiden liukoisuuksia vastaavat teoreettiset suotovesien pitoisuuksien keskiarvot.

	Liukoisuustesti (L/S10) (mg/kg)	Pitoisuus (mg/l)
Barium		
Liukoisuustestien ka.	9	0,9
Liukoisuustestin max.	95	9,5
Liukoisuustestin arvioitu max.	100	10
Kromi		
Liukoisuustestien ka.	3,2	0,32
Liukoisuustestin max.	8,5	0,85
Liukoisuustestin arvioitu max.	10	1,0
Lyijy		
Liukoisuustestien ka.	1,7	0,17
Liukoisuustestin max.	19	1,9
Liukoisuustestin arvioitu max.	30	3,0
Molybdeeni		
Liukoisuustestien ka.	2,8	0,28
Liukoisuustestin max.	5,8	0,58
Liukoisuustestin arvioitu max.	10	1,0
Sinkki		
Liukoisuustestien ka.	2,7	0,27
Liukoisuustestin max.	31	3,1
Liukoisuustestin arvioitu max.	40	4,0
Kloridi		
Liukoisuustestien ka.	1598	160
Liukoisuustestin max.	5500	550
Liukoisuustestin arvioitu max.	6000	600
Sulfaatti		
Liukoisuustestien ka.	14 669	1 526
Liukoisuustestin max.	23 000	2 300
Liukoisuustestin arvioitu max.	30 000	3 000

L/S –suhteen 10 saavuttamiseen kuluva aika

Jotta tuhkarakenteessa saavutetaan L/S-suhde 10, kuluu siihen pitkä aika, varsinkin täytön ollessa paksu. Tanskalaisella suotautumismallilla (Wahlström ym. 1999) laskien voidaan karkeasti arvioida aika tietyn L/S-suhteen saavuttamiseksi sijoituspaikalla:

$$t = t_0 + (1000 \cdot L/S \cdot \rho \cdot H) / I, \quad (1)$$

missä

t = aika tietyn L/S-suhteen saavuttamiseksi (a)

t₀ = sijoituspaikan perustamisen ja ensimmäisen suotoveden esiintymisen välinen aika (a)

L/S = veden ja materiaalin välinen suhde (m³/t)

ρ = materiaalin kuivatiheys (t/m³)

H = materiaalikerroksen paksuus (m)

I = suotautunut vesimäärä vuodessa (mm/a)

Sijoittamalla kaavaan (1)

$$t_0 = 0 \text{ a}$$

$$L/S = 2 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$\rho = 1,3 \text{ t/m}^3$$

$$H = 0,8-1,3 \text{ m (paksuus huomioituna 0,3 m kulutus- ja kantava kerros)}$$

$$I = 63 \text{ mm/a}$$

saadaan ajalle t

$$t = 0 + \frac{\left(1000 \cdot 2 \frac{\text{m}^3}{\text{t}} \cdot 1,3 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \cdot 0,8 \text{ tai } 1,3\right)}{127 \frac{\text{mm}}{\text{a}}} = 30 \text{ tai } 50$$

L/S –suhteen 2 muodostumiseen kuluu aikaa 30 (0,5 m tuhkerakenteella) tai 50 vuotta (1 m tuhkerakenteella) sen jälkeen, kun tierakenne on peitetty.

5.5.3 Liukenevan huippupitoisuuden laskenta

Liukoisuustestin mukainen suotoveden pitoisuuden ”keskiarvo” uuttosuhteessa L/S=10 tai L/S=2 ei kuvaa alkuaajan tilannetta, joka voi kestää kymmeniä vuosia. Helposti liukenevien haitta-aineiden, kuten sulfaatin ja kloridin, ollessa kyseessä pitoisuus on alussa suuri ja laskee läpi virtaavan suotoveden määrän kasvaessa. Metallien liukoisuudet ovat tasaisempia.

Pitoisuuden kehitys akkumuloituneen L/S-suhteen eli ajan funktiona voidaan laskea kaavalla

$$C = C_0 \cdot e^{-(L/S)k}, \quad (2)$$

missä

C = akkumuloitunutta L/S-suhdetta vastaava pitoisuus

C₀ = alkuvaiheen huippupitoisuus

L/S = akkumuloitunut L/S-suhde

k = kineettinen vakio (kg/l)

Kaavasta (2) saadaan edelleen liukeneva kokonaismäärä E (mg/kg) integroimalla

$$E = \left(\frac{C_0}{k} \right) \cdot \left(1 - e^{-(L/S)k} \right) \quad (3)$$

Ja edelleen alkuvaiheen huippupitoisuudelle C_0

$$C_0 = \frac{E \cdot k}{1 - e^{-(L/S)k}} \quad (4)$$

(Hjelmar et al, 2005).

Sijoittamalla kaavaan (4) liukenevan kokonaismäärän (E), kineettisen vakion (k) sekä akkumuloituneen L/S -suhteen (L/S) arvot, saadaan alkuvaiheen huippupitoisuudet (C_0). Laskennan tulokset on esitetty liitteessä 3.

Edellä laskettuja huippupitoisuuksia käytetään jatkossa tarkasteluissa kuvaamaan tierakenteen alkuvaiheen eli rakennusvaiheen (ei peittorakennetta) haitta-ainepitoisuuksia.

Edelleen kaavalla (4) voidaan arvioida tilannetta noin 30 tai 50 vuoden kuluttua. Tällöin rakenteen läpi on saattanut virrata L/S-suhdetta 2 vastaava vesimäärä tai enemmän. Haitta-ainepitoisuudet ovat tällöin laskeneet alkuvaiheen huippupitoisuuksista. Kaavaan (2) sijoittamalla saadaan huippupitoisuuksissa laskeneita haitta-ainepitoisuuksia, joita käytetään jatkossa tarkasteluissa, kun tierakenne on valmis pintakerroksineen.

5.5.4 Rakennusvaiheen aikainen kuormitus

Tierakenne rakennetaan kahden vuoden aikana aurinkopaneelikentän huoltotieksi. Rakennusvaiheen kuormituksen laskennassa on oletettu, että kerralla on avoinna (eli ilman pintakerrosta) noin kymmenesosa tierakenteesta. Hyötykäyttömateriaalien läpi rakennusvaiheessa arvioidaan suotautuvan puolet sadannan (633 mm) määrästä eli 316,5 mm, kun noin puolet haihtuu. Kuormituslaskennassa on huomioitu rakenteen päälle satavan veden määrä (0,32 m/a) ja avoinna olevan rakennusvaiheen pinta-alan määrä (m^2), josta on saatu rakenteeseen suotautuvan veden määrä (m^3/a). Tämän vesimäärän ja sen mukana kuormituksen arvioidaan päätyvän Kuolajokeen.

Suotautuvaan veteen arvioidaan tuhasta liukenevan haitta-aineita liukoisuustestien keskiarvopitoisuudesta, maksimipitoisuudesta ja arvioidusta maksimipitoisuudesta (taulukko 7) lasketun alkuajan huippupitoisuuden (C_0) verran (ks. kappale 5.5.3 kaavat 1-4, laskenta liite 3). Näistä liukoisista pitoisuuksista on laskettu tierakenteen rakentamisen aikainen kuormitus sekä kuormitus Kuolajokeen.

Suotoveden haitta-aineiden pitoisuudesta (mg/l) ja vesimäärästä (l/a) lasketaan kertomalla kuormitus (kg/a). Laskennassa on kuvattu tilannetta, jossa vuosittainen kuormitus laimenisi jokiveteen eri virtausluvuilla (MNQ, MQ, MHQ ja HQ) (liite 3).

Aiheutuvia haitta-aineiden liuenneita pitoisuuslisiä Kuolajoessa on verrattu viitearvoihin ekologiisiin viitearvoihin taulukossa 8.

Taulukko 8. Rakennusvaiheen aikainen tierakenteen kuormitus (1/10 tiestä rakennusvaiheessa) sekä niistä aiheutuvat laskennalliset pitoisuuslisät Kuolajoessa sekä viitearvovertailu.

	Jokeen kohdistuva kuormitus kg/a	Jokeen muodostuva pitoisuuslisä rakentamisen aikana eri virtaamilla ja tuhkan pitoisuuksilla µg/l	Viitearvo µg/l	Taustapitoisuus yleisesti Suomessa, µg/l
Barium	0,58...6,3	0,002...6,6	29 ⁴	3-30 ³
Kromi	0,24...0,75	0,001...0,79	3,4-4,7 ¹	0,15-1,4 ³
Lyijy	0,19...3,4	0,001...3,6	3,3 ⁷ / 1,3 ⁵	0,08-0,8 ³
Molybdeeni	0,41...1,5	0,001...1,5	29 ¹	0,03-0,85 ³
Sinkki	0,32...4,7	0,001...4,9	3,1-7,8 ¹	1-25 ³
Kloridi	380...1426	1,1...1507	314 000 ⁶	500...15 000 ³
Sulfaatti	2018...4127	6,1...4362	625 000 ²	1 000...35 000 ³

1) YO 6/2014, s. 93 PNEC RIVM/EU-RAR

2) medium water hardness 100 mg/l (as CaCO₃) Unpublished PESC data, 1996

3) Suomen purovesien taustapitoisuus (Lahermo 1996)

4) Verbuggen 2001 Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. RIVM Rapport 711701020.

5) Biosaatavan lyijyn pitoisuus

6) ECHA CHEM NaCl

7) ECHA, PNEC

Laskennan perusteella haitta-aineiden koko vuosikuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisät Kuolajoen vedessä alittavat viitearvot pääosin. Lyijyn osalta pitoisuuslisäys 3,6 µg/l sivuaa PNEC -arvoa (= arvioitu vaikutukseton pitoisuus) 3,3 µg/l tilanteissa, joissa koko rakennusvaiheen tuhkan määrä olisi avoinna vuoden ja lyijyn liukoisuus olisi arvioidulla maksimitasolla (30 mg/kg (L/S10)) sekä joessa olisi alivirtaama tilanne. Tällaista tuhkaa ei ole liukoisuustestien mukaan Suosiolassa muodostunut. Korkeimmillaan lyijyn liukoisuus on ollut lentotuhkissa 19 mg/kg (L/S10), jolloin alivirtaamalla korkeimmillaan voisi muodostua liukoinen lyijyn pitoisuuslisäys on 2,3 µg/l (ks. liite 3), mikä alittaa PNEC -arvon 3,3 µg/l. Lisäksi hyödynnettävien tuhkien liukoisuudet on osin tunnettuja, joten tiedetään että pääosin tuhka metallien liukoisuus on vähäistä (ks. taulukko 4).

Lisäksi kuormitus- ja pitoisuuslisäystuloksia tulkittaessa tulee huomioida, että rakennusvaiheessa tierakennetta peitetään pintarakenteella samanaikaisesti. Siten kerralla rakennettava osa voi olla myös laskettua 1/10 tierakenteesta pienempi. Tämä vähentää edelleen rakentamisen aikaista kuormitusta ja pitoisuuslisäyksiä laskennallisista arvoista.

Kemijokeen muodostuvat haitta-aineiden pitoisuuslisät tierakenteen rakennusvaiheen vuosikuormituksen seurauksena ovat erittäin pieniä, eikä niiden tasoisia pitoisuuksia voida analyysiteknisesti määrittää. Haitta-aineiden oletetaan jatkavan kulkeutumista vesifaasissa Kemijoessa, jolloin pitoisuudet edelleen laimenevat.

5.5.5 Valmiin rakenteen kuormitus

Valmiin tierakenteen kuormituksen laskennassa on oletettu rakenteen olevan valmis mukaan lukien kulutuskerrokset. Valmiin rakenteen veden läpäisevyys arvioidaan olevan 20 % valunnasta. Kuormituslaskennassa on huomioitu valmiin rakenteen läpi päätyvän valunnan määrä (0,32 m/a*0,20) ja valmiina rakenteen pinta-ala (m²), josta on saatu rakenteeseen suotautuvan veden määrä (m³/a). Tämän vesimäärän avulla lasketaan pintaveteen päätyvä haitta-aineiden kuormitus.

Suotautuvaan veteen arvioidaan lentotuhkasta liukenevan haitta-aineita liukoisuustestien keskiarvopitoisuudesta maksimipitoisuudesta ja arvioidusta maksimipitoisuudesta lasketun pitemmän ajan pitoisuuden (C_{30} tai 50 vuotta) verran (ks. kappale 5.5.3 kaavat 1-4, liite 3).

Haitta-aineiden kuormitus valmiista tierakenteesta on laskettu muilta osin kuten yllä rakennusvaiheessa. Aiheutuvia haitta-aineiden pitoisuuslisä Kuolajoessa on verrattu viitearvoihin ekologisiin viitearvoihin taulukossa 9.

Taulukko 9. Valmiin tierakenteen kuormitus sekä niistä aiheutuvat laskennalliset pitoisuuslisät Kuolajoessa sekä viitearvovertailu.

	Jokeen kohdistuva kuormitus kg/a	Jokeen muodostuva pitoisuuslisä $\mu\text{g/l}$	Viitearvo $\mu\text{g/l}$	Taustapitoisuus yleisesti Suomessa, $\mu\text{g/l}$
Barium	0,83...9,2	0,003...9,7	29 ⁴	3-30 ³
Kromi	0,33...1,1	0,001...1,1	3,4-4,7 ¹	0,15-1,4 ³
Lyijy	0,23...3,9	0,0007...4,2	3,3 ⁷ /1,3 ⁵	0,08-0,8 ³
Molybdeeni	0,41...1,5	0,0012...1,5	29 ¹	0,03-0,85 ³
Sinkki	0,36...5,3	0,001...5,6	3,1-7,8 ¹	1-25 ³
Kloridi	243...912	0,73...964	314 000 ⁶	500...15 000 ³
Sulfaatti	2086...4266	6,3...4509	625 000 ²	1 000...35 000 ³

1) YO 6/2014, s. 93 PNEC RIVM/EU-RAR

2) medium water hardness 100 mg/l (as CaCO_3) Unpublished PESC data, 1996

3) Suomen purovesien taustapitoisuus (Lahermo 1996)

4) Verbuggen 2001 Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. RIVM Rapport 711701020.

5) Biosaatavan lyijyn pitoisuus

6) ECHA CHEM NaCl

7) ECHA, PNEC

Korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet esiintyvät tilanteessa, jossa kuonan metallipitoisuudet ovat arvioidut maksimipitoisuudet koko tierakenteen alueella ja joen virtaama on alimmillaan. Tämä tilanne ei ole todennäköinen kohteessa. *Lisäksi maksimipitoisuudet edustavat pääosin INP lentotuhkaa, jonka osuus tuhkasta on noin 15-20 %.*

Laskennan perusteella haitta-aineiden koko vuosikuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisät Kuolajoen vedessä alittavat viitearvot pääosin eri virtaamilla. *Huomioiden se, että korkeimpia pitoisuuksia on todettu esiintyvän vain noin 15-20 % muodostuvaa tuhkaa, kuvaavat vaihteluvälin alhaisimmat, keskiarvoon perustuvat pitoisuudet, veteen muodostuvia pitoisuuslisä todennäköisemmin.*

Lyijyn osalta laskennallinen pitoisuuslisäys 4,2 $\mu\text{g/l}$ ylittää PNEC -arvoa (= arvioitu vaikutukseton pitoisuus) 3,3 $\mu\text{g/l}$ tilanteissa, joissa valmiin rakenteen koko tuhkan lyijyn liukoisuus olisi arvioidulla maksimitasolla (30 mg/kg (L/S10)) sekä joessa olisi koko vuoden alivirtaama tilanne. Tällaista tuhkaa ei ole liukoisuustestien mukaan Suosiolassa muodostunut. Korkeimmillaan lyijyn liukoisuus on ollut lentotuhkissa 19 mg/kg (L/S10), jolloin alivirtaamalla korkeimmillaan voisi muodostua liukoinen lyijyn pitoisuuslisäys on 2,6 $\mu\text{g/l}$ (ks. liite 3), mikä alittaa PNEC -arvon 3,3 $\mu\text{g/l}$. Lisäksi hyödynnettävien tuhkien liukoisuudet on osin tunnettuja, joten tiedetään että pääosin tuhka metallien liukoisuus on vähäistä (ks. taulukko 4).

Kemijokeen muodostuvat haitta-aineiden pitoisuuslisät valmiin tierakenteen vuosikuormituksen seurauksena ovat erittäin pieniä, eikä niiden tasoisia pitoisuuksia voida analyysiteknisesti pääosin määrittää. Haitta-aineiden oletetaan jatkavan kulkeutumista vesifaasissa Kemijoessa, jolloin pitoisuudet edelleen laimenevat.

5.6 Ekologisten riskien arviointi

Sulfaatti

Seuraavassa taulukossa 10 on esitetty sulfaatin makean veden eliöille kokeellisesti määritetyt pitkäaikaisen altistumisen myrkyllisyysarvot.

Taulukko 10. Sulfaatin myrkyllisyystestien perusteella määritetyt viitearvot. Lähde: Ambient water quality guideline.

Eläöluokat / lajit	Vastaava laji, josta toksisuustieto	Toksisuusarvo	Lähde/lisätieto
Äyriäiset/ Crustacea	Vesikirppu, <i>Daphnia magna</i> , 21-day chronic bioassays, reproduction	NOEC 625 mg/l IC ₂₅ (25% inhibition of reproduction) 833 mg/l	medium water hardness 100 mg/l (as CaCO ₃) Unpublished PESC data, 1996
	<i>Ceriodaphnia dubia</i> , 7 d, reproduction	IC ₂₅ 1 267 mg/l IC ₅₀ 2 061 mg/l LC ₅₀ 1 355 mg/l	BC Research Inc.(1998)
Levät/ Viherlevä <i>Selenastrum</i> <i>capricornutum</i>	72-h algal growth inhibition test	NOEC 1 060 mg/l IC ₂₅ 2 210 mg/l IC ₅₀ 3 359 mg/l	Na ₂ SO ₄

- NOEC = pitoisuus, jossa ei ole havaittu vaikutuksia testieliöissä (No Observed Effect Concentration)
- IC₂₅ = pitoisuus, jossa huomataan 25 % koe-eliöistä jonkin seurattavan toiminnan estyminen

Taulukossa 10 esitettyjä viitearvoja alhaisempia myrkyllisyysarvoja on määritetty mm. makean veden kasviplanktonille ja sammalille. Kanadassa makean veden sulfaattipitoisuudelle on annettu viitearvoksi 100 mg/l.

Sulfaatin pitoisuuslisäykset Kuolajoen ja Kemijoen yhtymäkohdassa ovat arvioin mukaan enimmillään (eli rakentamisen aikaan ja alivirtaamalla) 4,5 mg/l. Kuolajoen sulfaatin nykyisistä pitoisuuksista ei ole tietoa. Pitoisuuslisäys on kuitenkin pieni verrattaessa sitä edellä taulukossa 10 esitettyihin makean veden eliöille kokeellisesti määritettyihin pitkäaikaisen altistumisen myrkyllisyysarvoihin. Pitoisuuslisäys on myös alhainen verrattaessa sitä Kanadassa makean veden sulfaattipitoisuuden viitearvoon verrattuna.

Rakentamisen aikana peittämättömästä rakenteesta rankkasateen sattuessa voivat suotoveden pitoisuudet aiheuttaa hetkellistä haittaa tierakenteen välittömässä läheisyydessä olevissa ojissa eläville eliöille. Lähialueen ojissa elävät eliöt ja niiden elinympäristöt eivät ole suojeltuja. Sulfaatti ja kloridi ei ole biokertyvää, eikä siten siirry eliöihin. Rankkasateen aikaan myös muualta tulevien vesien määrä on suuri, jolloin sulfaattipitoisuus laimenee suureen vesimäärään.

Todennäköisesti haitallisin sulfaattikuormituksen vesistövaikutus on se, että sulfaatin pelkistyessä muodostuvat sulfidit voivat tyrehtyttää sedimentin raudan kierron, mikä kytkee sulfaatin fosforiin ja rehevöitymiseen (Lehtoranta ym. 2013). Tämän ei arvioida olevan ongelma kohteen virtaavassa vedessä. Edellä esitettyyn perustuen arvioidaan, ettei sulfaatin osalta ole pitkällä aikavälillä odotettavissa haitallisia vaikutuksia pintavesistössä.

Kloridi

Verrattaessa suurinta laskennallista kokonaispitoisuutta 1,5 mg/l taulukossa 11 esitettyihin makean veden selkärangattomille eliöille kokeellisesti määritettyihin pitkäaikaisen altistumisen myrkyllisyysarvoihin havaitaan, että myrkylliseksi havaitut tasot (LC₅₀) alittuvat. Selkärangattomien on todettu olevan herkempiä kloridin vaikutuksille kuin selkärankaisten. Samoin tasot, joilla ei ole havaittu esiintyvän vaikutuksia (NOEC, No-observable-effect-concentration), ovat

useita kertaluokkia korkeampia kuin laskennallinen korkein pitoisuus 1,5 mg/l. Kloridi ei ole biokertyvää, eikä siten siirry eliöihin.

Taulukko 11. Natriumkloridin myrkyllisyydestien perusteella määritetyt viitearvot.

Alueella havaitut eliöluokat / lajit	Vastaava laji, josta toksisuustieto	Toksisuusarvo	Lähde
Äyriäiset/ Crustacea	<i>Daphnia magna</i> , 70 d, reproduction	NOEC < 2 000 mg/l LC ₅₀ 5 480 mg/l	ECHA CHEM NaCl
	<i>Ceriodaphnia dubia</i> , 7 d, reproduction	NOEC 354 mg/l	ECHA CHEM NaCl
	<i>Daphnia pulex</i> , 21 d, reproduction	NOEC 314 mg/l LOEC 441 mg/l	ECHA CHEM NaCl

Joessa veden liikkuvuus on talvella heikointa ja vesissä esiintyy kerroksellisuutta. Silloin on mahdollista, että syvänteisiin voi muodostua kloridipitoisuuden kasvua. Tosin tuolloinkaan pitoisuuksien ei arvioida muodostuvan viitearvoja korkeimmiksi.

Metallit

Seuraavassa taulukossa 12 on esitetty metallien vesieliöille kokeellisesti määritetyt pitkäaikaisen altistumisen toksisuusarvot.

Taulukko 12. Tarkasteltavien metallien myrkyllisyydestien perusteella määritetyt viitearvot.

Haitta-aine	PNEC ¹ (µg/l)	NA surface water ² (µg/l)	MPA surface water ² (µg/l)
Barium	29	1,5	150
Kromi	3,4	0,085	8,5
Lyijy	3,3	0,11	11
Molybdeeni	29	2,9	290
Sinkki	3,1-7,8	0,066	6,6

1) Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014 s. 93, vaikutuseton pitoisuustaso

2) NA surface water = Negligible Addition eli vähäinen pitoisuuslisäys; MPA surface water = maximum permissible addition, metalleilla MPA+taustapitoisuus on suurin sallittu pitoisuus ekotoksikologisten vaikutusten kannalta
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601501001.pdf>

Verrattaessa taulukon 12 viitearvoja edellä taulukoissa 8 ja 9 esitettyihin metallien pitoisuuslisäyksiin, voidaan todeta pitoisuuslisäysten olevan hyvin pieniä. Näin ollen arvioidaan, ettei tuhkan hyödyntämisestä aiheudu lähiympäristön pintavesiin sellaisia metallipitoisuuksia, joilla olisi haitallisia vaikutuksia vesieliöihin. Metallien taustapitoisuuksista Kuolajoessa ei ole tietoja. Edellä esitetyt haitta-aineiden pitoisuuslisäykset Kuolajoen ja Kemijoen yhtymäkohdassa ovat hyvin pieniä.

Korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet esiintyvät tilanteessa, jossa kuonan metallipitoisuudet ovat arvioidut maksimipitoisuudet koko tierakenteen alueella, ja joen virtaama on samaan aikaan vuoden ajan alimmillaan. Siten laskennalliset metallipitoisuudet ovat yliarvioita Kuolajoessa.

5.7 Terveysriskin arviointi

Rakentamisen aikaiset riskit

Kuiva lentotuhka on pölyävää, joten kuivan tuhkan käsittelyssä työntekijät voivat altistua tuhkan sisältämille haitta-aineille hengittämällä tai nielemällä pölyä. Maaperän terveysperusteiset viitearvot teollisuus- ja muille vähemmän herkässä maankäytössä oleville alueille bariumille, kromille, sinkille ja molybdeenille on > 10 000 mg/kg sekä lyijylle 5260 mg/kg. Hyödynnettävän

lentotuhkan molybdeenin maksimipitoisuus on 6,8 mg/kg, kromin maksimipitoisuus on <1000 mg/kg ja lyijyn <600 mg/kg.

Viitearvot ja pitoisuudet on esitetty metallien osalta, sillä sulfaatile ja kloridille vastaavia viitearvoja ei ole annettu. Tuhkassa todetusta metalleista ei näin ollen arvioida aiheutuvan rakentamisen aikaisia riskejä alueen työntekijöille.

Vaikka tuhkan ei arvioidakaan olevan terveydelle haitallista siinä todettujen haitta-ainepitoisuuksien perusteella, on tuhka kuitenkin syövyttävää korkean emäksisyytensä vuoksi. Kuivaa tuhkaa käsiteltäessä on käytettävä silmäsuojaimia, hengityssuojainta tai vaihtoehtoisesti raitisilmahuppua sekä suojavaatetusta ja suojakäsineitä. Tällöin ehkäistään tehokkaasti altistuminen haitallisille aineille ja syövyttävälle vaikutukselle. Kuivan tuhkan käsittely tapahtuu kuitenkin käytännössä voimalaitospäässä, ja työmaalla käytetään voimalaitoksella kostutettua tuhkaa, joka ei pölyä. Näin ollen rakentamisen aikainen terveysriski on ehkäistävissä tehokkaasti suojainten käytöllä.

Valmiin rakenteen terveysriskit

Tierakenteen valmistumisen jälkeen tuhkerakenteen jää tierakenteiden alle, joten valmiissa rakenteessa tuhkan pölyäminen ei ole mahdollista. Tuhkan haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen ei ole mahdollista, joten tuhkarakenteesta ei aiheudu terveysriskiä juomavesialtistuksen kautta.

Suurimmat laskennalliset pitoisuuslisäykset Kuolajoen ja Kemijoen yhtymäkohdassa aiheutuvat sulfaateista, enimmillään 4,5 mg/l. Metallien (bariumin) lisäys on enimmillään noin 9 µg/l, eikä tällaisilla pintaveden pitoisuuslisäyksillä arvioida aiheutuvan terveyshaittaa pintaveden virkistyskäyttöä harjoittaville ihmisille.

5.8 Epävarmuudet

Materiaalikohtaisesti tarkasteltaviksi haitta-aineiksi on valittu ne, joiden pitoisuudet ylittävät MARA-asetuksen mukaiset päälystetyn mursketierakenteen liukoiset raja-arvot. Edellä esitetyt kuormituslaskennat kuvaavat keskimääräistä mahdollista haitta-ainekuormitusta, jotka on laskettu tuhkamateriaaleille ravistelutestissä todettujen liukoisten haitta-ainepitoisuuksien perusteella. Ravistelutestillä materiaalista määritetyt liukoisuudet normaalisti yliarvioivat valmiista rakenteesta tapahtuvaa liukenemistä. Muutoinkin valitut laskentaparametrit ja -oletukset on valittu vaikutuksia yliarvioiden. Näin ollen tehtyihin laskentoihin ja niiden tuloksiin sisältyy riittävä turvamarginaali.

Korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet esiintyvät tilanteessa, jossa kuonan metallipitoisuudet ovat arvioidut maksimipitoisuudet koko tierakenteen alueella ja joen virtaama on alimmillaan. Tämä tilanne ei ole todennäköinen kohteessa, sillä osa sijoitettavasta materiaalista on jo varastoituna ja niistä on tehty tässä arvioinnissa esitetyt tuhkan liukoisuusanalyysit. Lisäksi maksimipitoisuudet edustavat pääosin 1NP lentotuhkaa, jonka osuus tuhkasta on noin 15-20 %.

Rakentamisvaiheessa laskennan mukaiseen kuormitukseen voidaan vaikuttaa rakentamalla rakenne mahdollisimman nopeasti valmiiksi. Rakentamisen aikaisilla toimenpiteillä, kuten huolellisilla materiaalin käsittely- ja rakentamistavoilla voidaan vähentää ylimääräisen kuormituksen muodostumista.

Tierakenne rakennetaan valmiiksi kahdessa vuodessa. Rakenne tehdään vuosittain valmiiksi koko rakenteen osalta siten, että vaiheittainen toteutunut rakenne toimii kuten valmis rakenne.

Avoimeksi mahdollista seuraavaa vuotta varten jäävä luiska suojataan tiivistämällä luiskaan moreenikerros ja peittämällä väliaikainen luiska pintakerrosmateriaalilla.

5.9 Johtopäätökset

Tierakenteessa on suunniteltu hyödynnettävän jo muodostunutta varastoitua tuhkaa, jonka liukoisuus ominaisuudet ovat tiedossa.

Riskinarvioinnin perusteella Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n Mustikkamaan alueelle aurinkopaneelientien ympärille suunniteltu huoltotie voidaan toteuttaa suunnitelman mukaisesti käyttäen tässä arvioinnissa esitettyä lentotuhkaa ilman, että materiaalien hyödyntämisestä syntyy ympäristö- tai terveyshaittaa. Seuraavassa yhteenveto kappaleessa on esitetty laskennalliset enimmäispitoisuusrajat ja arvioitu todellinen keskiarvoliukoisuuksiin perustuva toteuma.

6. YHTEENVETO

Riskinarviossa on arvioitu Rovaniemen Alakorkaloon Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n Mustikkamaan polttoaineterminaalille suunnitellun aurinkopaneelikentän huoltotien rakenteessa hyödynnettävän Suosiolan voimalaitoksen lentotuhkan vaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Tierakenteen tuhka peitetään suodatinkankaalla, murskekerroksella ja kulutuskerroksella ja lisäksi luiskat rakennetaan tiiviistä moreenista, jolloin tuhkan läpi kulkeutuvien suotovesien muodostuminen on vähäistä. Riskinarviossa on huomioitu tuhkan sisältävän yli ns. mara-asetuksen mursketierakenteen raja-arvojen sulfaattia, kloridia, bariumia, lyijyä, sinkkiä, molybdeeniä ja kromia.

Poikkeustilanteissa esimerkiksi rakenteiden rakentamisen aikana tapahtuvan rankkasateen vaikutuksesta mahdollisesti liukenevat haitta-aineet laimenevat suureen vesimäärään. Vedet päätyvät lopulta Kemijokeen ja edelleen mereen. Riskinarviossa on kuitenkin keskitytty arvioimaan pitkäaikaisen kuormituksen aiheuttamia vaikutuksia Kuolajoessa. Pitkäaikainen rakenteista peräisin oleva suotoveden aiheuttama kuormitus on melko vähäistä, eikä kuormitus juurikaan lisää pintavesien kuormitusta. Laskennassa käytetyt maksimipitoisuudet edustavat pääosin 1NP lentotuhkaa, jonka osuus tuhkasta on noin 15-20 %. Tuhkarakenteesta suotoveden mukana liukenevien haitta-aineiden ei arvioida aiheuttavan haittaa alapuoleisen vesialueen vesieliöille. Näin ollen tuhkan hyödyntämisestä tierakenteessa ei ole ympäristönäkökulmasta estettä.

Tuhkan terveysriskit liittyvät sen pölyävyyteen ja syövyttävyyteen. Tuhkaa käytetään rakentamisen aikana kostutettuna, jolloin pölyämistä ei tapahdu ja altistuminen voidaan ehkäistä henkilökohtaisia suojavarusteita käyttämällä (hengityssuojaimet, suojavaatetus, suojakäsineet). Rakenteen valmistuttua ja tien käytön aikana tuhkarakenteesta ei aiheudu terveysriskejä. Polttoaineterminaalin alue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella ja lähin luokiteltu pohjavesialue sijaitsee noin 2 km päässä alueesta, minkä vuoksi terveysriskiä ei pohjaveden kautta arvioida aiheutuvan.

Tierakenteessa on suunniteltu hyödynnettävän jo muodostunutta varastoitua tuhkaa, jonka liukoisuus ominaisuudet ovat tiedossa.

Riskinarvion perusteella suunnitelman mukaisen huoltotien rakentamiselle Suosiolan voimalaitoksen tuhkaa hyödyntäen ei arvioida olevan esteitä tai rajoituksia ympäristöön tai terveyteen kohdistuvien riskien perusteella, kun haitta-aineiden pitoisuudet ovat korkeimmillaan arvioidun maksimipitoisuuksien mukaisia (taulukko 13, sarake 4).

Pääosin tierakenteessa hyödynnettävän tuhkan haitta-aineiden liukoisuudet ovat kuitenkin v. 2021-2024 muodostuneiden keskiarvopitoisuuksien kaltaisia (taulukko 13, sarake 2).

Taulukko 13. Haitta-aineiden liukoisuuksien keskiarvot ja soveltuvaksi arvioidut maksimiarvot hyödynnettävässä tierakenteen tuhassa.

Haitta-aineet	Hyödynnettävän tierakenteen tuhkan liukoisuuksien (L/S 10) keskiarvo mg/kg	Teoreettinen arvio, liukoisuuksien (L/S 10) arvioitu maksimi mg/kg
Barium	9,0	<100
Kromi	3,2	<10
Lyijy	1,7	<30
Molybdeeni	2,8	<10
Sinkki	2,7	<40
Kloridi	1 598	<6 000
Sulfaatti	14 669	<30 000

LIITE 1

KOKONAISPITOISUUDET JA LIUKOISUUDET

Tuote	Päivämäärä	Ravinteet tavoitepitoisuus		Raskasmetallit (raja-arvo, lannoitevalmisteasetus) ppm						Näytteenottoaika/Huomioitavaa
		15000	30000	300	150	700	40	150	25	
		Fosfori (P)	Kalium (K)	Kromi (Cr)	Nikkeli (Ni)	Kupari (Cu)	Arseeni (As)	Lyijy (Pb)	Kadmium (Cd)	
Lentotuhka	11.1.2024	7038	14350	126	33	190	47	253		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	11.1.2024	8566	16713	230	25	218	46	253		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	11.1.2024	6770	14056	237	30	200	53	281		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	19.1.2024	7801	16610	164	31	198	39	170		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	19.1.2024	8134	16300	169	25	232	42	221		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	19.1.2024	8072	16755	212	32	193	38	125		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.1.2024	6632	15153	234	29	194	46	347		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.1.2024	7294	16121	443	32	181	55	316		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.1.2024	7478	15824	204	32	185	43	212		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	1.2.2024	6839	13643	240	32	154	56	95		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	1.2.2024	7001	14578	185	32	167	50	216		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	1.2.2024	6160	13518	159	30	156	59	146		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.2.2024	5048	12160	127	29	147	50	51		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.2.2024	5539	13082	109	30	139	43	63		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.2.2024	5208	12264	140	28	145	51	53	0	2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	29.2.2024	7520	13436	103	35	138	57	90		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	29.2.2024	7400	13362	84	31	148	53	88		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	29.2.2024	8576	14937	111	35	148	51	85		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.3.2024	9613	16569	141	28	205	48	99		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.3.2024	8934	15984	221	25	220	53	46		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.3.2024	9639	16675	115	28	212	50	81		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.4.2024	11679	19394	112	32	190	47	192		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.4.2024	10751	18419	241	26	218	46	128		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.4.2024	11432	19898	280	28	213	44	155		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.4.2024	10947	18289	176	37	158	45	131		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.4.2024	11380	19551	211	39	165	38	121		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.4.2024	11763	19488	196	39	150	52	154	2	2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	17.5.2024	11523	18904	134	34	190	42	188	0	2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	17.5.2024	11696	19054	217	31	190	51	216		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	17.5.2024	11589	19136	164	36	171	41	208		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.5.2024	12758	20336	144	23	236	44	376	3	2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.5.2024	12036	19828	161	21	237	49	372		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.5.2024	11889	20260	154	27	208	47	318		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	4.10.2024	9463	21813	426	0	784	44	1247		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	4.10.2024	9428	22362	418	0	705	52	1257		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	4.10.2024	8964	20556	399	0	772	42	1187	0	2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.10.2024	8730	21875	474	0	755	64	768		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.10.2024	8683	22255	477	0	646	58	717		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	18.10.2024	8872	22428	627	0	683	72	815		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.10.2024	9800	21041	334	0	786	39	611		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.10.2024	9437	22013	399	0	888	50	707		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	25.10.2024	9507	20883	368	0	733	50	689		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	31.10.2024	10423	21898	380	0	704	45	688		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	31.10.2024	10895	21747	409	0	663	52	735		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	31.10.2024	10251	20528	415	0	660	37	600		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.11.2024	11321	21458	376	0	654	47	796		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	7.11.2024	10989	20827	378	0	727	39	668		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.11.2024	10163	20675	340	0	539	44	490		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.11.2024	10827	21496	324	0	566	52	628		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	28.11.2024	10359	21076	364	0	598	45	583		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	11.12.2024	10560	20038	340	0	433	51			2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	11.12.2024	10281	21020	248	0	413	48			2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	11.12.2024	10658	21081	340	0	442	49			2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	13.1.2025	9873	18958	269	7	2554	55	664		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	13.1.2025	9819	18461	99	16	1938	45	501		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	13.1.2025	10202	16658	215	18	1846	54	258		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	23.1.2025	5987	20796	320	13	2180	35	248		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	23.1.2025	6242	19987	258	14	2155	38	262		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	23.1.2025	6323	20441	223	13	2306	34	286		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.1.2025	7834	20544	202	9	1919	40	379		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.1.2025	7001	19824	108	8	1669	26	283		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	30.1.2025	7924	21750	181	0	1916	46	468		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	6.2.2025	8733	23165	227	7	2731	56	1023		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	6.2.2025	8380	23057	272	11	2459	53	788		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	6.2.2025	8659	23310	280	8	2729	46	821		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	21.2.2025	9233	24332	186	20	2550	49	543		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	21.2.2025	8898	22813	202	16	2752	43	544		2NP Siilo viikkoseuranta
Lentotuhka	21.2.2025	8988	23669	150	20	2527	37	410		2NP Siilo viikkoseuranta
min		5048	12160	84	0	138	26	46		
max		12758	24332	627	39	2752	72	1257		

Hyödynnettävien jätteiden suurin sallittu haitallisten aineiden liukoisuus (mg/kg L/S -suhteessa 10 l/kg) ja pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta) sekä kerrospaksuus maarakentamiskohteessa. MARA 843/2017

Ei sovellu
Soveltuu

Haitallinen aine	Maarakentamiskohde, MARA-asetuksen mukaiset raja-arvot							Mustikkamaalle ajettu lentotuhka														
	Väylä ¹⁾		Kenttä ¹⁾		Valli	Teollisuus- ja varasto- rakennuksen pohjarakenne	Tuhkamurske- tie ²⁾	Näytteenotto-päivä														
	Jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Jätteen kerrospaksuus ≤ 5,0 m	Jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m	Jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m	20.12.2021 (näyte kasalta)	1.2.2022 (siilonäytteistä kokooma, 1NP painotus)	15.2.2022 (kasalta, 6 kk kasalla)	4.3.2022 (siilonäytteistä kokooma, 2NP lentotuhka)	20.6.2022 2NP lentotuhka	6.6.2022 näytteenotto kasalta 12.9.2022 analysointi	30.11.2022 Kasan päältä, vanha kasa (v. 2021 alusta viety tuhma)	30.11.2022 Syksyn 2022 tuhka	14.4.2023, 2NP lentotuhka, kokoomanäyte 1.1.-12.4.2023	22.8.2023 Mustikkamaa, Tuhkavalli, vanha tuhka	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy 7.9.-31.12.2023	2NP lentotuhka, kokoomanäyte kevät 1.1.-19.6.2024	Suosiola 1NP lentotuhka, 6-10/2024	2NP lentotuhka, kokoomanäyte syksy	
	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	Päällystetty	Peitetty																	
	Liukoisuus (mg/kg L/S= 10 l/kg)							Liukoisuus (mg/kg L/S= 10 l/kg)														
pH								11,3	12,1	11,5	10,8	9,1	9,9	9,0	12,6	11,2	9,8	11,5	11,3	12,6	12	
Antimoni (Sb)	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	mg/kg ka	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,072	0,059	0,12	<0,01	<0,01	0,059	<0,01	<0,01	<0,01	0,18
Arseeni (As)	1	2	0,5	1,5	0,5	2	2	mg/kg ka	0,034	<0,01	0,011	0,015	0,074	0,029	0,059	<0,01	0,024	0,053	0,014	0,013	0,011	0,019
Barium (Ba)	40	100	20	60	20	100	80	mg/kg ka	1,5	4,2	1,9	1,5	0,87	0,97	0,88	2,0	2,6	0,85	2	2,4	95	1,7
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	mg/kg ka	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Kromi (Cr)	2	10	0,5	5	1	10	5	mg/kg ka	4,8	2,3	3,5	1,1	2,8	0,72	0,091	2,5	3,0	0,79	2,3	2,4	8,5	7,4
Kupari (Cu)	10	10	2	10	10	10	10	mg/kg ka	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	0,075	<0,05
Lyijy (Pb)	0,5	2	0,5	2	0,5	2	1	mg/kg ka	0,009	0,35	0,027	<0,005	<0,05	<0,005	<0,005	0,26	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	19	2,1
Molybdeeni (Mo)	1,5	6	0,5	6	1	6	2	mg/kg ka	1,6	1,7	1,3	2,7	3,0	5,0	0,56	2,6	5,6	1,9	5,8	2,4	0,89	3,7
Nikkeli (Ni)	2	2	0,4	1,2	1,2	2	2	mg/kg ka	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,41	<0,01	<0,01	0,012
Seleeni (Se)	1	1	0,4	1	1	1	1	mg/kg ka	0,091	0,076	0,081	0,068	0,13	0,14	0,074	0,083	0,07	0,097	0,11	0,1	0,27	0,18
Sinkki (Zn)	15	15	4	12	15	15	15	mg/kg ka	<0,05	0,18	0,25	0,059	<0,05	<0,05	<0,05	0,26	0,067	0,15	0,44	<0,05	31	2,0
Vanadiini (V)	2	3	2	3	2	3	3	mg/kg ka	0,11	0,017	0,07	0,47	0,12	0,069	0,059	0,024	0,44	0,22	0,17	0,36	<0,01	0,048
Elohopea (Hg)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	mg/kg ka	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Kloridi (Cl ³⁾)	3200	11000	800	2400	1800	11000	4700	mg/kg ka	1400	1500	1500	790	460	530	<50	1300	690	420	2000	1300	5500	2200
Sulfaatti (SO42-3)	5900	18000	1200	10000	3400	18000	6500	mg/kg ka	23000	5300	13000	19000	16000	17000	16000	15000	8400	14000	12000	22000	7000	17000
Fluoridi (F ³⁾)	50	150	10	50	30	150	100	mg/kg ka	<5	1400	<5	<5	7,4	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	13	5,5
Liunnut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	500	500	500	500	mg/kg ka	52	89	<50	87	64	67	<50	<50	50	89	65	110	69	55
Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)								mg/kg														
Naftaleeni	5	5	5	5	5	5	5	mg/kg ka	0,91	1,1	0,8	0,8	0,59	0,75	0,68	1,0	0,99	1,1	1,5	1,1	3,4	1
PAH-yhdisteet ⁵⁾	30	30	30	30	30	30	30	mg/kg ka	1,7	2	1,5	1,4	0,99	1,4	1,5	2,7	2,7	3,1	3,7	2,7	6,3	2,1

- 1) Hyödynnettävän asfalttimurskeen ja -rouheen enimmäismäärä maarakentamiskohteessa on 1000 tonnia.
- 2) Tuhkamursketien kerrospaksuus on asetettu täyterokoksen laskennalliselle paksuudelle.
- 3) Taulukossa kloridille, sulfaatille ja fluoridille asetettuja raja-arvoja ei sovelleta rakenteeseen, joka täyttää kaikki seuraavat edellytykset: sijaitsee enintään 500 metrin etäisyydellä merestä, rakenteen läpi suuntautuva veden purkautumissuunta on mereen, sekä rakenteen ja meren välillä ei ole talousvedenottoon käytettäviä kaivoja.
- 4) Tolueneeni, etyylibentseeni ja ksyleeni (summapitoisuus).
- 5) Polyaromaattiset hiilivedyt; antraseeni, asenafteneeni, asenaftyaleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)perylenei, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni (summapitoisuus).

Poikkeukset taulukon raja-arvoista, jos toteutettavan rakenteen enimmäispaksuus on 0,5 m.

- peitetty väylä: Barium (Ba) 80; Vanadiini (V) 3; kloridi (Cl⁻) 3600; sulfaatti (SO₄²⁻) 6000.
- päällystetty väylä: kloridi (Cl⁻) 14000 ja sulfaatti (SO₄²⁻) 20000.
- peitetty kenttä: antimoni (Sb) 0,4.

LIITE 2

HAITTA-AINEIDEN OMINAISUUDET

Barium

Vesiympäristössä barium saostuu bariumsulfattina tai -karbonaattina. Luonnon vesissä pH:n ollessa alle 9,3 barium reagoi muodostaakseen sulfaatteja, mikäli pH on korkeampi, muodostuu karbonaatteja. Barium voi myös adsorboitua liuenneeseen partikkelimaiseen ainekseen. Bariumin saostuminen sulfaateiksi lisääntyy siirryttäessä makeasta vedestä meriympäristöön. Hapettomassa vesiympäristössä, jossa sulfaattipitoisuudet ovat pieniä, barium voi lähteä liukenemaan anaerobisten bakteerien toiminnan myötä. Sedimentaatio ja saostumien poistavat merkittävän osan pintavesien bariumyhdisteistä.

Maaperässä barium ei ole kovin liikkuva. Liikkuvuuteen vaikuttaa maaperän ominaisuudet. Barium adsorboituu hienoainekseen ja orgaaniseen materiaaliin. Lisäksi kalsiumkarbonaattia sisältävissä maissa saostuminen estää liikkuvuutta. Kloridipitoisuudet sen sijaan voivat lisätä bariumin liukoisuutta.

Bariumin taustapitoisuuksia ja terveys- ja ympäristökriteerejä:

- pintavesien mitattuja pitoisuuksia $\leq 5 - 15\,000\ \mu\text{g/l}$, keskipitoisuudet vaihtelivat $10-60\ \mu\text{g/l}$
- juomaveden bariumin keskipitoisuudet vaihtelevat USA:ssa $30-300\ \mu\text{g/l}$
- raja-arvo juomavedelle $2,0\ \text{mg/l}$ (US EPA)
- hollantilaisten pohjaveden raja-arvo (intervention value) $625\ \mu\text{g/l}$
- bariumin alhaisen riskin annostaso (MRL = minimal risk level) keskipitkällä altistusajalla suun kautta nautittuna $0.2\ \text{mg/kg/d}$
- makean veden levälle NOEC -arvo $17\ \text{mg/l}$ (Verbuggen 2001)
- makean veden äyriäiselle NOEC -arvo $2,9\ \text{mg/l}$ (Verbuggen 2001)
- makean veden äyriäiselle $L(E)C_{50}$ -arvo $55\ \text{mg/l}$ (Verbuggen 2001)
- makean veden vesieliöstölle HC_{50} -arvo $7\ \text{mg/l}$ (Verbuggen 2001)
- muunnetulla EPA metodilla laskettuna suurin hyväksyttävä lisä (MPA= maximum permissible addition) makean veden pitoisuuteen on $150\ \mu\text{g/l}$, EU:n TGD metodilla laskettuna sama MPA -arvo on $29\ \mu\text{g/l}$ (Verbuggen 2001)

Bariumpitoisuuksia kaatopaikkojen suotovesissä, pintavesissä ja pohjavesissä (on- ja off-site):

- yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen suotovedessä pitoisuudet vaihtelivat $0,11-9,2\ \mu\text{g/l}$
- ongelmajätteen kaatopaikkojen pintavesien pitoisuudet kaatopaikka-alueella vaihtelivat $0,33\ \mu\text{g/l} - 18\ \text{mg/l}$
- ongelmajätteen kaatopaikkojen pohjavesien pitoisuudet kaatopaikka-alueella vaihtelivat $0,06\ \mu\text{g/l} - 2,1\ \text{mg/l}$
- ongelmajätteen kaatopaikkojen pintavesien pitoisuudet kaatopaikka-alueen ulkopuolella vaihtelivat $0,10\ \mu\text{g/l} - 0,74\ \text{mg/l}$
- ongelmajätteen kaatopaikkojen pohjavesien pitoisuudet kaatopaikka-alueen ulkopuolella vaihtelivat $0,05\ \mu\text{g/l} - 0,8\ \text{mg/l}$

LÄHTEET:

Verbruggen EMJ, Posthumus R, Wezel AP van 2001: Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. RIVM Rapport 711701020. Lähde: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701020.pdf>

Toxicological profile for barium and barium compounds. 2007. U.S. department of health and human services. Lähde: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp24.pdf>

Kromi

Kromi esiintyy luonnossa hapetusasteilla +3 ja +6. Kallio- ja maaperässä suurin osa kromista esiintyy varsin pysyvissä ja niukkaliukoisissa oksidimineraaleissa ja vähäisessä määrin silikaattimineraaleihin sitoutuneena. Kolmenarvoisen kromin hapettuessa emäksisessä tai happamassa ympäristössä syntyy kuudenarvoista kromia, joka kulkeutuu maaperässä helpommin kuin kolmenarvoinen kromi. Kuudenarvoista kromin hapetusmuotoa ei ole tavattu luontaisesti Suomen maaperässä. Kolmenarvoisen kromin haitallisuus lisääntyy vesiliukoisuuden kasvaessa. Kuudenarvoisen kromin yhdisteet ovat syöpävaarallisia ja eliöille kolmenarvoista kromia haitallisempia (Carc. Cat. 2; R49;R43;N; R50- 53). Kolmenarvoisena kromi on ihmiselle välttämätön hivenaine. Kuudenarvoiset kromiyhdisteet imeytyvät elimistöön kolmenarvoisia kromiyhdisteitä helpommin. Kromin esiintymismuodon määrittäminen on tärkeää, jos maaperässä on syytä epäillä esiintyvän kuudenarvoista kromia. Suomessa kromia on käytetty erityisesti ruostumattoman teräksen valmistuksessa sekä mm. nahka- ja kemianteollisuudessa sekä puunsuojauksessa.

Kromi								
Ekologia	SHPEko Cr ³⁺ mg/kg	SVP Cr ³⁺ mg/kg	HC50aq µg/l	HC5aq µg/l	Kd l/kg	NOECterr lajit, Cr ³⁺ mg/kg	NOECterr prosessit mg/kg	NOECAq makea ja merivesi µg/l
	120 ^{1a} (lajit) 130 ^{1b} (pros.)	0,38 ^{2a} (lajit) 8,5 ^{2b} (pros.)	220 ^{3a} (Cr ³⁺) 260 ^{3b} (Cr ⁶⁺)	36 ^{4a} (Cr ³⁺) 8,7 ^{4b} (Cr ⁶⁺)	4800	380 ja 38	1,5-4600 (Cr ³⁺) 680 ja 1400 (Cr ⁶⁺)	88-1300 (Cr ³⁺) 0,058-9600 (Cr ⁶⁺)
Terveys	SHPTer mg/kg	SHPTter mg/kg	TDI µg/kg/vrk	TCA CRinhal µg/m ³	SVP _{pv} mg/kg (Kd =2000 l/kg)	STM 461/2000 µg/l	Eri organisaatioiden esittämää sallitun enimmäissaannin arvoja pitkäaikaisessa altistuk- sessa (ellei muuta mainintaa)	
Cr3+ Cr6+	3190 6	>10 000 25	5 ^{5a} 5 ^{5b}	6 ^a 0,00025 ^{6b}	1000	50 (kokonais- pitoisuus)	1500 µg/kg/vrk, altistus suun kautta, liukenemattomat kromiyhdisteet (U.S.EPA) 0,1 µg/m ³ , altistus hengitys- teitse, kuudenarvoinen kromi, ei-syöpävaara (U.S.EPA) 0,0008 µg/m ³ , altistus hen- gitysteitse, kuudenarvoinen kromi, lisäsyöpäriski 10 ⁻⁵ (U.S.EPA)	

^{1a} Geom. ka. NOECterr. Käytössä vain yksi NOEC-arvo kasveille ja yksi madolle. HC50aq x Kd: 1200 mg/kg, Cr³⁺.

^{1b} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n= 37, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 80-210 mg/kg.

^{2a} L(E)C50terr_{min} / 100 (EU/TGD: 2 NOECia, ei L(E)C50terr-arvoja). HC5aq x Kd: 42 mg/kg, Cr⁶⁺.

^{2b} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n= 37, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 3,8-15,9 mg/kg.

^{3a} Tilastollisesti NOECAq-jakaumasta (n= 7, Cr³⁺). 90 % luotettavuusväli: 100-480 µg/l.

^{3b} Tilastollisesti NOECAq-jakaumasta (n= 56, Cr⁶⁺). 90 % luotettavuusväli: 160-400 µg/l.

^{4a} Tilastollisesti NOECAq-jakaumasta (n= 7 Cr³⁺). 90 % luotettavuusväli: 6-85 µg/l.

^{4b} Tilastollisesti NOECAq-jakaumasta (n= 56, Cr⁶⁺). 90 % luotettavuusväli: 4-16,4 µg/l.

^{5a} Johdettu liukoisien Cr(CH₃COO)₃:n NOAEL-arvosta 0,46 mg/kg/vrk rotille (ATDSR 1998) käyttämällä varmuuskerrointa 100 (lajinväliset ja -sisäiset vaihtelut). Liukenemattomille, kolmenarvoisen kromin yhdisteille TDI 5000 µg/kg/vrk (Baars ym. 2001).

^{5b} Johdettu rottakokeesta saadusta NOAEL-arvosta 2,4 mg Cr⁶⁺/kg/vrk (vuoden kestäneessä kokeessa rottien juomavedessä 25 mg KCrO₄/l) (MacKenzie ym. 1958) käyttämällä varmuuskerrointa 500 (lajinväliset ja -sisäiset vaihtelut, kerroin 10 x 10, sekä elinikäistä altistusta lyhyempi aika, kerroin 5).

^{6a} Liukenemattomille, kolmenarvoisen kromin yhdisteille TCA 60 µg/m³ (Baars ym. 2001).

^{6b} Johdettu lineaarisesti epidemiologisiin tutkimuksiin (työperäinen hengitysaltistus) perustuvasta arviosta, jonka mukaan hengitysilman pitoisuus 1 µg Cr⁶⁺/m³ aiheuttaa elinikäisen altistuksen aikana syöpäriskin 4 x 10⁻² (Slooff ym. 1990, WHO 1994).

Luontainen pitoisuus: **31 (6-170) mg/kg**

Kynnysarvo: **100 mg/kg**

Alempi ohjearvo: **200 (e) mg/kg**

Ylempi ohjearvo: **300 (e) mg/kg**

Lyijy

Lyijy esiintyy luonnossa hapetusluvulla +2 ja +4. Suomen kallio- ja maaperässä lyijy esiintyy niukkaliukoisina karbonaatti- ja sulfidimineraaleina ja vähäisinä määrinä sitoutuneena silikaattimineraaleihin. Lyijyä esiintyy tavallisesti kertyneenä maaperän orgaaniseen pintakerrokseen. Lyijyn kulkeutuvuus maaperässä on yleensä heikkoa. Hapettavat ja happamat olosuhteet sekä kompleksoituminen liukoisin yhdisteisiin lisäävät lyijyn liukoisuutta ja kulkeutuvuutta. Lyijy yhdisteineen (joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta) on luokiteltu terveys- ja ympäristövaaran perusteella seuraavasti: Repr. Cat. 1; R61; Repr. Cat.3; R62; Xn; R20/22; R33; N; R50-53. Lyijy kertyy ihmiseen ravintoketjussa ja on erittäin myrkyllistä vesieläimille. Lyijyn on todettu olevan erityisen haitallista kehitysiässä oleville lapsille, mikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa maaperässä olevan lyijyn mahdollisesti aiheuttamaa terveysriskiä. Lyijyä on käytetty runsaasti mm. elektroniikkateollisuudessa. Suomessa paikallista maaperän lyijykuormitusta ovat aiheuttaneet mm. ampumaratojen haulit ja luodit, kuparisulattojen kuonat sekä autojen akut. Pintamaakerroksissa alueellisesti kohonneet lyijypitoisuudet voivat olla peräisin energiantuotannon polttoprosessien aiheuttamasta ilmalaskeumasta ja lyijyn käytöstä bensiinin lisäaineena.

Lyijy									
Ekologia	SHPEko mg/kg	SVP mg/kg	HC50aq µg/l	HC5aq µg/l	Kd l/kg	NOECterr lajit mg/kg	NOECterr prosessit mg/kg	L(E)C50terr mg/kg	NOECaq makea ja merivesi µg/l
	490^{1a} (lajit) 520 ^{1b} (pros.)	55^{2a} (pros.) 66 ^{2b} (lajit)	150 ³⁾	11 ⁴⁾	2380	40-1500	15-7700	-	9-2100
Terveys	SHPTer mg/kg	SHPTer mg/kg	TDI µg/kg/vrk	TCA µg/m ³	SVP _{PV} mg/kg (Kd = 1000 l/kg)	STM 461/2000 µg/l	Eri organisaatioiden esittämiä sallitun enimmäissaannin arvoja pitkäaikaisessa altistuksessa (ellei muuta mainintaa)		
	212 (lapset)	5260	1,8 ⁵⁾	-	100	10	3,6 µg/kg/vrk, altistus suun kautta, (WHO) 0,5-1 µg/m ³ , altistus hengitysteitse, (WHO)		

^{1a} Tilastollisesti NOECterr(lajit)-jakaumasta (n= 13, lajit). 90 % luotettavuusväli: 270-890 mg/kg. HC50aq x Kd: 360 mg/kg.

^{1b} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n= 39, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 360-750 mg/kg.

^{2a} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n=39, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 29-90 mg/kg.

^{2b} Tilastollisesti NOECterr(lajit)-jakaumasta (n= 13, lajit). 90 % luotettavuusväli: 20-136 mg/kg. HC50aq x Kd: 26 mg/kg.

³⁾ Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n=42, meri + makea vesi). 90 % luotettavuusväli: 100-220 µg/l.

⁴⁾ Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n=42, meri + makea vesi). 90 % luotettavuusväli: 5-18 µg/l.

⁵⁾ Perustana FAO/WHO:n esittämä suurin sallittu viikkoannos 25 µg/kg/vko (TDI: 25 µg/kg/vko / 7 vrk/vko = 3,6 µg/kg/vrk), jonka ei vielä pitäisi nostaa veren lyijypitoisuutta haitalliselle tasolle (> 50 µg/l). Arviossa otettu huomioon erityisesti lapset lyijylle herkkänä ryhmänä. Tähän arvioon (3,6 µg/kg/vrk) käytetty edelleen varmuuskerrointa [2], jolla otettu huomioon uusimpien tutkimusten perusteella todettu epävarmuus lyijyn haitattomasta pitoisuustasosta ja mahdollisesta karsinogeenisuudesta (mm. Selevan ym. 2003; IARC).

Luontainen pitoisuus: **5 (0,1-5) mg/kg**

Kynnysarvo: **60 mg/kg**

Alempi ohjearvo: **200 (t) mg/kg**

Ylempi ohjearvo: **750 (e) mg/kg**

Molybdeeni

Suomessa maaperä moreenin hienoaineksesta molybdeenia on keskimäärin 1,1 mg/kg. Savikoissa molybdeenipitoisuus on noin 10 mg/kg.

Lähes neutraaleissa ja emäksisissä (pH 5-8) sekä hapettavissa olosuhteissa molybdeeni esiintyy molybdaatti-ionina (MoO_4^{2-}) ja on erittäin liikkuva ja kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Emäksisissä olosuhteissa liukoisuutta voi vähentää kuitenkin maaperän mangaanin oksidit sekä karbonaattirikkaassa ympäristössä saostuminen esim. CaMoO_4 :na tai kersaostuminen kalsiumkarbonaatin kanssa. Liukoisuutta lisää myös sitoutuminen komplekseihin (mm. fosfori).

Sitoutuminen maaperään on tehokkainta happamassa maaperässä (pH 3-5). Tehokkainta pidentyminen tapahtuu hydriisiin raudan ja alumiinin oksideihin. Mikäli pelkistävissä olosuhteissa vapaata rikkiä on läsnä, molybdeeni saostuu molybdeenisulfidina. Maannos horisontissa kerääntyminen tapahtuu humukseen ja rikastumiskerrokseen. Maaperän hienoaaines sitoo tehokkaasti molybdeenia.

Lähde: Heikkinen 2000: GTK.

Molybdeeni on tyypillisesti tuhista liukeneva alkuaine. Sen liukoisuus lisääntyy emäksisessä ympäristössä, joten tuhalle ominainen emäksisyys saa aikaan molybdeenin liukenevuutta.

Molybdeeni on ihmisille ja kehittyneille eläimille tärkeä hivenaine. Ihmisten juomaveden sallitulle pitoisuuksille on annettu erilaisia viitearvoja (taulukko alla). Karjan juomaveden molybdeenipitoisuudelle on esitetty viitearvoa (taulukko alla), sillä liiallinen molybdeeni voi aiheuttaa kuparin puutosta. Molybdeeni on myös kasveille tärkeä mikroravinne, mutta suurina pitoisuuksina se voi häiritä muiden mikroravinteiden kuten kuparin ottoa (Lahermo et al. 1996). Tästä syystä kasvien kasteluvedessä molybdeenin pitoisuudelle on esitetty viitearvoa (taulukko alla). Vesieliöille ja kaloille molybdeenin ei ole eriyisen haitallista.

Taulukko. Molybdeenin tausta-, viite- ja raja-arvoja.

Tausta-, viite- tai raja-arvon perusta	Arvo (mg/l)	Lähde
ECN-DHI-mallinnuksen antama viitteellinen pitoisuus	1,4	VTT:n raportti
Tausta Suomen purovesissä	0,00003-0,00085	(90 % tuloksista) Lahermo et al. 1996
Viitearvo ihmisten juomaveden käytölle	0,07	WHO 1996
Laatukriteeri raaka-alle juomavedelle ennen käsittelyä	0,25	Kanada; veden laatukriteerit
Karjan juomavesi	0,15	Australia; Karjan juomaveden ohjearvot
Kasvien kasteluvesi	0,05	Kanada; veden laatukriteerit
Vesieliöiden MPA ¹	0,029	Hollanti; RIVM report 711701 020
Laatukriteeri vesieliöille	2	Kanada; veden laatukriteerit
Levä NOEL ²	27	Hollanti; RIVM report 711701 020
LC ₅₀ (96 h) kala	800	GESTIS -tietokanta

1MPA = Maximal Permissible Addition eli suurin sallittu lisä pintaveden pitoisuuteen. MPA+ taustapitoisuus = MPC eli Maximal Permissible Concentration eli suurin sallittu pitoisuus, jolloin 95 % eliöistä ei aiheutuisi haittaa.

2 NOEL = No-observed-effect-level eli ei havaittuja vaikutuksia

Sinkki

Sinkki on luonnossa yleinen metalli, joka esiintyy hapetusasteella +2. Suomen kallio- ja maaperässä sinkki esiintyy pääasiassa sulfidimineraaleina ja pienempinä pitoisuuksina silikaattimineraalien kidehilaan sitoutuneena. Maaperässä sinkkiä on luontaisesti runsaasti sulfidipitoisen kallioperän alueilla (mustaliuskealueet) ja sulfidisavimaissa (Pohjanmaa) sekä sulfidipitoisissa turvesoissa. Maaperässä sinkki voi muodostaa erilaisia epäorgaanisia ja orgaanisia kompleksiyhdisteitä, joista monet ovat liukoisia ja siten helposti liikkuvia (esim. ZnSO_4 -kompleksi). Maaperän happamoituminen ja alumiinin liukoisuuden kasvu lisäävät sinkin kulkeutuvuutta. Orgaanisen aineksen, savimineraalien sekä rauta- ja alumiinioksidisaostumien runsaus edistävät sinkin sitoutumista maahan. Myös emäksiset ja voimakkaasti pelkistävät olosuhteet heikentävät sinkin liukoisuutta ja liikkuvuutta. Sinkki on tarpeellinen hivenaine kasveille, eliöille ja ihmiselle. Maaperässä mahdollisesti esiintyvistä sinkkiyhdisteistä terveys- ja ympäristövaaran perusteella on luokiteltu mm. sinkkikloridi (Xn; R22; C; R34; N; R50-53), sinkkisulfaatti (Xn; R22; R41; N; R50-53) sekä sinkkikromaatit (Carc. Cat. 1; R45; Xn; R22; R43; N; R50-53). Tietty sinkkiyhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä vesieliöille. Ihmistoiminnan vaikutuksesta maaperään päässyt sinkki on usein liukoisemmassa muodossa kuin maaperässä luontaisesti esiintyvä sinkki. Sinkkiä käytetään runsaasti metalliteollisuudessa, esim. raudan ja teräksen pinnoitukseen, sekä lukuisissa käyttötarkoituksissa messinkiseoksissa.

Sinkki									
Ekologia	SHPEko mg/kg	SVP mg/kg	HC50aq µg/l	HC5aq µg/l	Kd l/kg	NOECterr lajit mg/kg	NOECterr prosessit mg/kg	L(E)C50terr mg/kg	NOECaq makea ja merivesi µg/l
	210^{1a} (pros.) 390^{1b} (lajit)	16^{2a} (pros.) 140^{2b} (lajit)	89³⁾	7,3⁴⁾	250	210-1200	9-3800	-	3,3-2700
Terveys	SHPTer mg/kg	SHPTer mg/kg	TDI µg/kg/vrk	TCA µg/m ³	SVP _{PV} mg/kg (Kd = 200 l/kg)	RfC _{PV} µg/l	Eri organisaatioiden esittämiä sallitun enimmäissaannin arvoja pitkäaikaisessa altistuksessa (ellei muuta mainintaa)		
	>10 000	>10 000	500⁵⁾	-	3000	1500	300 µg/kg/vrk, altistuminen suun kautta (U.S.EPA) 300 µg/kg/vrk, altistuminen suun kautta (ATSDR) 300-1000 µg/kg/vrk (WHO)		

^{1a} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n= 27, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 120-**340** mg/kg.

^{1b} Tilastollisesti NOECterr(lajit)-jakaumasta (n= 7, lajit). 90 % luotettavuusväli: 250-600 mg/kg. HC50aq x Kd: 22 mg/kg.

^{2a} Tilastollisesti NOECterr(prosessit)-jakaumasta (n= 27, lajit). 90 % luotettavuusväli: 6-31 mg/kg.

^{2b} Tilastollisesti NOECterr(lajit)-jakaumasta (n= 7, prosessit). 90 % luotettavuusväli: 50-220 mg/kg. HC5aq x Kd: 1,8 mg/kg.

³⁾ Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n=49, meri + makea vesi). 90 % luotettavuusväli: 62-127 µg/l.

⁴⁾ Tilastollisesti NOECaq-jakaumasta (n=42, meri + makea vesi). 90 % luotettavuusväli: 3,9-11,9 µg/l.

⁵⁾ Johdettu epidemiologisissa tutkimuksissa määritetystä LOAEL-arvosta 1 mg/kg/vrk (ATSDR 1994). Kertoimella 2 ekstrapoloitu vaikutuksettomaan annokseen (NOAEL).

Luontainen pitoisuus: **31 (8-110) mg/kg**

Kynnysarvo: **200 mg/kg**

Alempi ohjearvo: **250 (e) mg/kg**

Ylempi ohjearvo: **400 (e) mg/kg**

Kloridi

Klooria on maankuoressa keskimäärin 126 mg/kg. Se esiintyy pääasiallisesti vuorisuolakerrostumissa sekä meriveteen liunneena. Kloori esiintyy luonnossa liukoisena ja erittäin pysyvänä kloridi-ionina (Cl^-). Valtamerten veden keskimääräinen kloridipitoisuus on 19 000 mg/l, mutta Itämeren keskimääräinen kloridipitoisuus on huomattavasti alhaisempi, alle 4 000 mg/l. Purovesissä kloridia on yleensä alle 15 mg/l ja pohjavedessä vastaavasti 17 mg/l. (GTK 1996)

Kloridia kulkeutuu ilmavirtojen mukana mereltä mantereelle sekä valuma-alueille joko kuiva- tai märkäläskemana. Pinta- ja pohjavesien kloridipitoisuuksiin vaikuttaa lähinnä se, miten valuma-alueet ovat kehittyneet jääkauden jälkeisenä aikana. Esimerkiksi Suomessa rannikon valuma-alueilla on runsaasti hienorakenteisia pohjasedimenttejä, joiden sisältämiä jäännössuoloja huuhtoutuu edelleen pohja- ja pintavesiin. Sen sijaan hiekka- ja moreenikerrostumissa jäännössuoloja ei enää esiinny. Lisäksi eri savityypeillä kloridipitoisuus saattaa vaihdella huomattavastikin. Kloridi ei osallistu ioninvaihtoreaktioihin maaperässä, minkä vuoksi se kulkeutuu helposti pohjaveteen. (GTK 1996)

Ilmaan klorideja vapautuu esimerkiksi kivihillen ja öljyn poltossa sekä kemiateollisuuden prosesseissa. Myös muusta ihmisen toiminnasta kuten maataloudesta, kaatopaikoilta ja teiden suoaluksesta aiheutuu kloridipäästöjä. Arviolta 25 - 50 % tiensuolaukseen käytetyistä klorideista kulkeutuu pohjaveteen. Ongelmajätteen kaatopaikalta liukenevat ensimmäisenä liukoiset suolat tuhista kuten kalsiumkloridi (CaCl_2), natriumkloridi (NaCl) ja kaliumkloridi (KCl). Näistä esimerkiksi kalsiumkloridi on hyvin nopeasti liukenevaa. (GTK 1996)

Kloridi on välttämätön hivenaine esimerkiksi kasveille. Sen myrkyllisyys vaihtelee lajeittain. Useat puumaiset kasvit ovat herkkiä pienillekin kloridipitoisuuksille. Kloridi voi vaurioittaa kasveja kahdella eri tavalla: kloridit kulkeutuvat juurien kautta ja kerääntyvät lehtien kautta aiheuttaen lehtien palamista, viherkatoa ja varpuuntumista tai kloridipitoinen vesi imeytyy suoraan lehtien kautta. (CCME 1994)

Kloridi on ihmisen aineenvaihdunnalle välttämätön aine. Aikuisen ihmisen kloridin tarve on 9 mg/paino-kg, joka saadaan pääasiassa ruokasuolasta. Kloridien päivittäisen saannin ravinnosta arvioidaan olevan 6000 - 12000 mg riippuen ruokasuolan käyttömäärästä. Klorideilla ei tiedetä olevan terveysvaikutuksia, mutta veteen ne aiheuttavat makua ja korroosivaikutuksia pitoisuuksilla 200 - 300 mg/l. (Lääkintöhallitus 1990) Terveysperusteista kansainvälistä ns. ADI (päivittäinen saantisuositus)-arvoa ei kalsiumkloridille ole annettu.

Kuten ihmisille, kloridi on myös eläimille välttämätön aine. Kloridi osallistuu eläinten aineenvaihduntaan ja esimerkiksi ulkoisten nesteiden osmoottiseen paineen säätelyyn. Makeiden vesien vesieliöt sietävät kloridia pitkäaikaisesti yleensä muutamia satoja mg/l. Makean veden eliöiden suojelemiseksi maksimikonsentraatio pintavedessä USA EPA:n mukaan on pitkäkestoisessa altistuksessa 600 mg/l ja lyhytkestoisessa 1 200 mg/l. Merien vesieliöt ovat sopeutuneet huomattavasti korkeampiin kloridipitoisuuksiin kuin makean veden eliöt. Makean veden eliöistä selkärangattomat ovat herkempiä kloridille kuin selkärangaiset. Kloridin toksisuudessa makean veden vesikasveille on havaittu esiintyvän suurta lajienvälistä vaihtelua. Myös vedessä olevalla kloridiyhdisteellä (esim. Na^- , Ca^- , MgCl), on merkitystä vesieliötoksisuudelle. Tutkimuksissa ei ole todettu riippuvuutta kloridin toksisuuden ja veden kovuuden, alkalisuuden tai pH:n välillä. Akuutin toksisuuden makean veden vesiöille on todettu vaihtelevan esim. vesikirppututkimuksissa välillä 86...>3 000 mg/l (EC_{50} -arvo; EPA, 1998). (USA EPA)

Talousveden laatusuosituksen (STM 461/2000) mukainen kloridin enimmäispitoisuus on 250 mg/l. Vesijohtojen syöpymisen estämiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l. Pohjaveden ympäristölaatu normi kloridille on 25 mg/l (Vna 341/2009).

LÄHTEET

CCME. 1994. Canadian Water Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment.

EPA, Ambient Water Quality Criteria for Chloride -1988 (EPA 440/5-88-001).

GTK. 1996. Lahermo P., Väänänen P, Tarvainen T. ja Salminen R. 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristökemia-purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 149 s.

Lääkintöhallitus. 1990. Yleiskirje nro 1977. 12.12.1990.

USEPA:n ECOTOX -tietokanta

Sulfaatti

Sulfaatti on yleinen alkuainerikin ja rikkiyhdisteiden hapetustuote ja siten sen esiintyminen ja ympäristövaikutukset ovat vahvasti sidoksissa rikin kiertoon sekä luonnossa että ihmiskunnassa. Yleinen sulfaatin antropologinen lähde on rikkihappo (H_2SO_4), jota käytetään teollisuudessa lannoitteiden, väriaineiden ja pigmenttien valmistuksessa sekä bensiinin jalostuksessa ja terästeollisuudessa. Sulfaatteja siirtyy ilmaan savupartikkelien pinnalla rikin ja rikkiyhdisteiden poltossa ja vesistöihin jätevesien mukana liuenneina ioniyhdisteinä. Lisäksi sulfaatteja syntyy metallimalmien louhinnan ja jalostuksen tuloksena. Sulfaatin luonnollisia lähteitä ovat esim. tulivuorten, vedenalaisten purkausten ja kuumien lähteiden rikkiyhdisteet. Sulfaattiyhdisteet ovat yleensä runsasliukoisia ja liukenevat veteen. (Jukkala, 2008)

Vesistöihin sulfaattia tulee mineraalien liukenemisen ja sulfidien hapettumisen seurauksena. Meriveden sulfaattipitoisuus on 2 700 mg/l. Järvi-, joki- ja pohjavesissä sulfaattia on vain muutamia milligrammoja litrassa. Merkittävimmät sulfaatin vesistövaikutukset tulevat esiin, kun sulfaatti pelkistyy hapettomissa oloissa mikrobiologisesti sulfideiksi (H_2S ja HS^-). Sulfaatti on anaerobisessa hengityksessä käytetty elektroniakseptori eli yhdiste, joka pelkistyy sulfidiksi samalla kun orgaanisesta aineksesta muodostuu vettä ja hiilidioksidia. Tämä dissimilatorinen sulfaatin pelkistys tapahtuu, jos ympäristössä on sulfaatin pelkistykseen kykeneviä mikrobeja, hapettomat olosuhteet ja riittävä määrä käyttökelpoista hiiltä. Muodostuva rikkivety on eliöille myrkyllinen erittäin pieninä pitoisuuksina ja sitä kerääntyy pohjanläheisiin vesikerroksiin esimerkiksi Itämeren hapettomilla alueilla. Rikin hapetus- ja pelkistysreaktiot vaikuttavat merkittävästi biogeokemiallisiin kiertoihin, sillä ne vaikuttavat joko suoraan tai epäsuorasti hiilen, typen, fosforin ja raudan kiertoihin. Todennäköisesti haitallisin sulfaattikuormituksen vesistövaikutus on se, että sulfaatin pelkistytessä muodostuvat sulfidit voivat tyrehtyttää sedimentin raudan kierron, mikä kytkee sulfaatin fosforiin ja rehevöitymiseen. (Lehtoranta ym. 2013)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (STM 461/2000) on talousveden laatusuosituksen mukainen sulfaatin enimmäispitoisuus 250 mg/l. Edelleen vesijohtojen syöpymisen estämiseksi tulisi sulfaattipitoisuuden olla alle 150 mg/l. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (STM 401/2001) on talousveden laatusuosituksen mukainen sulfaatin enimmäispitoisuus 250 mg/l ja vesijohtomateriaalien syöpymisen estämiseksi tulisi pitoisuuden olla alle 150 mg/l. Valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta (VNA 341/2009) on pohjaveden ympäristölaatonormi sulfaatille 150 mg/l. Taulukossa on esitetty sulfaatin makean veden eliöille kokeellisesti määritetyt pitkäaikaisen altistumisen myrkyllisyysarvot.

Taulukko. Sulfaatin myrkyllisyydestien perusteella määritetyt viitearvot. Lähde: Ambient water quality guideline.

Eliöluokat / lajit	Vastaava laji, josta toksisuustieto	Toksisuusarvo	Lähde/lisätieto
Äyriäiset/ Crustacea	Vesikirppu, <i>Daphnia magna</i> , 21-day chronic bioassays, reproduction	NOEC 625 mg/l IC ₂₅ (25% inhibition of reproduction) 833 mg/l	medium water hardness 100 mg/l (as CaCO_3) Unpublished PESC data, 1996
	<i>Ceriodaphnia dubia</i> , 7 d, reproduction	IC ₂₅ 1 267 mg/l IC ₅₀ 2 061 mg/l LC ₅₀ 1355 mg/l	BC Research Inc.(1998)
Levät/ Viherlevä <i>Selenastrum capricornutum</i>	72-h algal growth inhibition tes	NOEC 1 060 mg/l IC ₂₅ 2 210 mg/l IC ₅₀ 3 359 mg/l	Na_2SO_4

Jukkala, Johanna. 2008. Sulfidi- ja sulfaatti-ionien pitoisuuksien analysointi vesiliuoksista. Pro gradu-tutkielma ja erikoistyö, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos, Epäorgaanisen ja analyttisen kemian osasto. 8.5.2008.

Lehtoranta J., Ekholm P. 2013. Sulfaatti – salakavala rehevöittäjä. Vesitalous 2/2013.

LIITE 3 LASKENTA

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelikentän huoltotie

Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat

Keskiarvoiset liukoisuudet sekä kuormitus

				Rakentamisen aikainen kuormitus		Viitearvovertailu	Valmiin rakenteen kuormitus		Viitearvovertailu
Haitta-aineiden liukeneminen									
	Liukoisuustestien keskiarvo, mg/kg(LS10)	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä rakentamisen aikana, mg/l	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä valmiissa rakenteessa, mg/l	Kuormitus rakentamisen aikana, kg	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l	Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi	Kuormitus valmiin rakenteen aikana, kg	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l	Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi
MNQ									
Barium (Ba)	9	1,40	1,0	0,58	0,6	29	0,83	0,88	29
Kromi (Cr)	3,2	0,58	0,40	0,24	0,26	3,4-4,7	0,33	0,35	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,7	0,46	0,27	0,19	0,20	1,2	0,23	0,24	1,2
Molybdeeni (Mo)	2,8	0,98	0,49	0,41	0,43	29	0,41	0,43	29
Sinkki (Zn)	2,7	0,76	0,43	0,32	0,33	3,1-7,8	0,36	0,379	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	1598	911	291	380	401	314000	243	256	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	14669	4841	2502	2018	2133	625000	2086	2205	625000
MARA Tuhkamursketie									
Barium (Ba)	80	8,0	8,0	3,33	3,5	29	6,67	7,05	29
Kromi (Cr)	5,0	0,50	0,50	0,21	0,22	3,4-4,7	0,42	0,44	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,0	0,10	0,10	0,04	0,04	1,2	0,08	0,09	1,2
Molybdeeni (Mo)	2,0	0,20	0,20	0,08	0,09	29	0,17	0,18	29
Sinkki (Zn)	15	1,5	1,5	0,63	0,66	3,1-7,8	1,25	1,32	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	4700	470	470	196	207	314000	392	414	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	6500	650	650	271	286	625000	542	573	625000
MQ									
Barium (Ba)	9	1,40	1,0	0,58	0,1	29	0,834	0,09	29
Kromi (Cr)	3,2	0,58	0,40	0,24	0,03	3,4-4,7	0,33	0,04	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,7	0,46	0,27	0,2	0,02	1,2	0,23	0,02	1,2
Molybdeeni (Mo)	2,8	0,98	0,49	0,41	0,04	29	0,41	0,043	29
Sinkki (Zn)	2,7	0,76	0,43	0,3	0,03	3,1-7,8	0,36	0,04	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	1598	911	291	380	40	314000	243	26	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	14669	4841	2502	2018	213	625000	2086	220	625000
MHQ									
Barium (Ba)	9	1,40	1,0	0,58	0,003	29	0,834	0,005	29
Kromi (Cr)	3,2	0,58	0,40	0,24	0,001	3,4-4,7	0,33	0,002	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,7	0,46	0,27	0,2	0,001	1,2	0,23	0,001	1,2
Molybdeeni (Mo)	2,8	0,98	0,49	0,41	0,002	29	0,41	0,0024	29
Sinkki (Zn)	2,7	0,76	0,43	0,3	0,002	3,1-7,8	0,36	0,002	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	1598	911	291	380	2,2	314000	243	1,40	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	14669	4841	2502	2018	12	625000	2086	12,0	625000
HQ									
Barium (Ba)	9	1,40	1,0	0,58	0,002	29	0,834	0,003	29
Kromi (Cr)	3,2	0,58	0,40	0,24	0,001	3,4-4,7	0,33	0,0010	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,7	0,46	0,27	0,2	0,001	1,2	0,23	0,0007	1,2
Molybdeeni (Mo)	2,8	0,98	0,49	0,41	0,001	29	0,41	0,0012	29
Sinkki (Zn)	2,7	0,76	0,43	0,3	0,001	3,1-7,8	0,36	0,001	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	1598	911	291	380	1,1	314000	243	0,73	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	14669	4841	2502	2018	6,1	625000	2086	6,3	625000

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelikentän huoltotie
Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat

1.vaihtoehto: Rakentamisen aikainen vesitase

sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala, arvio noin 1/3	0,13	ha
kerralla avoin	1317	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	417	m3/a

2.vaihtoehto: valmiin rakenteen vesitase

sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala	1,3	ha
	13169	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	4 168	m3/a
Rakenteeseen suotautuvan veden osuus, 20 % valumasta, päällyste murske	63	mm/a
	834	m3/a

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelikentän huoltotie

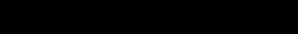
Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat

Maksimiliukoisuudet sekä kuormitus

Haitta-aineiden liukeneminen				Rakentamisen aikainen kuormitus		Viitearvovertailu	Valmiin rakenteen kuormitus		Viitearvovertailu
				Kuormitus rakentamisen aikana, kg	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l		Kuormitus valmiin rakenteen aikana	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l	
MNO	Liukoisuustestien maksimiarvo, mg/kg(LS10)	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä rakentamisen aikana, mg/l	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä valmiissa rakenteessa, mg/l			Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi			Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi
Barium (Ba)	95	14	11	5,8	6,2	29	9,2	9,7	29
Kromi (Cr)	8,5	1,53	1,07	0,64	0,67	3,4-4,7	0,89	0,94	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	19	5,1	3,0	2,14	2,3	1,3	2,5	2,6	1,3
Molybdeeni (Mo)	5,8	2,03	1,01	0,85	0,89	29	0,84	0,89	29
Sinkki (Zn)	31	8,7	5,0	3,6	3,8	3,1-7,8	4,13	4,37	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	5500	3135	1003	1307	1381	314000	836	884	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	23000	7590	3923	3164	3344	625000	3270	3457	625000
MARA Tuhkamursketie									
Barium (Ba)	80	8,0	8,0	3,33	3,5	29	6,67	7,05	29
Kromi (Cr)	5,0	0,50	0,50	0,21	0,22	3,4-4,7	0,42	0,44	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,0	0,10	0,10	0,04	0,04	1,3	0,08	0,09	1,3
Molybdeeni (Mo)	2,0	0,20	0,20	0,08	0,09	29	0,17	0,18	29
Sinkki (Zn)	15	1,5	1,5	0,63	0,7	3,1-7,8	1,25	1,32	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	4700	470	470	196	207	314000	392	414	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	6500	650	650	271	286	625000	542	573	625000
MQ									
Barium (Ba)	95	14	11	5,84	0,62	29	11,670	1,23	29
Kromi (Cr)	8,5	1,53	1,07	0,64	0,07	3,4-4,7	0,89	0,09	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	19	5,1	3,0	2,1	0,23	1,3	4,28	0,45	1,3
Molybdeeni (Mo)	5,8	2,03	1,01	0,85	0,09	29	0,84	0,089	29
Sinkki (Zn)	31	8,7	5,0	3,6	0,4	3,1-7,8	7,24	0,76	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	5500	3135	1003	1307	138	314000	2613,33	276,23	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	23000	7590	3923	3164	334	625000	3270	346	625000
MHQ									
Barium (Ba)	95	14	11	5,84	0,03	29	11,670	0,07	29
Kromi (Cr)	8,5	1,53	1,07	0,64	0,004	3,4-4,7	0,89	0,005	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	19	5,1	3,0	2,1	0,012	1,3	4,28	0,02	1,3
Molybdeeni (Mo)	5,8	2,03	1,01	0,85	0,005	29	0,84	0,0049	29
Sinkki (Zn)	31	8,7	5,0	3,6	0,0	3,1-7,8	7,24	0,04	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	5500	3135	1003	1306,76	7,5	314000	2613,33	15,07	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	23000	7590	3923	3164	18	625000	3270	18,9	625000
HQ									
Barium (Ba)	95	14	11	5,84	0,02	29	11,670	0,04	29
Kromi (Cr)	8,5	1,53	1,07	0,64	0,002	3,4-4,7	0,89	0,003	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	19	5,1	3,0	2,1	0,006	1,3	4,28	0,013	1,3
Molybdeeni (Mo)	5,8	2,03	1,01	0,85	0,003	29	1,69	0,0051	29
Sinkki (Zn)	31	8,7	5,0	3,6	0,0	3,1-7,8	7,24	0,02	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	5500	3135	1003	1306,76	3,9	314000	2613,33	7,89	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	23000	7590	3923	3164	10	625000	3270	9,9	625000

1.vaihtoehto: Rakentamisen aikainen vesitase

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelientien huoltotie
Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat



sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala, arvio noin 1/3	0,13	ha
kerralla avoin	1317	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	417	m3/a

2.vaihtoehto: valmiin rakenteen vesitase

sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala	1,3	ha
	13169	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	4 168	m3/a
Rakenteeseen suotautuvan veden osuus, 20 % valumasta, päällyste murske	63	mm/a
	834	m3/a

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelikentän huoltotie

Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat

Arvioidut maksimiliukoisuudet sekä kuormitus

<u>Haitta-aineiden liukeneminen</u>				Rakentamisen aikainen kuormitus		Viitearvovertailu	Valmiin rakenteen kuormitus		Viitearvovertailu
				Kuormitus rakentamisen aikana, kg	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l		Kuormitus valmiin rakenteen aikana, kg	Pitoisuus tarkkailupisteessä, µg/l	
MNQ	Liukoisuustestien arvioitu maksimiarvo, mg/kg(LS10)	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä rakentamisen aikana, mg/l	Laskennallinen pitoisuus huokosvedessä valmiissa rakenteessa, mg/l			Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi			Suositus pintaveden laadun yleiseksi vertailuarvoiksi
Barium (Ba)	100	15	11	6,3	6,61	29	9,2	9,7	29
Kromi (Cr)	10	1,8	1,3	0,75	0,79	3,4-4,7	1,1	1,11	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	30	8,1	4,7	3,38	3,57	1,3	3,9	4,2	1,3
Molybdeeni (Mo)	10	3,50	1,74	1,46	1,54	29	1,45	1,5	29
Sinkki (Zn)	40	11,2	6,4	4,67	4,93	3,1-7,8	5,3	5,6	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	6000	3420	1094	1426	1507	314000	912	964	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	30000	9900	5117	4127	4362	625000	4266	4509	625000
MARA Tuhkamursketie									
Barium (Ba)	80	8,000	8,000	3,33	3,5	29	6,67	7,05	29
Kromi (Cr)	5,0	0,50	0,50	0,21	0,2	3,4-4,7	0,42	0,44	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	1,0	0,100	0,100	0,04	0,0	1,3	0,08	0,09	1,3
Molybdeeni (Mo)	2,0	0,20	0,20	0,08	0,09	29	0,17	0,18	29
Sinkki (Zn)	15	1,500	1,500	0,63	0,7	3,1-7,8	1,25	1,32	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	4700	470	470	195,91	207,1	314000	391,79	414,12	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	6500	650	650	271	286	625000	542	573	625000
MQ									
Barium (Ba)	100	15	11	6,25	0,7	29	9,170	0,97	29
Kromi (Cr)	10	1,8	1,3	0,8	0,08	3,4-4,7	1,05	0,11	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	30	8,1	4,7	3,4	0,36	1,3	3,93	0,42	1,3
Molybdeeni (Mo)	10	3,50	1,74	1,5	0,15	29	1,45	0,153	29
Sinkki (Zn)	40	11,2	6,4	4,7	0,5	3,1-7,8	5,34	0,56	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	6000	3420	1094	1425,56	150,7	314000	911,96	96,39	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	30000	9900	5117	4127	436	625000	4266	451	625000
MHQ									
Barium (Ba)	100	15	11	6,25	0,0	29	9,170	0,05	29
Kromi (Cr)	10	1,8	1,3	0,8	0,004	3,4-4,7	1,05	0,006	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	30	8,1	4,7	3,4	0,0	1,3	3,93	0,02	1,3
Molybdeeni (Mo)	10	3,50	1,74	1,5	0,01	29	1,45	0,008	29
Sinkki (Zn)	40	11,2	6,4	4,7	0,0	3,1-7,8	5,34	0,03	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	6000	3420	1094	1425,56	8,2	314000	912	5,3	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	30000	9900	5117	4127	24	625000	4266	25	625000
HQ									
Barium (Ba)	100	15	11	6,25	0,0	29	9,170	0,03	29
Kromi (Cr)	10	1,8	1,3	0,8	0,002	3,4-4,7	1,05	0,003	3,4-4,7
Lyijy (Pb)	30	8,1	4,7	3,4	0,0	1,3	3,93	0,01	1,3
Molybdeeni (Mo)	10	3,50	1,74	1,5	0,004	29	1,45	0,004	29
Sinkki (Zn)	40	11,2	6,4	4,7	0,0	3,1-7,8	5,34	0,02	3,1-7,8
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	6000	3420	1094	1425,56	4,3	314000	911,96	2,8	314000
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	30000	9900	5117	4127	12	625000	4266	13	625000

Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Mustikkamaan aurinkopaneelientien huoltotie
Tierakenteen tuhkan kuormituslaskennat

1.vaihtoehto: Rakentamisen aikainen vesitase

sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala, arvio noin 1/3	0,13	ha
kerralla avoin	1317	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	417	m3/a

2.vaihtoehto: valmiin rakenteen vesitase

sadanta	633	mm/a
valuma 50 % vuosisadannasta	316,5	mm/a
alueen pinta-ala	1,3	ha
	13169	m2
materiaalikerroksen paksuus	0,5-1	m
materiaalin kuivatiheys p	1,3	t/m3
Rakenteen päälle satava vesi	4 168	m3/a
Rakenteeseen suotautuvan veden osuus, 20 % valumasta, päällyste murske	63	mm/a
	834	m3/a

Kirjallisuuslähteet:

Ambient water quality guideline

<http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/sulphate/sulphate-04.htm>

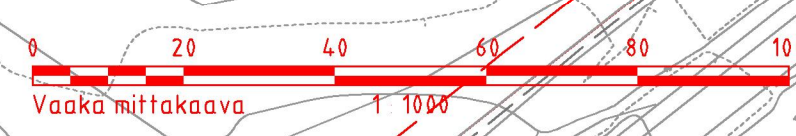
ECHA – Kemikaaliviraston tietokanta.

Hjelmar et al, 2005: Implementation of the EU waste acceptance criteria for landfilling in Denmark_2005. Sarnia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, 3-7 October 2005, Italy.

Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014: Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta.

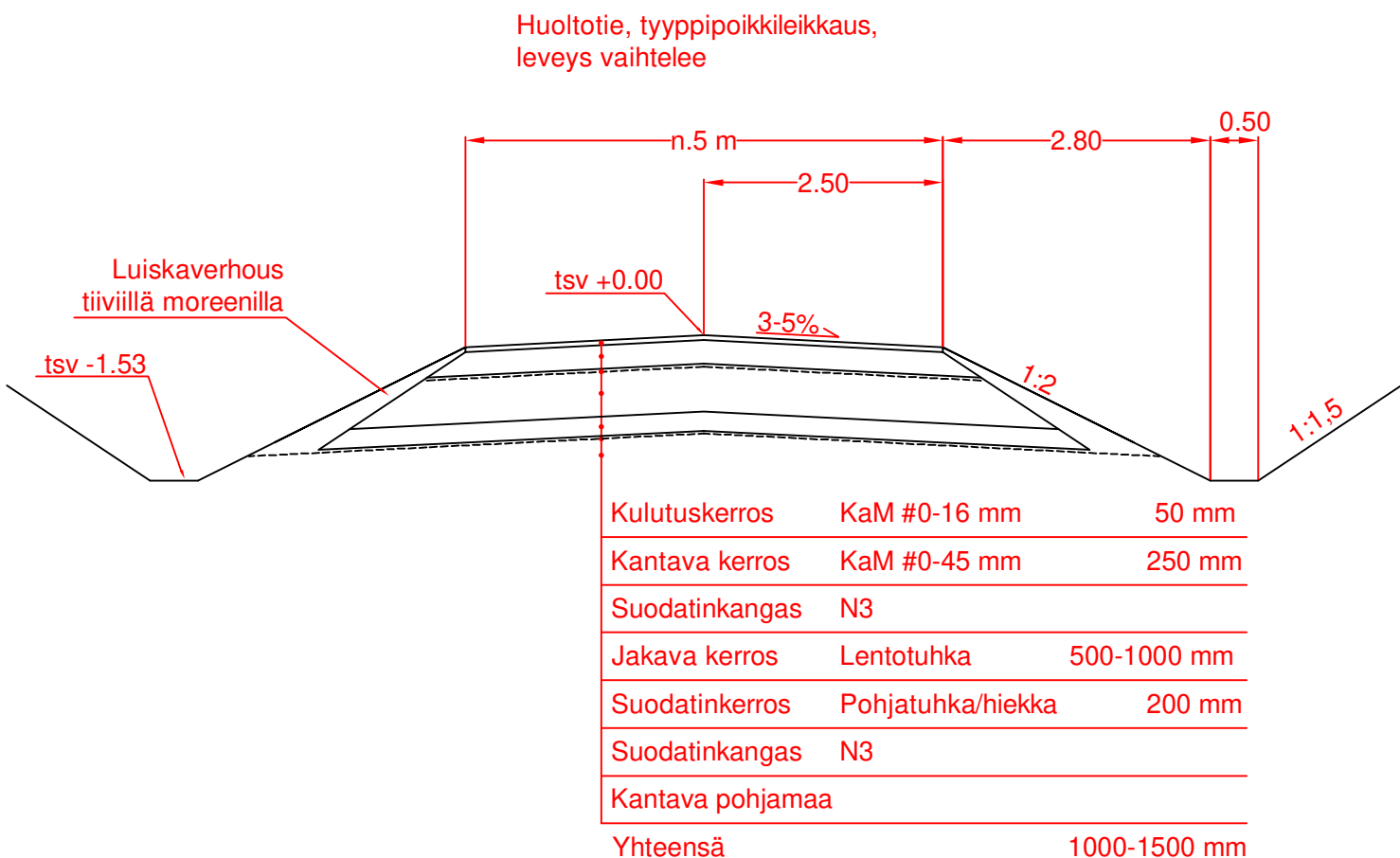
Liite 5

Asemapiirros

\\RFIOULDS01\DATA1\VESI_JA_YMPARISTO\PROJEKTIT\NAPAPIIRIN ENERGIA JA VESI OY\1510085921\MUSTIKKAMAA\SUUNNITELMAT\SUUNNITELMAKARTTA.DWG_1510085921-1

Liite 6

Huoltotien tyyppipoikkileikkaus



Liite 7

Mustikkamaan polttoaineterminaalin vesien tarkkailupisteet

- Pohjavesitarkkailupiste
- Pintavesitarkkailupiste

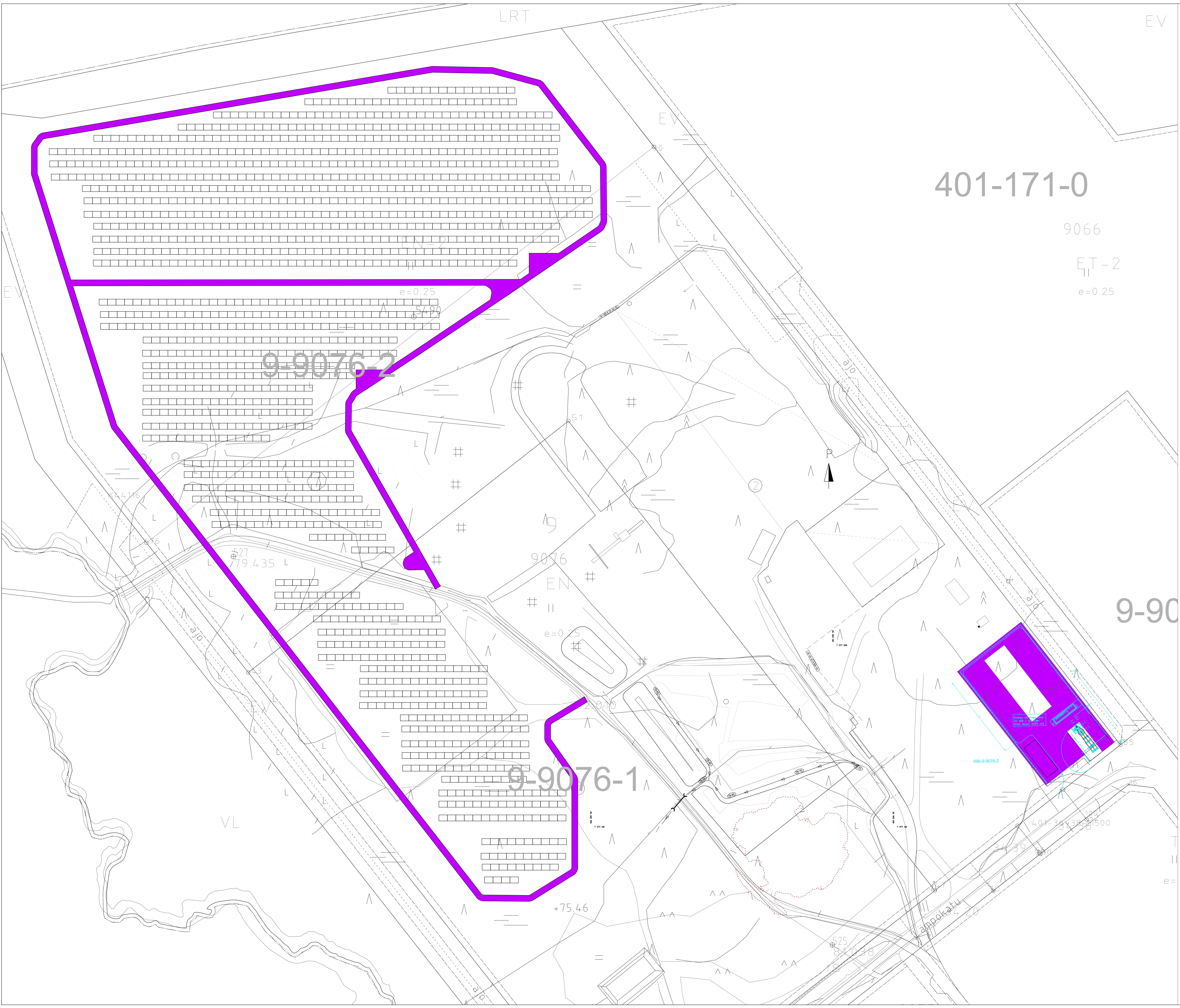
VARASTOINTIKENTTIEN TOIMINNOT JA VARASTOITAVAT MATERIAALIT	
A0	PUUPOLTTOINEET, HAKE JA MURSKE
A1	PUUPOLTTOINEET, HAKE JA MURSKE POHJATUHKA JA PETIHIEKKA RAKEISTETTU TUHKA (KIVIHILLI)
A2/A3	POHJATUHKA,PETIHIEKKA RAKEISTETTU TUHKA (KIVIHILLI)
A3	LAPIN AMMATTIOPISTOLLE VUOKRATTAVA ALUE. PUUN,HAKKEEN,MURSKKEEN,TUHKAN VARASTOINTI. MUU OPETUSTOIMINTA, PARKKIPAIKKA
L1	MAA-AINES/LEIKKAUSMAAT MUSTIKKAMAAN TERMINAALIALUEELTA

- TULEVA TIE (ASFALTTI PÄÄLLYSTE)
- ASFALTOITU ALUE
- TULEVA ASFALTOITU ALUE
- VARAUS VARASTOINTI
- NYKYINEN TIE (SORAPINTAINEN)



D	LISÄTTY LAON VUOKRA-ALUE TIETOJA	LV	8.4.2014
C	LISÄTTY TIETOJA	LV	7.4.2014
B	PÄIVITETTY	LV	25.3.2014
A	PÄIVITETTY A1 VARASTOINTIKENTÄN PINTA-ALA	LV	20.11.2013
TUNNUS MUUTOS		NMM	PVM

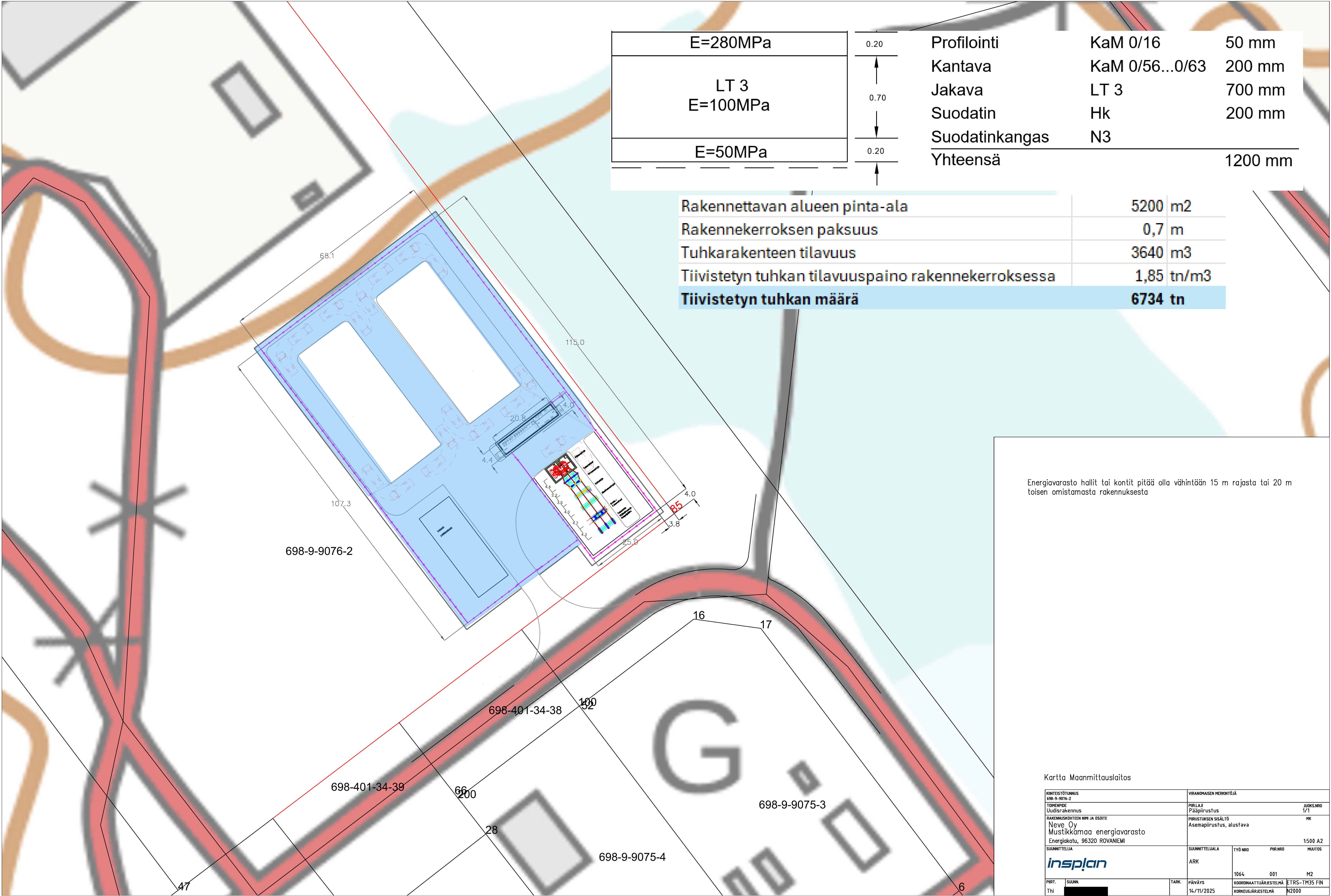
K.Osasto	KORTTELIN NIMI	TONTTIEN N	VIIRANOMAISTEN ARKISTOIMENTITÄÄ VARTEN	
RAKENNUSKORTTELIN NIMI JA OSOITE	PÄÄPIIRUSTUS			JUOKSE N
RAKENNUSKORTTELIN NIMI JA OSOITE	PÄÄPIIRUSTUS			
MUSTIKKAMAAN TERMINAALIALUEHAKETUSASEMA	HAKETUS- JA LÄJITYSALUEEN ASEMOINTI			1:1000
PÄÄVÄYTSÄ ALUEHAKETUS	ROVANIEMI	6.11.2013	LAUSUNNITTELUALUEEN HAKETUS N O	MUUTOS
			ARK 1402-02	D



KARTTASELITTEET:

Tuhkan hyötykäytön alueet maanrakentamisessa.

KÄYTTÖALUE		KÄYTTÖALUE	
9		2	
9076		9076	
BESS asema ja aurinkopuisto		BESS asema ja aurinkopuisto	
UUDISRAKENNUS		LIITEKARTTA	
Neve Oy		Asemapiirustus	
BeMu hanke sekä aurinkopuisto		1:1000	
Lämpökatu 2			
96300 Rovaniemi			
SWECO FINLAND OY		ARK	
SUUNNITTELU- JA SUUNNITTELUKESKUS		SUUNNITTELUKESKUS	
14.1.2026		25022760	



E=280MPa	0.20	Profilointi	KaM 0/16	50 mm
LT 3	↑	Kantava	KaM 0/56...0/63	200 mm
E=100MPa	0.70	Jakava	LT 3	700 mm
	↓	Suodatin	Hk	200 mm
E=50MPa	0.20	Suodatinkangas	N3	
	↑	Yhteensä		1200 mm

Rakennettavan alueen pinta-ala	5200	m2
Rakennekerroksen paksuus	0,7	m
Tuhkarakenteen tilavuus	3640	m3
Tiivistetyn tuhkan tilavuuspaino rakennekerroksessa	1,85	tn/m3
Tiivistetyn tuhkan määrä	6734	tn

Energiavarasto hallit tai kontit pitää olla vähintään 15 m rajasta tai 20 m toisen omistamasta rakennuksesta

Kartta Maanmittauslaitos

KINTEISTÖTUNNUS 698-9-9076-2		VIRANOMAISEN MERKINTÖJÄ			
TOIMENPIDE Uudisrakennus		PIIRILAJI Pääpiirustus		JUOKSNRO 1/1	
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE Neve Oy Mustikkamaa energiavarasto Energiakatu, 96320 ROVANIEMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Asemapiirustus, alustava		MK	
SUUNNITTELIJA insplan		SUUNNITTELUALA ARK		TYÖNRO 1064	
PIIRIT. Thi		SUUNN. [REDACTED]		TARK. PÄIVÄYS 14/11/2025	
				PIIRINRO 001	
				MUTOS M2	
				KORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-TM35 FIN	
				KORKEUSJÄRJESTELMÄ NZ000	