

Suomen Eritysjäte Oy

**Kloridin ympäristövaikutukset kuonajätteen
hyötykäyttökohteessa -
VATAVANTIE, JOKIOINEN**

1.2.2024



SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO.....	3
1. RAKENNUSKOHDE.....	3
1.1 Ympäristö- ja vesistöolosuhteet	3
1.2 Rakennuskohteen kuivatuksen järjestäminen	3
2. KLOORIDIN LIUKENEMINEN JA HAITALLISET VAIKUTUKSET VESISTÖSSÄ.....	4
3. TEOREETTINEN KLOORIDIPITOISUUDEN NOUSU VESISTÖSSÄ.....	4
3.1 Vesitaseen mukainen vuotuinen suotautuminen.....	5
3.2 Kuormituslaskenta tasapainotilaan perustuen.....	5
3.3 Kuormituslaskenta suotautumismalliin perustuen.....	6
3.4 Pitoisuudennousu kentän salaojavesien purkupisteessä ja Pellilänsuon laskentapisteessä	7
4. VIITEARVOVERTAILU	8

Liitteet

Valuma-aluekartta

Liite 1

JOHDANTO

Suomen Erityisjäte Oy:n toimeksiannosta on Aluetaito Oy laatinut riskinarvion kloridin ympäristövaikutuksista jätteenpolton kuonan hyödyntämiskohteessa Vatavaniellä Jokoisten kunnassa. Kuonaa on tarkoitus hyödyntää Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n lajittelukeskuksen piha-alueen kenttärakenteessa jakavassa kerroksessa.

Kohteessa käytettävien kuonajakeiden tutkituista liukoisuuksista kloridi ylittää valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (ns. mara-asetuksen, Vna 843/2017) mukaisen raja-arvon päällystetyille kenttärakenteelle. Kloridin suurin sallittu liukoisuus (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) on mara-asetuksen taulukon 1. mukaisesti 2400 mg/kg. Kenttärakenteessa käytettävän kuonan suurin kloridipitoisuus on 8500 mg/kg.

1. RAKENNUSKOHDE

1.1 Ympäristö- ja vesistöolosuhteet

Rakennuskohde sijaitsee teollisuusalueella. Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat yli 500 m etäisyydellä Forssantien pohjoispuolella ja valtatie länsipuolella. Etelässä 500 m etäisyydellä sijaitseva Pellilänsuon alue on Kanta-Hämeen maakuntakaavassa luonnonsuojelualue ja linnustoltaan arvokas alue.

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) VALUE-valuma-alueen rajaustyökälun avulla määritettyjen valuma-alueiden mukaan Pellilänsuon länsipuoli laskee lännessä Jokioisten suunnassa virtaavaan ojaan ja edelleen Loimijokeen. Pellilänsuon itäinen puoli laskee puolestaan Kuhalanojaan Forssan suunnassa ja edelleen Loimijokeen.

Lähin pohjavesialue on pohjoisessa 2,7 km päässä sijaitseva Särkilammen pohjavesialue (0416954B). Hyötykäyttökohteen pohjamaa on Geologian tutkimuskeskuksen Maankamara -maaperäkartan mukaan hiekkamoreenia.

1.2 Rakennuskohteen kuivatuksen järjestäminen

Rakennettavan kentän kuivatus on suunniteltu toteutettavaksi pintavesien ohjauksella, sadevesikaivoilla ja salaojin. Pintavaluntana kentän ympärysojiin virtaava sadevesi viivytetään kentän itäpuolelle suunnitellussa hulevesialtaassa. Salaojavesi ja sadevesikaivoihin valuvat pintavedet ohjataan Liitteessä 1 merkittyyn salaojien purkupisteeseen, josta vedet ohjataan avo-ojilla kaavan mukaiselle hulevesien käsittelyalueelle (EV). Kaavaselostuksen mukaan hulevesien käsittelyalueelta hulevedet johdetaan kevyen liikenteen väylän alitse Pellilänsuolle.

Alue muodostaa ympäristöään korkeamman kohdan ja suunnitellun kenttäalueen pintaa korotetaan paikoin reilusti. Pohjakuonaa hyödynnetään kentän jakavassa kerroksessa 0,5 m paksuisessa kerroksessa. Jakavan kerroksen pohjan korkeustaso hyödyntämisalueella on alimmillaan +111.21 (N2000) kentän pinnan ollessa tällöin tasolla +112.00. Kentän itäpuolelle suunnitellun luiskan alareunan korkeustaso on

+109.00, josta etäisyyttä kuonarakenteen alapintaan on 2,21 m. Pohjavedenpinnan pysyessä kuivatustason +109.00 alapuolella voidaan todeta, että kuonarakenteen suojaetäisyyttä pohjavedenpintaan on riittävästi.

2. KLORIDIN LIUKENEMINEN JA HAITALLISET VAIKUTUKSET VESISTÖSSÄ

Yhdisteiden liukoisuusikäytymiseen vaikuttaa kenttäolosuhteissa monet tekijät. Kloridi on vesiliukoinen yhdiste ja liukenee helposti, mikäli materiaali pääsee huuhtoutumaan vedellä. Kenttärakenteessa liukenemiseen vaikuttaa merkittävästi se, miten tehokkaasti kuivatus on toteutettu. Asfalttipäällystetty kenttä riittävällä pinnankaltevuudella johdattaa sadevedet nopeasti kenttää ympäröiviin ojiin ja sadevesikaivoihin. Asfalttipäällysteen läpi imeytyy vettä hyvin vähäisiä määriä ja rakenne pysyy kuivana. Lisäksi kuonarakenteen alapuolinen riittävä salaojitus kerää suotautuvan veden rakenteesta tehokkaasti sadevesiviemäriin ja estää veden nousemisen maassa salaojituksen yläpuolelle. Voidaan arvioida, että näillä kuivatusrakenteilla vesi ei pääse viipymään kuonarakenteessa, eikä rakenne myöskään kovin merkittävästi pääse huuhtoutumaan vedellä. Liukenevan kloridin määrä on myös käytettävässä materiaalissa rajallinen ja hyötykäytettävän kuonan kloridipitoisuus alittaa päällystetylle väylälle asetetun raja-arvon 11 000 mg/kg.

Kloridin haitallisia ympäristövaikutuksia ovat korroosiovaikutukset (pitoisuuden ylittäessä 25 mg/l) ja veden suolapitoisuuden lisääntyminen, mikä voi suurilla pitoisuuksilla vaikuttaa haitallisesti makean veden eliöiden suolapitoisuuden säätelyyn. Kloridia esiintyy vesissä luonnollisestikin, mutta kloridipitoisuuden nousu ympäristössä aiheutuu yleensä maanteiden suolauksesta, merivesien vaikutuksesta sekä jätevesien vaikutuksesta. Kloridin liikkuvuus maaperässä on korkea ja pitoisuus vesistöissä laimenee nopeasti, kun etäisyys kuonan hyötykäyttökohteesta kasvaa. Kloridin haittavaikutusten voidaan arvioida olevan rakennuskohteen ympäristössä vähäisiä.

Asfaltoitavalla alueella, jonka rakenteessa kuonaa hyödynnetään, liikkuu ajoneuvoja ja alueella toimii myös lajittelukeskuksen ulkokeräysalue. Alueella vastaanotetaan haravointijätettä, risuja, purkukiveä ja puuta. Alueen käyttö ei lisää kloridin haitallisia vaikutuksia tai lisää riskiä haitallisille yhteisvaikutuksille.

3. TEOREETTINEN KLORIDIPITOISUUDEN NOUSU VESISTÖSSÄ

Kloridia liukenee kenttärakenteen kuonamateriaalista huokosveteen, kun materiaalin läpi suotautuu vettä. Kulkeutumisen arvioinnissa tarkastellaan kulkeutumismekanismeista advektiota, eli liuenneiden tai suspendoituneiden aineiden liikkumista veden mukana. Kulkeutuvien aineiden määrään ja kulkeutumisnopeuteen vaikuttaa liikkuvan veden kokonaismäärä ja virtausnopeus. Advektiota säätelee sademäärä. Haitta-aineiden kulkeutuminen advektiolla on sitä voimakkaampaa, mitä suurempi on maa-aineksen sisältämän veden määrä ja virtausnopeus.

Painovoiman vaikutuksesta maa-aineksessa liikkuvaa vettä kutsutaan vapaasti liikkuvaksi vedeksi. Se tarkoittaa maa-aineksessa kenttäkapasiteetin vesipitoisuuden ja

kyllästettyä tilaa vastaavan vesipitoisuuden välistä eroa. Teoriassa materiaaliin imeytynyt vesi kulkeutuu painovoiman vaikutuksesta rakenteen läpi, kun rakennemateriaalin kenttäkapasiteetti on ylittynyt. Todellisuudessa vesi voi kuitenkin muodostaa rakenteeseen kanavia, joita pitkin se hakeutuu virtaamaan tehokkaammin. Tällöin myös pitoisuudet ovat pienempiä, kuin laskennallisen liukenemisen mukaiset pitoisuudet.

Kenttärakenteen materiaalit sitovat jonkin verran kosteutta. Kuonamateriaalin 0-2 mm vedenimeytymiskyvyksi on mitattu 10,95 % ja 0-32 mm materiaalille vastaava luku on 4,57 % (Söderholm 2020), mikä tarkoittaa, että vettä imeytyy kuonamateriaaliin 82-187 l/m³. Haihdunnan seurauksena imeytynyt vesi vähitellen poistuu rakenteesta. Suotautumiseen vaikuttaa myös materiaalin lähtökosteus, jolloin rakentamisaikana suotautuminen voi olla merkittävämpää.

3.1 Vesitaseen mukainen vuotuinen suotautuminen

Suotautuvan veden määrä voidaan karkeasti laskea 1 m² alueelta vesitaseyhtälöstä, kun 0,5 m paksuisen jakavan kerroksen vesivarasto $\Delta S = 41-93$ l, vuotuinen sadanta $P = 600$ mm, pintavaluma asfalttipinnalla 90 % sadannasta ja haihdunnaksi oletetaan puolet asfaltin läpi imeytyvän veden määrästä:

$$P = E + Q \pm \Delta S,$$

missä

- P = sadanta
- E = haihdunta
- Q = valunta
- ΔS = vesivaraston muutos

$$Q_2 = P - E - Q_1 \pm \Delta S = 600 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 540 \text{ mm} \pm \Delta S = 30 \text{ mm} \pm \Delta S$$

30 mm vesimäärä 1 m² kokoisella alueella tarkoittaa 30 l vettä. Kun vesivaraston suuruus samankokoisella alueella on $\Delta S = 41-93$ l, vettä ei vesitaseen mukaan suotaudu lainkaan, vaan kuonan varastokapasiteetti riittää pidättämään rakenteeseen imeytyvän sadeveden.

3.2 Kuormituslaskenta tasapainotilaan perustuen

Kloridin pitoisuus huokosvedessä tasapainotilassa voidaan laskea kaavalla 1 (Ympäristöministeriö 2007):

$$C_w = C_s / \left(K_d + \frac{\theta_w + \theta_a H}{\rho} \right),$$

missä C_s = pitoisuus maaperässä [mg/kg]
 K_d = maa-vesi -jakaantumiskerroin [l/kg]
 θ_w = veden täyttämien huokosten osuus

θ_a = ilman täyttämien huokosten osuus
 H = Henryn lain vakio
 ρ = maa-aineksen tiheys [kg/l].

Käytetään kuonamateriaalin huokoisuutena arvoa 0,4. Kuonamateriaali on huokoinen materiaali, mutta rakenteen huokoisuudesta valmiissa rakenteessa ei ole saatavilla tarkkaa tietoa. Optimivesipitoisuudessa veden täyttämien huokosten osuus kuonakerroksessa $\theta_w = 0,27$ ja $\theta_a = 0,13$. Aineen haihtumista ilmaan ei tarkastella, jolloin Henryn lain vakio = 0. Kloridin K_d -arvoon vaikuttaa suuresti maa-ainestyyppi. Maa-aineksen ollessa kivennäismaalajia K_d on n. 0,06-1,4 l/kg.

$$C_w = 8500 \text{ mg/kg} / \left(1,4 \frac{1}{\text{kg}} + \frac{0,27 + 0,13 \cdot 0}{1,9 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} \right) = 5512 \text{ mg/l}$$

Kun laskennassa ei huomioida ollenkaan vesivaraston vaikutusta ja oletetaan, että vettä suotautuu vesitaseen mukaan rakenteen läpi 30 l/m²/a (5 % vuosisadannasta), 1,52 ha suuruiselta asfalttialueelta vettä suotautuu 454,86 m³/a. Kloridin maksimimäärä salaojaputkiin kertyvässä vedessä olisi tällöin:

$$5512 \text{ mg/l} \cdot 454 \text{ 860 l/a} = 2507 \text{ kg/a.}$$

3.3 Kuormituslaskenta suotautumismalliin perustuen

Valmiiden kenttärakenteiden läpi suotautuvan veden kloridipitoisuutta voidaan laskea myös perustuen tanskalaiseen suotautumismalliin (Wahlström et al. 1999). Kenttärakenteissa käytettävistä jätemateriaaleista vapautuvien haitta-aineiden määräi vuosittain pitkällä aikavälillä on arvioitu ”johtamalla” L/S=10 -suhteessa tehtävien liukoisuustestien uuttosuhdetta vastaava vesimäärä rakenteen läpi. Liukoisuussuhdetta L/S=10 käytetään, koska se on yleisesti käytetty jätemateriaaleista tehtävissä liukoisuustesteissä. Liukoisuustestausta vastaavan L/S=10 -suhteen saavuttamiseen kuluvaa aikaa voidaan karkeasti arvioida tanskalaisella suotautumismallilla, kaava 2:

$$t = t_0 + \frac{(1000 \cdot L/S \cdot \rho \cdot H)}{l}$$

missä

t = aika tietyn L/S-suhteen saavuttamiseksi [a]

t₀ = rakenteen perustamisen ja ensimmäisen suotoveden esiintymisen välinen aika [a] = 0

H = materiaalikerroksen paksuus [m] = 0,5 m

ρ = materiaalin kuivatitiheys valmiissa rakenteessa [t/m³] = keskimäärin 1,9 t/m³

L/S = veden ja materiaalin välien suhde [m³/t] = 10 m³/t

l = rakenteesta suotautuva vesimäärä vuodessa [mm/a] = 30 mm/a

Olettamalla asfaltoitujen kenttärakenteiden läpi kulkeutuvan veden määrän olevan 30 mm/a (5 % vuosisadannasta) ja jätemateriaaleista rakennettavan rakenteen paksuuden olevan 0,5 m, aika L/S=10 suhteen saavuttamiseksi valmiissa kenttärakenteessa on:

$$t = 0 + (1000 \cdot 10 \cdot 1,9 \text{ t/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m}) / 30 \text{ mm/a} = 317 \text{ vuotta}$$

Kun oletetaan L/S-10 -suhteella saavutettavan kloridimäärän liukenevan materiaalista 283 vuoden ajan, rakenteesta maksimissaan vuosittain liukeneva kloridimäärä on:

$$8500 \text{ mg/kg} / 317 \text{ a} = 27 \text{ mg/kg/a}$$

Kuonan hyödyntämismäärä kohteessa on:

$$7581 \text{ m}^3\text{-rtr} \cdot 1,9 \text{ t/m}^3 = 14\,403,9 \text{ t} = 14\,403\,900 \text{ kg},$$

jolloin suurimmalla haetulla kuonan kloridipitoisuudella laskettuna vuosittainen pitoisuuslisäys: $14\,403\,900 \text{ kg} \cdot 27 \text{ mg/kg/a} = 386\,631\,000 \text{ mg/a} = 386 \text{ kg/a}$

3.4 Pitoisuuden nousu kentän salaojavesien purkupisteessä ja Pellilänsuon laskentapisteessä

Kloridia liukenee kuonarakenteen läpi suotautuvaan veteen. Veden suotautuminen rakenteen läpi on todennäköisesti hyvin vähäistä. Kohtien 3.2 ja 3.3 kuormituslaskennan perusteella voidaan kuitenkin laskea teoreettinen pitoisuuden nousu salaojien purkukohtassa, sekä kuonan hyödyntämisalueen alapuolisessa vesistössä, n. 500 m etäisyydellä sijaitsevassa Pellilänsuon tarkastelupisteessä.

Rakennettavan jätteen käsittelyalueen kokonaispinta-ala on 3,96 ha. Asfaltoidun kenttäosuuden pinta-ala on 1,52 ha ja tälle alueelle haetaan lupaa käyttää kuonamateriaalia, jonka kloridipitoisuus on maksimissaan 8500 mg/kg. Arvioitu kentän hulevesien muodostuminen koko kentän alueelta ja johdettuna ympärysojaan:

$$39\,600 \text{ m}^2 \cdot 600 \text{ mm/a} = 23\,760 \text{ m}^3/\text{a}$$

Kentän alueelta muodostuvan huleveden teoreettinen keskimääräinen kloridipitoisuus kohdassa 3.2 esitetyn kuormituslaskennan mukaisesti:

$$2\,507\,188\,320 \text{ mg/a} / 23\,760\,000 \text{ l/a} = 105,5 \text{ mg/l}$$

Kentän alueelta muodostuvan huleveden teoreettinen keskimääräinen kloridipitoisuus kohdassa 3.3 esitetyn kuormituslaskennan mukaisesti:

$$386\,224\,448 \text{ mg/a} / 23\,760\,000 \text{ l/a} = 16,26 \text{ mg/l}$$

Pellilänsuon läntisen puolen valuma-alueen koko on Liitteen 1 karttakuvan mukaisella alueella n. 122,12 ha. Valuma-alueelta tuleva pintavalunta on n. 512 904 m³/a, kun vuosisadanta on noin 600 mm, haihdunnan oletetaan olevan keskimäärin noin 30 % (suurin osa valuma-alueesta metsäisiä ja soisia alueita, pieni osa taajamaa) ja lopun sadannasta oletetaan muodostuvan pintavalunnaksi.

Pellilänsuolla sijaitsevan tarkastelupisteen valuma-alueelta muodostuvaan vesimäärään (512 904 m³/a) aiheutuu kenttärakenteesta teoreettinen keskimääräinen kloridin pitoisuuslisäys kohdan 3.2 kuormituslaskennan perusteella:

$$23\,760\,000\text{ l} / 512\,904\,000\text{ l} \cdot 105,5\text{ mg/l} = 4,88\text{ mg/l}$$

ja kohdan 3.3 kuormituslaskennan perusteella:

$$23\,760\,000\text{ l} / 512\,904\,000\text{ l} \cdot 16,26\text{ mg/l} = 0,75\text{ mg/l}$$

4. VIITEARVOVERTAILU

Kloridin osalta viitearvona käytetään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa STM 1352/2015 sille talousvedessä määritettyä viitearvoa, koska ekologisia viitearvoja ei ole saatavissa esim. ECHA-rekisterissä eikä sille ole määritetty ympäristölaatunormia.

Suurin teoreettinen keskipitoisuuslisäys kentän hulevesien purkupaikalla	Suurin teoreettinen keskipitoisuuslisäys Pellilänsuolla	STM 1352/2015 talousveden raja-arvo
105,5 mg/l *	4,88 mg/l *	250 mg/l
16,26 mg/l **	0,75 mg/l **	

* tasapainotilaan perustuva laskentamenetelmä

** taskalaiseen suotautumismalliin perustuva laskentamenetelmä

Kentässä hyödynnettävän jätteenpolton kuonan ei katsota nostavan alueen pintavesin kloridipitoisuuksia merkittävästi. Rakentamisen aikana saatetaan todeta hetkellisesti korkeampia pitoisuuksia, ennen kuin kenttärakenne on päällystetty, riippuen sääolosuhteista. Rakennuskohteen välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta, eikä muita häiriintyviä kohteita. Kuormituksen ei katsota olevan merkittävä riski, koska kenttärakenne pidättää vettä, suotautuminen on hyvin vähäistä ja kloridipitoisen veden suotautuminen vesistöön tapahtuu hitaasti.

Aluetaito Oy

Paula Lehtiniemi

██████████
██████████
██████████
██████████████████

Lähteet:

Ilmatieteenlaitos

Söderholm (2020) Jätteenpolton pohjakuona tierakenteessa

Sheppard et al. (2009) Solid/liquid partition coefficients (Kd) for selected soils and sediments at Forsmark and Laxemar-Simpevarp

Suomen Erityisjäte Oy (2018) Jätteenpolton pohjakuona. Ohje materiaalin hyödyntämiseen maarakentamisessa

Ympäristöministeriö (2007) Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007

Wahlström et al. (2009) Maarakentamisessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden riskinarviointi. VTT