

Vastaanottaja
Helsingin kaupungin rakennusvirasto

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
28.5.2015

LUMENSULATUSLAITTEEN KOKEILUN SEURANTA HELSINGISSÄ



Päivämäärä 28.5.2015
Laatija Riina Känkänen, Jyrki Paavilainen, Eerik Järvinen, Jari
Hosiokangas, Paula Jäntti
Tarkastaja Kaisa Komulainen

TIIVISTELMÄ

Helsingin kaupungin rakennusvirasto kokeili helmikuussa 2015 lumensulatuslaitetta kahdessa eri testipaikassa Helsingissä. Kokeilun tavoitteena oli nostaa esille mahdollisuudet ja menetelmät lumen sulattamiseksi sekä selvittää, voisiko lumen koneellinen sulatus korvata ainakin osaksi lumen ajon vastaanottopaikoille. Lumensulatuskokeilu toteutettiin Trecan 80-PD -sulatuskoneella, joka oli saatavilla kokeilutarkoitukseen täksi talveksi. Kokeilun aikana mitattiin laitteen todellinen kapasiteetti, polttoaineen kulutus sekä sulatetun lumen määrä. Lisäksi mitattiin sulatuksen aiheuttama melu ja päästöt. Laitteesta poistuvan sulamisveden koostumus analysoitiin laboratoriossa. Vaikutusten arvioinnissa palvelua verrattiin lumen ajoon 10 kilometrin päässä sijaitsevalle lumenvastaanottopaikalle.

Kokeilun perusteella lumen sulatus siirrettävällä Trecan 80-PD laitteella on verrattavissa normaaliin kaupungin katualueilla tapahtuvaan talvihoitotyöhön. Sulatus ei aiheuta toiminnallisuuden, turvallisuuden tai melun osalta talvihoidosta poikkeavia vaikutuksia kaupunkiympäristöön. Lumen sulattaminen välivarastopaikassa vähentää raskasta ajoneuvoliikennettä kaupunkialueella. Hiukkaspitoisuudet ja liikenteen pakokaasupäästöt kaupunki-ilmassa vähenevät, mikä voi parantaa paikallista ilmanlaatua. Sulatustoimintaan liittyviä maankäytöllisiä erityiskysymyksiä ovat, kuinka sulamisvedet johdetaan viemäriin tai ajo-ojaan, ja missä lunta voidaan välivarastoida.

Lumensulatuspalvelun kustannukset laskettiin kokeilun kustannuksista. Laitteen teoreettisen sulatuskapasiteetin perustella sulatus on lumen ajoa edullisempaa: välivarastopaikkaan kasatun lumen ajo vastaanottopaikkaan on lähes 30 % kalliimpaa kuin lumikasan sulattaminen paikan päällä. Kokeilussa mitattu laitteen sulatuskapasiteetti oli kuitenkin noin kolmanneksen pienempi kuin laitteen ilmoitettu teoreettinen kapasiteetti. Kokeilussa mitatun laitteen sulatuskapasiteetin perusteella lumen sulatus ja lumen ajo vastaanottopaikkaan ovat vuosikustannuksiltaan samansuuruiset.

Merkittävin yksittäinen ero lumen sulatuksen ja lumenajon välillä on kasvihuonekaasupäästöissä: sulatuksen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 2,5-kertaa suuremmat kuin lumenajon päästöt. Mikäli koneen polttoaine vaihdettaisiin maakaasuun tai biokaasuun, vähenisivät päästöt huomattavasti.

Ajomatka vaikuttaa arvioituihin kustannuksiin ja päästöihin. Mikäli lunta jouduttaisiin runsaslumisina talvina ajamaan Kehä III:n ulkopuolelle (edestakainen matka 50 km), lumenajon vuosittaiset kustannukset olisivat lumensulatusta 2,5-kertaa suuremmat laitteen teoreettisella sulatuskapasiteetilla laskettuna ja 1,6-kertaa suuremmat laitteen mitatulla kapasiteetilla laskettuna.

Lumen sulatusta suunniteltaessa ja kilpailutettaessa tulee ottaa huomioon, että sulatustoimintaan tarvitaan lumen välivarastopaikka, johon lunta voidaan kasata. Lumikasan viereen tulee olla mahdollista sijoittaa sulatuslaite ja varata riittävä, noin 120 m²:n suuruinen tila sulautustointaa ja työskentelyä varten. Laite tulee sijoittaa niin, että lumen sulamisvedet voidaan johtaa suoraan lähistöllä olevaan viemäriin tai avo-ojaan. Lumen sulamisvesien johtamisessa viemäriin tulee noudattaa HSY:n ohjeistusta.

Sulatuspalvelun tarjoajan soveltuvuusvaatimuksissa on hyvä edellyttää palvelun henkilöstön koulutusta ja käytännön kokemusta kadulla työskentelystä. Mitä sujuvammin palvelun toteutukseen osallistuva henkilöstö toimii sulatuksen aikana, sitä suurempi kuormamäärä saadaan tietyssä ajassa sulatettua ja sulatuksen kustannustehokkuus paranee.

SUMMARY

February 2015, the Public Works Department of the City of Helsinki tested a snow-melting machine on two different testing sites in Helsinki. The goal of the experiment was to identify the possibilities and methods of snow melting and to examine if snow melting could at least partly replace the transportation of snow to dump sites. The experiment was carried out by using the Trecan 80-PD melting machine, which was available for testing purposes this winter. During the experiment, the actual capacity of the machine, fuel consumption and the amount of snow melted was measured. Added to this, the noise level and emissions caused by melting were measured. The composition of melt water exiting the machine was analyzed in a laboratory. In the impact assessment the service was compared to the snow transportation (10 kilometers) to dump sites.

According to the experiment, snow melting by using the transportable Trecan 80-PD machine is comparable to the normal winter maintenance work carried out in the streets. Melting does not cause functional, safety nor noise impacts on the urban environment that deviate from the normal winter maintenance. Snow melting in a temporary storage site reduces heavy-duty traffic in the urban area. Particle levels and traffic emissions in the urban air decrease, which may improve air quality locally. From the land use point of view, special questions regarding the snow melting process are, how the melting water is conveyed to a sewer or a ditch and in which locations snow can be intermediately stored.

In this study the total cost of melting service was calculated according to the cost of the experiment. On the basis of theoretical melting capacity of the machine, melting is more economic than snow transportation: transporting snow piled to an intermediate storage is nearly 30 % more expensive than melting snow on the spot. However, the melting capacity measured during the experiment was about one third smaller than the theoretical capacity of the machine. According to the melting capacity of the machine measured in the experiment, the yearly costs of melting snow and transporting it to a dump site were equal in size.

One of the most significant difference between snow melting and transporting snow was on greenhouse gas emissions: the greenhouse gas emissions of snow melting are about 2,5 times higher than the emissions caused by snow transportation. However, if the fuel used in the machine was changed to natural gas or biogas, the emissions would significantly reduce.

Snow transportation distance impacts on costs and emissions. If in snow-heavy winters the snow should be transported outside the Ring III road (round trip of 50 km), the total annual costs of transporting snow would be 2,5 times higher (calculated by the theoretical capacity of the machine) and 1,6 times higher (calculated by the actual measured capacity of the machine) than melting snow.

What has to be taken into account when planning the snow melting process and asking for bids is that the melting process requires temporary storage for snow piling. Next to the snow pile, there has to be enough room for locating a melting machine as well as a sufficient working and melting space of around 120 m². The machine has to be located in the way that the melting water can be conveyed directly to a nearby sewer or a ditch. When conveying the melting water to the sewer, HSY's (Helsinki Region Environmental Services Authority) instructions have to be followed.

The tender requirements regarding the snow-melting service should include that the personnel involved in the service are educated and they possess practical experience in working in the streets. The more smoothly the personnel involved in the implementation operate during the melting, the larger the number of loads can be melted in a certain time frame hence increasing the cost-efficiency of the whole melting process.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	LUMENSULATUSPALVELUN KUVAUS	2
2.1	Palvelun sisältö	2
2.2	Toimintaperiaate	2
2.3	Laitteen tekniset tiedot	3
2.4	Kokeilussa käytetyt turvallisuusmääräykset	3
2.5	Ympäristöasioiden hallinta kokeilun aikana	3
3.	LUMENSULATUSKOKEILUN SEURANNAN TOTEUTUS JA MENETELMÄT	4
3.1	Kokeilun kulku	4
3.2	Päästölaskenta	5
3.3	Melumittaus	6
3.4	Lumensulamisvesien analyysi	8
4.	SEURANNAN TULOKSET	9
4.1	Havainnot	9
4.1.1	Aistihavainnot	9
4.1.2	Sulatusprosessi ja työmaan toiminta	9
4.1.3	Liikkuminen, pysäköinti, huolto- ja pelastusajo sekä muut toiminnot testialueella	11
4.1.4	Roskaantumisen	12
4.1.5	Lumensulamisvesien johtaminen	13
4.2	Tekniset mittaukset	14
4.2.1	Päästömittaukset	14
4.2.2	Melumittaus	16
4.2.3	Sulatuskapasiteetti	18
4.2.4	Polttoaineen kulutus	19
4.3	Haastattelut	19
4.4	Lumensulamisvesien analyysi	19
4.5	Hiekoitushiekan analyysi	22
5.	VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	24
5.1	Arvioitavat vaihtoehdot ja menetelmät	24
5.2	Kustannukset	26
5.3	Kasvihuonekaasupäästöt	26
5.4	Muut vaikutukset	27
5.5	Seurannan ja arvioinnin epävarmuustekijät	30
6.	PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET	31
6.1	Päätelmät	31
6.2	Suosituksien sulatuspalvelun suunnitteluun ja hankintaan	32

LIITTEET

LIITE 1. Lumensulatuskokeilun seurantalomake

LIITE 2. Haastattelulomake

LIITE 3. Olympiastadionin pysäköintialueen melupäästökortti

LIITE 4. Riukutien ympäristömelumittauspöytäkirjat

LIITE 5. Lumen sulamisvesien kemiallisten analyysien tutkimustodistukset
1510017634–004/1 ja 1510017634–004 /2

Kansikuva: Ramboll

1. JOHDANTO

Lumensulatuslaitteen kokeilu liittyy kaupungin tavoitteeseen etsiä uusia ratkaisuja, joilla varaudutaan runsaslumisiiin talviin ja poikkeusolosuhteisiin. Runslumisina talvina lumenvastaanotto-paikkojen kapasiteetti ei ole riittänyt. Tiivistyvän maankäytön myötä osa nykyisistä vastaanotto-paikoista poistuu käytöstä.

Helsingin kaupungin rakennusvirasto kokeili helmikuussa 2015 lumensulatuslaitetta kahdessa eri testipaikassa Helsingissä. Kokeilun tavoitteena oli nostaa esille mahdollisuudet ja menetelmät lumen sulattamiseksi sekä selvittää, voisiko lumensulatus korvata osaltaan lumen ajon vastaan-ottopaikoille. Kokeilun tavoitteena oli lisäksi selvittää, miten lumensulatuslaite soveltuu kaupun-kiympäristöön, mitkä ovat palvelun kokonaiskustannukset ja minkälaisia vaikutuksia lumensula-tuksella on ympäristöön.

Lumensulatuskokeilu toteutettiin Treca 80-PD -sulatuskoneella, joka oli saatavilla kokeilutarkoi-tukseen täksi talveksi. Markkinoilla on saatavilla myös muita lumensulatuslaitteita, kuten Snow Dragon, ja uusia laitteita on kehitteillä. Kokeilu toteutettiin 12.–18.2.2015 välisenä aikana Taka-Töölössä Olympiastadionin pysäköintialueella ja Konalan Riukutiellä. Lumensulatuspalvelusta vas-tasi Lemminkäinen Infra Oy (jatkossa urakoitsija). Kokeilun seurannasta vastasi Ramboll Finland Oy.

Kokeilun aikana mitattiin laitteen todellinen kapasiteetti, polttoaineen kulutus sekä sulatetun lu-men määrä. Lisäksi mitattiin sulatuksen aiheuttama melu ja päästöt. Laitteesta poistuvan sula-misveden koostumus analysoitiin laboratoriossa. Vaikutusten arvioinnissa palvelua verrattiin lu-men ajoon lumenvastaanottopaikalle.

Työssä selvitettiin palvelun hyödyt, kokonaiskustannukset ja ympäristövaikutukset tilaajan, toi-mittajan ja yhteiskunnan näkökulmasta. Seurannan ja arvioinnin pohjalta annetaan suosituksia palvelun hankintaan ja toiminnan kehittämiseen rakennusvirastossa sekä ympäristövaikutusten vähentämiseen.

Työn ohjauksesta vastasi rakennusviraston ylläpitöinsinööri Kaisa Komulaisen johdolla ohjaus-ryhmä, johon kuuluivat ylläpitöinsinööri Anna Tienvieri, ylläpitöinsinööri Tommi Juntunen, ympä-ristöasiantuntija Annukka Eriksson ja toimistopäällikkö Pekka Isoniemi. Työn toteutuksesta vas-tasi Ramboll Finland Oy projektipäällikkönä Riina Känkänen ja asiantuntijoina Jyrki Paavilainen, Eerik Järvinen, Jari Hosiokangas, Veli-Matti Yli-Kätkä ja Paula Jäntti. Mittauksiin osallistui lisäksi muita konsultin henkilöitä.

2. LUMENSULATUSPALVELUN KUVAUS

2.1 Palvelun sisältö

Kokeilun aikana lumensulatuspalveluun sisältyi Trecan 80-PD -sulatuskoneen ja pyöräkuormaajan käyttö ja kuljetukset (tuonti kohteeseen, siirto uuteen kokeilupaikkaan ja poisvienti urakoitsijan varikolle). Lisäksi palveluun sisältyi eroteltujen hiekkojen ja roskien poiskuljetus kuorma-autolla, sulamisvesien johtaminen hulevesi/sekaviemäriin tai avo-ojaan sekä testialueen jälkien siivoaminen ja testialueen hiekoittaminen tarpeen mukaan. Erotellun hiekoitushiekan ja roskien jätemaksut sekä sulamisvesien mahdolliset puhdistusmaksut eivät sisällyneet palveluun.

2.2 Toimintaperiaate

Trecan 80-PD -sulatuskoneen tehtävänä on sulattaa lumi suoraan kohteessa. Ideana on, että sulatuksella vältetään lumen kuljettaminen lumenvastaanotto paikoille.

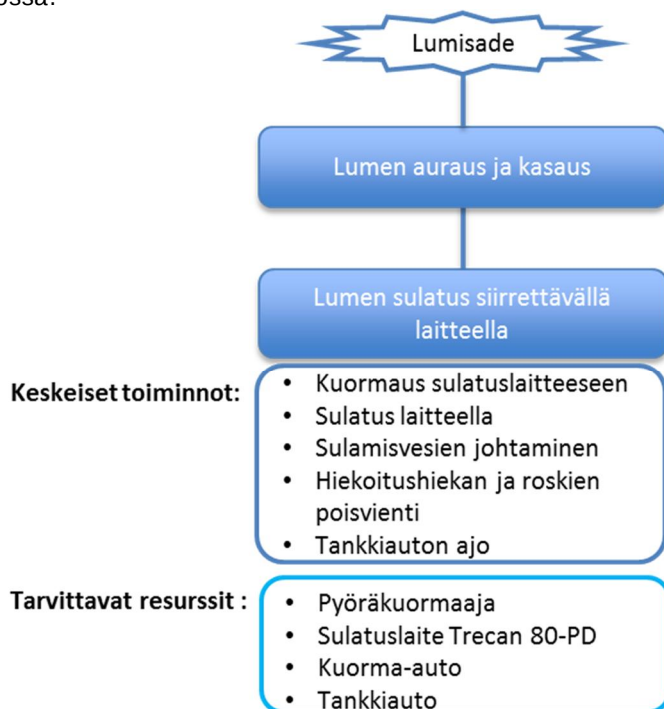
Sulatuskoneen lastauksessa käytetään pyöräkuormaajaa, joka nostaa paikalle kasatun lumen sulatuskoneen sulatus-/vesikaukaloon. Lumen sulattaminen tapahtuu dieselkäyttöisen turbiinin ja polttimen yhteisvaikutuksesta. Sulatusaltaan pohjalle ohjataan 1 800 °C tulen ja paineilman sekoitusta, joka sulattaa altaaseen kuormatun lumen ja sekoittaa altaassa olevaa vettä.

Lumen sulamisvesi lasketaan sulatuksessa suoraan lähistöllä olevaan viemäriin tai avo-ojaan. Sulamisvettä voidaan myös johtaa muutamia metrejä laitteeseen erikseen asennettavan vesienpoistoputken avulla.

Sulatuskone erottelee sulamisvedestä hiekoitushiekan ja roskat, jotta ne eivät päädy sulamisvesien mukana viemäriin tai ympäristöön. Eroteltu hiekka poistetaan laitteessa olevasta laatikosta luukun kautta. Eroteltu hiekoitushiekka on lähtökohtaisesti mahdollista pestä ja ohjata hyötykäyttöön esimerkiksi maatyttöihin ja maisemointiin.

Sulatuskoneen kuljettamiseen käytetään kuorma-autoa, traktorivetoista tai erillistä lavettikuljetusta. Koneen tarvitsema polttoöljy tuodaan sulatuspaikalle tankkiautolla.

Lumensulatusprosessin keskeiset toiminnot ja tarvittavat resurssit on esitetty seuraavassa kaaviossa.



2.3 Laitteen tekniset tiedot

Laittevalmistajan mukaan Trecan 80-PD -laitteella voidaan sulattaa lunta noin 150–300 m³ (n. 10–20 kuorma-autolavallista) tunnissa. Määrä riippuu kuormattavan lumen tiiveydestä. Suurin hyötysuhde saavutetaan, kun lumi sulatetaan mahdollisimman pian lumisateen ja kasauksen jälkeen. Trecan 80-PD -laitteen valmistajan ilmoittamat laitteen tekniset tiedot ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Trecan 80PB -laitteen valmistajan ilmoittamat laitteen tekniset tiedot

Sulatusteho	153–306 m ³ /h
Lumen paino	240–480 kg/m ³
Poltin	polttoöljy, diesel, kaasua
Diesel-moottori	140 hp (104,4 kW)
Tankki	2933 l
Vesi virtaama ulos	1 211 l / min, n. 3-7 °C
Hiekan erotus	laatikko tai ulossyöttö
Paino	tyhjä: 8,6 kg, polttoaine + vesi: 18,2 kg
Vetonopeus	tyhjä: 88 km/h, polttoaineella: 16 km/h, vedellä: 3 km/h
Mitat	pituus: 7,7 m, leveys: 2,6 m, korkeus: 3,8 m

2.4 Kokeilussa käytetyt turvallisuusmääräykset

Lumensulatuksen turvallisuuskysymykset liittyvät lähinnä liikenne- ja työturvallisuuteen. Kokeilun aikana urakoitsija huolehti työkohteen ja siirtymien turvallisuusasioista. Urakoitsija vastasi myös turvallisuuden kannalta tarpeellisesta työmaan johdosta ja eri osapuolten välisestä yhteistoiminnasta ja tiedonkulusta.

Lumen sulatuksessa käytettävät koneet ja laitteet oli varustettu tarvittavilla varoitus- ja suojalaitteilla ja valaisimilla. Kuljettajat ja koneenkäyttäjät noudattivat työssään palvelutoteuttajan antamia ohjeita sujuvuuden ja turvallisuuden takaamiseksi. Kaikilla kohteessa työskentelevillä henkilöillä tuli olla voimassa Työturvallisuus ja Tieturvallisuus 1 -kurssit suoritettuina. Tiellä ja työkohteessa työskenneltäessä käytettiin SFS-EN-471 luokan 2 mukaista varoitusvaatetusta (liikenteenohjaajat luokan 3 mukaista).

Kokeilussa mukana olleella laitteella oli TUKES:n erikoislupa, jolla konetta saadaan käyttää toistaiseksi vuoden 2015 loppuun saakka.

2.5 Ympäristöasioiden hallinta kokeilun aikana

Palvelun suorittamiseen liittyvät merkittävimmät ympäristönäkökohdat ovat polttoaineen kulu-duksesta aiheutuvat päästöt ilmaan, veteen ja maaperään sekä melu. Muita ympäristönäkökohtia ovat lumensulamaveden päästöt/pitoisuudet ja lumen seassa olevat roskat. Palvelun kokeilua varten tilaaja hankki ympäristö- ja muilta viranomaisilta tarvittavat luvat ja teki tarvittavat ilmoitukset. Kokeilun ympäristöasioiden hallinnassa noudatettiin urakoitsijan ympäristöohjeistusta.

Sulatuskoneessa ja muissa ajoneuvoissa käytettiin vähärikkistä polttoainetta. Öljyn, polttoaineiden ja muiden ympäristölle haitallisten aineiden pääsy maaperään ja vesistöihin estettiin teknisin keinoin. Vahinkotapausten varalta imeytysturvetta tai muuta öljyjen imeytykseen tarkoitettua materiaalia oli saatavilla. Suuremmissa vahinko- ja onnettomuustapauksissa turvaudutaan alueen palo- ja pelastustoimen apuun.

3. LUMENSULATUSKOKEILUN SEURANNAN TOTEUTUS JA MENETELMÄT

3.1 Kokeilun kulku

Lumensulatusta seurattiin:

- Olympiastadionin pysäköintialueella, Taka-Töölössä 12.–16.2.2015
- Riukutiellä, Konalassa 17.–18.2.2015

Nämä kokeilukohteet valittiin tilaajan toimesta, koska kohteissa oli riittävästi tilaa lumen varastointiin ja lumen sulamisvedet voitiin johtaa joko avo-ojaan tai viemäriin.



Kuva 1. Olympiastadionin P-alue Taka-Töölössä



Kuva 2. Riukutien käytöstä poistettu käänköpaikka Konalantien varressa

Kokeilun seurannalle laadittiin testaussuunnitelma. Seuranta jaettiin testaussuunnitelmassa a) kokeilun havainnointiin, b) teknisiin mittauksiin ja c) haastatteluihin.

Havainnot

Seurannan aikana havainnoitiin toiminnan sujuvuutta ja keskusteltiin sulatuksen työvaiheista ja niissä onnistumisesta urakoitsijan työmaahenkilökunnan kanssa. Havainnot kirjattiin seurantalomakkeelle (liite 1).

Aistinvaraisiin havaintoihin sisältyivät:

- Kuulohavainnot laitteen melusta
- Havainnot hajusta ja pakokaasujen määrästä

Toiminnan havainnoimiseen sisältyivät:

- Sulatusprosessi ja työmaan toiminta
- Liikkuminen, pysäköinti, huolto- ja pelastusajo sekä muut toiminnot testialueella
- Roskaantuminen
- Lumensulamisvesien johtaminen

Tekniset mittaukset

Teknisiin mittauksiin sisältyivät:

- Päästölaskenta (ks. luku 3.2.)
- Melumittaus (ks. luku 3.3)
- Roskien ja hiekan määrä (kpl, kg)
- Sulatuskapasiteetti (m^3/h)
- Polttoaineen kulutus (l)

Haastattelut

Haastatteluilla pyrittiin selvittämään kokeilupaikan lähiympäristön asukkaiden muiden käyttäjien mielipiteitä kokeilusta. Haastatteluja tehtiin Riukutien kohteessa lähialueen asukkaille 17.2.2015 kello 15–15.30 välisenä aikana, jonka lisäksi kirjattiin ylös Riukutiellä testausalueen läheisyydessä liikkuneiden henkilöiden vapaita kommentteja. Tätä mittavampia haastatteluja ei katsottu tarpeelliseksi tehdä kokeilun lyhyestä kestosta johtuen. Haastatteluja varten laadittiin lomake, johon kirjattiin muistiinpanot haastatteluista (liite 2).

3.2 Päästölaskenta

Päästölaskennan suoritti Ramboll Analyticsin päästömittausryhmä, joka on FINAS akkreditoima testauslaboratorio T039 (standardi SFS-EN ISO/IEC 17025:2005). Kokeilun aikana tehtiin Trecan Combustion 80-PD:n päästömittaukset todellisissa sulatustilanteissa. Mittaukset tehtiin Ramboll Analyticsin laatujärjestelmän mukaisesti. Pääpolttimen mittaukset eivät kuuluneet akkreditoinnin piiriin näytteenottokohteesta johtuen.

 Finnish Accreditation Service T039 (EN ISO/IEC 17025)	Akkreditoidut suureet ja mittausalueet		CO ₂	0,2 – 20 %
	Hiukkaset	0,1 mg/m ³ n – 5 g/m ³ n	TOC	1 – 1000 mgC/m ³ n
	SO ₂	1 – 1000 ppm	Kosteus	1 til.-% - kylläinen
	NO _x	1 – 500 ppm	kaasu	
	O ₂	0,1 – 21 %	Virtaus	5 – 30 m/s
	CO	1 – 5000 ppm	HCl	0,1 – 50 ppm
			HF	0,1 – 15 ppm

Mittaukset suoritettiin 16.2.2015 kahdesta eri kohdasta konetta. Ensimmäinen paikka oli koneen pääpolttimelta tulevat savukaasut, joita käytetään lumensulattamiseen ja toinen paikka koneen diesel-käyttöinen apumoottori. Apumoottorin pakokaasujen pitoisuudet mitattiin suoraan pakoputkesta.

Koneen pääpolttimen savukaasut purkautuivat lumensulatussuppilosta veden ja lumisohjon läpi. Näyte imettiin lumisohjon pinnalta, jolloin osittainen sekoittuminen ulkoilman kanssa oli mahdollista.

Mittaukset suoritettiin jatkuvatoimisella analysaattorilla Horiba PG250. NO_x-mittaus perustuu kemiluminesenssiin, CO-mittaus IR-absorptioon. Mittaustulokset tallennettiin minuutin keskiarvoina.

Parametri	Analysaattori	Mittausmenetelmä	Mittausalue	Akkreditoitu mittausalue
NO _x	Horiba PG250	Kemiluminesenssi, EN-14792	0- 1000 ppm	1-500 ppm
O ₂	Horiba PG250	Paramagneettisuus, EN- 14789	0-100 %-v	0,1-21 %-v
CO ₂	Horiba PG250	IR-absorptio	0-100 %-v	0,2-20 %-v
CO	Horiba PG250	IR-absorptio, EN-15058	0-1000 ppm	1-5000 ppm

3.3 Melumittaus

Ympäristömelumittauksia tehtiin lumensulatuspaikan lähimpien asuintalojen piha-alueilla. Lumensulatuskoneen aiheuttama melutaso mitattiin lähietäisyydeltä (ns. melupäästöarvo). Tätä arvoa käytettiin melun leviämisen laskennalliseen arviointiin. Melupäästömittaus tehtiin Olympia-stadionin pysäköintialueella 12.2.2015 ja ympäristömelumittaukset Riukutiellä 18.2.2015.

Melutason yleiset ohjearvot

Valtioneuvosto on antanut melutason yleiset ohjearvot (Valtioneuvoston päätös 993/92). Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyvyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätös ei koske ampuma- ja moottoriurheiluratojen melua. Päätöstä ei myöskään sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla. Taulukossa 2 on esitetty päivä- ja yöajan ohjearvot ulkona ja sisällä.

Jos melu sisältää impulsseja tai ääneksiä tai on kapeakaistaista, mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen niiden vertaamista ohjearvoihin. Impulssimaisuus- tai kapeakaistaisuuskorjaus tehdään sille ajalle, jolloin melu on impulssimaista tai kapeakaistaista.

Taulukko 2. VNp 993/1992 mukaiset yleiset melutason ohjearvot

Ulkona	L _{Aeq} , enintään	
	Päivällä (07–22)	Yöllä (22–07)
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ¹⁾
Uudet asuinalueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat	55 dB	45 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet ³⁾ , leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella sekä luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ²⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

¹⁾ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa

²⁾ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä

³⁾ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoja

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

Mittalaitteet ja kalibrointi

Sekä melupäästö- että ympäristömelumittauksissa käytettiin tarkkuusluokan 1 vaatimukset täyttävää Norsonic Nor140 – äänitasomittaria. Melumittari kalibroitiin vakioäänilähteellä, joka antaa 94 dB vakioäänitason 1000 Hz taajuudella. Mittarissa käytettiin mikrofonin tuulisuoja.

Sääolosuhteet

Melupäästömittauksessa tuulen suunnalla ja voimakkuudella ei ole suurta vaikutusta, koska mitaukset tehdään lähietäisyydellä melulähteistä. Tästä syystä melupäästömittauksen sääolosuhteita ei ole tässä työssä raportoitu.

Ympäristöministeriön vuonna 1995 julkaiseman ympäristömelun mittausohjeessa on määritetty ohjeelliset mittausolosuhdevaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Mittausoloja koskevat vaatimukset

1	Ei sadetta
2	Tuulen nopeus korkeintaan 5 m/s mitattuna vähintään 2 m:n korkeudella
3	Tuulen suunta melulähteestä mittauspisteeseen päin suunnilleen sektorissa $\pm 45^\circ$ (vaatimus koskee yli 30 m:n mittauksia)
4	Taustamelun aiheuttama äänitasoindikaatio vähintään 10 dB alle mitattavan äänitason
5	Äänitasomittarin tarkkuusluokka 2 tai parempi (1 tai parempi tulosten epävarmuudella $\Delta L = 2$ dB)

Tässä työssä tehdyissä ympäristömelumittauksissa vaatimukset 2, 3 ja 4 eivät täyttyneet. Koska esitettyjä vaatimuksia ei voitu täyttää, mittauserävarmuus on mittausohjeen mukaisesti ± 10 dB. Tarkempi kuvaus mittausten aikaisista sääolosuhteista on esitetty liitteen 4 mittauspöytäkirjoissa.

Melupäästömittaus

Äänitehotaso on laitteen säteilemän akustisen tehon voimakkuus. Äänitehotasoa käytetään melun laskentamalleissa ja meluntorjunnan suunnittelussa, koska se on melulähteen koosta riippumaton suure. Maastossa tietyltä etäisyydeltä mitattua melutasoa ei pidä sekoittaa äänitehotasoon.

Lumensulatuskoneen äänitehotason mittaus tehtiin Olympiastadionin pysäköintialueella Helsingissä 12.2.2015 soveltaen Nordtest NT ACOU 080 – menetelmän sphere-metodia.

Ympäristömelumittaus

Lumensulatustoiminnan aiheuttamaa ympäristömelua mitattiin 18.2.2015 Konalassa Riukutiellä lumensulatustoimintaa lähimpien asuintalojen piha-alueilla kahdessa mittauspisteessä, joiden sijainnit lumensulatukseen nähden on esitetty kuvassa 3. Mittaukset toteutettiin miehitettyinä. Valokuvat mittauspisteiltä on esitetty liitteen 4 ympäristömelumittauspöytäkirjoissa.

Mittauspisteissä tallennettiin A-painotettuja keskiäänitasoja (L_{Aeq}) yhden sekunnin välien. Lisäksi mittauspisteissä mitattiin taajuusjakauma 1/3-oktaavikaistoittain 1 sekunnin välein koko mittausjakson ajan sekä L_{Amax} - ja L_{ASmax} - tasoja melun impulssimaisuuden määrittämiseksi.

Melumittaukset tehtiin soveltaen ympäristömelun mittausohjetta (Ympäristöministeriön ohje 1/1995).



Kuva 3. Lumensulatustoiminnan (sinisellä) ja ympäristömelumittauspisteiden (punaisella) sijainnit

3.4 Lumensulamisvesien analyysi

Trecan 80-PD -koneella sulatetun lumen sulamisvesistä otettiin näytteet kemiallista analyysiä varten Olympiastadionin pysäköintialueella 13.2.2015 kello 10.30 ja Riukutiellä 18.2.2015 kello 8.50. Sulamisvesien näytteet analysoitiin Ramboll Analyticsin ympäristölaboratoriossa.

HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä) myönsi koetoiminnalle luvan 15.1.2015 (982/10.107.1072.10720/2014). Luvassa on annettu enimmäispitoisuudet sekavesiviemäriin johdettavalle sulatusvedelle. Analyysivalikoima oli laajempi näytepisteellä Riukutien ja Konalantien risteys, josta tutkittiin myös hapenkulutuksen arvot sekä ravinteet. Kummastakin näytteestä analysoitiin metallit ja polyaromaattiset hiilivedyt (PAH). Näytteen pitoisuuksia verrattiin luvassa esitettyihin enimmäispitoisuuksiin. PAH-yhdisteitä arvioitiin erikseen Valtioneuvoston asetuksen 868/2010 ympäristölaatunormien suhteen.

4. SEURANNAN TULOKSET

4.1 Havainnot

4.1.1 Aistihavainnot

Merkittäviä haju-, näkö- tai meluhaittoja ei havaittu kokeilun aikana normaalia yleisten alueiden talvihoitotyötä enempää. Ainoastaan jäinen lumi aiheutti sulatuksen käynnistyksessä näyttävän höyrypilven, joka kuitenkin hävisi nopeasti.



Kuva 4. Sulatuksen käynnistys Olympiastadion P-alueella 12.2.2015

4.1.2 Sulatusprosessi ja työmaan toiminta

Työskentelyn käynnistys

Kone kuljetettiin sijoituspaikalle ja -paikalla liikennetraktorilla. Sulatustyö käynnistyi koneen sijoittamisella työskentelyalueelle. Koneen sijoittamiseen työskentelyalueelle vaikutti ensisijaisesti hulevesiviemäriin tai avo-ojan sijainti. HSY:n antaman ohjeistuksen mukaisesti sulatusvettä ei voitu ohjata sekaviemäriin. Seurannan osalta HSY määritteli purkupaikat, joissa viemäröinnin osalta ohjaava tekijä oli hulevesiviemäriin halkaisija ($> \varnothing 500$ mm).

Työskentelykohteessa oli urakoitsijalta paikalla vähintään kaksi henkilöä, jotta varmistettiin sulatus- ja muiden koneiden ja alueen turvallinen käyttö. Työskentelykohde (sulatuskoneen lastaus-alue) eristettiin lippusiimoilla ja huomiotopilla, joilla estettiin työskentelyn ulkopuolisten ihmisten pääsy työskentelyalueelle.

Kokeilujakson ulkolämpötilassa $-1 \dots +4$ °C laitteen käynnistykseen ja riittävän sulatustehon saavuttamiseen kului aikaa noin 30–45 minuuttia. Tämä toistui hiekka/roskasäiliön tyhjennyksen yhteydessä.

Kuormaus ja sulatus

Sulatuskoneesta saatujen lokitietojen perusteella konetta käytettiin testausjakson 12.–18.2.2015 aikana yhteensä 55 tuntia, pois lukien hiekkasäiliön tyhjennyksen aiheuttamat seisaukset:

- torstaina 12.2. klo 7.42–21.47 (Olympiastadion)
- perjantaina 13.2. klo 07.05–18.16 (Olympiastadion)
- maanantaina 16.2. klo 06.59–18.14 (Olympiastadion)
- tiistaina 17.2. klo 08.11–17.37 (Riukutie)

- keskiviikkona 18.2. klo 06.55–16.14 (Riukutie)

Kokeilussa lumi oli kasattu välivarastoon ja sulatuskone tuotiin kasan viereen. Lumen kuormaus lumikasasta sulatuskoneeseen aiheutti havaintojen mukaan eniten häiriötä (melu ja toiminta kokeilualueella), mutta häiriö ei merkittävästi poikennut lumen aurauksesta tai kuormaamisesta kuorma-auton lavalle. Kuormaus isommalla Volvo L70E -pyöräkuormaajalla aiheutti jonkin verran lumen ja sulamisveden roiskumista koneen nielun ulkopuolelle. Tämä voi seurantajaksoa alemmilla lämpötiloilla aiheuttaa ylimääräistä jäätymistä ja liukkaita työskentelyalueella. Alkuvaiheen jälkeen kuormausta jatkettiin vain pienemmällä kuormaajalla.

Sulatettavan lumen koostumus vaikutti sulatusprosessin sujuvuuteen. Molemmissa kokeilukohteissa viikkokausia kasassa seisonut lumi käsiteltiin toisella pyöräkuormaajalla ennen kuormamista koneeseen. Tällä tavoin sulatuskone toimi tehokkaammin ja kuormattu lumi ei "holvaantunut" sulatusnieluun ja edellyttänyt käsityötä.

Kahden kuormaajan toimintamalli tulee ottaa huomioon arvioitaessa työskentelyalueen laajuutta. Riukutien kohteessa, jossa toimittiin osittain yhdellä kuormaajalla, työskentelyalue oli kuormauksen käynnistytessä 17.2. "juuri ja juuri riittävä" [urakoitsijan edustaja].

Varsinainen lumen sulatus toimi hyvin, eikä kokeilun perusteella ole syytä epäillä laitteen tehokkuutta. Testauksen aikana sulatettiin lunta 60–70 pyöräkuormaajan [Krames Allrad 780] kauhalista [$\sim 1,5\text{--}2\text{ m}^3$] tunnissa [$140\text{ m}^3/\text{h}$].

Sulatuskoneen hiekka/roskäsiiliön tyhjentäminen aiheutti noin 45 minuutin tauon työskentelyyn. Siiliö tyhjennettiin testauksen aikana yhdessä työvuorossa noin kolmen tunnin välein. Hiekoitus-hiekkaa kertyi tässä ajassa noin $1,5\text{ m}^3$.



Kuva 5. Laitteen sulatusnielu



Kuva 6. Sulatetusta lumesta kertynyttä hiekkaa Riukutien kohteessa.

4.1.3 Liikkuminen, pysäköinti, huolto- ja pelastusajo sekä muut toiminnot testialueella

Olympiastadionin P-alueella urakoitsija rajasi työskentelyalueen lippusiimalla, muuttaen rajausta työn etenemisen mukaan. Riukutiellä rajausta ei tehty, mutta sulatuskone itsessään rajasi työskentelyalueen toisesta laidasta. Riukutien kokeilun perusteella työskentelyalueen rajausta on syytä tehdä koko alueelle ja rajauksen tarve ja laajuus tulee selvittää etukäteen kohdekohtaisesti. Rajausta tarvitaan, jotta työskentelyn ulkopuoliset henkilöt eivät pääse työskentelyalueelle. Erityisesti tämä koskee työmaan osia, kuten kuormaajan työskentelyaluetta, joissa ei ole jatkuvasti henkilöstöä valvomassa työskentelyä.

Lumensulatus ei edellyttänyt ajoa, liikkumista tai pysäköintiä varsinaisen sulatuksen aikana muuten kuin kuormaajien työn vuoksi. Koneiden siirrot ja sijoittelu tehtiin työvuoron alussa ja lopussa. Kun kokeilussa käytettyä sulatuskonea liikutettiin liikennetraktorilla, nopeus oli enintään 15 km/h. Tämä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan koneen siirtoa muun liikenteen seassa. Muutoin koneen siirto ei poikkeava tavallisen perävaunun vetämisestä.

Rajattuna työskentelyalueena sulatus ei haitannut kokeilualueiden ajoneuvoliikennettä kummasakaan kokeilukohteessa. Olympiastadionin pysäköintialueen osalta tulee ottaa huomioon, että alueen pysäköintipaikat eivät olleet kokeilun aikana käytössä.

Riukutien kohteessa ylimääräiset ajoneuvot työskentelyalueen läheisyydessä aiheuttivat jonkin verran haittaa muulle liikkumiselle. Kokeilu kiinnosti alan ammattihenkilöitä niin, että paikalle tulii työkoneilla ja autoilla, jotka pysäköitiin huolettomasti muun muassa kevyen liikenteen väylälle.



Kuva 7. Sulatustyömaa edellyttää valvontaa ja rajausta.



Kuva 8. Sulatuskoneen tankkaus käynnissä Olympiastadionin pysäköintialueella 12.2.2015.

4.1.4 Roskaantuminen

Hiekoitushiekan lisäksi sulatetusta lumesta kerättiin yksittäisiä roskia. Roskien joukkoon oli päätyntä myös pala kadun reunatukea. Koska lumensulatus perustuu kuumaan, paineilmalla liikkuvaan veteen, ylimääräiset roskat tai esineet eivät huomattavasti vaikuta sulatukseen. Nieluun joutuneet esineet poistettiin esimerkiksi hiekka- ja roskasäiliön tyhjennyksen yhteydessä tai työvuoron päättyttyä.

Olympiastadionin pysäköintialueen kokeilupaikalle kasattu lumi oli jonkin verran Riukutielle kasattua lunta jäisempää ja roskaisempaa. Työskentely oli muilta osin siistiä ja työskentelyalue oli siivottavissa täysin puhtaaksi työskentelyn päättyttyä.

4.1.5 Lumensulamisvesien johtaminen

Kokeilujakson aikana ilman lämpötila vaihteli -1 ... + 4 °C:n välillä. Koneesta ulos tulleen veden lämpötila vaihteli urakoitsijan ilmoituksen perusteella + 5 ... +10 °C:n välillä. Viemäriin ja maastoon johdettuja vesimääriä ei mitattu. Sulamisvesi ei aiheuttanut jäätymisongelmaa viemäri- tai maastossa. Huomattavasti kylmemmissä lämpötiloissa jäätyminen voi kuitenkin aiheuttaa ongelmia sekä nielusta roiskuvan veden, että viemäriin/maastoon johdettavan sulamisveden osalta.

Vesien johtaminen suoraan viemäriin

Mäntymäen P-alueella sulamisvesi johdettiin 12.2.2015 HSY:n osoittamaan Ø 700 mm:n viemäriin, jonka jälkeen (13.2. ja 16.2.) kokeiltiin myös pienempää viemäriin, halkaisijaltaan Ø 250 mm. Verkostossa ei silmämääräisesti havaittu toimintaan haitallisesti vaikuttavia seikkoja.



Kuva 9. Sulamisveden purku runkoviemäriin Olympiastadionin pysäköintialueella.



Kuva 10. Sulamisveden purku kokeiluna suoraan viemäriin.



Kuva 11. Olympiastadionin pysäköintialueen sulatettua lunta.

Veden johtaminen avo-ojan kautta hulevesiviemäriin

Riukutien kohteessa lumen sulamisvesi johdettiin koneen omalla purkuputkella avo-ojan kautta viemäriverkostoon. Maastossa ja verkostossa ei silmämääräisesti havaittu toimintaan ja/tai ympäristöön haitallisesti vaikuttavia seikkoja.



Kuva 12. Riukutienkohteen purkuputki Konalantien viereiseen avo-ojaan

4.2 Tekniset mittaukset

4.2.1 Päästömittaukset

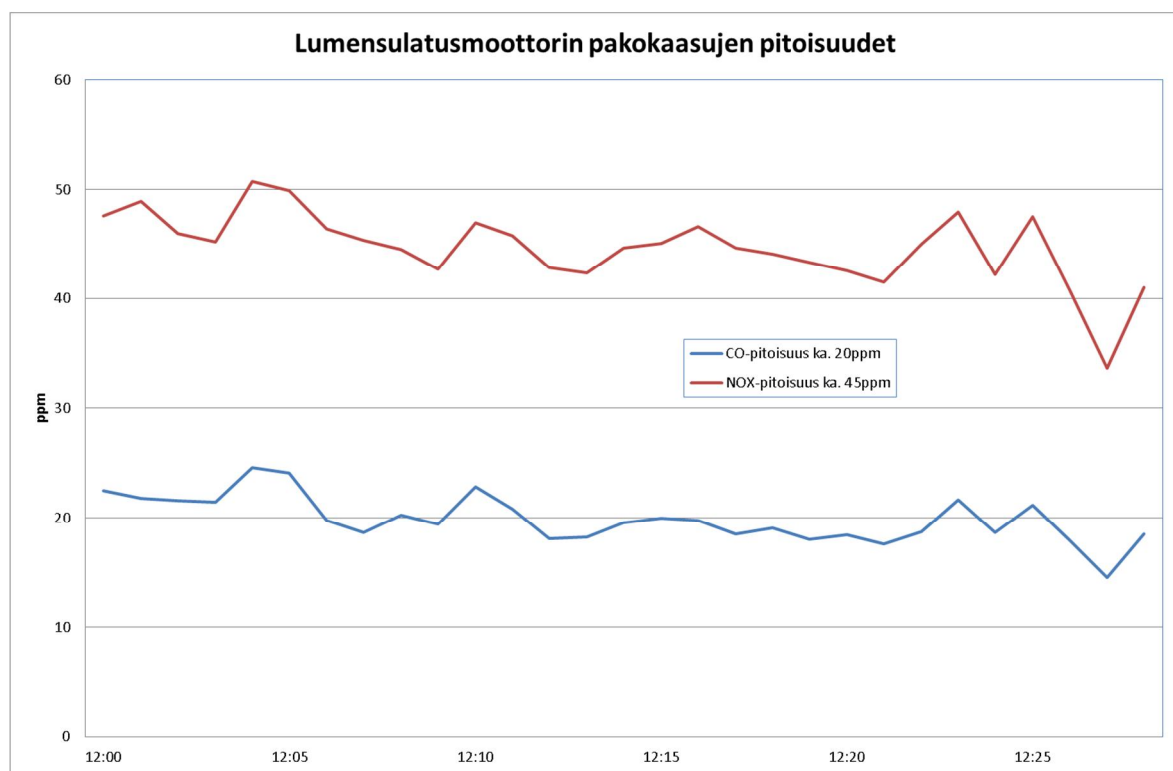
Pääpolttimen savukaasujen purkautuminen lumisohjon läpi vaikeutti edustavaa näytteenottoa, sillä päästömittaukset suoritetaan lähes poikkeuksetta kanavasta tai piipusta. Samasta syystä myöskään savukaasujen kokonaisvirtaaman määrittäminen ei onnistunut. Savukaasun typen oksidien ja CO:n pitoisuutta voidaan kuitenkin korjata redusoiden samanaikaisesti mitatulla happi-

toisuudella. Mittauksissa happipitoisuus oli 13 %, kun POK-öljykattilan tyypillinen jäännöshappipitoisuus on noin 3 %. Vastaavasti voidaan korjata häkäpitoisuus. Korjausten jälkeen NO_x-päästön laskemiseksi voidaan käyttää öljylle tyypillistä savukaasumäärää päästön laskemiseksi. Kun tarkastellaan redusoitua typen oksidien pitoisuutta, voidaan sen todeta olevan suuruudeltaan öljykattilalle oletetulla pitoisuusalueella.

Lumensulatuskoneen päämoottorin pakokaasujen pitoisuudet ja niiden mittausten epävarmuus on esitetty taulukossa 4. Pitoisuusmittausten epävarmuus sisältää sekä mittausjärjestelmän aiheuttamat epävarmuudet että pitoisuuksien ajallisesta ja paikallisesta vaihtelusta aiheutuvat epävarmuudet 95 % luottamusvälillä. Pääpolttimen pitoisuudet trendeinä on esitetty kuvassa 13.

Taulukko 4. Lumensulatuslaitteen pääpolttimen päästöjen keskiarvot

Mittausjakso		
Päivämäärä	16.2.2015	
Klo	12:00 – 12:30	
Savukaasu		±
– NO _x -pitoisuus (ppm, kuiva)	45	12
– NO _x -pitoisuus (mg/m ³ n, kuiva)	92	24
– NO _x -pitoisuus (mgNO ₂ /m ³ n, kuiva), red.O ₂ =3 %	290	111
– O ₂ -pitoisuus (til.-%, kuiva)	15	1,5
– CO-pitoisuus (ppm, kuiva)	20	37
– CO-pitoisuus (mg/m ³ n, kuiva)	25	46



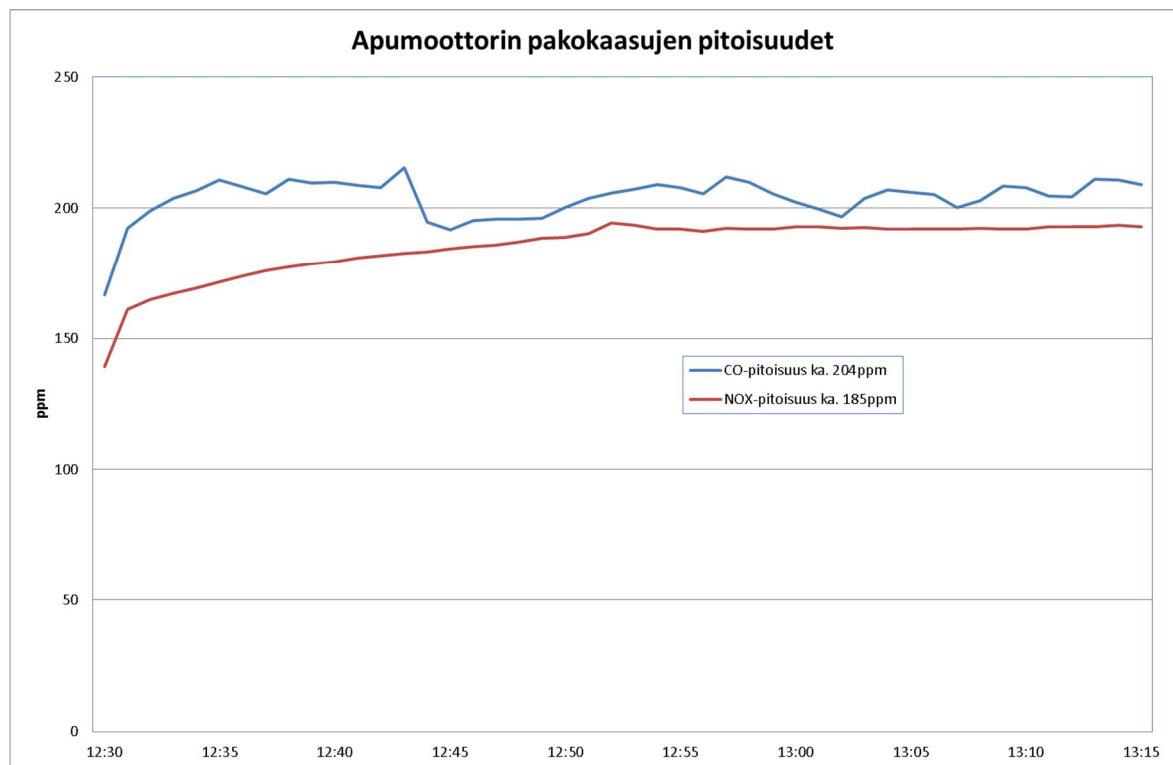
Kuva 13. Lumensulatuslaitteen pääpolttimen savukaasujen pitoisuudet trendeinä mittausjakson aikana

Taulukossa 5 on diesel-käyttöisen apumoottorin pakokaasujen pitoisuudet ja niiden epävarmuus. Laitteen apumoottorin pitoisuudet trendeinä on esitetty kuvassa 14.

Taulukko 5. Apumoottorin pakokaasupitoisuudet

Mittausjakso		
Päivämäärä	16.2.2015	
Klo	12:30 – 13:15	

Savukaasu		±
– NO _x -pitoisuus (ppm, kuiva)	185	22
– NO _x -pitoisuus (mg/m ³ n, kuiva)	380	51
– NO _x -pitoisuus (mgNO ₂ /m ³ n, kuiva), red.O ₂ =3 %	861	184
– O ₂ -pitoisuus (til.-%, kuiva)	13	1,3
– CO-pitoisuus (ppm, kuiva)	204	42
– CO-pitoisuus (mg/m ³ n, kuiva)	255	53



Kuva 14. Apumootorin pakokaasujen pitoisuudet trendinä mittausjakson aikana

4.2.2 Melumittaus

Melupäästömittaus

Olympiastadionin pysäköintialueen kokeilupaikan melupäästökortti on esitetty liitteessä 3. Suoraan laitteen ovenpuoleiselta sivulta tehdystä mittauksesta määriteltynä laitteen tuottama äänitehotaso L_{WA} oli 102 dB. Melupäästömittauksessa havaittiin, että mitattu äänitehotaso oli suoraan laitteen ovenpuoleiselta sivulta mitattuna noin 3 dB suurempi kuin 45 asteen kulmassa sivuposition nähden eteen ja taakse tehdyissä mittauksissa. Näin ollen voidaan päätellä, että suurin osa laitteen aiheuttamasta äänestä kantautuu hieman syvennyksessä sijaitsevan oven kautta. Kuulohavaintojen perusteella ovi on hyvin äänieristetty ja vaimentaa tehokkaasti dieselmoottorin ääntä.



Kuva 15. Konehuoneen turbiini

Ympäristömelumittaus

Mittausten aikaiset merkittävimmät melulähteet

Mittauspisteissä merkittävin melulähde oli lumikasasta lunta ottava suuri Volvo L70E pyöräkuormaaja. Muita melulähteitä olivat Konalantien liikenne sekä lumensulatuskone ja siihen lunta kippaava pieni pyöräkuormaaja. Lisäksi satunnaisesti Riukutiellä kulkevat autot sekä ajoittainen linnunlaulu aiheuttivat jonkin verran häiriöääniä.

Ison pyöräkuormaajan aiheuttama melu erottui taustamelusta melko hyvin, sillä se koostui pääasiallisesti pienitaajuisesta moottorimelusta sekä peruutuspiippauksesta. Lisäksi kuormaajan aiheuttaman melun taso oli vaihtelevaa johtuen moottoritehon vaihtelun aiheuttamasta moottorimelun vaihtelusta sekä ajoittaisesta peruutuspiippauksesta.

Mittausten aikainen keskiäänitaso

Riukutien melumittausten pöytäkirjat on esitetty liitteessä 4. Tarkemmat mittau tulokset ja äänitason vaihtelusta piirretty kuvaaja on esitetty pöytäkirjoissa. Mittausepävarmuus on määritelty seuraavassa taulukossa ympäristömelun mittausohjeen (Ympäristöministeriön ohje 1/1995) mukaisesti, jolloin epäsuotuisa tuulen suunta ja nopeus sekä korkea taustamelutaso aiheuttavat korkean mittausepävarmuuden arvon.

Taulukko 6. Melumittau tulokset asuin kohteissa

Mp	Klo	Koko mittausjakso L_{Aeq} , dB	Mittausepävarmuus	Impulssimaisuutta, % ajasta	Kapeakaistaisuutta, % ajasta
1	12:43–13:13	60	± 10 dB	5	33
2	13:14–13:39	58	± 10 dB	7	31

Mittausten aikana tieliikenne aiheutti merkittävästi taustamelua. Merkittävin äänilähde mittauksen aikana oli kuitenkin iso pyöräkuormaaja. Tämä käy ilmi mittauspöytäkirjoista, joissa on esitetty erikseen jaksot, jolloin kone oli toiminnassa ja jolloin se ei ollut.

Taulukossa 7 on esitetty mittauspisteissä mitatut keskiäänitasot niiltä jaksoilta, jolloin iso pyöräkuormaaja oli toiminnassa ja milloin ei. Kun iso pyöräkuormaaja ei ollut toiminnassa, lumensulatuksesta aiheutuva ääni ei mittauspisteissä merkittävästi erottunut alueen taustamelusta, joka aiheutui pääasiallisesti Konalantien liikenteestä.

Taulukko 7. Ison pyöräkuormaajan vaikutus keskiäänitasoon

Mp	Koko mittausjakso, dB	Mittausjakso, jolloin toiminnassa, dB	Mittausjakso, jolloin ei toiminnassa, dB
1	60	61	56
2	58	60	57

Impulssimaisuus ja kapeakaistaisuus

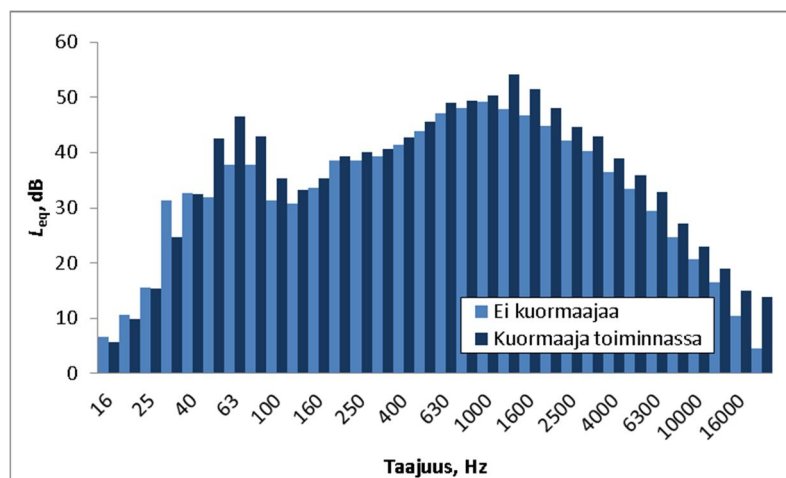
Melun kapeakaistaisuutta arvioitiin mittauksissa tarkastelemalla mitattuja taajuusjakaumia 1/3 – oktaavikaistoittain. Melu määritellään kapeakaistaiseksi jos terssikaistan A-painotettu ekvivalenttiaso $L_{A,eq}$ on 5 dB korkeampi kuin viereisten terssikaistojen vastaava taso.

Myös melun impulssimaisuutta arvioitiin YM:n ohjeen mukaisella menetelmällä ($L_{A1max}-L_{ASmax}$ erotus >5dB) ja kuulohavainnoin.

Taulukossa 6 on esitetty, kuinka suuren prosenttiosuudella mittausajasta melu oli matemaattisen määrittelyn perusteella impulssimaista tai kapeakaistaista.

Kuulohavaintojen perusteella impulssimaisuutta syntyi ajoittain kippausten aiheuttamien kolahdusten johdosta. Lisäksi ajoittainen linnunlaulu on todennäköisesti lisännyt impulssimaisuuden laskennallista osuutta tuloksissa.

Melussa esiintyi kapeakaistaisuutta merkityksellisesti vain pienillä taajuuksilla (taajuuskaistoilla 50 ja 63 Hz). Kuvassa 16 on esitetty mittauspisteessä 2 mitattu taajuusjakauma sekä silloin kun iso pyöräkuormaaja on ollut toiminnassa että silloin kun toiminnassa on ollut vain lumensulatus ja pieni pyöräkuormaaja. Kuulohavaintojen perusteella pienitaajuinen melu ei ollut luonteeltaan kapeakaistaista, vaan pienten taajuuksien kasvu havaittiin bassotaajuuksien korostumisena melussa.



Kuva 16. Ison pyöräkuormaajan vaikutus taajuusjakaumaan mittauspisteessä 2

4.2.3 Sulatuskapasiteetti

Valmistajan ilmoittama laitteen sulatuskapasiteetti on 153–306 m³ tai 80 tonnia lunta tunnissa. Kokeilun aikana sulatettiin lumikasassa tiiviiksi pakkautunutta ja jäätynyttä lunta noin 140 m³ tunnissa. Koko seurannan aikana lunta sulatettiin yhteensä noin 7 700 m³.

Lumen tiheys vaikuttaa työskentelyn nopeuteen ja siihen, kuinka paljon lunta pystytään tiettyssä ajassa sulattamaan. Kokeilussa ei mitattu lumen tiheyttä. Lumen tiheyksiä eri tilanteissa on tutkittu muun muassa Aalto-yliopiston lumenpoistotutkimuksessa (2011), jossa lumen tiheys vaihteli noin 450–600 kg/ m³ välillä. Seurannan perusteella Olympiastadionin pysäköintialueen kasattu lumi oli Riukutien lunta tiheämpää ja edellytti enemmän työtä.

4.2.4 Polttoaineen kulutus

Valmistajan ilmoittama laitteen teoreettinen polttoaineen kulutus on 409 litraa kevyttä polttoöljyä tunnissa, kun poltin toimii täydellä teholla. Seurannan aikaisten laitteen käyttötietojen perusteella poltinta on käytetty täydellä teholla yhteensä noin 40 tuntia. Tämän perusteella laitteen polttoaineen kulutus olisi 16 360 litraa täydellä teholla käytyjen tuntien osalta.

Urakoitsijalta saatujen laitteen kulutustietojen mukaan sulatuslaite kulutti kevyttä polttoöljyä koko kokeilun aikana yhteensä 11 900 litraa (55 käyttötuntia). Kokonaiskulutustieto perustuu polttoaineen tankkausmäärään. Koneen seurannan aikaisista käyttötiedoista ei ollut erotettavissa polttoaineen kulutustietoja. Kokonaiskulutuksesta laskettuna laitteen keskipolttokulutus oli noin 216 litraa kevyttä polttoöljyä tunnissa.

4.3 Haastattelut

Riukutien kohteessa haastateltiin kahta lähiympäristön asukasta As Oy Riukurinne talonyhtiöstä (sijainnit ks. kuva 3). Myös muutamat Riukutien kokeilupaikan viereisellä kevyen liikenteen väylällä liikkuneet henkilöt antoivat kommentteja kokeilusta.

Asukkaat kokivat, että sulatuslaite ei aiheuttanut merkittävää haittaa ympäristössä. Haastatellut As Oy Riukurinne talonyhtiön asukkaat pitivät Riukutien käytöstä poistetulla linja-autojen kääntöpaikalle sijoitettua lumikasaa suurempana haittana ja turvallisuusriskinä kuin lumen sulattamista. Lyhyen seurantajakson vuoksi haastatteluja ei tehty enempää. Olympiastadionin pysäköinti-alueen seurantapaikan välittömässä läheisyydessä ei ole myöskään asutusta tai muita toimintoja.

Olympiastadionin kohteessa 12.2.2015 pidetty julkinen esittelytilaisuus veti paikalle kymmeniä sulatuksesta kiinnostuneita yksityishenkilöitä, alan ammattilaisia ja median edustajia. Kokeilusta tehtiin useita juttuja YLE:n verkkosivuille, ruotsinkielisiin alueuutisiin sekä artikkeleja moniin lehtiin, mukaan lukien Helsingin Sanomat, Metro, Tekniikan Maailma ja Koneurakointi.

Erityisen vilkasta keskustelua tämän tyyppiseen sulatukseen liittyen käytiin edellä mainittujen päivälehtien verkkosivuilla ja sosiaalisessa mediassa. Keskustelu on tässä tarkastelussa jätetty huomiotta.

4.4 Lumensulamisvesien analyysi

Mäntymäen kentän lumensulamisvesi

Mäntymäen kentän lumensulatusvedessä oli kiintoainesta 1100 mg/l, mikä ylittää koekäyttöluvan enimmäispitoisuuden, 300 mg/l. Öljyhiilivedyt C₁₀-C₄₀ sulatusvedessä oli vähän, 2,8 mg/l, mikä on selvästi alle viemäroittävien vesien raja-arvon, 100 mg/l (taulukko 1). Alkuaineet on määritetty kokonaispitoisuuksina. Mäntymäen kentän lumensulatusvesien metallipitoisuudet olivat taulukon 8 mukaiset. Todetut pitoisuudet olivat selvästi luvan mukaisia enimmäispitoisuuksia pienempiä.

Taulukko 8. Mäntymäen kentän lumensulatusvesien pitoisuudet ja koekäyttöluvan mukaiset viemäroittävän veden enimmäispitoisuudet

Alkuaine	todettu pitoisuus mg/l	enimmäis-pitoisuus mg/l
kok.hiilivedyt C ₁₀ -C ₄₀	2,8	100
kiintoaine	1100	300
Elohopea (Hg)	<0,00020	0,01
Kadmium (Cd)	<0,00020	0,01
Kromi (Cr)	0,11	1,0
Kupari (Cu)	0,17	2,0
Lyijy (Pb)	0,026	0,5
Nikkeli (Ni)	0,052	0,5
Sinkki (Zn)	0,47	3,0

Koekäyttöluvassa polyaromaattisille hiilivedyille (PAH-yhdisteet) on annettu enimmäispitoisuudeksi 0,05 mg/l (=50 µg/l). Polyaromaattiset hiilivedyt eivät liukene veteen ja ne ovat ympäristössä hyvin pysyviä ja kertyviä. Valtioneuvoston asetuksen 868/2010 liitteessä 1C Yhteisön tasolla määritetyt vesiympäristölle vaaralliset ja haitalliset aineet, niille on annettu ympäristölaatu-normit, joista tässä sovelletaan Muiden pintavesien AA-EQS-arvoja (= aritmeettinen vuosikeskiarvo). AA-EQS-arvot on tarkoitettu vertailuarvoiksi jätevesien sekoittumisvyöhykkeellä vesistössä. Lu-mensulatusvesien PAH-pitoisuuksien vertaaminen ympäristölaatu-normeihin antaa käsityksen haitan tai riskin suuruudesta.

Mäntymäen kentän lumensulatusvedessä todettiin yhteensä 6,7 µg/l erilaisia PAH-yhdisteitä, mikä on selvästi alle koekäyttöluvassa annetun enimmäispitoisuuden, 50 µg/l (0,05 mg/l).

VNA 868/2010 liitteen 1 C ympäristölaatu-normit ylittyivät antraseenia ja naftaleenia lukuunot-tamatta niiden PAH-yhdisteiden osalta, joille ympäristölaatu-normi on asetettu (taulukko 9) Bentso(b)fluoranteenin ja bentso(k)fluoranteenin summa on 0,46 µg/l ja sen ympäristölaa-tunormi on 0,03 µg/l.

Taulukko 9. Mäntymäen kentän lumensulatusvesien polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet sekä VNA 868/2010 ympäristölaatu-normit

Polyaromaattiset hiilivedyt	todettu pitoisuus µg/l	VNa 868/2010 1C laa- tunormi µg/l
Antraseeni	0,07	0,1
Asenaftteeni	0,07	-
Asenaftyleeni	0,19	-
Bentso(a)antraseeni	0,27	-
Bentso(a)pyreeni	0,24	0,05
Bentso(b)fluoranteeni	0,37	0,03 ^{*)}
Bentso(g,h,i)peryleeni	0,71	0,002
Bentso(k)fluoranteeni	0,09	0,03 ^{*)}
Dibentso(a,h)antraseeni	0,1	-
Fenantreeni	0,89	-
Fluoranteeni	0,91	0,1
Fluoreeni	0,29	
Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni	0,33	ei sovelleta
Kryseeni	0,29	-
Naftaleeni	0,56	1,2
Pyreeni	1,3	-

^{*)}summa bentso(b)fluoranteeni ja bentso(k)fluoranteeni

- ei asetettu ympäristölaatu-normia

Riukutien ja Konalantien risteyksen lumensulamisvesi

Riukutien ja Konalantien risteyksen näytteen veden pH 5,3 on tyypillisesti hapan lumen tai sade-veden arvo. Veden sähkönjohtavuus 200 µS/cm, on puolestaan korkeampi kuin lumella tai sade-vedellä yleensä. Myös näytteen typpi- ja fosforipitoisuutta voi pitää korkeana: 5,7 mg/l ja 1,1 mg/l ovat esimerkiksi suomalaisiin järvesiin verrattuna korkeita. BOD7-pitoisuus 6,3 mg/l on luonnonvesiin verrattuna korkeahko. COD_{Cr}-pitoisuus, 360 mg/l, on erittäin korkea, kaatopaikko-jen tai jätevesien tasoa. Jätevedenpuhdistamolle johdettaviin vesiin verrattuna ravinne- ja BOD-pitoisuudet ovat pieniä.

Kiintoainepitoisuus, 710 mg/l, ylitti koekäyttöluvan viemäroittävien vesien enimmäispitoisuuden. Öljyhiilivetyjä sulatusvedessä oli vähän, 1,9 mg/l, mikä on selvästi alle viemäroittävien vesien enimmäispitoisuuden, 100 mg/l (taulukko 10).

Riukutien ja Konalantien risteyksen näytteen alkuaineet on määritetty kokonaispitoisuuksina. Lumensulatusvesien metallipitoisuudet, joita verrataan koekäyttöluvassa annettuihin viemäroita-

vien vesien enimmäispitoisuuksiin, olivat taulukon 10 mukaiset. Todetut pitoisuudet olivat selvästi enimmäispitoisuuksia pienempiä.

Taulukko 10. Riukutien ja Konalantien risteyksen lumensulatusvesien metallipitoisuudet ja koekäyttöluvan mukaiset viemäritävän veden enimmäispitoisuudet

Alkuaine	todettu pitoisuus mg/l	raja-arvo pitoisuus mg/l
kok.hiilivedyt C ₁₀ -C ₄₀	1,9	100
kiintoaine	710	300
Elohopea (Hg)	<0,00020	0,01
Kadmium (Cd)	<0,00020	0,01
Kromi (Cr)	0,032	1,0
Kupari (Cu)	0,064	2,0
Lyijy (Pb)	0,024	0,5
Nikkeli (Ni)	0,019	0,5
Sinkki (Zn)	0,26	3,0

Polyaromaattisia yhdisteitä Riukutien ja Konalantien risteyksen näytteessä oli yhteensä 1,6 µg/l (taulukko 11), mikä on 1/6 Mäntymäen kentän lumensulatusvesien pitoisuudesta. PAH-yhdisteitä oli selvästi alle koekäyttöluvan enimmäispitoisuuden 50 µg/l (0,05 mg/l). Bentso(b)fluoranteenin, bentso(g,h,i)peryleenin ja fluoranteenin ympäristölaatunormit ylittyivät (VNa 868/2010, liite 1C, Muut pintavedet).

Taulukko 11. Riukutien ja Konalantien risteyksen lumensulatusvesien polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet sekä VNA 868/2010 ympäristölaatunormit.

Polyaromaattiset hiilivedyt	todettu pitoisuus µg/l	VNa 868/2010 1C laatunormi µg/l
Bentso(a)antraseeni	0,07	-
Bentso(a)pyreeni	0,09	0,05
Bentso(b)fluoranteeni	0,17	0,03 ^{*)}
Bentso(g,h,i)peryleeni	0,23	0,002
Dibentso(a,h)antraseeni	0,03	-
Fenantreeni	0,19	-
Fluoranteeni	0,27	0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni	0,12	ei sovelleta
Kryseeni	0,11	-
Pyreeni	0,32	-

^{*)}summa bentso(b)fluoranteeni ja bentso(k)fluoranteeni
- ei asetettu ympäristölaatunormia

Vertailu lumenvastaaanottopaikkojen vesinäytteisiin

Helsingin kaupungin ympäristökeskus on selvittänyt lumen vastaanottopaikkojen vesinäytteiden laatua (Salla ym 2012). Niihin tuloksiin verrattuna näiden kahden näytteen metallipitoisuudet olivat suurempia. Kadmiumin ja elohopean pitoisuudet alittivat kummassakin tutkimuksessa laboratorion määrittämisrajan. Ravinteiden pitoisuudet ja hapenkulutuksen arvot voivat luminäytteissä vaihdella voimakkaasti ja ilmeisemmin paikalla ja näytteenottoajankohdalla on huomattava vaikutus kiintoainepitoisuuteen.

Yhteenvedo ja johtopäätökset

Lumensulamisvesien kemiallisten analyysien tutkimustodistukset 1510017634–004/1 ja /2 ovat raportin liitteessä 5.

Mäntymäen kentän ja Riukutien ja Konalantien risteyksen näytteiden veden laatu oli keskenään samankaltainen. Kiintoainesta oli paljon ja Riukutien ja Konalantien risteyksen näyte osoitti lumensulatusvesien olevan runsasravinteisia. Hapan pH-arvo kuvaa hyvin sadevettä, mutta kohonnut sähkönjohtavuus osoittaa sulatusvedessä olevan jo runsaasti suoloja. Koekäyttöluvan mukai-

set viemäröitävien vesien enimmäispitoisuudet eivät ylittyneet metallien, öljyhiilivetyjen tai PAH-yhdisteiden osalta.

Puhtaisiin luonnonvesiin verrattuna lumensulatusvesien ravinnepitoisuudet ja kemiallisen hapenkulutuksen arvot olivat korkeita. Puhtaissa luonnonvesissä fosforia on <15 µg/l-25 µg/l (>25 µg/l pitoisuus luokitellaan reheväksi vesistöksi). Puhtaissa luonnonvesissä typpipitoisuudet vaihtelevat maaperästä johtuen paljon: 500 µg/l on karun ja kirkasvetisen järven tai joen normaali typpipitoisuus, mutta suovaltaisilla alueilla pitoisuus voi olla jopa 1000 µg/l. Kemiallinen hapenkulutus (COD) on kirkkaissa ja karuissa vesistöissä noin 4-7 mg/l. Mitä enemmän pitoisuus nousee yli 10 mg/l, sitä kuormittuneempi vesistö on. Suo- ja humusvaltaisilla valuma-alueilla ja Etelä-Suomen savi- maiden joissa COD -pitoisuus 10–15 mg/l on tavallinen.

Polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia on verrattu myös pintavesien ympäristölaatunormeihin jotka on asetettu vesistöihin jätevesien sekoittumisvyöhykkeelle. Polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia on verrattu myös pintavesien ympäristölaatunormeihin jotka on asetettu vesistöihin jätevesien sekoittumisvyöhykkeelle. Kummallakin näytepisteellä bentso(b)fluoranteenin, bentso(g,h,i)peryleenin ja fluoranteenin ympäristölaatunormit ylittivät.

4.5 Hiekoitushiekan analyysi

Lumensulatuksessa eroteltua hiekoitushiekkaa kertyi yhteensä noin 13 m³. Urakoitsija toimitti hiekoitushiekan Malmin lumenvastaanottopaikalle, jossa se tutkittiin Staran toimesta (taulukko 12). Näytteet tutkittiin akkreditoidulla menetelmällä. Molemmista kokeilupaikoista tuotu hiekoitushiekka oli pilaantumaton. Hiekoitushiekka sisälsi kuitenkin roskia ja nurmipaakkuja. Hiekkaa voidaan hyödyntää mm. Vuosaaren kaatopaikan täyttökerroksessa.

Taulukko 12. Lumensulatuksessa eroteltujen hiekoitushiekkojen analyysi

Analyysi	Menetelmä	3129-1 Maanäyte PIMA hiekoitus- hiekka: Olympia- stadionin kokeilu- paikalta	3129-2 Maanäyte PIMA hiekoitus- hiekka, Riu- kutien kokeilu- paikalta	Yksikkö	Epävar- muus - %
Elohopea, Hg	AMA: sisäinen menetelmä	< 0,05	< 0,05	mg/kg ka	20
Koboltti, Co	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2	6	5	mg/kg ka	20
Kromi, Cr	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2009	37	31	mg/kg ka	20
Kupari, Cu	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2	14	15	mg/kg ka	20
Nikkeli, Ni	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2	14	12	mg/kg ka	20
Sinkki, Zn	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2	54	83	mg/kg ka	20
Vanadiini, V	ICP-OES: SFS- EN ISO 11885:2	25	25	mg/kg ka	20
Arseeni, As	ICP-MS: SFS- EN ISO 17294-2	< 1	1	mg/kg ka	20
Kadmium, Cd	ICP-MS: SFS- EN ISO 17294-2	< 0,3	< 0,3	mg/kg ka	20
Lyijy, Pb	ICP-MS: SFS- EN ISO 17294-2	3	6	mg/kg ka	20
Antimoni, Sb	ICP-MS: SFS- EN ISO 17294-2	< 2	< 2	mg/kg ka	20
Öljyhiilivedyt >C10-C40	ISO 16703:2004 mod			mg/kg ka	40

- Keskiraskaat >C10-C21		< 100	< 100	mg/kg ka	40
- Raskaat >C21-C40		430	190	mg/kg ka	40



Kuva 17. Etualalla Olympiastadionin P-alueen lumensulatuskokeilusta ja taka-alalla Riukutien lumensulatuskokeilusta tuotu hiekoitushiekka Malmin lumenvastaanottoaikalla (Kuva: Stara)

5. VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

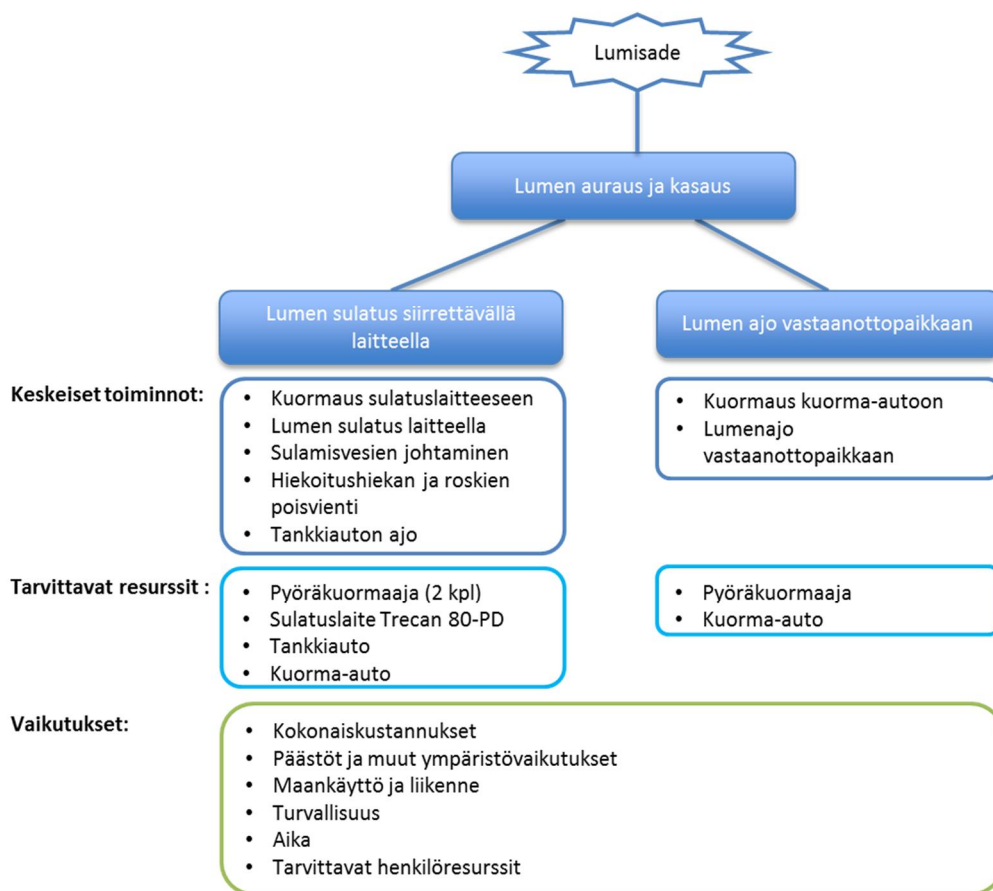
5.1 Arvioitavat vaihtoehdot ja menetelmät

Vaikutusten arvioinnissa tarkasteltiin kahta vaihtoehtoista lumenkäsittelytapaa:

- Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (Trecan 80-PD)
- Lumen ajo vastaanottopaikkaan

Arvioinnin lähtökohtana oli, että lumi on aurattu ja kasattu välivarastopaikkaan. Tämä lähtökohta valittiin, jotta vaihtoehtoista saatiin vertailukelpoiset. Lumen ajo -vaihtoehdossa ei välttämättä tarvita välivarastopaikkaa, sillä lumi voidaan kuormata aurauspenkalta kuorma-autoon ja ajaa suoraan vastaanottopaikkaan.

Tarkasteltaville vaihtoehdoille yhteisiä toimintoja ovat lumen auraus, kuormausta ja kuljetus välivarastopaikkaan, koneiden tuonti välivarastopaikkaan ja poiskuljetus varikolle. Nämä toimet jä-tettiin vaikutusten arvioinnin ulkopuolelle. Vaihtoehtojen keskeiset toiminnot, tarvittavat resurs-sit ja arvioivat vaikutukset on esitetty seuraavassa kaaviossa.



Kustannusten laskentaperusteet

Kuljetusten ja sulatuksen kustannukset laskettiin seuraavin periaattein:

Kuljetuskustannukset	Kustannus
Kuormausta (pääoma-, palkka-, polttoaine- ja käyttökustannukset)*	10 €/ kuorma
Ajo (sis. polttoaine- ja käyttökustannukset)**	0,42 €/kilometri
Ajon pääomakustannus (sis. kuluminen ja rahoitus)**	8,16 €/h → 0,33 €/km (keskinopeus 25 km/h)
Ajon palkkakustannus**	25 €/h → 1,00 €/km (keskinopeus 25 km/h)
Lumen vastaanottomaksu*	17,50 €/kuorma

* Staran asiantuntija-arvio

**Lähde: Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot 2013, Liikenneviraston ohjeita 1/2015

Rakennusviraston mukaan yhden lumikuorman kuljetuskustannukset ovat keskimäärin yhteensä 70 € /kuorma sisältäen lumen vastaanottomaksun. Kustannukset vaihtelevat toimijasta riippuen 50–90 €/kuorma. Kuljetuskustannuksiin on lisätty 20 %:n kustannus, johon sisältyy yleiskustannukset ja urakoitsijan voitto.

Laskennassa käytettiin seuraavia kuljetusmatkoja:

- hiekoitushiekan ja roskien ajo 10 km (yhdensuuntainen matka)
- tankkiauton ajo 40 km (yhdensuuntainen matka)
- lumenajo 20 km (edestakainen matka)

Sulatuskustannukset	Kustannus
Kuormaus (pääoma-, palkka-, polttoaine- ja käyttökustannukset)*	10 €/ kuorma
Sulatus (pääoma-, palkka-, polttoaine- ja käyttökustannukset)***	42,97 €/kuorma (teoreettinen) 68,75 €/kuorma (mitattu)

* Rakennusviraston asiantuntija-arvio

*** Sulatuksen kustannukset laskettiin teoreettisilla ja seurannassa mitatuilla kapasiteettitiedoilla:

- energialähteenä kevyt polttoöljy
- sulatusteho 140 m³/h; teoreettinen keskiarvo 230 m³/h
- kuorman koko 15 m³
- käsittelee 10 kuormaa/h; teoreettinen 16 kuormaa/h
- käyttöaika 8 h/vrk, 120 vrk/talvikausi
- sulattaa 9 600 kuormaa/vuosi; teoreettinen 15 360 kuormaa/vuosi

Laitteen mitattu sulatuskapasiteetti:

Laitteen sulatusteho on 10 kuormaa/h ja yhdessä työvuorossa (8 h) sulatetaan noin 80 lumi-kuormaa. Lumensulatuskokeilun kustannus (sis. pääoma-, palkka-, polttoaine- ja käyttökustannukset) oli 27 500 euroa normaalien työvuorojen (5 kpl) osalta. Tällöin kuormakohtainen kustannus on: 27.500 € / (5*80) kuormaa = 68,75 €/kuorma.

Laitteen teoreettinen sulatuskapasiteetti:

Laitteen sulatusteho on 16 kuormaa/h ja yhdessä työvuorossa (8 h) sulatetaan noin 128 lumi-kuormaa. Lumensulatuskokeilun kustannus (sis. pääoma-, palkka-, polttoaine- ja käyttökustannukset) oli 27 500 euroa normaalien työvuorojen (5 kpl) osalta. Tällöin kuormakohtainen kustannus on: 27.500 € / (5*128) kuormaa = 42,96 €/kuorma.

CO₂-päästöjen laskenta

Kuljetusten CO₂-ekv laskenta perustui Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmään (www.lipasto.vtt.fi).

Sulatuksen CO₂-ekv laskenta perustui mitattuun laitteen polttoaineen kulutukseen:

- laitteen polttoaine on kevyt polttoöljy
- kokeilun perusteella laskettu polttoaineen keskikulutus on 216 l/h → 1 728 l /vrk, 207 360 l/vuodessa

5.2 Kustannukset

Taulukko 13. Lumen sulatuksen kustannukset. Laskelma perustuu laitteen teoreettiseen sulatuskapasiteettiin (15 360 kuormaa vuodessa)

Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (teoreettisella kapasiteetilla)	Kustannukset €/kuorma	Kustannukset €/vuosi
kuormaus	10	153 600
sulatus	42,97	660 000
hiekoitushiekan ja roskien ajo	0,03	419
tankkiauton ajo	0,55	8 383
YHTEENSÄ	53,54	822 402

Taulukko 14. Lumen ajon kustannukset (15 360 kuormaa vuodessa)

Lumen ajo vastaanottopaikkaan	Kustannukset €/kuorma	Kustannukset €/vuosi
kuormaus	10	153 600
lumen ajo	41,91	643 793
vastaanottomaksu	17,50	268 800
YHTEENSÄ	69,41	1 066 193

Taulukko 15. Lumen sulatuksen kustannukset. Laskelma perustuu kokeilun aikana mitattuun sulatuskapasiteettiin (9 600 kuormaa vuodessa)

Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (mitatulla kapasiteetilla)	Kustannukset €/kuorma	Kustannukset €/vuosi
kuormaus	10	96 000
sulatus	68,75	660 000
hiekoitushiekan ja roskien ajo	0,04	419
tankkiauton ajo	0,87	8 383
YHTEENSÄ	78,79	764 802

Taulukko 16. Lumen ajon kustannukset (9 600 kuormaa vuodessa)

Lumen ajo vastaanottopaikkaan	Kustannukset €/kuorma	Kustannukset €/vuosi
kuormaus	10	96 000
lumen ajo	41,91	402 371
vastaanottomaksu	17,50	168 000
YHTEENSÄ	69,41	666 371

5.3 Kasvihuonekaasupäästöt

Taulukko 17. Lumen sulatuksen kasvihuonekaasupäästöt kokeilussa mitattuun sulatuskapasiteettiin perustuen (9 600 kuormaa vuodessa)

Lumen sulatus siirrettävällä laitteella	Päästöt kg CO ₂ -ekv/kuorma	Päästöt kg CO ₂ -ekv/vuosi
kuormaus	11	101 000
sulatus	66	640 000
hiekoitushiekan ja roskien ajo	13	13
tankkiauton ajo (120 tankkausta/v)	50	4000
YHTEENSÄ	140	745 013

Taulukko 18. Lumen ajon kasvihuonekaasupäästöt (9 600 kuormaa vuodessa)

Lumen ajo vastaanottopaikkaan	Päästöt kg CO ₂ -ekv/kuorma	Päästöt kg CO ₂ -ekv/vuosi
kuormaus	5	50 000
lumen ajo	25	240 000
YHTEENSÄ	30	290 000

5.4 Muut vaikutukset

Muut vaikutukset on kuvattu sanallisesti seuraavassa taulukossa.

Vaikutuksen suuntaa ja suuruutta on kuvattu väriasteikolla:

+/- 0	Ei merkittävää positiivista/negatiivista vaikutusta nykyiseen käytäntöön Helsingin seudulla. Arvioitavien vaihtoehtojen välillä ei merkittävää eroa
Pieni negatiivinen	Vaikutus on Helsingin seudulla kielteinen, mutta pieni. Vaikutusalue on paikallinen/pistemäinen ja/tai vaikutus on väliaikainen /lyhytkestoinen.
Keskisuuri negatiivinen	Vaikutus on Helsingin seudulla keskisuuri kielteinen. Vaikutusalue on pistemäistä laajempi ja/tai vaikutus on pitkäkestoisempi.
Suuri negatiivinen	Vaikutus on Helsingin seudulla suuri negatiivinen. Vaikutusalue on varsin laaja ja/tai vaikutus on pitkäkestoinen/pysyvä.

Vaikutus	Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (Trecan 80-PD)	Lumen ajo vastaanottopaikkaan
Melu	Pienen pyöräkuormaajan ja lumensulatuskoneen aiheuttamat äänet peittyivät lähes kokonaan mittauspisteissä ajoneuvoliikenteen melun alle. Ison pyöräkuormaajan tuottama melu erottui taustamelusta hyvin, sillä se koostui pääasiallisesti pienitaajuisesta moottorimelusta sekä peruutuspiippauksesta ja oli tasoltaan vaihtelevaa. Selvästi muusta melusta erottuva ja vaihteleva melu voidaan kokea lumen-sulatustoimintaa lähimpien asuintalojen kohdalla häiritsevä. Molempien mittauspisteiden mittaustuloksista (58 dB ja 60 dB) ei mittausepävarmuus huomioiden voi sanoa ylittyykö vai alituu ko ohjearvo 55 dB. Arvion mukaan lumensulatuksen melupäästö on pienempi kuin yhden ajossa olevan kuorma-auton melupäästö. Lumensulatuslaitteelle mitattiin äänitehotaso LWA 102 dB. Lisäksi lumensulatuslaitetta syöttää pyöräkuormaaja jonka äänitehotaso on samaa luokkaa sulatuslaitteen kanssa. Tällöin lumensulatuksen melupäästö kokonaisuutena olisi noin LWA 105 dB.	Kuorma-auton melutaso esimerkiksi sen ajaessa 40 km/h on noin 82 dB 10 m etäisyydeltä mitattuna. Tämä on äänen tehotasona LWA noin 110 dB. Paikallaan käynnissä olevan kuorma-auton äänitasosta ei ole juurikaan mittauksia, mutta sen voidaan arvioida olevan enintään 70 dB, jolloin sen äänitehotaso LWA olisi noin 98 dB.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	Pieni negatiivinen	Keskisuuri negatiivinen

Ilmapäästöt	Lumensulatuslaitteen merkittävimmät ilmapäästöt muodostuvat pääpolttimen savukaasuista. Vaikka lumensulatuskonetta ei luokitella polttolaitokseksi, pitoisuuksien suuruusluokkaa verrattaessa pääpolttimen savukaasupitoisuutta voidaan suuntaa antavasti verrata Valtioneuvoston asetukseen 750/2013 <i>polttoaineteholtaan alle 50 MW:n energiantuotantoyksikön ympäristövaatimuksista</i>. Asetuksessa uudelle 1-5 MW:n laitoksen savukaasupäästöille on asetettu raja-arvo 800 mg/m³n (reduoituna 3 % O₂-pitoisuuteen). Lumensulatuslaitteen päämoottorin mitattu arvo alittaa asetuksen raja-arvopitoisuuden, mikä viittaa polttotekniikan olevan päästöiltään öljyn poltolle tyypillistä tasoa. Polttolaitoksiin verrattuna päästökorkeus on matala ja nostetta aiheuttava savukaasujen lämpötila lumensulatuslaitteessa on alhainen jolloin savukaasupäästöjen arvioidaan jäävän suhteellisen matalalle. Polttomoottoreissa pääosa typenoksidaista on typpimonoksidia, jolle ei ole asetettu terveysperusteista raja-arvoa ulkoilmassa. Se hapettuu kuitenkin eri tekijöistä johtuen ulkoilmassa typpidioksidiksi, jolle on asetettu terveysperusteinen yhden tunnin raja-arvo 200 µg/m³n, jonka ylitys sallitaan vuodessa 18 kertaa. Kaupunkialueella typenoksidien raja-arvopitoisuuksien ylityksiä todetaan alueittain. Näillä alueilla typenoksidien lisääntyminen lumen sulatuksesta johtuen voi johtaa raja-arvopitoisuuden ylitykseen taustapitoisuuden ollessa korkealla. Myös laitteen käyttö herkkien väestöryhmien läheisyydessä voi epäsuotuisissa olosuhteissa aiheuttaa terveyshaittaa. Tämä voidaan välttää laitteen sijoittelulla. Typenoksidit ovat veteen niukkaliukoisia, eikä vedellä oleteta lumen läpi purkautuessaan olevan merkitystä ilmapäästöön tai veden laatuun. Lumen sulattaminen paikallisesti lumensulatuslaitteella vähentää raskaan kaluston liikennettä kaupunkialueella, kun lunta ei tarvitse kuljettaa erilliseen vastaanotto- paikkaan. Vähentyneen raskaan liikenteen myötä hiukkaspitoisuudet ja liikenteen pakokaasupäästöt kaupunki-ilmassa pienenevät ja niillä saattaa olla merkittävä paikallista ilmanlaatua parantava vaikutus.	Suomessa suuri osa kaupunki-ilman hengitettävistä hiukkasista on liikenteen maasta nostattamaa katupölyä. Pitoisuudet kohoavat erityisesti maalihuhtikuussa, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat liikenteen nostamina kuivilta kaduilta. Lumen kuljettaminen kuorma-autoilla nostaa pölyä huomattavasti henkilöautoliikennettä enemmän, sillä ajoneuvon nostattama ilmapöyre on verrannollinen ilmanvastuskertoimeen ja otsapinta-alaan. Pölymäisen kannalta lumen kuljettamisen ajoittuminen keväälle on erityisen ongelmallista ja sen vaikutukset paikalliseen ilmanlaatuun voivat olla huomattavat. Tähän verrattuna kuorma-auton savukaasupäästöt ovat merkityksettömiä.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	Pieni negatiivinen	Keskisuuri negatiivinen

Vaikutus	Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (Trecan 80-PD)	Lumen ajo vastaanottopaikkaan
Maankäyttö ja liikenne	Seurannassa olleen Riukutien kohteen noin 120 m²:n tila (työskentelyn alussa) on vielä riittävä tila sulatukseen yhdellä pyöräkuormaajalla. Seurannassa ollut sulatuskone vie vähemmän tilaa kuin kuorma-auto ja siten sulatusta voidaan tehdä pienemässä tilassa kuin lavalle kuormaamista. Seurannan aikana käytettiin molemmissa kohteissa kahta pyöräkuormaajaa, jolloin kasatun lumen sulatus oli tehokkaampaa (toinen pyöräkuormaaja rikkoi kovan lumen). Tällöin tilan tarve on merkittävästi suurempi. Tilakäytön suhteen eniten vaikutuksia on vesien johtamisella viemäriin tai maastoon. Tämä pitää selvittää aina kohdekohtaisesti.	Katualueella toiminta edellyttää pyöräkuormaajan tai lingon liikkumisen ja kuorma-auton tilan. Lumen vastaanottopaikalla toiminnan tilankäyttö on pitkäkestoinen/pysyvä, eikä tilaa voida lähtökohtaisesti käyttää muuhun rakentamiseen tai toimintaan. Nykymenettelyillä vastaanottopaikalla tarvitaan myös vähintään teknistä valvontaa sekä tilaa lumen muokkaamiseen esimerkiksi kaivinkoneella.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	Pieni negatiivinen	Suuri negatiivinen
Turvallisuus	Työturvallisuuslainsäädännössä tie- ja katualueella tehtävä työ luokitellaan vaaralliseksi työksi. Liikennealueella työskentely aiheuttaa vaaroja siellä työskentelevällä ja työskentely aiheuttaa vaaroja muulle liikenteelle. Kuormaustulatuskoneeseen tapahtuu pyöräkuormaajalla, jossa toistuvat edestakainen liike ja suunnanvaihdot. Tämä voi aiheuttaa yllättäviä tilanteita ja häiriötä muulle toiminnalle. Se ei kuitenkaan poikkea merkittävästi normaalista talvihoitotyöstä katualueella. Seurannassa ei havaittu sulatuksen aiheuttavan muita, merkittäviä turvallisuusriskejä. Seurannassa ollut sulatuskone toimi poikkeusluvalla ja sen ehtojen mukaisesti. Työmaahenkilöstöllä tulee olla katualueella työskentelyyn vaadittava osaaminen ja koulutus, ja pääsy työmaalle tulee olla valvottua koko sulatuksen ajan.	Työturvallisuuslainsäädännössä tie- ja katualueella tehtävä työ luokitellaan vaaralliseksi työksi. Liikennealueella työskentely aiheuttaa vaaroja siellä työskentelevällä ja työskentely aiheuttaa vaaroja muulle liikenteelle. Kuormaustulatuskoneeseen tapahtuu pyöräkuormaajalla, jossa toistuvat edestakainen liike ja suunnanvaihdot. Tämä voi aiheuttaa yllättäviä tilanteita ja häiriötä muulle toiminnalle. Se ei kuitenkaan poikkea merkittävästi normaalista talvihoitotyöstä katualueella.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	+/- 0	+/- 0
Aika	Kuormaamiseen kuluva aika on molemmissa vaihtoehtoissa sama (noin 8 minuuttia, Aalto-yliopisto 2011). Yhden lumikuorman (15 m ³) sulattamiseen kuluu noin 6 minuuttia.	Edestakainen ajo kuorman purkuineen loppusijoituspaikkaan kestää 40 minuuttia.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	Pieni negatiivinen	Suuri negatiivinen

Vaikutus	Lumen sulatus siirrettävällä laitteella (Trecan 80-PD)	Lumen ajo vastaanottopaikkaan
Tarvittavat henkilöresurssit	Toimintoihin tarvittava henkilömäärä vähintään 4 henkilöä Tehokas sulatustoiminta edellyttää harjaantumista ja oikeiden menettelyjen opettelua. Työmaahenkilöstöllä tulee olla osaamista ja koulutus katualueella tapahtuvasta hoitotyöstä. Toiminta ei edellytä tilaajaorganisaatiolta erityisosaamista. Syvällisempi tutustuminen sulatuskoneisiin ja sulatukseen on tarpeen ennen palvelun mahdollista kilpailuttamista ja laajamittaista käyttöönottoa.	Toimintoihin tarvittava henkilömäärä vähintään 3 henkilöä Työmaahenkilöstöllä tulee olla osaamista ja koulutus katualueella tapahtuvasta hoitotyöstä.
Vaikutuksen suuruus ja suunta	+/- 0	+/- 0

5.5 Seurannan ja arvioinnin epävarmuustekijät

Päästölaskenta

Päämoottorin kaasujen purkautuminen lumisohjon läpi vaikeutti edustavan näytteen ottoa. Samasta syystä myöskään savukaasujen kokonaisvirtaaman määrittäminen ei onnistunut. Jatkoarvioinneissa näitä voidaan kuitenkin arvioida laskennallisesti. Kuormausten ja kuljetusten päästöissä turvauduttiin osin arvioihin, minkä merkityksen kokonaisuuden kannalta arvioidaan olevan vähäinen.

Sulatuksesta vapautuvien typen oksidien pitoisuutta maanpintatasolla ei tarkasteltu tarkemmin. Tämä voi johtaa osin virheellisiin tulkintoihin päästön merkittävyyydestä maanpintatasolla.

Melumittaus

Ympäristömelumittauksia tehtiin kahdessa mittauspisteessä ympäristön asuintalojen piha-alueilla. Alueen merkittävin melulähde molemmissa mittauspisteissä oli lunta lumikasasta ottava suuri pyöräkuormaaja. Lisäksi ajoneuvoliikenne aiheutti korkean taustamelutason. Lumensulatuskoneen ja siihen lunta nostavan pienen pyöräkuormaajan aiheuttama melu oli mittauspisteissä vain vaivoin erotettavissa.

Mittausten aikana tuulen suunta oli mittauspisteistä kohti lumensulatustoimintaa. Korkeasta taustamelutasosta johtuen lumensulatustoiminnan aiheuttaman keskiaänitason tarkka määrittäminen oli hankalaa. Lisäksi epäsuotuisa tuulensuunta aiheuttaa korkean mittausepävarmuuden.

6. PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET

6.1 Päätelmät

Kokeilun perusteella lumen sulatus siirrettävällä Trecan 80-PD laitteella on verrattavissa normaaliin kaupungin katualueilla tapahtuvaan talvihoitotyöhön. Sulatus ei aiheuta toiminnallisuuden, turvallisuuden tai melun osalta talvihoidosta poikkeavia vaikutuksia kaupunkiympäristöön. Lumen sulattaminen välivarastopaikassa vähentää raskasta ajoneuvoliikennettä kaupunkialueella. Hiukaspitoisuudet ja liikenteen pakokaasupäästöt kaupunki-ilmassa vähenevät, mikä voi parantaa paikallista ilmanlaatua. Lumen sulatustoimintaan liittyviä maankäytöllisiä erityiskysymyksiä ovat, kuinka lumen sulamisvedet johdetaan viemäriin tai ajo-ojaan, ja missä lunta voidaan välivarastoida.

Lumensulatuspalvelun kustannukset laskettiin kokeilun kustannuksista. Laitteen teoreettisen sulatuskapasiteetin perustella sulatus on lumen ajoa edullisempaa: välivarastopaikkaan kasatun lumen ajo vastaanottopaikkaan on lähes 30 % kalliimpaa kuin lumikasan sulattaminen paikan päällä. Kokeilussa mitattu laitteen sulatuskapasiteetti oli kuitenkin noin kolmanneksen pienempi kuin laitteen ilmoitettu teoreettinen kapasiteetti. Tähän vaikutti muun muassa se, että välivarastoon kasattu lumi oli jäistä ja sitä jouduttiin murskaamaan pyöräkuormaajalla ennen laitteen nieluun kuormaamista. Sulatustoiminta keskeytettiin välissä myös mm. hiekka- ja roskasäiliön tyhjentämistä varten. Kokeilussa mitatun laitteen sulatuskapasiteetin perusteella lumen sulatus ja ajo vastaanottopaikkaan ovat vuosikustannuksiltaan samansuuruiset, kun lumen yksisuuntainen ajomatka on noin 10 kilometriä.

Merkittävin yksittäinen ero lumen sulatuksen ja lumenajon välillä on kasvihuonekaasupäästöissä: sulatuksen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 2,5-kertaa suuremmat kuin lumenajon päästöt. Lumen sulatukseen käytetään polttoaineena kevyttä polttoöljyä. Päästöihin voidaan vaikuttaa polttoaineen valinnalla. Mikäli koneen polttoaine vaihdettaisiin maakaasuun tai biokaasuun, vähensivät päästöt huomattavasti. Markkinoilla on tarjolla kaasukäyttöisiä, kaupunkirakenteeseen integroitavia sulatusasemia, johon lunta voidaan aurata suoraan kadulta. Lumensulatusaseman rakentaminen ja sulamisvesien johtaminen on kuitenkin otettava huomioon maankäytössä ja liikennejärjestelyissä: kiinteän aseman toteuttaminen rajoittaa muuta maankäyttöä ja liikennettä alueella enemmän kuin siirrettävä väliaikainen sulatuslaite. Myös lumen aurasalue on kiinteässä asemassa rajatumpi. Polttoainevalinnan vaikutuksia sulatuksen päästöihin tutkitaan parhaillaan rakennusvirastossa käynnissä olevassa lumen vastaanoton vaihtoehdot vuoteen 2050 -selvityksessä.

Ajomatka vaikuttaa arvioituihin kustannuksiin ja päästöihin. Lumen vastaanottopaikkojen määrä Helsingissä on vähentynyt viime vuosikymmeninä johtuen maankäytön tiivistymisestä kaupungin alueella. Kaupunkirakenne on Helsingin yleiskaavaluonnoksen mukaan edelleen tiivistymässä, minkä vuoksi monien nykyisten vastaanottopaikkojen käyttö on jatkossa uhattuna. Tässä selvityksessä lumen edestakainen ajomatka vastaanottopaikalle oli 20 kilometriä. Mikäli lunta joudutaisiin runsaslumisina talvina ajamaan Kehä III:n ulkopuolelle (edestakainen matka 50 km), lumenajon vuosittaiset kustannukset olisivat lumensulatusta 2,5-kertaa suuremmat laitteen teoreettisella sulatuskapasiteetilla laskettuna ja 1,6-kertaa suuremmat laitteen mitatulla kapasiteetilla laskettuna. Mikäli lumen ajomatka on lyhyempi kuin 10 kilometriä, lumen ajo vastaanotto-paikoille on lumen sulatusta kustannustehokkaampaa.

Vaikutusten arvioinnissa vaihtoehdoille yhteisiä toimintoja olivat lumen auraus, kuormausta ja kuljetus välivarastopaikkaan, koneiden tuonti välivarastopaikkaan ja poiskuljetus varikolle. Lumen ajo -vaihtoehdossa ei välttämättä tarvita välivarastopaikkaa, sillä lumi voidaan kuormata auraspenkalta kuorma-autoon ja ajaa suoraan vastaanottopaikkaan. Tämä tarkoittaisi, että lumen sulatusvaihtoon on lisättävä lumen ajo välivarastopaikkaan (n. 1 km). Esimerkiksi 9 600 lumikuorman ajo kilometrin päässä olevaan välivarastoon maksaa vuodessa noin 32 190 euroa ja aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä noin 26 822 kg CO₂ -ekv.

6.2 Suositukset sulatuspalvelun suunnitteluun ja hankintaan

Lumensulatusta suunniteltaessa ja kilpailutettaessa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat.

Lumilogistiikka:

Sulatustoimintaan tarvitaan lumen välivarastopaikka, johon lunta voidaan kasata. Lumikasan viereen tulee olla mahdollista sijoittaa sulatuslaite ja varata riittävä, noin 120 m²:n suuruinen tila sulautustoimintaa ja työskentelyä varten.

Laite tulee sijoittaa niin, että lumen sulamisvedet voidaan johtaa suoraan lähistöllä olevaan viemäriin tai avo-ojaan. Sulamisvettä voidaan myös johtaa muutamia metrejä laitteeseen erikseen asennettavan vesienpoistoputken avulla.

Lumen sulamisvesien viemärointi:

Lumen sulamisvesien johtamisessa viemäriin tulee noudattaa HSY:n ohjeistusta. Sulamisvesien johtamiselle sekavesiviemäriin tarvitaan HSY:n tapauskohtainen lupa. Luvassa on annettu enimmäispitoisuudet sekavesiviemäriin johdettavalle sulatusvedelle.

Alhaisissa (alle -1 °C:n) lämpötiloissa on otettava huomioon, että veden jäätyminen voi aiheuttaa ongelmia sekä nielusta roiskuvan veden, että viemäriin/maastoon johdettavan sulamisveden osalta.

Palvelun kilpailutus:

Palvelun hinta tulee määritellä lumensulatuskokeilua tarkemmin. Urakoitsijaa voidaan esimerkiksi pyytää ilmoittamaan hinta sulatettua kuormaa kohden, jolloin palvelun kustannusta voidaan paremmin verrata lumenajon kustannuksiin.

Sulatuspalvelun tarjoajan soveltuvuusvaatimuksissa voidaan edellyttää palvelun henkilöstön koulutusta ja käytännön kokemusta kadulla työskentelystä. Mitä sujuvammin palvelun toteutukseen osallistuva henkilöstö toimii sulatuksen aikana, sitä suurempi kuomamäärä saadaan tietyssä ajassa sulatettua ja sulatuksen kustannustehokkuus paranee.

Lisäselvitystarpeet kokeilun perusteella:

- Siirrettävän sulatuslaitteen mahdolliset sijoituspaikat kantakaupungin alueella lumilogistiikka huomioon ottaen
- Pidempi sulatuslaitteen kokeilujakso talvikaudella 2015–2016
- Kaupunkirakenteeseen integroidun kaasukäyttöisen sulatusaseman toimintaperiaatteet, kapasiteetti ja mahdolliset sijoituspaikat kantakaupungin alueella lumilogistiikka huomioon ottaen
- Vaihtoehtoiset energianlähteet, joiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pienemmät kuin kevyen polttoöljyn (esim. maakaasu, biokaasu tai muut biopolttoaineet)

Muuta huomioitavaa: Kokeilussa käytetyn laitemallin (Trecan 80-PD) poikkeuslupa liittyen polttoainesäiliöön päättyy 31.12.2015.