

ETELÄ-SUOMEN ALUEHALLINTOVIRASTO

Ympäristölupavastuualue
PL 110
00521 Helsinki

ymparistoluvat.etela@avi.fi

Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös 4.8.2011 (nro 49/2011/1), Korkeimman hallinto-oikeuden päätös 21.1.2015 (taltionro 94)

Finavia Oyj:n selvitys propyleeniglykolin talteenoton tehostamisesta Helsinki-Vantaan lentoasemalla

Etelä-Suomen aluehallintoviraston 4.8.2011 antamassa Helsinki-Vantaan lentoaseman toimintaa koskevassa ympäristölupapäätöksessä (nro 49/2011/1) on edellytetty, että Finavia Oyj tekee aluehallintovirastolle 1.9.2014 mennessä teknis-taloudellisen selvityksen propyleeniglykolin talteenoton tehostamisesta tasolle 85–90 % (lupamääräys 8). Korkein hallinto-oikeus myönsi päätöksellään (taltionro 94, 21.1.2015) lisää aikaa selvityksen toimitamiseen 31.12.2017 asti.

Selvityksen on laatinut Finavia Oyj.

Helsinki-Vantaan lentoasemalla on käytössä kaikki kansainvälisesti tunnetut tehokkaimmat keinot glykolipitoisten vesien keräämiseksi. Jäänpoistotoimintaa on myös viime vuodet keskitetty etäjäänpoistoalueille, jolla on keräystä tehostava vaikutus.

Merkittävä osa lentokoneen jäänestoon käytettävästä glykolista kulkeutuu koneen mukana keräyksen ulottumattomiin kiito- ja rullausteille. Selvityksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että nykyinen glykolin talteenkeräyksen vaatimus 80 % on korkein taso, jolle edes teoriassa on mahdollista päästä.

Finavia katsoo, että nykyisen talteenkeräysvaatimuksen kiristäminen ei ole tarpeellista jäänpoistotoiminnan ympäristövaikutusten hallitsemiseksi. Jäänpoistopaikoilla tapahtuvan keräyksen ulottumattomiin kulkeutuvan glykolin aiheuttamaa kuormitusta vesiin on lentoasemalla vähennetty johtamalla kiitotien 3 hulevedet kiitotien alla oleviin pengeraltaisiin, joissa vedet puhdistuvat biologisesti. Finavia on tehnyt suunnitelmia myös kiitoteiden 1 ja 2 hulevesien kuormituksen hallitsemiseksi. Suunnitelmien toteutus odottaa lainvoimaista lupapäätöstä.

Finavia katsoo, että aluehallintoviraston ei tule tässä vaiheessa ottaa selvitystä glykolin talteenoton tehostamisesta erikseen käsitteelynsä. Selvitystä on tarkasteltava vasta siinä yhteydessä, kun aluehallintovirasto käsittelee seuraavaa Helsinki-Vantaan lentoaseman ympäristölupamääräysten tarkistamishakemusta.

Lisätietoja selvityksestä Finaviassa antaa ympäristöasiantuntija Tuija Hänninen, puhelin 020 708 2327, tuija.hanninen@finavia.fi.

FINAVIA OYJ

Tekniikka & ympäristö



Mikko Viinikainen

Kestävän kehityksen johtaja

Liite

Helsinki-Vantaan lentoasema. Selvitys propyleeniglykolin talteenoton tehostamisesta tasolle 85–90 %, 14.2.2018 Finavia Oyj

Tiedoksi

Uudenmaan ELY-keskus

Tekniikka & ympäristö

Infra ja järjestelmät

Ympäristö

Helsinki-Vantaan lentoasema

Elina Kauppila

FINAVIA OYJ, HELSINKI-VANTAA LENTOASEMA

SELVITYS PROPYLEENIGLYKOLIN TALTEENOTON TEHOSTAMISESTA
TASOLLE 85 – 90 %



FINAVIA

Finavia Oyj

Vantaa

14.2.2018

Hänninen T., Kauppila E.

Finavia Oyj, Helsinki-Vantaan lentoasema, Selvitys propyleeniglykolin talteenoton tehostamisesta tasolle 85 – 90 %.

Finavia Oyj, Vantaa 14.2.2018, 24 s. + liitteet 2 s.

TIIVISTELMÄ

Tämä selvitys on kuvaus lentokoneiden jäänpoistotoiminnasta, propyleeniglykolin talteenkeräyksestä ja mahdollisuuksista kehittää keräyksen tehokkuutta Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Selvityksen laatimista on edellytetty lentoaseman ympäristölupapäätöksessä (ESAVI päätös 49/2011/1, 4.8.2011).

Helsinki-Vantaan lentoasemalla on jo käytössä kaikki tunnetusti tehokkaimmat keinot kerätä glykolipitoisia vesiä: kaikki jäänpoistoon sallitut alueet on liitetty jätevesiviemäriin, kaksi etäjäänpoistoaluetta, väkevän glykoliveden keräys imuriautoilla ja glykolipitoisen lumen keräys jätevesiviemäriin liitetyille sulamisalueille. Etäjäänpoistoalueiden käyttöastetta on kasvatettu vuosien mittaan korkealle tasolle ja viime vuosina alueilla jäänpoisto- ja jäänestoaineista on käytetty 70 – 80 %. Käsittelyjen keskittämällä on ollut suotuista vaikutus glykolin keräystehoon. Aasiaan suuntautuvan lentoliikenteen kehittyminen edellyttää kuitenkin kaukoliikenteen koneiden jäänpoistotoiminnan kasvua terminaalin edustan seisontapaikoilla, joka tulee jonkin verran vähentämään etäjäänpoistoalueiden käyttöastetta.

Glykolin keräyksessä tasolle 85 % tai sen yli ei saatujen tietojen perusteella ole päästy lentoasemilla kuin aivan poikkeuksellisesti. Merkittävä osa käytetystä glykolista kulkeutuu lentokoneen mukana käsittelyalueen ulkopuolelle ja sekoittuu laimentaviin hulevesiin. Kiitoteille kulkeutuvien jäänestoaineiden aiheuttaman kuormituksen hallitsemiseksi Helsinki-Vantaalla on toteutettu ja suunnitteilla erilaisia ratkaisuja, jotka yhdessä jäänpoistopaikoilla tapahtuvan glykolin keräyksen kanssa vähentävät lentoaseman haitallisia vaikutuksia vesiin. Kiitotiellä 3 muodostuvat liukkaudentorjunta-aine- ja jäänestoainepitoiset hulevedet johdetaan kiitotien alla oleviin pengeraltaisiin, joissa kemikaalit hajoavat biologisesti. Finavia on suunnitellut kiitoteiden 1 ja 2 hulevesien laskupuroihin viivytys- ja käsittelyratkaisuja, joilla odotetaan olevan myönteinen vaikutus hulevesien laatuun. Suunnitelmien toteutus odottaa lupaviranomaisen lainvoimaista päätöstä.

Selvityksen perusteella voidaan sanoa, että keräysastevaatimus 80 % on ehdoton maksimi Helsinki-Vantaan lentoasemalla jäänpoistoalueilla tehtävälle glykolikeräilylle myös ihannetapauksessa, jossa kaikki jäänpoistoon käytettävä tyyppin I glykolineste jää käsittelypaikalle ja kaikki jäänestoon käytettävä tyyppin IV glykolineste kulkeutuu lentokoneen mukana.

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	3
2.	KUVAUS LENTOKONEIDEN JÄÄNPOISTO- JA JÄÄNESTOTOIMINNASTA.....	3
2.1	Toimintaa koskevat normit.....	3
2.2	Jäänpoisto	4
2.3	Jäänesto	4
2.4	Toimijat ja kalusto	5
2.5	Toiminnan kehittyminen tulevaisuudessa	5
2.5.1	Jäänpoistot.....	5
2.5.2	Säädäntöä hyödyntäminen jäänestonesteiden suoja-ajan määrittämisessä	5
2.5.3	Mekaanisten menetelmien kehittyminen	6
3.	JÄÄNPOISTOALUEET	6
3.1	Jäänpoistoalueiden sijainnit ja toiminnanohjaus lentoasemalla	6
3.2	Uusien jäänpoistoalueiden suojausrakenteet	7
4.	JÄÄNPOISTO- JA JÄÄNESTOAINEIDEN KULUTUS JA KULKEUTUMINEN	8
4.1	Jäänpoisto- ja jäänestoaineiden kulutus.....	8
4.2	Glykolin kulkeutuminen lentoasema-alueella	11
5.	GLYKOLIN TALTEENKERÄYS JA KERÄYKSEN TEHO	15
5.1	Keräysmenetelmät.....	15
5.2	Glykolivesien määrän ja laadun tarkkailu	16
5.3	Glykolin talteenkeräyksen tehokkuus	17
5.3.1	Helsinki-Vantaan lentoasema	17
5.3.2	Muut lentoasemat	17
5.4	Tarkkailun ja laskennan virhelähteet	18
5.4.1	Muista lähteistä tuleva kuormitus	18
5.4.2	Glykolinesteiden käyttömäärien seuranta	18
5.4.3	Näytteiden analysointi	19
5.4.4	Näytteenotto.....	19
6.	KERÄTTÄVISSÄ OLEVAN GLYKOLIN OSUUS	20
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET	22
Liite 1	Talteenkeräysasteen laskenta	
Liite 2	Kemiallisen hapenkulutuskorkeuden (COD _{Cr}) jakautuminen lentoaseman alueella, vaihtoehtotarkastelu	

1. JOHDANTO

Helsinki-Vantaan lentoaseman ympäristölupapäätöksen (ESAVI päätös 49/2011/1, 4.8.2011) mukaisesti Finavia Oyj:n on kerättävä vähintään 80 % talvikausittain käytettävästä propyleeniglykolistä COD_{Cr}-kuormituksena määritettynä (lupamääräys 8). Lisäksi määräyksessä edellytetään, että Finavia Oyj tekee aluehallintovirastolle 1.9.2014 mennessä teknis-taloudellisen selvityksen propyleeniglykolin talteenoton edelleen tehostamisesta tasolle 85-90 %. Korkein hallinto-oikeus myönsi päätöksellään (taltionro 94, 21.1.2015) lisää aikaa selvityksen toimittamiseen 31.12.2017 asti.

Tämä selvitys on kuvaus lentokoneiden jäänpoistotoiminnasta, propyleeniglykolin talteenkeräyksestä ja mahdollisuuksista kehittää keräyksen tehokkuutta. Selvityksen ovat laatineet ympäristöasiantuntija Tuija Hänninen ja vesienhallintapäällikkö Elina Kauppila Finavia Oyj:stä.

2. KUVAUS LENTOKONEIDEN JÄÄNPOISTO- JA JÄÄNESTOTOIMINNASTA

2.1 Toimintaa koskevat normit

Lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestotoiminta on kylmänä aikana turvallisen lentoliikenteen edellytys. Toiminnan merkityksellisyyttä kuvaa se, että jäänpoisto- ja jäänestonesteitä, menetelmiä, jäänpoistoalueiden suunnittelua ja käyttöä, laitteiden käyttöä sekä henkilöstön koulutusta koskevia määräyksiä ja ohjeita on laadittu useita kymmeniä.

Toiminta pohjautuu kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön ICAO:n antamiin vaatimuksiin ja ohjeistukseen, kuten Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations. Toimintaa säädellään ICAO-dokumentteihin pohjautuvalla Euroopan ilmailun turvallisuusviraston (EASA) määräyksellä "Air Operations (AMC GM1-3 CAT.OP.MPA.250 – Ice and other contaminants – ground procedures)" ja Society of Automotive Engineers (SAE) -standardointijärjestön dokumenteilla, kuten esimerkiksi "ARP4737 Aircraft Deicing/Anti-Icing Methods" ja "AS6258 Aircraft Ground Deicing/Anti-icing Processes". Käsittelyalueiden suunnittelua puolestaan säädellään EASA:n dokumentissa "Certification Specifications (CS) and Guidance Material (GM) for Aerodromes Design" ja SAE-dokumentissa "ARP4902 Design of Aircraft Deicing Facilities".

Lentokoneen valmistaja hyväksyy kullekin konetyypille käytettävät jäänpoiston ja –eston menetelmät. Jokaisella lentoyhtiöllä on oma edellä mainittuihin säädöksiin ja määräyksiin pohjautuva ohjeistuksensa siitä, miten jäänpoisto ja –esto suoritetaan niiden omistamille koneille.

SAE ja International Standards Organization (ISO) määrittelee ja hyväksyy jäänpoistoon ja jäänestoon käytettävät nesteet. Transport Canada hyväksyy SAE:n listalla olevat nesteet lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestotarkoitukseen. Tyypin I nesteille asetetut vaatimukset on esitetty SAE-spesifikaatiossa AMS 1424 ja paksunnetuille tyypin II, III ja IV nesteille asetetut vaatimukset puolestaan SAE-spesifikaatiossa AMS 1428. Kanadan ja Yhdysvaltain ilmailuviranomaiset (Transport Canada ja FAA) julkaisevat vuosittain taulukot jäänestoon käytettävien nesteiden antamista suoja-ajoista eri sääolosuhteissa.

Jäänpoisto- ja jäänestotoimintaa Helsinki-Vantaan lentoasemalla ohjaa lentoaseman määräys ”Ilma-alusten jäänesto ja –poisto” ja toimintaohje ”Ohje jäänpoistotoiminnan järjestämiseksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla”.

2.2 Jäänpoisto

Jäänpoisto on menetelmä, jolla huurre, jää, lumi tai loska poistetaan lentokoneen pinnoilta käyttäen kuumaa jäänpoistonestettä tai mekaanista tapaa, kuten harjausta tai lämmin/kylmäilmapuhallusta.

Mekaanista lumenpoistoa voidaan käyttää erityisesti pienemmille ilma-aluksille ja silloin, kun sataa kuivaa puuterilunta eikä lumi tartu koneen pintaan. Työ on aikaa vievää eikä sitä voida siksi soveltaa vilkkaan liikenteen ja lyhyiden kääntöaikojen¹ puitteissa. Lisäksi menetelmän tulee olla käsiteltävälle konetyypille lentokoneen valmistajan ja lentoyhtiön hyväksymä.

Jäänpoiston menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Kehitystyössä Transport Canada ja FAA ovat johtavassa roolissa.

Jäänpoistoon käytetään yleisimmin kuuman veden ja tyypin I glykolinesteen sekoitusta. Kulloinkin käytettävän jäänpoistonesteseoksen alin glykolipitoisuus määräytyy ilman lämpötilan mukaan. Tilanteissa, joissa ilman lämpötila on yli -3 °C, voidaan normien mukaan jäänpoisto tehdä käyttäen pelkkää kuumaa vettä.

Tehdastoimitettu tyypin I glykolineste sisältää 80 % propyleeniglykolia ja 20% vettä. Nestettä voidaan käyttää sekä jäänpoistoon että huurteenestoon. Nesteen standardinmukainen väri on oranssi.

2.3 Jäänesto

Jäänestokäsittelyllä jään, lumen, loskan tai huurteen muodostuminen ja kasaantuminen lentokoneiden pinnoille voidaan estää tietyksi ajaksi käyttämällä jäänestonestettä. Tarkoitus on estää edellä mainittujen esiintymien muodostuminen ilma-aluksen pinnoille rullauksen aikana tai lentoonlähdössä, jolloin ilma-aluksen oma jäänestomenetelmä ei vielä toimi riittävällä teholla.

Jäänestoon käytetään tyypin II, III tai IV glykolinesteitä, joista Suomessa käytössä on tyypin IV jäänestoneste. Huurteenestoon voidaan käyttää myös tyypin I nestettä. Tehdastoimitettu tyypin IV neste sisältää 50 % propyleeniglykolia, 1-2 % lisäaineita ja loput vettä. Paksunnosaineen avulla neste pysyy ilma-aluksen pinnoilla rullauksen ja lentoonlähdön ajan suojaamassa pintoja jäätymiseltä. Tyypin IV glykolinesteen standardin mukainen väri on vihreä.

Preventiivinen eli ennakoiva jäänestokäsittely voidaan tehdä koneen saavuttua lennolta. Preventiivisellä jäänestokäsittelyllä ehkäistään huurteen muodostuminen tai lumen ja jään kiinnittyminen lentokoneen pintaan sen seisoessa asematasolla. Koneen lähtiessä sille tehdään tarvittaessa jäänpoistokäsittely. Käytettävän glykolinesteen tarve on jäänpoistokäsittelyssä tällöin pienempi kuin normaalisti, sillä lumi ja jää irtoavat koneen pinnasta helpommin.

¹ Aika lentokoneen saapumisesta seisontapaikalle sen lähtöön seuraavalle lennolle.

2.4 Toimijat ja kalusto

Lentoyhtiöt vastaavat jäänpoisto- ja jäänestokäsittelystä omille koneilleen. Käytännössä koneen kapteeni vastaa siitä, että koneelle on tehty olosuhteiden vaatimat käsittelyt.

Maahuolintayritykset suorittavat käsittelyt oman ohjeistuksensa mukaan täydennettynä lentoyhtiön erityisvaatimuksilla. Helsinki-Vantaalla on tällä hetkellä kolme jäänpoistokäsittelyä tekevää yritystä.

Suurimmassa osassa Helsinki-Vantaan lentoasemalla käytettävistä jäänpoistoautoista on järjestelmä, jolla jäänpoistonesteen glykolipitoisuutta voidaan säätää ilman lämpötilan mukaan. Selvitysten mukaan toiminnolla on mahdollista vähentää tyypin I nesteen kulutusta 30 - 50 % verrattuna perinteiseen, esisekoitettua nestettä käyttävään menetelmään. Seoksen säädettävyydestä saatava hyöty on sitä suurempi mitä lauhempi ilmasto on.

Finavia vastaa jäänpoistotoiminnan koordinoinnista ja syksystä 2018 alkaen myös glykolinesteiden hankinnasta Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Lentoasemalla on neljä varastoaluetta, joista jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyistä vastaavat maahuolintayritykset käyvät täyttämässä jäänpoistoautojen säiliöt.

2.5 Toiminnan kehittyminen tulevaisuudessa

Huomattavaa on, että uusien menetelmien soveltaminen edellyttää niiden hyväksyntää kansainvälisissä normeissa ja sisällyttämistä lentoyhtiöiden jäänpoistoa ja –estoa koskevaan ohjeistukseen. Lentoaseman pitäjällä ei ole valtuuksia määrätä sovellettavista jäänpoistotoiminnan menetelmistä.

2.5.1 Jäänpoistoautot

Jäänpoistoautojen valmistajat kehittävät autojen toimintoja jatkuvasti optimoimaan glykolinesteiden kulutusta. Käyttömäärää optimoivia toimintoja ovat glykolin ja veden sekoitussuhteen säätö, tehokkaat puhaltimet lumenpoistoon, ruiskutussuuttimeen asti ulottuva jäänpoistonesteen lämmitys ja valmius tyypin IV nesteen laimentamiseen. Kaluston pitkä käyttöikä, noin 15 - 20 vuotta, hidastaa uusien kehitysversioiden käyttöön saattamista.

2.5.2 Säädatan hyödyntäminen jäänestonesteen suoja-ajan määrittämisessä

Normeissa annetut jäänestonesteiden suoja-ajat² eri säätilanteissa ovat korkealla turvamarginaalilla asetettuja yleistyksiä. Jäänestonesteiden käyttömäärää voidaan vähentää hyödyntämällä säädataa jäänestonesteen suoja-ajan joustavassa määrittämisessä muuttuvissa sääoloissa. Joissakin tilanteissa voidaan järjestelmistä saatavan tiedon pohjalta välttää jäänestonesteen käyttö, jos laskelmat osoittavat jäänpoistossa käytetyn glykolinesteen antavan riittävän suoja-ajan. Optimitalanteessa sähköisillä järjestelmillä voidaan saada merkittävä vähennys tyypin IV nesteen kulutukseen. On lentoyhtiöiden päätettävissä, käyttävätkö ne uusia järjestelmiä suoja-aikojen määrittämisessä.

² Arvioitu aika, jonka jäänestoneste ehkäisee huurteen ja jään muodostumista sekä lumen ja loskan kertymisen suojatuille lentokoneen pinnoille eri sääolosuhteissa

2.5.3 Mekaanisten menetelmien kehittyminen

Paineilmalaitteistoilla voidaan vähentää glykolinesteiden käytön tarvetta jään- ja lumenpoistossa. Laitteita on viime vuosina kehitetty entistä tehokkaammiksi. Satanut irtolumi voidaan poistaa koneen pinnasta pelkällä puhalluksella ja pintaan kiinni jäänyt lumi ja jää puhallukseen yhdistetyllä glykolinestekäsittelyllä. Paineilmalaitteita voidaan asentaa jäänpoistoautoihin myös jälkikäteen. Mekaanisten menetelmien käyttöönottoa rajoittaa se, että ne ovat toistaiseksi enemmän aikaa vieviä kuin nesteellä tapahtuva jäänpoisto.

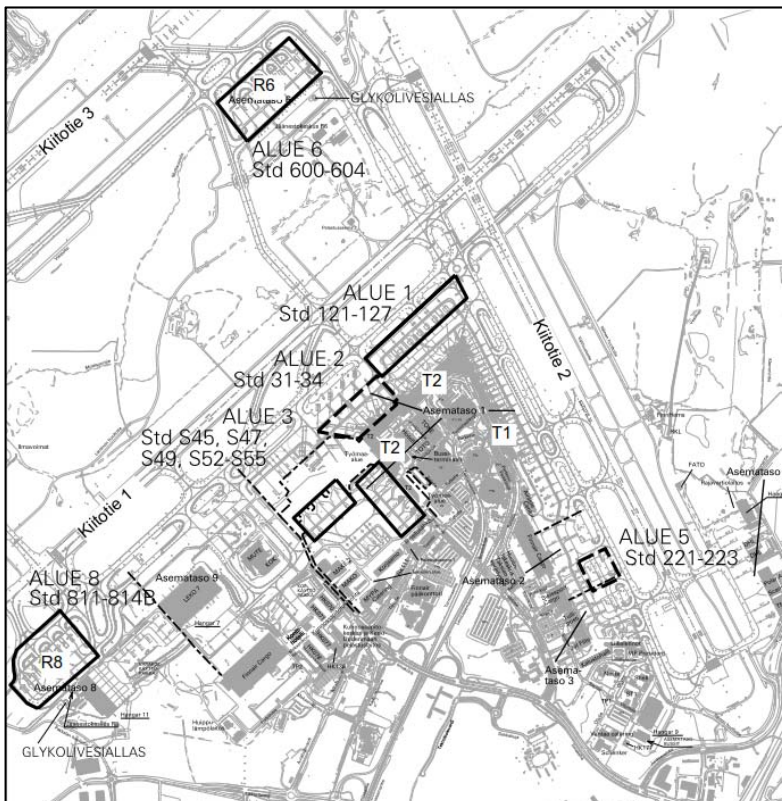
Kiinteitä infrapuna-tekniikkaan perustuvia jäänpoistolaitteistoja on rakennettu muutamille lentoasemille 1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa. Tällä hetkellä yksikään niistä ei ole enää ainakaan säännöllisessä käytössä.

Kehitteillä on kuumaan höyryyn ja infrapunatekniikkaan perustuvia jäänpoistolaitteita, jotka soveltuisivat täydentämään glykolinesteellä tehtävää jäänpoistoa. Laitteita ei ole vielä hyväksytty kansainvälisissä normeissa jäänpoistokäyttöön.

3. JÄÄNPOISTOALUEET

3.1 Jäänpoistoalueiden sijainnit ja toiminnanohjaus lentoasemalla

Helsinki-Vantaan lentoasemalla lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt olivat 1990-luvun alkuun asti sallittuja kaikilla silloisilla asematasoalueilla. Sen jälkeen alueiden käyttöä jäänpoistotoiminnassa on ympäristönsuojelullisista syistä rajoitettu. Sallittujen jäänpoistoalueiden sijainnit ja toiminnan reunaehdot on esitetty lentoaseman määräyksessä ”Ilma-alusten jäänesto ja –poisto”. Nykyisin jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt ovat sallittuja etäjäänpoistoalueilla R6 ja R8 sekä rajatuilla alueilla terminaalien edustalla (kuva 1).



Kuva 1. Jäänpoistoalueet Helsinki-Vantaan lentoasemalla kaudella 2017 - 2018 (Finavia 2017b).

Finavia on aktiivisesti keskittänyt toimintaa etäjäänpoistoalueille R6 ja R8. Alue R6 otettiin käyttöön kaudella 2008-2009, alueen R8 ensimmäinen osa kaudella 2012-2013 ja toinen osa kaudella 2014-2015.

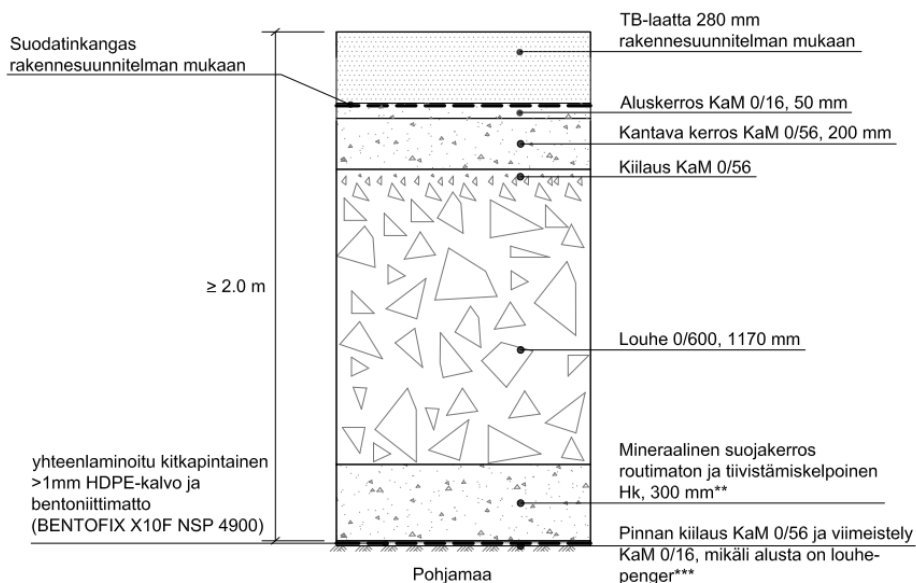
Jäänpoistotoiminnan koordinointi on lentoaseman Apron Controlin vastuulla. Koordinointi on jaettu eri tasoille seuraavasti:

- Jäänpoistokoordinaattori johtaa jäänpoistotoimintaa koko kentällä ja vastaa mm. pilottien jäänpoistotilausten vastaanottamisesta ja välittämisestä maahuolintayrityksille sekä lentokoneen jäänpoistopaikan tai -alueen määrittämisestä.
- Liikennekoordinaattori suunnittelee ja ohjaa jäänpoistotoimintaa etäjäänpoistoalueilla R6 ja R8 ja vastaa mm. jäänpoistopaikan ja rullausohjeiden antamisesta alueelle saapuville koneille ja vapautuksen antamisesta jäänpoistokäsittelyn ja -ilmoituksen jälkeen.
- Aluekoordinaattori seuraa ja valvoo etäjäänpoistoalueilla tapahtuvia jäänpoistoja sekä autojen liikkumista ja vastaa mm. liikkumisohjeiden antamisesta ajoneuvoille ja kaiken toiminnan määräysten mukaisuuden valvonnasta.

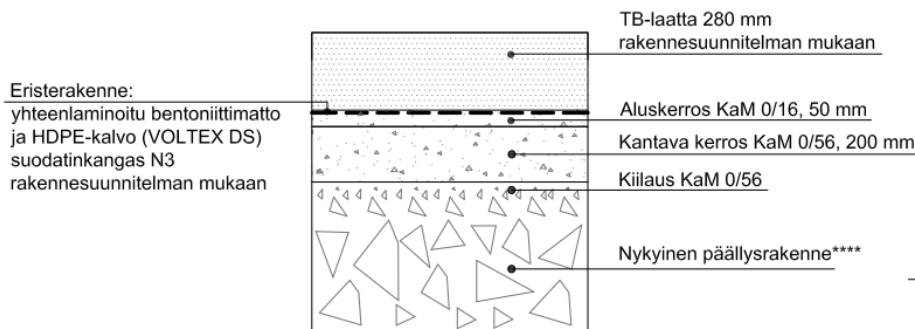
Koordinaattorit kommunikoivat lennonjohdon kanssa sähköisillä lentoonlähdön (CDM Collaborative Decision Making) ja jäänpoiston (WICE) ohjausjärjestelmillä sekä lentokoneen ohjaajan kanssa radiolla ja sähköisillä viestitauluilla. Järjestelmien avulla taataan toiminnan turvallisuutta sekä on saatu tehostettua toimintaa ja nostettua jäänpoistotoiminnan kapasiteettia.

3.2 Uusien jäänpoistoalueiden suojausrakenteet

Finavian sisäisen linjauksen mukaan kaikilla uusilla jäänpoistokäyttöön rakennettavilla asematasoalueilla on oltava laajuudeltaan riittävät maaperää suojaavat kalvorakenteet (HDPE-kalvo + bentoniittimatto; kuva 2) tai maaperäsuojausella varustettu betonilaatta (betonilaatan alla on bentoniitti ja HDPE-kalvon muodostama yhdistelmä rakenne; kuva 3). Helsinki-Vantaalla käynnissä olevaan kehityshankkeeseen (VLK) liittyvän terminaalien T2 laajennuksen yhteydessä rakennetut uudet seisontapaikat on varustettu kalvorakenteilla.



Kuva 2. Betonipäällysteiset lentoliikennealueet, joille tehdään eristerakenne 2 m syvyyteen ja uudet rakennekerrokset (tyyppikuva VLK-hankkeen suunnitelmista).



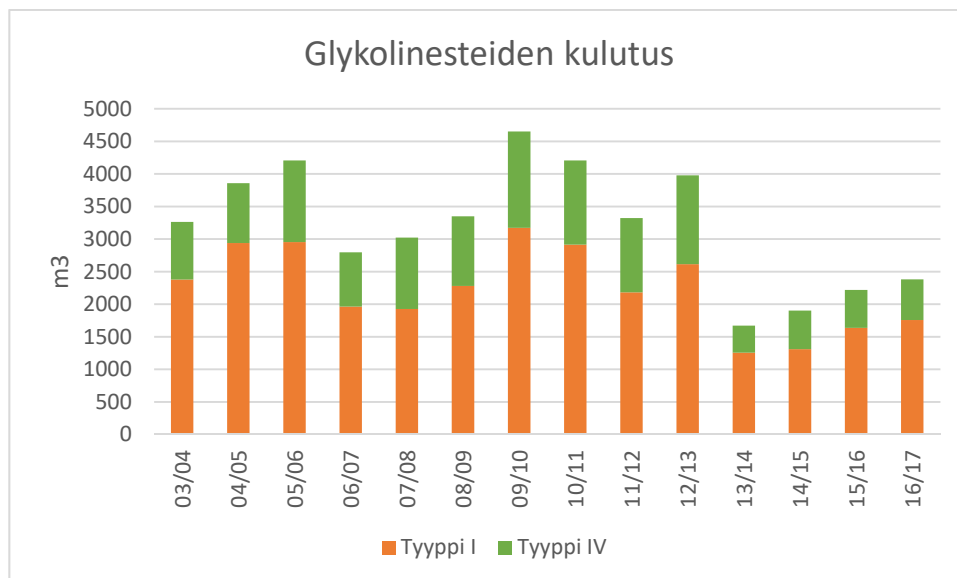
Kuva 3. Betonipäällysteiset lentoliikennealueet, joille tehdään eristerakenne ja osittain uudet rakennekerrokset (tyyppikuva VLK-hankkeen suunnitelmista).

Finavian toimintaohjeistuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota jäänpoistoalueiden päällysteen tiiviyyteen. Päällystetyt alueet tarkastetaan ja havaitut halkeamat korjataan vuosittain.

4. JÄÄNPOISTO- JA JÄÄNESTOAINEIDEN KULUTUS JA KULKEUTUMINEN

4.1 Jäänpoisto- ja jäänestoaineiden kulutus

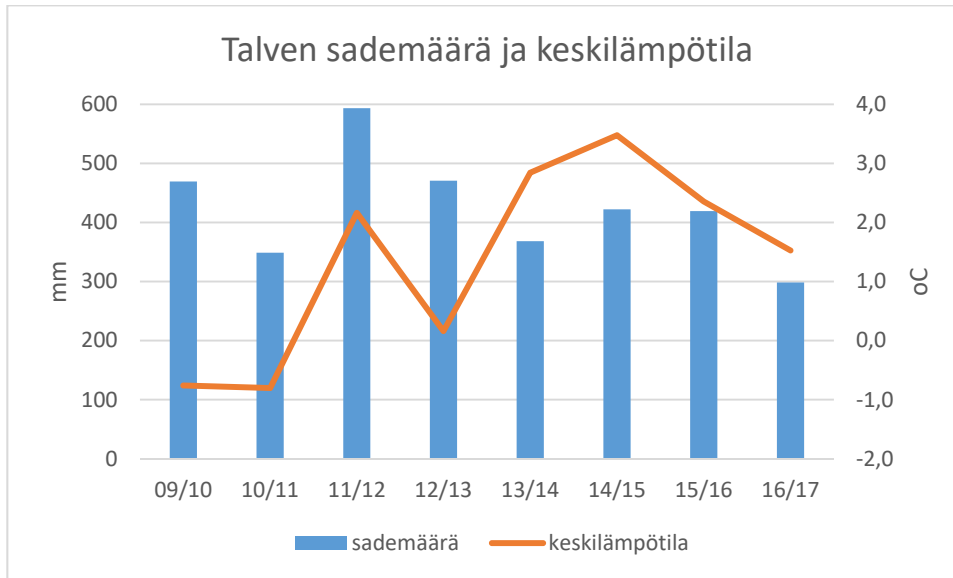
Lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestoaineiden (glykolinesteiden) kulutusmääriä on seurattu nestetyypeittäin syksystä 2003 alkaen. Glykolinesteiden kokonaiskäyttömäärä on vaihdellut välillä 1 600 – 4 600 m³ ja on ollut viimeisten neljän talvikauden aikana selvästi aiempaa pienempi (kuva 4). Tyyppin IV nesteen kulutuksen osuus on ollut 23 - 36 %.



Kuva 4. Jäänpoistoaineiden (tyyppi I) ja jäänestoaineiden (tyyppi IV) kulutus Helsinki-Vantaan lentoasemalla talvikausina 2003/2014 – 2016/2017.

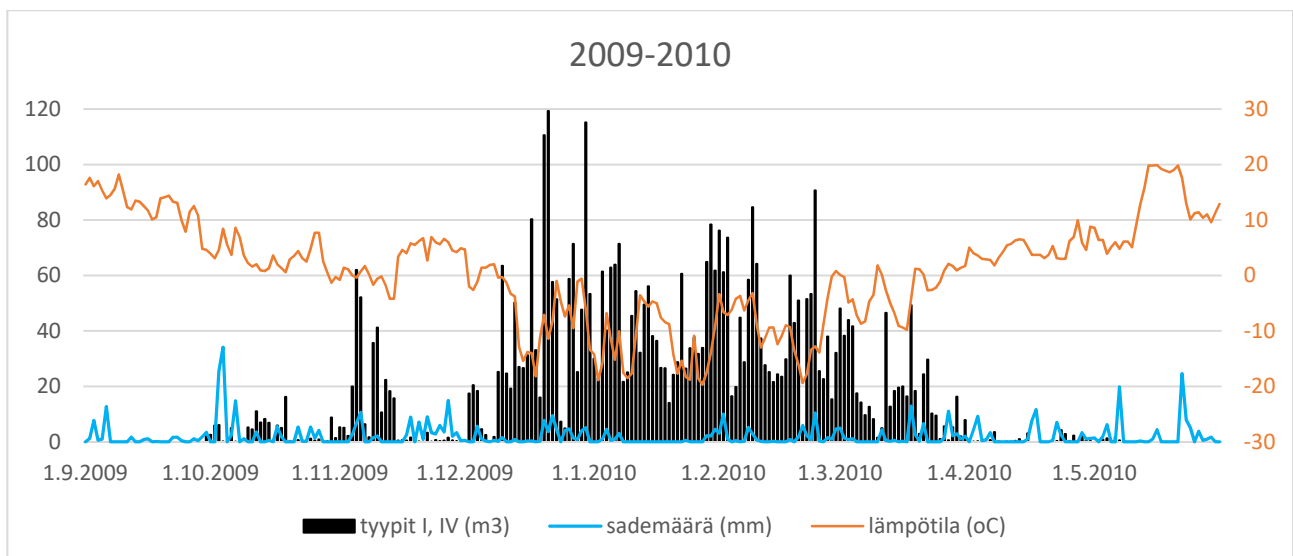
Glykolinesteiden kulutukseen vaikuttaa liikennemäärien lisäksi paljon talven kylmyys ja sateisuus. Kuvassa 5 on esitetty talven (syys-huhtikuu) sademäärä ja keskilämpötila Helsinki-Vantaan

lentoasemalla. Vertaamalla kuvia 4 ja 5 voidaan päätellä, että talven keskilämpötilalla on sademäärää suurempi vaikutus glykolinesteiden kokonaiskulutukseen. Talvella 2009-2010, jolloin sademäärä oli keskimääräistä suurempi ja keskilämpötila alhainen, oli glykolinesteiden käyttömäärä seurantahistorian suurin. Sen sijaan talvella 2011-2012, vaikka sademäärä oli viime vuosien suurin, ei glykolinesteiden käyttö kohonnut erityisen suureksi keskilämpötilan ollessa korkea.

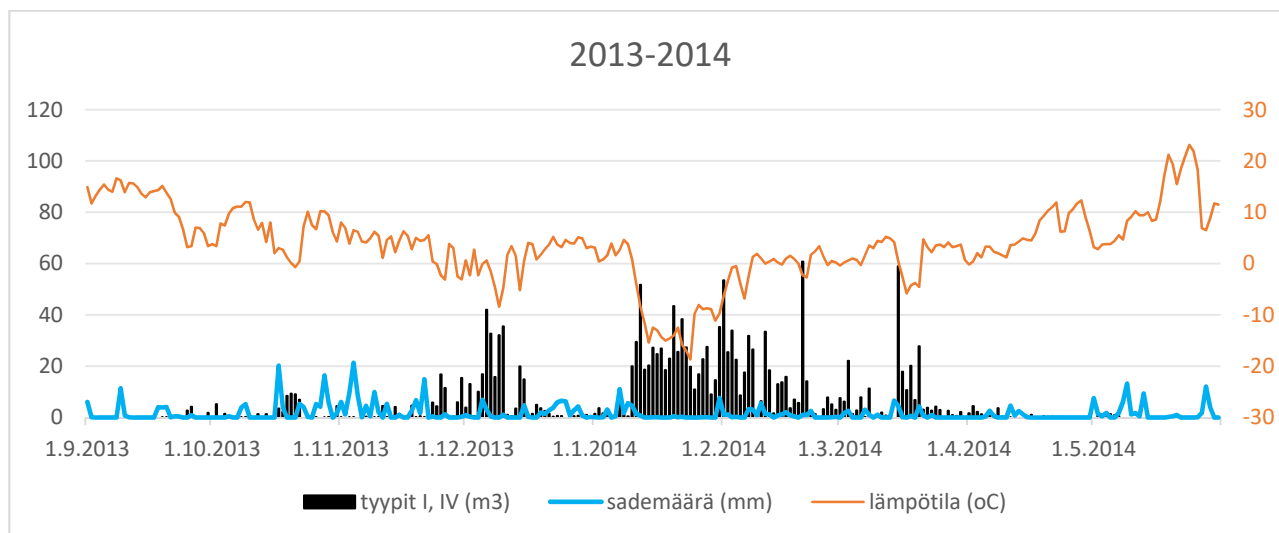


Kuva 5. Talven sademäärä ja keskilämpötila Helsinki-Vantaalla talvikausina 2009/2010 – 2016/2017.

Kuvissa 6 ja 7 on esitetty glykolinesteiden päiväkohtaiset kulutukset kahden erityyppisen talven aikana. Glykolinesteiden käyttömäärä oli seurantahistorian korkein talvella 2009-2010, jolloin oli pitkä pakkasjakso ja sademäärä oli kohtalainen (kuva 6). Sen sijaan talvi 2013-2014 oli lauha ja keskimääräistä vähäsateisempi ja glykolinesteiden kulutus oli noin kolmannes talven 2009-2010 kulutuksesta (kuva 7).

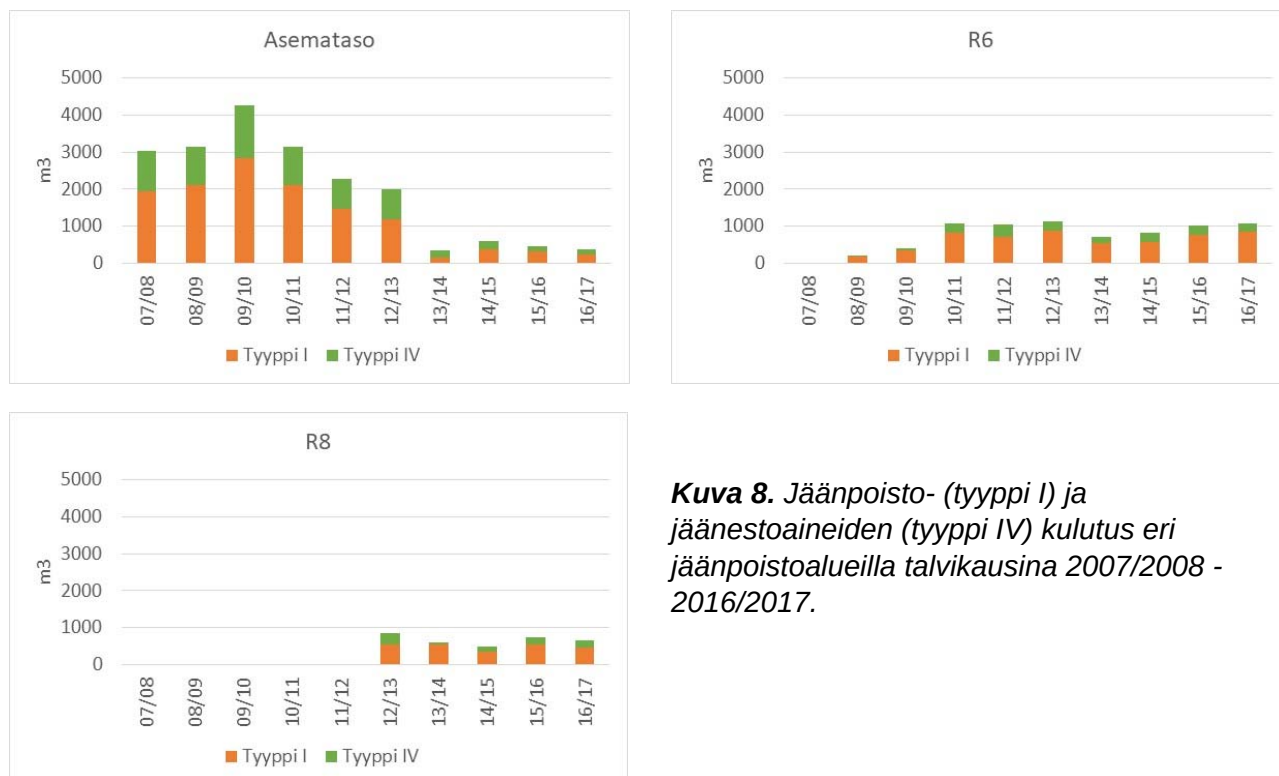


Kuva 6. Päiväkohtainen jäänpoisto- ja jäänestoaineiden yhteenlaskettu kulutus (tyypit I ja IV), sademäärä ja vuorokauden keskilämpötila talvikaudella 2009-2010



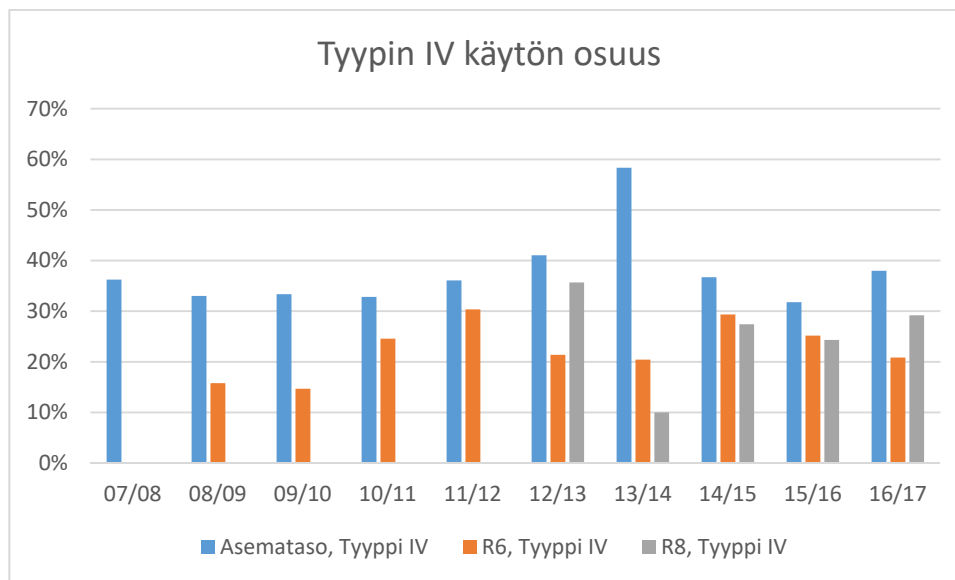
Kuva 7. Päivakohtainen jäänpoisto- ja jäänestoaineiden yhteenlaskettu kulutus (tyypit I ja IV), sademäärä ja vuorokauden keskilämpötila talvikaudella 2013-2014.

Etäjäänpoistoalueita R6 ja R8 käytetään huurteenpoistokaudella talvikauden alussa ja lopussa pääasiallisina käsittelyalueina. Jäänpoistokaudella etäjäänpoistoalueella R6 käsitellään kiitotieltä 3 lounaaseen (22R) ja kiitotieltä 2 etelään (15) lähteviä lentokoneita. Alueella R8 käsitellään ensisijassa kiitotieltä 1 koilliseen (04R) lähteviä lentokoneita. Lentoaseman ohjeistuksen mukaan käsittelyt pyritään kohdentamaan etäjäänpoistoalueille R6 ja R8 kulloinkin käytössä olevan kiitotien mukaisesti (Finavia 2017a). Kuvassa 8 on esitetty jäänpoisto- ja jäänestoaineiden käyttömäärät eri jäänpoistoalueilla. Toiminnan siirtäminen etäjäänpoistoalueille on jakanut glykolin kulutusta ja siitä aiheutuvaa kuormitusta lentoasema-alueella eri tavoin aiempaan verraten. Erityisesti etäjäänpoistoalueen R8 käyttöönoton jälkeen 2012 käsittelyjen määrä ja glykolikulutus on vähentynyt merkittävästi terminaalien edustan asematasoalueilla.



Kuva 8. Jäänpoisto- (tyyppi I) ja jäänestoaineiden (tyyppi IV) kulutus eri jäänpoistoalueilla talvikausina 2007/2008 - 2016/2017.

Pienemmästä etäisyydestä kiitotielle johtuen etäjäänpoistoalueilla käsiteltäville lentokoneille jäänestonesteen suoja-aikavaatimus on lyhyempi kuin terminallin edustalla käsiteltäville lentokoneille. Tilanteita, joissa jäänestoon voidaan käyttää tyypin I nestettä tai jäänestoa ei tarvita, on etäjäänpoistoalueilla siksi useammin. Tästä johtuen jäänestoon käytettävän tyypin IV glykolinesteen kulutuksen osuus on viime talvina ollut 7-10 % pienempi etäjäänpoistoalueilla kuin asematasolla tapahtuneissa käsittelyissä (kuva 9).



Kuva 9. Jäänestoaineen (tyyppi IV) kulutuksen osuus eri käsittelyalueilla talvikausina 2010/2011 - 2016/2017.

4.2 Glykolin kulkeutuminen lentoasema-alueella

Jäänpoisto- ja jäänestoaineista osa jää käsittelyalueelle ja osa kulkeutuu pois käsittelyalueilta. Glykoluormituksen kulkeutumiseen käsittelyalueen ulkopuolelle vaikuttaa käytetty nestetyyppi, tuuliolosuhteet ja liikenne käsittelyalueella. Jäänpoistoon käytettävä tyypin I neste jää enimmäkseen käsittelypaikalle. Sen sijaan jäänestoon tarkoitettu, paksunnettu tyypin IV neste tarttuu lentokoneen pintaan ja kulkeutuu sen mukana rullausreitille ja kiitotielle. Osa käsittelypaikalle jääneestä glykolinesteestä kulkeutuu maa-ajoneuvojen renkaissa, tuulen mukana tai lentokoneen moottoreiden puhalluksesta keräyksen ulottumattomiin. Tämän ns. karanteenin glykolin osuudesta on esitetty erilaisia arvioita, jotka vaihtelevat välillä 20 – 60 % käytetyn glykolin kokonaismäärästä (ACRP Report 14, 2009).

Kanadan ilmailuviranomainen Transport Canada on selvittänyt glykolinesteiden kulkeutumista lentoasema-alueella 1990-luvun puolivälissä. Tulosten perusteella 75 - 80 % tyypin I glykolinesteestä jää käsittelypaikalle. Tyypin IV nesteestä todetaan, että pääosa glykolinesteestä kiinnittyy lentokoneen pintaan ja kulkeutuu rullaus- ja kiitotielle. (Switzenbaum et al., 1999)

USA:n ympäristöviraston US EPA:n raportissaan esittämän yleistyksen mukaan 75 % tyypin I glykolinesteestä tippuu koneen pinnalta käsittelypaikalle ja tyypin IV nesteestä vain 10 % (US EPA 2012b). EPA:n arvio perustuu edellä mainittuun Transport Canadan selvitykseen.

Finnair on tehnyt testejä 2000-luvun alussa tyypin IV nesteen kiinnittymisestä koneen pintaan. Testeissä todettiin, että tyypin IV nesteestä noin 20 % jää käsittelypaikalle ja 80 % kiinnittyy koneen pintaan. Tyypin I nesteestä arvioidaan jäävän käsittelypaikalle 85 %. Testausten tulokset on esitelty

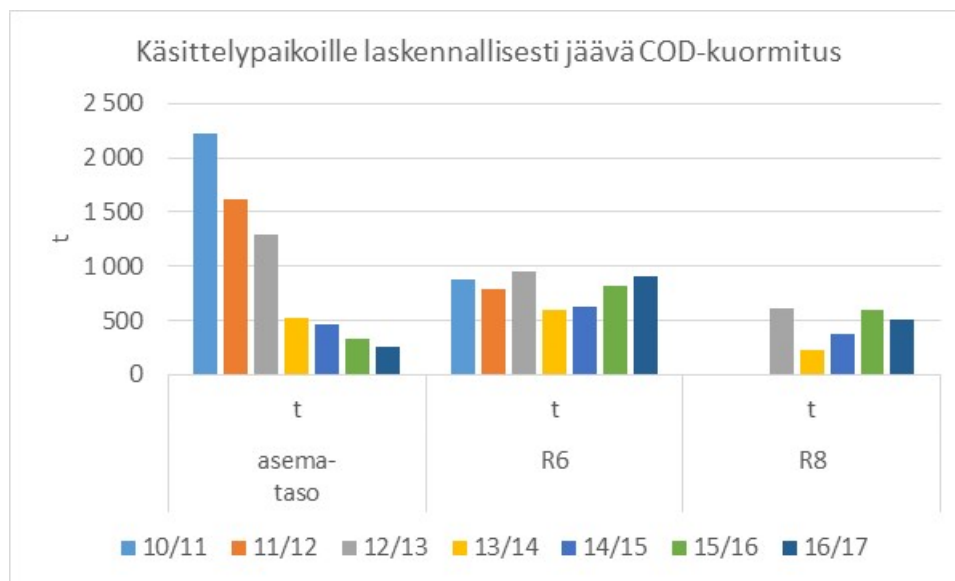
Euroopan lentoyhtiöiden liiton AEA:n jäänpoiston työryhmässä ja tulosten perusteella on korjattu lentokonetyyppien jäänestoon käytäviä litramääriä. (Fieandt 2017)

Finnairin selvitys on tehty Helsinki-Vantaalla, joten tuloksia voidaan pitää Suomen oloissa tarkempana yleistysenä kuin US EPA:n tai Transport Canadian arvioita.

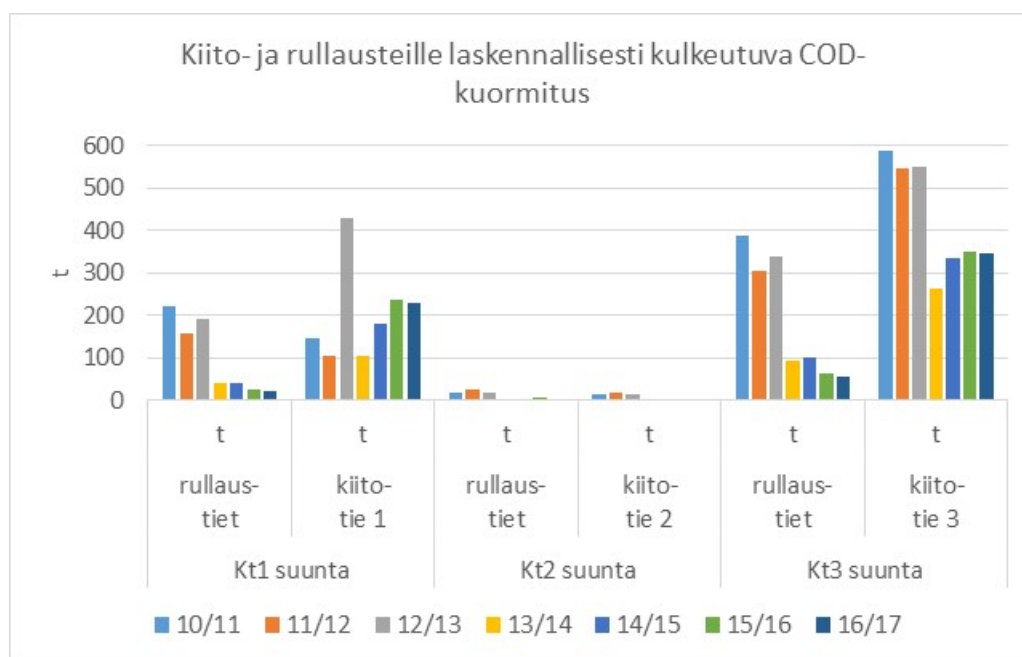
Trafi on tutkinut jäänestoaineen (tyyppi IV) kiinnittymistä ja irtoamista koneen pinnasta rullauksen ja lähtökiihdytyksen aikana (Koivisto 2013). Nopeudella on vaikutusta nesteeseen pysyvyyteen koneen pinnassa. Hyvin alhaisilla nopeuksilla irtoamista ei tapahdu, mutta jo nopeudella 15 m/s (50 km/h) merkittävä määrä jäänestonesteestä irtoaa ilmapirran mukana. Tuulitunnelissa tehdyn tutkimuksen mukaan koneen rullatessa yli 4 minuutin ajan nopeudella 50 km/h (30 kt) alkaa jäänestoaine irrota koneen pinnasta merkittävästi ja 7 minuutin rullausajan jälkeen 50 - 60 % koneen pinnassa olevasta tyypin IV nesteestä on irronnut. Loput 40 - 50 % jäänestonesteestä irtoaa lähtökiihdytyksessä kiitotiellä. Todellisuudessa Helsinki-Vantaalla lentokoneen lähtiessä rullausnopeus ei aina kohoa kovin suureksi. Asematasoalueilla suurin sallittu nopeus on 30 km/h. Suurimmat rullausnopeudet Helsinki-Vantaalla ovat pitkillä rullausteillä. Toisaalta myös alhaisempi rullausnopeus yhdessä kovan tuulen kanssa kiihdyttää jäänestoaineen irtoamista koneen pinnasta. Etäjäänpoistoalueilta rullausmatkat ovat lyhyitä ja rullausnopeudet alhaisia, jolloin suhteessa suurempi osuus etäjäänpoistoalueilla käytetystä jäänestoaineesta päättyy kiitoteille.

Osion lentoasemalla on selvitetty glykolin kulkeutumista lentokoneen mukana kiitotielle ja sen ympäristöön (Øvestedal, Wejden 2007). Glykolin kulkeutumista tutkittiin analysoimalla lumen glykolipitoisuutta sivusuunnassa 5-30 m etäisyydelle kiitotien reunasta koko sen pituudelta. Johtopäätöksenä oli, että kiitotien reunoille päätyy noin 10 % käytetyn glykolin kokonaismäärästä. Kiitotien pituussuunnassa suurin glykolin aiheuttama kuormitus havaittiin olevan 400 – 1 000 metriä lähtöpisteestä. Koneen pinnassa oleva jäänestoaine irtoaa kiitotiepitouden ensimmäisellä kolmanneksella. Tutkimuksessa selvitettiin väriaineiden pitoisuuksien perusteella eri tyypin nesteiden osuutta kuormituksesta. Kiitotielle päätyvä glykolineste on enimmäkseen jäänestoinetta (tyyppi II/tyyppi IV).

Kuvissa 10 ja 11 on esitetty glykolin aiheuttaman COD-kuormituksen arvioitu jakautuminen lentoliikennealueille. Laskennassa on Finnairin ja Trafin selvityksissä esitetyn mukaisesti oletettu, että 85 % tyypin I nesteestä ja 20 % tyypin IV nesteestä jää käsittelyalueelle ja loput kulkeutuu koneen mukana rullaus- ja kiitoteille suhteessa 60 % / 40 %. Asematasolla tehtyjen käsittelyjen glykolikuorma on jaettu eri kiitotiesuuntiin käsittelykauden lentoonlähtöjen jakautumisen suhteessa. Lyhyestä rullausmatkasta johtuen etäjäänpoistoalueelta R6 lentokoneen mukana lähtevä glykolikuormitus on laskettu kulkeutuvan kokonaan kiitotielle 3 ja alueelta R8 kiitotielle 1. Suurin glykolin aiheuttama kuormitus kohdistuu jäänpoistoalueille. Kiitoteistä suurin kuormitus kohdistuu kiitotielle 3.



Kuva 10. Laskennallisesti jäänpoistoalueille jäävän glykolin aiheuttama COD-kuormitus talvikausina 2010/2011 - 2016/2017. R6, R8=etäjäänpoistoalueet.



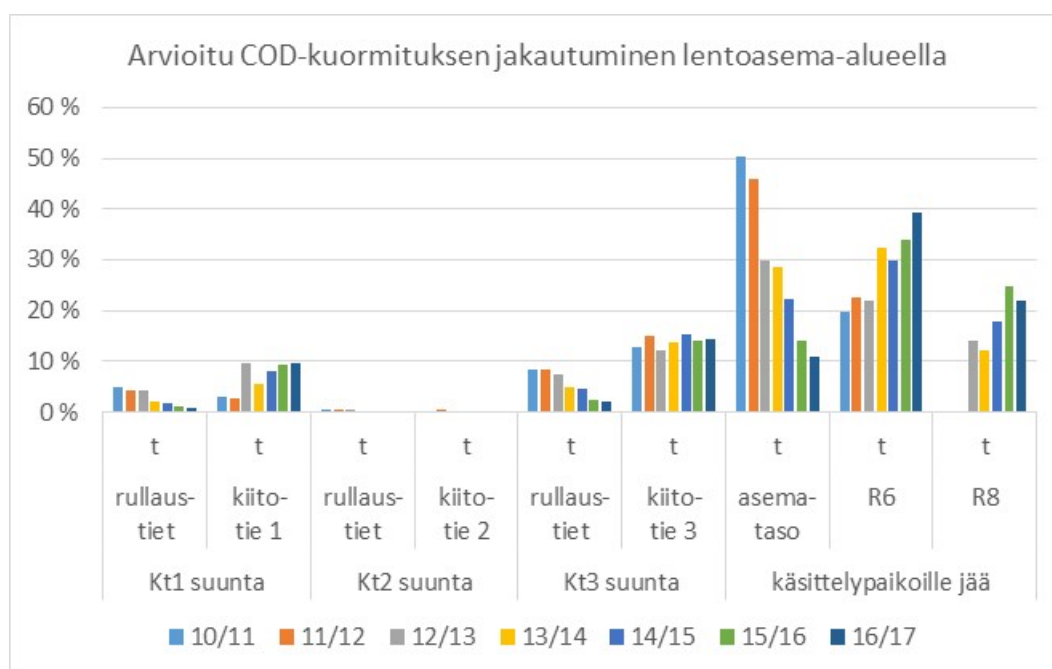
Kuva 11. Laskennallisesti kiito- ja rullausteille kulkeutuva glykolin aiheuttama COD-kuormitus talvikausina 2010/2011 - 2016/2017.

Kiitoteille kulkeutuvien jäänestoaineiden aiheuttaman kuormituksen hallitsemiseksi ja ympäristövaikutusten vähentämiseksi Helsinki-Vantaalla on toteutettu ja suunnitteilla erilaisia ratkaisuja. Kiitotieltä 3 liukkaudentorjunta- ja jäänestoainepitoiset hulevedet johdetaan kiitotien alla oleviin kahteen louhetäynteeseen pengeraltaaseen, jossa kemikaalipitoiset vedet puhdistuvat biologisesti. Pengeraltaat on toteutettu kiitotien rakentamisen yhteydessä. Altaiden pohja on tiivistetty luonnonsavella ja bentoniitilla sekä osin käyttäen HDPE-kalvoa ja bentoniittimattoja. Suojaus vastaa kaatopaikkarakenteiden tiiveysvaatimuksia. Altaiden tiiveys on varmistettu vuonna 2012 tehdyillä tutkimuksilla (Kiitotien 3 pengeraltaiden tiiveyden ja pengerallasvesien sadetusalueen tutkimus, Ramboll Finland Oy 2012). Pengeraltaiden toimintaa on parannettu 2008 asentamalla

altaisiin vettä ilmastavat ejektoripumput. Mittava altaiden toiminnan tutkimus on tehty vuosina 2016-2017 (Pengeraltaiden toimivuuden ja puhdistustehon selvitys, Vahanen Environment Oy 2018).

Finavia on tehnyt suunnitelmia kiitoteillä 1 ja 2 muodostuvien ja lentoasemaa ympäröiviin puroihin purkautuvien hulevesien määrän ja laadun hallitsemiseksi. Vesien määrää hallitaan tulva-altailla ja vesien käsittely perustuu aineiden biologiseen hajoamiseen biosuodatusalueilla ja maanalaisissa kosteikoissa. Käsittelyjärjestelmien toteutus odottaa lupaviranomaisen lainvoimaista päätöstä.

Kuvassa 12 on esitetty käytetyistä glykolinesteistä aiheutuvan COD-kuormituksen arvioitu jakautuminen (%) lentoasema-alueella. Etäjäänpoistoalueiden käytön lisääntyttä glykoluormitus on vähentynyt rullausteillä ja alueen R8 käyttöönoton jälkeen kiitotielle 1 kulkeutuvan kuormituksen osuus on kasvanut. Vastaavasti kiitotien 1 rullausteille kulkeutuva kuormitus on vähentynyt. Nykytilanteessa suurin kuormitus kohdistuu etäjäänpoistoalueille R6 ja R8 (40 % ja 20 % kokonaiskuormituksesta). Käsittelyalueiden ulkopuolella suurin kuormitus päättyy kiitotielle 3 ja sille johtaville rullausteille, yhteensä noin 15 %.



Kuva 12. Arvioitu COD-kuormituksen jakautuminen lentoasema-alueella talvikausina 2010/2011 - 2016/2017. R6, R8 = etäjäänpoistoalueet.

Tulevina vuosina terminaalin edustan asematasoilla tehtävät jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt jälleen lisääntyvät, kun terminaalin T2 ja sen asematason laajennukset valmistuvat. Jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt ovat sallittuja niin sanotun Non Schengen –terminaalin (osa terminaalista T2) edustan maaperäsuojauksilla varustetuilla seisontapaikoilla. Paikoilla pysäköidään pääasiassa laajarunkokoneita.

Laajarunkokoneiden jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt Non Schengen -terminaalin edustan seisontapaikoilla ovat välttämättömiä Aasian liikenteen järjestelmän toimivuudelle ja Helsinki-Vantaan aseman jatkuvuudelle Pohjois-Euroopan johtavana vaihtoasemana Euroopan ja Aasian välisessä lentoliikenteessä. Suuri osa Aasian liikenteen koneista lähtee puolen tunnin kuluessa klo 17 jälkeen. Kummallakin etäjäänpoistoalueella on vain yksi laajarunkokoneelle mitoitettu paikka, joten kaikkien Aasian liikenteen koneiden ohjaus jäänpoistoon etäalueille on mahdotonta. Tämän vuoksi terminaalin laajennuksen yhteydessä rakennetut seisontapaikat on tehty vastaamaan Finavian nykyisiä, jäänpoistoalueille asetettuja ympäristövaatimuksia (ks. luku 3.2).

5. GLYKOLIN TALTEENKERÄYS JA KERÄYKSEN TEHO

5.1 Keräysmenetelmät

Glykolipitoisten hulevesien keräys ja johtaminen jätevedenpuhdistamolle aloitettiin Helsinki-Vantaan lentoasemalla vuonna 1986, jolloin osa asematason hulevesiviemäreistä yhdistettiin jätevesiviemäriin. Vuosien mittaan viemärointiä on laajennettu ja pumppaamoja rakennettu lisää. Vuodesta 2008 alkaen kaikki jäänpoistokäsittelyt on tehty jätevesiviemäriin liitetyillä alueilla.

Vuodesta 1994 alkaen glykolivesien keräyksessä on käytetty imuriautoja, joilla glykolipitoinen vesi saadaan talteen väkevänä (glykolipitoisuus 10 – 20 %) ja voidaan hyödyntää mädättämöllä tai jäteveden puhdistamon typenpoistoprosessissa. Glykoliveden keräyksessä käytettävät imuriautot ovat lentoasemakäyttöön räätälöityjä.

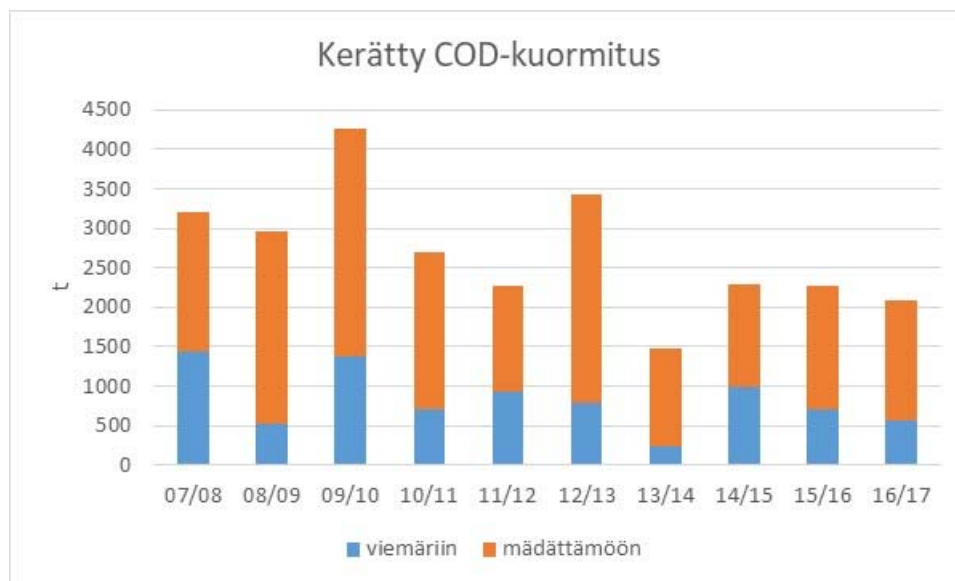
Glykolipitoisen lumenkeräys jäänpoistoalueilta on aloitettu vuonna 1997, jolloin rakennettiin ensimmäinen jätevesiviemäriin liitetty glykolilumen sulamisalue (lumialue 1). Alue on poistettu käytöstä vuonna 2013 lentoaseman kehityshankkeen tieltä. Toinen lumialue (lumialue 2) rakennettiin vuonna 2000. Etäjäänpoistoalueiden R6 ja R8 yhteyteen on niiltä kerättäville lumille rakennettu omat sulamisalueet.

Jäänpoisto- ja asematasoalueilta viemäriin johdettu vesimäärä on kasvanut 2000-luvulla tapahtuneiden viemärointiä laajennuksen myötä. Kausittain käsittelyyn kerätty vesimäärä on ollut viime vuosina 250 000 – 430 000 m³, josta imuriautoilla mädättämöön kerätty vesimäärä on ollut 2 – 8 % (kuva 13).



Kuva 13. Talteen kerätty vesimäärä talvikausilla 2007/2008 - 2016/2017.

Talteen kerätyn COD-kuormituksen määrä riippuu jäänpoistonesteiden kulutuksen määrästä ja keräyksen tehosta. Kausittain kerätyn COD-kuormituksen määrä on ollut 1 500 – 4 300 tonnia, josta mädättämöön toimitetun kuormituksen osuus on ollut 55 – 84 %. Viime vuosina kerätyn COD-kuormituksen määrä on hieman vähentynyt, joka johtuu glykolinesteiden pienemmästä kulutuksesta kausilla 2013/2014 - 2016/2017 (kuva 14).



Kuva 14. Talteen kerätty COD-kuormitus talvikausilla 2007/2008 - 2016/2017.

Eri tavoin kerättyjen glykolivesien määrät ja sen sisältämä kuormitus on esitetty Helsinki-Vantaan lentoaseman glykolivesien, pintavesien ja pohjavesien tarkkailun vuosiraporteissa.

5.2 Glykolivesien määrän ja laadun tarkkailu

Jätevesiviemäriin johdettavan glykoliveden määrää ja laatua seurataan glykolivesipumppaamoilla, joita lentoasemalla on tällä hetkellä kuusi. Glykoliveden laatua seurataan pumppaamoilta 2-4 kertaa kuukaudessa otettavilla näytteillä. Isommilta pumppaamoilta näyte otetaan vuorokauden kokoomanäytteenä, kiitotien 2 eteläpään glykolilumialueelta ja pienemmiltä glykolivesipumppaamoilta kantanäytteenä. Jätevesiviemäriin johdettu vesimäärä saadaan pumppaamojen virtausmittareilla. Mittarit ovat etäluennassa ja luentatulokset varmistetaan kirjaamalla mittarilukema ylös näytteenoton yhteydessä. Virtausmittarit huolletaan kerran vuodessa.

Imuriautoilla kerätty glykolivesi kuljetetaan lentoasemalla olevista varastoista säiliöautolla käsittelyyn. Vesimäärä lasketaan kuormien lukumäärän ja auton säiliötilavuuden perusteella. Väkevien glykolivesien varastoista on pinnankorkeusmittaus, jonka perusteella voidaan varmistaa ajettujen kuormien lukumäärä. Veden laatua varastoista tarkkaillaan viikon välein otettavilla kantanäytteillä. Vettä sekoitetaan pumpulla ennen näytteenottoa, jotta saadaan mahdollisimman edustava näyte.

Näytteistä analysoidaan kiintoaine, pH, sähkönjohtavuus, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Cr}), biologinen hapenkulutus (BOD_7), orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ja ravinteet (typpi ja fosfori).

Glykolivesien tarkkailun tulokset raportoidaan vesitarkkailun vuosiraportissa.

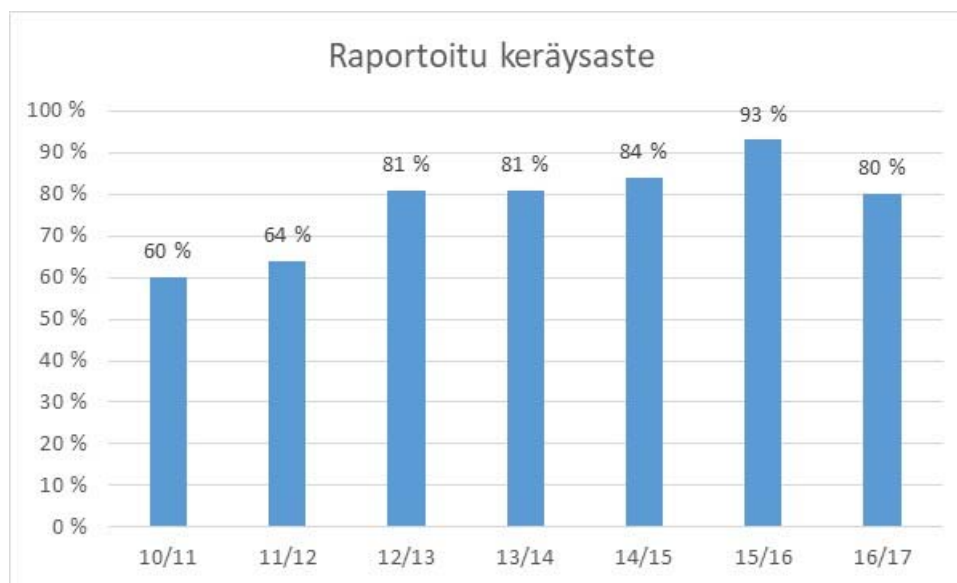
5.3 Glykolin talteenkeräyksen tehokkuus

5.3.1 Helsinki-Vantaan lentoasema

Glykolin talteenkeräysaste lasketaan käytettyjen glykolinesteiden sisältämän hapenkulutuskuorman (COD_{Cr}) ja kerätyn glykoliveden sisältämän hapenkulutuskuorman (COD_{Cr}) suhteena. Talteenkerätyn glykoliveden sisältämä kuormitus lasketaan luvussa 5.2 esitetyn tarkkailun perusteella.

Käytettyjen glykolinesteiden sisältämän hapenkulutuskuorman laskennassa on käytetty laboratorioissa vuonna 2009 analysoituja arvoja. Tyypin I nesteen COD_{Cr} -arvo on $1,2 \text{ gO}_2/\text{g}$ ja tyypin IV nesteen $0,79 \text{ gO}_2/\text{g}$ (KVVY 2009).

Kuvassa 15 on esitetty lentoaseman vesitarkkailun vuosiraporteissa esitetyt glykolin talteenkeräyksen tehokkuudet talvikausittain (liite 1). Laskennallisessa glykolin talteenkeräysasteessa on tapahtunut selvä kasvu kaudella 2012-2013, jolloin etäjäänpoistoalueen R8 ensimmäinen vaihe otettiin käyttöön. Kauden 2014-2015 alkuperäinen talteenkeräysasteen tulos oli yli 100 % ja tulosten tarkastelun jälkeen laskennasta päädyttiin poistamaan jäänpoistoalueen R6 glykolinesteiden käyttömäärät ja alueelta talteenkerätty kuormitus. Uuden laskennan tuloksena saatiin kaudelle 2014-2015 vuosiraportissa esitetty talteenkeräysaste 84 %. Myös kaudelle 2015-2016 on laskennallisesti saatu ylisuuri keräysteho 93 %. Kahdella edellä mainituilla kaudella saadut epärealistisen korkeat talteenkeräysasteet osoittavat, että laajasta veden laadun tarkkailusta ja vesimäärien seurannasta huolimatta laskenta ei ole tarkkaa. Laskentaan liittyviä virhelähteitä on käsitelty luvussa 5.4.



Kuva 15. Talvikausittain raportoidut glykolin talteenkeräysasteet Helsinki-Vantaan lentoasemalla kausilla 2010/2011 - 2016/2017.

5.3.2 Muut lentoasemat

USA:n ympäristövirasto US EPA on arvioinut Pohjois-Amerikan lentoasemille tehdyn selvityksen pohjalta, mikä osuus käytetystä glykolista on eri menetelmillä mahdollista kerätä. US EPA:n arvio on, että keräysteho etäjäänpoistoalueella on noin 60 %. Asematasoalueilla keräysteho on 40 % käyttäen viemäröintiä ja imuriautoa. (US EPA 2012b)

Inland Technologies vastaa glykolin keräyksestä useilla Kanadan ja USA:n lentoasemilla. Glykolin keräysteho Kanadan kuudella lentoasemalla (Halifax, Ottawa, Quebec, Winnipeg, Calgary ja Toronto) vuosina 2004 – 2012 on vaihdellut välillä 20 – 84 %. Paras tulos on saavutettu Toronton lentoasemalla, jossa keskimääräinen talteenkeräysteho oli 69 % (Lush 2012). Toronton lentoasemalla lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt tehdään kuudella keskitetyllä jäänpoistoalueella. Kevyitä huurteenpoistokäsittelyjä voidaan tehdä terminaalien edustan seisontapaikoilla. Glykoli kerätään talteen viemäröinnillä ja glykolipitoisuudeltaan yli 3 % vesi johdetaan kierrätyslaitokseen käsiteltäväksi. Glykolipitoiselle lumelle on omat viemäröidyt keräysalueet.

Münchenin lentoasemalla jäänpoisto- ja jäänestotoiminta on sallittu ainoastaan etäjäänpoistoalueilla. Glykolin keräys alueilla tapahtuu viemäröinnin kautta. Glykolipitoisuudeltaan yli 5 % vesi johdetaan kierrätyslaitokseen. Laimeampi vesi johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Kierrätyslaitoksessa tuotettu glykoli käytetään uudelleen lentokoneiden jäänpoistoon. Viime vuosina 59 - 71 % tyypin I glykolinesteestä on ollut kierrätysnestettä (Munich Airport 2015, 2016).

Oslo lentoasemalla talvikauden talteenkeräysteho on vaihdellut välillä 76 – 85 % (kaudet 2011/2012 - 2015/2016; Oslo Lufthavn 2017). Keskimäärin teho on ollut 81 %. Oslo on uusi lentoasema (valmistunut vuonna 1998). Sen toiminta ja infrajärjestelmät on suunniteltu hulevesien ja kuormituksen hallinnan kannalta parhaalla tavalla. Kaikki jäänpoisto- ja jäänestotoiminta on keskitetty neljälle etäalueelle ja asematasolla sallitaan vain preventive-käsittelyt. Glykolivesi kerätään viemäröinnillä ja jaotellaan glykolipitoisuuden mukaan johdettavaksi käsittelyyn. Väkevin glykolivesi kierrätetään uudelleenkäyttöön teollisuudessa ja loput johdetaan kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle.

5.4 Tarkkailun ja laskennan virhelähteet

5.4.1 Muista lähteistä tuleva kuormitus

Talteenkeräysasteen laskennassa oletetaan, että kaikki kerätyn glykoliveden sisältämä COD-kuormitus on peräisin glykolista. Olettama pitää hyvin paikkaansa etäjäänpoistoalueilla, joilla jäänpoistotoiminnassa käytettävä glykoli pitää alueen sulana ja liukkaudentorjunta-aineiden käyttö on siksi vähäistä. Finavian tilastoinnin perusteella etäjäänpoistoalueilla on talvikaudella 2016-2017 käytetty alle 0,5 % kaikesta liukkaudentorjunta-aineista.

Terminaalin edustan asematasoilla liukkaudentorjunta-aineiden käyttömäärä on noin 25 % kokonaiskulutuksesta (alueissa mukana sekä jäänpoistoon sallitut että kielletyt alueet). Lisäksi asematason 1 vesien pumppaamolle HK034 tulee jonkin verran liukkaudentorjunta-ainepitoisia vesiä kiitotieltä 2, sen rullausteiltä ja asematason reuna-alueilta. Asematasoalueella liikkuu paljon erilaisia ajoneuvoja, joiden mukana alueelle tulee myös muuta kuormitusta.

Käytännössä liukkaudentorjunta-aineista aiheutuvan kuormituksen vaikutus talteenkeräysasteeseen on prosentin tai alle. Muun kuormituksen vaikutus voidaan arvioida olevan vielä pienempi.

5.4.2 Glykolinesteiden käyttömäärien seuranta

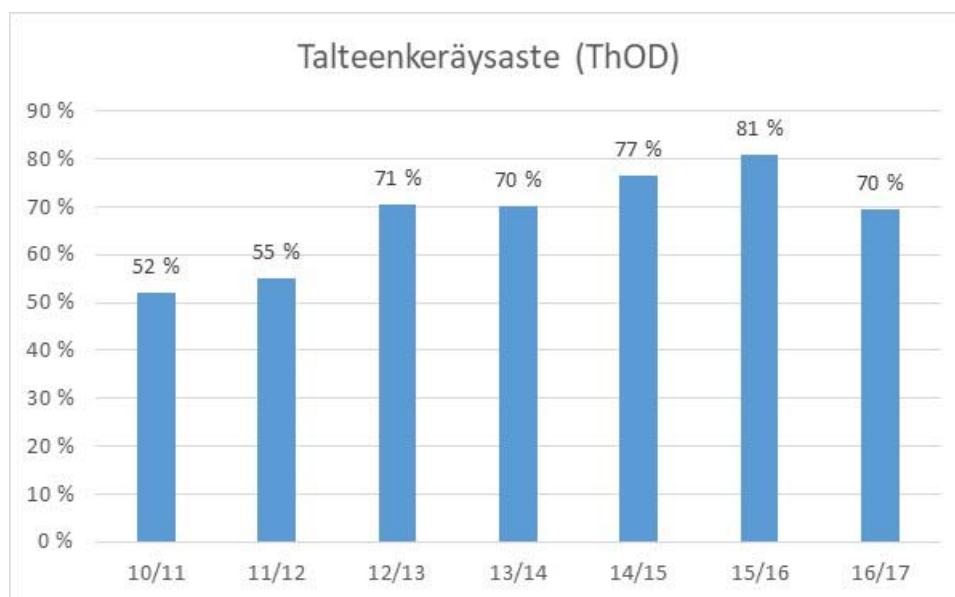
Glykolinesteiden kulutusseurannassa on useita vaiheita, joista voi seurata pientä virhettä käyttömäärän laskentaan. Kulutusta seurataan jäänpoistoautojen virtausmittareilla eli jokaiseen jäänpoisto- ja estotapahtumaan käytetty glykolinestemäärä tallennetaan järjestelmään litroina. Tyypin I nestettä käytetään kuumana. Lämpölaajeneminen vaikuttaa tilavuuteen, mikä voi aiheuttaa virhettä kulutusmäärän laskentaan. Jäänpoistoautojen virtausmittarit kalibroidaan säännöllisesti,

mutta siitä huolimatta virtausmittauksissa voi tulla pientä virhettä. Käyttömäärien seurannassa tapahtuvaa virhettä voidaan vähentää seuraamalla jäänpoistoautojen virtausmittausten sijaan glykolinesteiden hankinta- ja varastomääriä. Tähän Finavialla ei ole toistaiseksi ollut mahdollisuutta, koska glykolinesteiden hankinta ja varastointi on ollut maahuolintayritysten toimintaa.

5.4.3 Näytteiden analysointi

Laboratorioanalyysissä on analyysimenetelmästä riippuen erilaisia mittausepävarmuuksia. COD_{Cr}-analyysin mittausepävarmuus on tavallisesti $\pm 15\%$, joka tuo huomattavaa epävarmuutta talteen kerätyn kuormituksen laskennassa. Väkevien glykolivesien analysoinnissa joudutaan näyteliuosta laimentamaan runsaasti, jopa yli satakertaisesti. Moninkertainen laimentaminen lisää entisestään tuloksen epätarkkuutta. Talteenkeräysasteen laskentaa voidaan tarkentaa käyttämällä käytettyjen glykolinesteiden sisältämän hapenkulutuskannan laskennassa laboratoriossa analysoidun COD- ja BOD-arvojen (KVY 2009) sijaan teoreettisia hapenkulutuskantoja. Puhtaan propyleeniglykolin teoreettinen hapenkulutus (ThOD) on 1,68 gO₂/g, joten tyypin I (80 % glykolia) ThOD on 1,34 gO₂/g ja tyypin IV (50 % glykolia) ThOD on 0,84 gO₂/g. Myös Norjan lentoasemaoperaattori Avinor käyttää keräysasteen laskennassa COD-arvon sijaan tarkempaa ThOD-arvoa (Jahren 2017).

Käyttäen teoreettista hapenkulutuskantoa käytettyjen jäänpoisto- ja jäänestoaineiden kuormituksen laskentaan, on tulos 7-12 %-yksikköä alhaisempi kuin aiemmin laskettu tulos (kuvat 15 ja 16; liite 1).



Kuva 16. Glykolin talteenkeräysaste käyttäen laskennassa käytetyille glykolinesteille teoreettisia hapenkulutuskantoja (ThOD) kausilla 2010/2011 – 2016/2017.

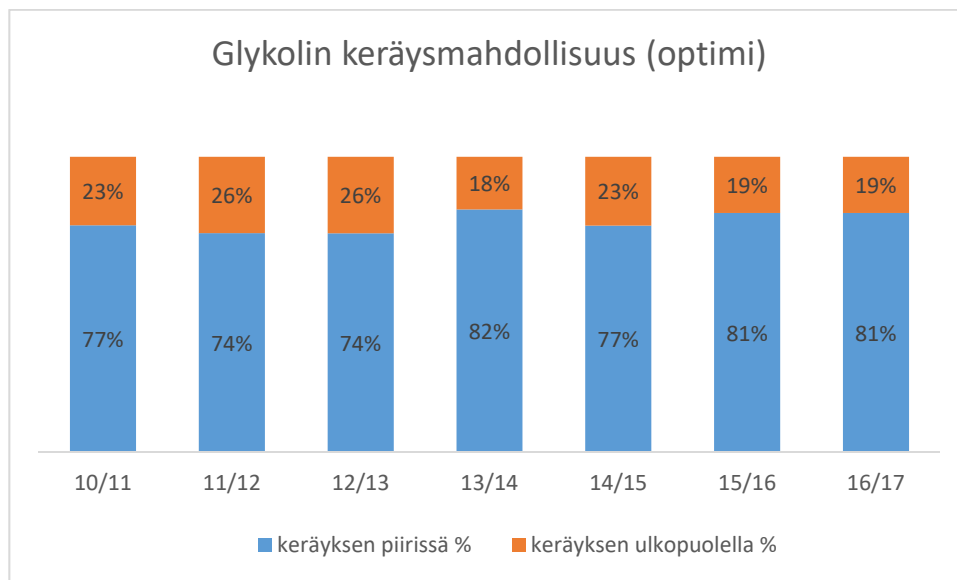
5.4.4 Näytteenotto

Jätevesiviemäriin johdettavan glykoliveden määrää mitataan virtausmittareilla, jotka tarkastetaan jokaisella luentakerralla ja huolletaan kerran vuodessa. Mittareiden virhemarginaali on $\pm 2\%$.

Glykolivesipumppaamoilta otettavat näytteet ovat kokooma- tai kerta-näytteitä ja siten edustavat veden laatua joko näytteenottopäivänä tai näytteenottohetkellä menetelmästä riippuen. Veden laadussa voi olla paljonkin vaihtelua vuorokauden ja viikon aikana. Esimerkiksi glykolilumialueilla kevään tultua sulamista tapahtuu päiväaikaan, jolloin vesi on laimeampaa kuin yöllä ja aamulla.

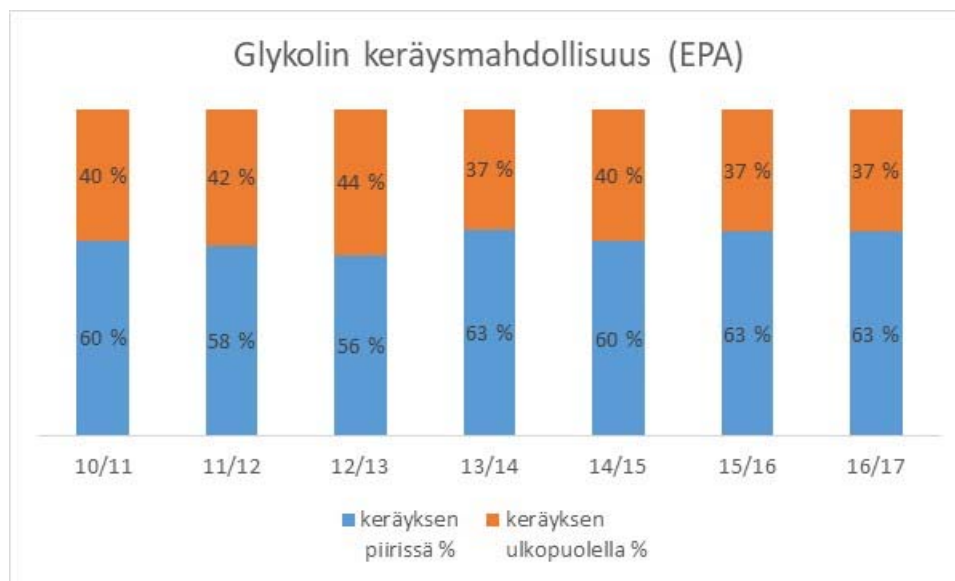
6. KERÄTTÄVISSÄ OLEVAN GLYKOLIN OSUUS

Optimitilanteessa kaikki jäänpoistoon käytetty tyypin I glykolineste jää käsittelyalueelle keräyksen piiriin ja kaikki jäänestoon käytetty tyypin IV glykolineste kulkeutuu lentokoneen mukana ulos käsittelyalueelta ja siten keräyksen ulkopuolelle. Tässä ihannetilanteessa Helsinki-Vantaalla on mahdollista kerätä vuosittain talteen 74 – 82 % käytetystä glykolista (kuva 17; liite 2). Vuosittaista vaihtelua keräysasteeseen tuo tyypin I ja tyypin IV glykolinesteiden käyttösuhteen vaihtelu.



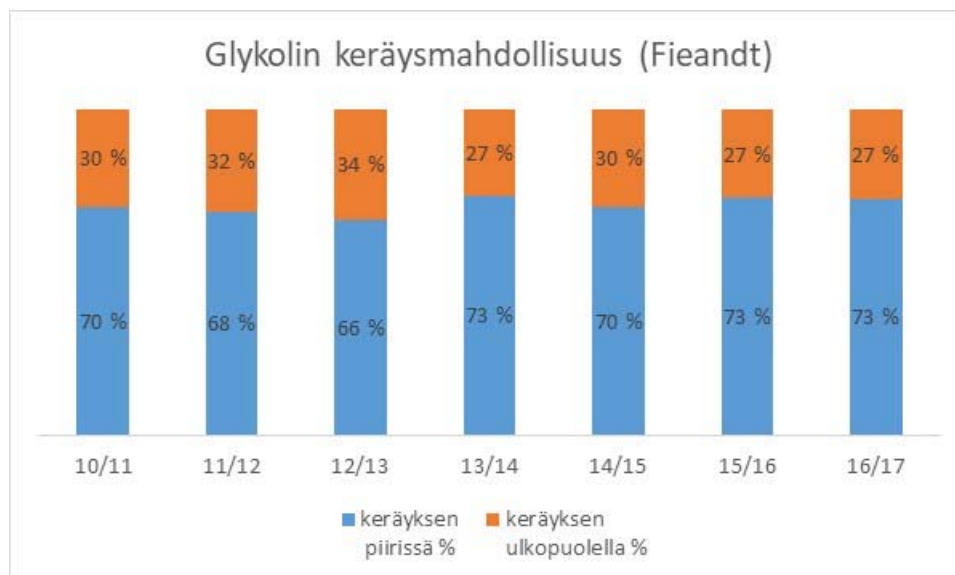
Kuva 17. Talvikausittain 2010/2011 – 2016/2017 keräyksen piiriin jäävän ja sen ulkopuolelle kulkeutuvan glykolin osuus, kun oletuksena on: 100 % tyypin I ja 0 % tyypin IV nesteestä jää käsittelypaikalle.

Todellisuudessa myös tyypin I nesteestä pieni osuus jää koneen pintaan ja toisaalta osa tyypin IV nesteestä jää käsittelypaikalle. Kun otetaan huomioon USEPA:n raportissa esitetyt oletukset (75 % tyypin I nesteestä ja 10 % tyypin IV nesteestä jää käsittelyalueelle; kappale 4.2.), jää Helsinki-Vantaan käyttömäärillä ja nestetyyppien talvikausittain vaihtelevilla käyttösuhteilla käsittelyalueelle keräyksen piiriin vain 56 - 63 % käytetystä glykolista (kuva 18; liite 2). Loput 37 - 44 % päättyy rullaus- ja kiitoteille. USEPA:n olettamilla ei siten ole mahdollista kerätä kuin hieman yli 60 % kaikesta käytetystä glykolista. Käytännössä myös osa käsittelyalueelle laskennallisesti jäävästä glykolista kulkeutuu käsittelypaikalta tuulen ja moottorien puhaltamana sekä maakaluston renkaissa keräyksen ulottumattomiin.



Kuva 18. Talvikausittain 2010/2011 – 2016/2017 keräyksen piiriin jäävän ja sen ulkopuolelle kulkeutuvan glykolin osuus, kun oletuksena on: 75 % tyypin I ja 10 % tyypin IV nesteestä jää käsittelypaikalle.

Finnair on tehnyt testejä 2000-luvun alussa tyypin IV glykolinesteen kiinnittymisestä koneen pintaan. Testausten tulokset on esitelty Euroopan lentoyhtiöiden liiton AEA:n jäänpoiston työryhmässä ja tulosten perusteella on korjattu AEA:n ohjeistuksessa esitettyjä lentokonetyyppien jäänestoon käyttäviä vähimmäismääriä. Testeissä todettiin, että tyypin IV nesteestä noin 20 % jää käsittelypaikalle ja 80 % kiinnittyy koneen pintaan. Tyypin I glykolinesteestä arvioidaan jäävän käsittelypaikalle 85 %. Testeistä tehtyjen johtopäätösten perusteella käsittelyalueilla keräyksen piiriin on menneinä talvikausina jäänyt 66 – 73 % käytetystä glykolista eli keskimäärin 70 % (kuva 19; liite 2). (Fieandt 2017)



Kuva 19. Talvikausittain 2010/2011 – 2016/2017 keräyksen piiriin jäävän ja sen ulkopuolelle kulkeutuvan glykolin osuus, kun oletuksena on: 85 % tyypin I ja 20 % tyypin IV nesteestä jää käsittelypaikalle.

Kaikissa edellä esitellyissä tilanteissa vaihtelua kerättävissä olevan glykolin osuuteen aiheuttaa talvien erilaisista säätiloista johtuva tyypin IV käytön osuuden vaihtelu. Vähentämällä tyypin IV jäänpoistonesteen käyttöä voitaisiin parantaa talteenkeräysastetta. Mikäli tyypin IV nesteen käytöstä luovutaan kokonaan, on Finnairin selvityksen perusteella käsittelypaikoilla talteen kerättävissä 85 % käytetystä glykolista. Tämä ei ole kuitenkaan käytännössä mahdollista, sillä Suomen talvisissa oloissa on tilanteita, jolloin tyypin I nesteen antama suoja-aika ei riitä ja tyypin IV jäänestonesteen käyttö on välttämätöntä.

Helsinki-Vantaan lentoasemalla käytettyjen jäänpoisto- ja jäänestoaineiden osuuksien perusteella voidaan sanoa, että keräysastevaatimus 80 % on ehdoton maksimi jäänpoistoalueilla tehtävälle glykolikeräilylle myös ihannetapauksessa, jossa kaikki jäänpoistoon käytettävä tyypin I glykolineste jää käsittelypaikalle ja kaikki jäänestoon käytettävä tyypin IV glykolineste kulkeutuu lentokoneen mukana.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Helsinki-Vantaan lentoasemalla on jo käytössä kaikki tunnetusti tehokkaimmat keinot kerätä glykolipitoisia vesiä: kaikki jäänpoistoon sallitut alueet on liitetty jätevesiviemäriin, kaksi etäjäänpoistoaluetta, väkevän glykoliveden keräys imuriautoilla ja glykolipitoisen lumen keräys jätevesiviemäriin liitetuille sulamisalueille. Etäjäänpoistoalueiden käyttöastetta on kasvatettu vuosien mittaan korkealle tasolle ja viime vuosina alueilla jäänpoisto- ja jäänestoaineista on käytetty 70 – 80 %. Käsittelyjen keskittämisellä on ollut suotuista vaikutus glykolin keräystehoon. Aasiaan suuntautuvan lentoliikenteen kehittyminen edellyttää kuitenkin kaukoliikenteen koneiden jäänpoistotoiminnan kasvua terminaalien edustan seisontapaikoilla, joka tulee jonkin verran vähentämään etäjäänpoistoalueiden käyttöastetta.

Glykolin keräyksessä tasolle 85 % tai sen yli ei saatujen tietojen perusteella ole päästy muillakaan lentoasemilla kuin aivan poikkeuksellisesti. Merkittävä osa käytetystä glykolista kulkeutuu lentokoneen mukana käsittelyalueen ulkopuolelle ja sekoittuu laimentaviin hulevesiin. Kiitoteille kulkeutuvien jäänestoaineiden aiheuttaman kuormituksen hallitsemiseksi Helsinki-Vantaalla on toteutettu ja suunnitteilla erilaisia ratkaisuja, jotka yhdessä jäänpoistopaikoilla tapahtuvan glykolin keräyksen kanssa vähentävät lentoaseman haitallisia vaikutuksia vesiin. Kiitotiellä 3 muodostuvat liukkaudentorjunta-aine- ja jäänestoainepitoiset hulevedet johdetaan kiitotien alla oleviin pengeraltaisiin, joissa kemikaalit hajoavat biologisesti. Finavia on suunnitellut kiitoteiden 1 ja 2 hulevesien laskupuroihin viivytys- ja käsittelyratkaisuja, joilla odotetaan olevan myönteinen vaikutus hulevesien laatuun. Suunnitelmien toteutus odottaa lupaviranomaisen lainvoimaista päätöstä.

Käyttöalueen ulkopuolelle kulkeutuvan glykolin aiheuttaman kuormituksen jakautumista lentoasema-alueella voidaan arvioida laskennallisesti. Mitattua tietoa glykolin osuudesta happea kuluttavasta kokonaiskuormituksesta hulevesissä on vaikea saada, sillä jäänpoisto- ja jäänestoaineet sekä lentoasemalla käytettävät liukkaudentorjunta-aineet hajoavat helposti ja aiheuttavat samoja vaikutuksia vesiin. Tästä johtuen glykolin keräysastetta jäänpoistoalueiden ulkopuolella ei voida tarkasti arvioida.

Keräysasteen laskennassa on useita tunnistettuja virhelähteitä. Keräysasteen laskentaa tarkennetaan siten, että jatkossa käytettyjen jäänpoisto- ja jäänestoaineiden kuormitus lasketaan käyttäen teoreettista hapenkulutusarvoa (ThOD). Lisäksi pyritään kehittämään glykolivesien laadun tarkkailua ja käytetyn glykolin määrän seuranta.

Lentoaseman pitäjällä, lentoyhtiöillä ja maahuolintayhtiöillä on yhteinen haaste vähentää jäänpoisto- ja jäänestotoiminnan aiheuttamaa kuormitusta. Finavian suorittaman glykolin keräyksen lisäksi

lentoyhtiöt ja maahuolintayritykset pyrkivät vähentämään kuormitusta jäänpoistokalustoa uudistamalla sekä jäänpoiston ja –eston toimintatapoja kehittämällä mm. säädataa hyödyntämällä.

Selvityksen perusteella voidaan sanoa, että keräysastevaatimus 80 % on ehdoton maksimi Helsinki-Vantaan lentoasemalla jäänpoistoalueilla tehtävälle glykolikeräilylle myös ihannetapauksessa, jossa kaikki jäänpoistoon käytettävä tyypin I glykolineste jää käsittelypaikalle ja kaikki jäänestoon käytettävä tyypin IV glykolineste kulkeutuu lentokoneen mukana.

Lähteet

ACRP Report 45, rev. 2016. ACRP Fact Sheets, De/Anti-Icing Optimization.

ACRP Report 14, 2009. Deicing Planning Guidelines and Practices for Stormwater Management Systems.

Fieandt, Juha 2017. Keskustelu 25.9.2017. Henkilökohtainen tiedoksianto.

Finavia 2017a. Ohje jäänpoistotoiminnan järjestämiseksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Toimintaohje 10.2.2017.

Finavia 2017b. Ilma-alusten jäänesto ja –poisto. Määräys 21.9.2017.

Jahren, Per Espen 2017. Sähköpostiviesti 28.12.2017. Henkilökohtainen tiedoksianto.

Koivisto, P. 2013. Anti-icing Fluid Flow off on a Wing Section During Simulated Taxi and Take-off Run. Trafin julkaisu 01/2013.

Lush, Teresa 2012. Sähköpostiviesti 6.12.2012. Henkilökohtainen tiedoksianto.

Munich Airport 2017. Integrated Report 2016. (<https://www.munich-airport.com/publications-2044662>)

Munich Airport 2016. Integrated Report 2015. (<https://www.munich-airport.com/publications-2044662>)

Oslo Lufthavn 2017. Environmental report 2016.

Piirainen, P. 2016. Lentokoneen jäänpoiston perusteet. Vaisala Oy.

Switzenbaum, M.S. et al., 2001. Best Management Practices for Airport Deicing Stormwater. Chemosphere 43 (2001) 1051-1062.

US EPA 2012a. Environmental Impact and Benefit Assessment for the Final Effluent Limitation Guidelines and Standards for the Airport Deicing Category.

US EPA 2012b. Technical Development Document for the Final Effluent Limitations Guidelines and new Source Performance Standards for the Airport Deicing Category.

Øvestedal, J., Wejden, B. 2007. Dispersion of De-Icing Chemicals to the Areas Along the Runways at Oslo Airport Gardermoen. SAE Technical Paper Series 2007-01-3351.

Kausi	Kulutus, tyyppi I (80% PG) m3	Kulutus, tyyppi IV (50% PG) m3	100% PG t	Käyttö- määrän sisältämä ThOD t	Käyttö- määrän sisältämä CODCr t	Talteen saatu CODCr- kuorma t	Talteen- keräysaste (COD/ThOD)	Raportoitu talteen- keräysaste (COD/COD)
10/11	2915	1293	3098	5204	4519	2705	52 %	60 %
11/12	2218	1153	2444	4107	3572	2269	55 %	64 %
12/13	2614	1365	2885	4847	4216	3422	71 %	81 %
13/14	1256	415	1261	2118	1835	1485	70 %	81 %
14/15*	767	378	834	1402	1218	1074	77 %	84 %
15/16	1636	584	1665	2796	2424	2260	81 %	93 %
16/17	1757	623	1786	3001	2601	2089	70 %	80 %

* Jäänpoistoalueen R6 tiedot on kuormituslaskennan epäselvyyksien vuoksi vähennetty kauden jäänpoisto- ja jäänestoaineiden käyttömääristä ja kerätyn COD-kuormituksen määrästä

Optimi

Oletukset: Käsittelyalueelle jää 100 % tyypin I nesteestä ja 0 % tyypin IV nesteestä

Terminaalien edustan käsittelyissä koneen pintaan jäävästä type IV nesteestä 60 % tippuu rullausteilte ja 40 % kiitoteille

Terminaalien edustalla käytetty tyypin IV neste kulkeutuu rullaus- ja kiitoteille lentoonlähtöjen suhteessa

Etäjäänpoistoalueilta (R6, R8) pois kulkeutuva kuormitus kokonaisuudessaan kiitotielle

Kausi	Kt1 suunta		Kt2 suunta		Kt3 suunta		käsittelypaikoille jää			kuormitusosuus	
	rullaus- teille	kiito- tielle 1	rullaus- teille	kiito- tielle 2	rullaus- teille	kiito- tielle 3	asema- taso	R6	R8	keräyksen piirissä	keräyksen ulkopuolella
	t	t	t	t	t	t	t	t	t		
10/11	169	113	14	10	299	410	2 421	978		77 %	23 %
11/12	124	83	19	13	245	412	1 744	869		74 %	26 %
12/13	168	352	12	8	211	332	1 374	1 068	658	74 %	26 %
13/14	29	67	2	1	68	159	576	670	248	82 %	18 %
14/15	40	130	6	4	73	239	504	698	416	77 %	23 %
15/16	19	153	4	2	47	233	370	911	665	81 %	19 %
16/17	18	164	3	2	44	207	274	1 028	563	81 %	19 %

USEPA

Oletukset: Käsittelyalueelle jää 75 % tyypin I nesteestä ja 10 % tyypin IV nesteestä

Terminaalien edustan käsittelyissä koneen pintaan jäävästä type IV nesteestä 60 % tippuu rullausteilte ja 40 % kiitoteille

Terminaalien edustalla käytetty tyypin IV neste kulkeutuu rullaus- ja kiitoteille lentoonlähtöjen suhteessa

Etäjäänpoistoalueilta (R6, R8) pois kulkeutuva kuormitus kokonaisuudessaan kiitotielle

Kausi	Kt1 suunta		Kt2 suunta		Kt3 suunta		käsittelypaikoille jää			kuormitusosuus	
	rullaus- teille	kiito- tielle 1	rullaus- teille	kiito- tielle 2	rullaus- teille	kiito- tielle 3	asema- taso	R6	R8	keräyksen piirissä	keräyksen ulkopuolella
	t	t	t	t	t	t	t	t	t		
10/11	279	186	24	16	495	763	1 896	755		60 %	40 %
11/12	195	130	31	20	385	698	1 372	677		58 %	42 %
12/13	236	538	23	16	419	719	1 096	820	517	56 %	44 %
13/14	51	139	4	2	121	350	448	514	191	63 %	37 %
14/15	53	232	4	2	125	430	398	543	322	60 %	40 %
15/16	32	314	6	4	80	463	289	704	513	63 %	37 %
16/17	27	297	5	3	68	462	217	789	438	63 %	37 %

Fieandt/Finnair

Oletukset: Käsittelyalueelle jää 85 % tyypin I nesteestä ja 20 % tyypin IV nesteestä

Terminaalien edustan käsittelyissä koneen pintaan jäävästä type IV nesteestä 60 % tippuu rullausteilte ja 40 % kiitoteille

Terminaalien edustalla käytetty tyypin IV neste kulkeutuu rullaus- ja kiitoteille lentoonlähtöjen suhteessa

Etäjäänpoistoalueilta (R6, R8) pois kulkeutuva kuormitus kokonaisuudessaan kiitotielle

Kausi	Kt1 suunta		Kt2 suunta		Kt3 suunta		käsittelypaikoille jää			kuormitusosuus	
	rullaus- teille	kiito- tielle 1	rullaus- teille	kiito- tielle 2	rullaus- teille	kiito- tielle 3	asema- taso	R6	R8	keräyksen piirissä	keräyksen ulkopuolella
	t	t	t	t	t	t	t	t	t		
10/11	211	141	18	12	375	564	2 219	874		70 %	30 %
11/12	150	100	23	16	294	526	1 611	789		68 %	32 %
12/13	184	414	18	12	326	531	1 298	946	607	66 %	34 %
13/14	38	101	3	2	90	251	522	592	221	73 %	27 %
14/15	40	172	3	2	96	322	468	632	374	70 %	30 %
15/16	24	228	4	3	60	338	338	815	593	73 %	27 %
16/17	21	221	4	3	52	331	255	909	509	73 %	27 %