

Sini Turpeenniemi & Mikko Lönnström (toim.)

Arktinen lumi – lumen tutkimus

Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 16/2022

Arktinen lumi



Sini Turpeenniemi & Mikko Lönnström (toim.)

Arktinen Lumi - lumen tutkimus

Energiatehokas arktinen lumi
-hankkeen julkaisu



Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset

Lapin ammattikorkeakoulu

Rovaniemi 2022

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-461-1 (nidottu)

ISSN 2489-2629 (painettu)

ISBN 978-952-316-462-8 (pdf)

ISSN 2489-2637 (verkkojulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja

B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 17/2022

Rahoittaja: Euroopan aluekehitysrahasto

Toimittaja: Sini Turpeenniemi ja Mikko Lönnström

Taitto: Elisa Maljamäki, Lapin AMK

Lapin ammattikorkeakoulu

Jokiväylä 11 C

96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000

www.lapinamk.fi/julkaisut

Lapin ammattikorkeakoulu ja Lapin yliopisto muodostavat yhdessä Lapin korkeakoulukonsernin.

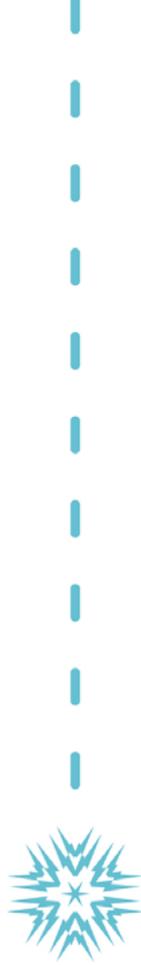
www.luc.fi



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -käyttöluvalla.

Sisällys

Esipuhe	7
Sini Turpeenniemi Johdanto	9
Sini Turpeenniemi & Mikko Lönnström Lumen tekemisen ja säilömisen kokemuksia	13
Niko Pernu Pala talvea talteen – Tavanomaisimmat lumensäilönnän menetelmät	21
Niko Pernu Lumen tiheysmittauksilla tukea säilöntään	29
Sini Turpeenniemi Lumen tutkimus – kuinka se toteutettiin vuosina 2021 ja 2022	35
Kari Moilanen Keilaus ja mikroilmasto	41
Niko Pernu Lumen tuotannon ohjejärjestelmä	49
Niko Pernu & Kari Moilanen Luodaan lumesta – Kuinka lumirakennus syntyy?	55
Niko Niemisalo Lumihankkeen aikana tehdyt vähähiilisyyskokeilut	63
Leo Hokka & Pasi Satokangas Arvio Ounasvaaran ensilumenladun aluetaloudellisesta merkityksestä	69
Sini Turpeenniemi & Elisa Maljamäki Lopuksi	77
Lumentekijän muistilista	81



Esipuhe

Lumi liikuttaa kansaa

Pari sukupolvea aikaisemmin. Syystulvat ja riitteiset vesireitit ovat pysäyttäneet kansan niille sijoilleen. On kelirikko, joka tarkoittaa kulkukelien loppumista, nyt odotetaan lunta. Lumentulo on merkinnyt pohjoisen kansalle aina syksyn ja pimeyden päättymistä ja kulkukelien alkamista. Ennen lumentuloa ei liikkunut niittylatojen heinät, ei puut metsästä, ei edes vainajat kirkkomaahan. Lumi on aina ollut äärimmäisen tärkeä pohjoisille kansoille ja tulee aina olemaan.

Tänä päivänä, luomamme infran ansiosta yhteiskunta ei pysähdy niin voimakkaasti kuin ennen, mutta luonto toimii edelleen samoin. Vaikka aiheuttamamme ilmastonmuutos vuosi vuodelta vääjäämättömästi hidastaa lumen saapumista, siitä huolimatta ihmiset odottavat lunta vähintäänkin yhtä paljon. Edelleenkin lumen tulo muuttaa syksyn talveksi ja pienikin kuurakerros saa hiihto-, lasketelu- ja kelkkakansan kierroksille, lapsista puhumattakaan. Meidän DNA:han on selvästikin kirjoitettu pakottava tarve liikkua lumella. Lumi on edelleen elintärkeä monelle elinkeinolle. Poronhoito ei onnistu ilman lunta, metsätyöt vaativat edelleen monin paikoin lumipeitteen, sekä kovat ajourat, eikä talvimatkailuteollisuuskään toimi ilman lunta.

Lapin talvimatkailun juuret lähtevät jostain 40-luvulta keväisten hiihtomatkojen myynnillä, mutta 80-luvun alussa alkanut voimakas kansainvälistyminen ja joulumatkailun tuotteistaminen teki siitä merkittävän vientituotteen, jonka loppua ei näy. Olen toiminut hiihtokeskusosalalla viime vuosituhannen lopulta lähtien, ensin Hiihtokoulun vetäjänä, josta monen mutkan kautta Ounasvaaran Hiihtokeskuksen Rinnepäälliköksi. Lumi on elinkeinomme perusedellytys.

Suomessa lumettaminen, eli keinolumen tekeminen tykeillä, on alkanut Kalpalinnassa 60-luvun puolivälissä. Tänä päivänä ilman lumetusta toimivia hiihtokeskuksia on tietääkseni enää yksi ja sekin pakon sanelemana. Pallaksen hiihtokeskus sijaitsee Kansallispuiston alueella, jossa lumetusinfran rakentamista ei puiston lupaehdot mahdollista. Lumen teko on sinänsä yksinkertaista, tarvitaan vain vettä, pakkasta ja laitteisto, jolla vesi saadaan ammuttua riittävän hienona sumuna tarpeeksi korkealle, jotta se ehtii jäätyä kiteiksi, ennen maahan laskeutumista. Lumen tuottamisen energiatehokkuus paranee voimakkaasti pakkasen

kiristyessä, joten lumen tuotantohinta kuutiota kohti vastaavasti tippuu pakkasen kiristyessä. Vaikka lumentekolaitteisto ja teknologia kehittyy, ei vesi jäädy edelleenkään nollan yläpuolella. Ilmastonmuutoksen seurauksena lumentulo viivästyy ja kausi lyhenee, kun taas asiakaspaine vaatisi juuri päinvastaista

Maataloudella on lumen ja jään säilönnässä pitkät perinteet, kun taas talviurheilu- ja matkailutarkoitukseen sitä on säilötty suurempia määriä vasta vajaa 20 vuotta. Suurimmat hyödyt lumen säilömisessä verrattuna alkukauden pikku pakkasilla lumettamiseen on energiatehokkuus ja lumivarmuus, joka antaa taas myynnille ja markkinoinnille selkänöjää. Lisäksi lunta voidaan parhaassa tapauksessa kierrättää, eli säilöä aina uudestaan.

Totuus, jota tässäkin tutkimuksessa joudumme katsomaan silmiin on paradoksi, jossa lumen tuottaminen ja sen siirtely vaatii paljon energiaa, joka taas osaltaan lisää päästöjä, joka taas... Siitäkin huolimatta, ja etenkin sen takia, kaikki mitä asian eteen voidaan tehdä, pitää tehdä.

Rovaniemi, joulukuussa 2022

Mikko Lönnström

Sini Turpeenniemi



Johdanto

Ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia niin maailmanlaajuisesti kuin pohjoisella alueella (Ympäristöministeriö 2022). Lumi vähenee ilmastonmuutoksen takia Suomessa. Lumisten päivien määrä vähenee ja lumipeite jää entistä ohuemmaksi. Etelä-Suomessa vaikutukset ovat merkittäviä: lumisten päivien määrä vähenee jopa puoleen sadassa vuodessa, ja lumipeitteen massa vähenee jopa 90 %. Myös Lapissa vaikutukset tulevat olemaan merkittäviä sadan vuoden ennusteen mukaan: lumisten päivien väheneminen voi olla jopa 20–30 % ja lumipeitteen massan väheneminen 40–60 %. Lapissa pienemmät vaikutukset johtuvat erityisesti sademäärien kasvamisesta, joka kumoaa osittain lämpenemisen vaikutuksia. (Ilmatieteenlaitos.)

Ilmastonmuutoksesta johtuvat muutokset eri osissa maapalloa johtavat erilaisiin haasteisiin (Ympäristöministeriö 2022). Suomessa muun muassa Suomen ympäristökeskus on koonnut Ilmasto-oppaaseen tietoa ja vaikutuksia ilmastonmuutoksesta eri toimialoille. Ilmasto-oppaan mukaan muun muassa perinteisten talvilajien harrastaminen vaikeutuu lumen ja jään määrän vähentyessä. Lumen säilöminen ja lumen tekeminen voivat auttaa, mikäli lämpötilat pysyvät riittävän alhaisina. Lumen tekeminen on kuitenkin kallista, ja tämän takia myös hiihtäminen voi muuttua jatkossa maksulliseksi harrastukseksi. Tähän mennessä lähinnä osa ensilumenladuista on ollut maksullisia, luonnonlumen tullessa maksuttomia.

Toisaalta talvikauden lyheneminen synnyttää haasteita matkailualan yrittäjille. Kun pakkasjaksot siirtyvät kauemmas syksyyn, vesistöjen jäätyminen viivästyy ja jää voi paikoin jäädä heikoksi. Lumirakentamisessa lunta on tehtävä entistä enemmän rajalämpötiloissa, mikä heikentää erityisesti lumirakentamisen tehokkuutta. Rakenteiden kestävyys vuoksi on myös toivottavaa, että lämpötilat pysyvät pakkasen puolella. Luonnollisesti myös lumen puute aiheuttaa haasteita matkailuyrittäjille. (Suomen ympäristökeskus.)

Arktinen ja talven osaaminen korostuu 2020-luvulla muuttuvassa toimintaympäristössä. Lumivarmuudesta on tullut tosiasiallinen kilpailukykytekijä ja asiaa mietitään paitsi Lapissa, myös kansainvälisesti EU:ssa ja globaalisti (Niemisalo 2019). Lumivarmuus vaikuttaa Lapissa monin eri tavoin. Lappi tunnetaan kansainvälisesti ja kansallisesti talvilajien ja arktisuuden osaamisestaan sekä merkittävänä matkailukohteena (Niemisalo 2019).

Kasvavan epävarmuuden vuoksi on ajankohtaista tarkastella myös lumivarmuutta edistäviä toimenpiteitä sekä niiden ympäristökuormitusta. Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa on aikaisemmin tutkittu muun muassa yhteistyön merkitystä, lumirakentamista, tapahtumia lumen ympärillä sekä ensilumenladun kannattavuutta julkaisuissa Arktinen lumi – Energiatehokkuus lumielinkeinoissa (Turpeenniemi 2021) sekä Arktinen lumi – Lumen merkitys (Turpeenniemi 2022). Lumen säilömistä tutkimuksia on tehty vain vähän, ja tutkimustuloksia on vaikea löytää. Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa onkin tästä syystä tutkittu lumen säilömistä eri näkökulmista. Hankkeen ideana on kehittää osamista ja tekniikkaa ekologisesti ja taloudellisesti kestäväan lumen tuottamiseen ja säilömiseen (Niemisalo 2019). Tässä artikkelikokoelmassa tarkastelun kohteena on entistä enemmän lumen säilöminen ja siihen liittyvät ratkaisut. Myös energia- tehokkuus on huomioituna osana tutkimustyötä.

Lumen säilömistä kokonaiskuvan rakentamista varten hankkeessa haastateltiin useita alan ammattilaisia. Haastattelun tuloksia ja lumen säilömistä kokonaisuutta on kuvattu artikkelissa Lumen tekemisen ja säilömistä kokemuksia. Kokonaisuuden lisäksi erityisen tarkastelun kohteena hankkeessa olivat erilaiset lumen säilönnän menetelmät erityisesti eristemateriaaleihin liittyen. Artikkelissa Pala talvea talteen – Tavanomaisimmat lumensäilönnän menetelmät kuvataan lumen säilönnässä käytettävien eristemateriaalien ominaisuuksia, käyttöä ja ympäristövaikutuksia.

Lumen tiheyden muutoksia säilöntäkauden alussa ja lopussa on tarkasteltu artikkelissa Lumen tiheysmittauksilla tukea säilöntään. Tiheyden mittauksien avulla voidaan arvioida lumen tiivistymisestä ja sulamisesta johtuvaa tilavuuden muutosta. Toisaalta on myös tärkeää ymmärtää, kuinka näitä mittauksia on tehty. Artikkelissa Lumen tutkimus – kuinka se toteutettiin vuosina 2021 ja 2022 kuva-

taan Energiatehokas arktinen lumi hankkeen toteuttamaa mittausprojektia.

Jotta lumen sulamisesta saataisiin kohtuullisen tarkka arvio, on hankkeessa tutkittu myös lumikasan keilaamista sulauman havainnollistajana. Keilausta ja samalla lumikasan läheisyydessä olevaa mikroilmastoa on tarkasteltu artikkelissa Keilaus ja mikroilmasto.

Artikkelissa Lumen tuotannon ohjejärjestelmä kuvataan hankkeessa muodostettua järjestelmää, jonka tarkoituksena on havainnollistaa ja ohjata lumen tuotantomääriä sekä lumen tarve että säilölumen hävikki huomioiden. Lumen tuotannon ohjejärjestelmä tarjoaakin helpon arviointityökalun sille, kuinka paljon lunta tulisi säilöä eri suuruisiin projekteihin.

Lumirakentaminen on yksi merkittäviä lumeen liittyviä elinkeinoja. Artikkelissa Luodaan lumesta – Kuinka lumirakennus syntyy? kuvataan Lapin ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opiskelijoiden keväällä 2022 rakentamia lumirakennelmia. Artikkelin tarkoituksena on havainnollistaa lumirakentamisen vaihteita, ja kuinka niitä toteutetaan opiskelijaprojektissa.

Energiatehokkuus on jo nimensä mukaisesti hankkeessa läpäisevänä teemana. Energiatehokkuus on paitsi huomioitu lumen tutkimuksessa, siihen liittyviä demoja on tehty hankkeen aikana. Näitä vähähiilisyysdemoja kuvataankin artikkelissa Lumihankkeen aikana tehdyt vähähiilisyyskokeilut.

Lähteet

Ilmatieteenlaitos. Lumi vähenee Suomessa. Viitattu 16.11.2022. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/lumi-vahenee>

Niemisalo, N 2019. Energiatehokas arktinen lumi. Hankkeen kuvaus. RR-tietopalvelu. Viitattu 16.11. 2022. <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektkoodi=A75522>

Suomen ympäristökeskus. Perinteisten talvilajien harrastaminen vaikeutuu. Ilmasto-opas. Viitattu 16.11. 2022. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/perinteisten-talvilajien-harrastaminen-vaikeutuu>

Suomen ympäristökeskus. Talvimatkailu haasteiden edessä. Ilmasto-opas. Viitattu 16.11. 2022. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/talvimatkailu-haasteiden-edessa>

Turpeenniemi, S. (toim.) 2021. Arktinen lumi – Energiatehokkuus lumielinkeinoissa. Lapin ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.11.2022. <https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisolle/Julkaisut/Lapin-AMKin-julkaisut?itemid=2663&showlocation=21c3d5cb-eeef-46fd-9dad-0fd37e7deced>

Turpeenniemi, S. (toim.) 2022 Arktinen lumi – Lumen merkitys. Lapin ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.11.2022. <https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisolle/Julkaisut/Lapin-AMKin-julkaisut?itemid=2696&showlocation=21c3d5cb-eeef-46fd-9dad-0fd37e7deced>

Ympäristöministeriö 2022. IPCC:n raportti: Ilmastonmuutos on vaikuttanut vakavalla tavalla luontoon ja ihmisiin – vaikutukset jakautuvat epätasaisesti. Tiedote. Viitattu 16.11. 2022. <https://ym.fi/-/ipcc-n-raportti-ilmastonmuutos-on-vaikuttanut-vakavalla-tavalla-luontoon-ja-ihmisiin-vaikutukset-jakautuvat-epatasaisesti>

Sini Turpeenniemi & Mikko Lönnström



Lumen tekemisen ja säilömisen kokemuksia

Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa tavoitteena on tutkia lumen tekemistä ja säilömistä. Koska varsinaista tutkimuksellista tietoa ja lähdemateriaalia on vain niukasti saatavilla, on hankkeen taustamateriaalin keräyksessä päädytty kartoittamaan alueen toimijoiden kokemuksia aiheesta. Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa onkin kerätty tietoa lumen tekemisen ja säilömisen käytänteistä ja kokemuksista haastatteleamalla useita lapin alueen toimijoita. Toimijat edustavat asiantuntijanäkökulmia lumielinkeinoista: lumen säilöjiä, lumen tekijöitä ja lumirakentajia. Haastattelututkimuksen tulokset on raportoitu hankkeen omaan käyttöön. Tämä on koonti haastatteluiden tuloksista. Haastattelut on laadittu anonyymisti, joten haastateltavia ei tulla erittelemään. Artikkelin pohjautuu vahvasti myös toisen kirjoittajista kokemukseen. Mikko Lönnström on toiminut jo useita vuosia Ounasvaaran hiihtokeskuksella lumen tekemisen ja säilömisen vastuuhenkilönä rinnepäällikön roolissa.

Artikkelin tarkoituksena on koota yhteen lumen säilömisen keskeisimpiä huomioitavia asioita. Keskeisinä teemoina haastattelututkimuksessa nousivat esiin lumen tekemisen sijainti, lumen tykytys, vedensaanti, sääolosuhteet, peitemateriaalin valinta ja sen käytön ajoitus, lumikasan muotoilu sekä lumen siirtäminen teko- ja säilöntäpaikalta käyttöpaikkaan.

Lumen tekemisen sijainti

Lumen säilömisessä yksi eniten resursseja vieviä vaiheita on lumen kuljetus. Kuljetus vaatii koneistoa niin lumikasalle kuin määränpäähän sekä näiden väliseen kuljetukseen. Koneisto tarkoittaa kustannuksia niin koneiston kuin kuljettajien osalta. Lisäksi suuri määrä koneistoa kuluttaa ympäristöä, aiheuttaa käyttövoimasta riippuen ympäristökuormitusta ja voi edesauttaa käyttökelpoisen lumen määrän pienenemistä likaamalla lunta. Säilölumen sijainnissa kannattaakin huomioida myös loppusijoituspaikka. Mitä lähempänä loppusijoituspaikkaa lunta voidaan säilöä, sitä pienemmät vaikutukset ovat niin ympäristölle kuin taloudellisesta näkökulmasta. Säilölumikasan sijainnin valinta ei välttämättä kuitenkaan ole näin yksinkertaista. Mikäli esimerkiksi halutaan säilöä rinteeseen, tulee huomioida rinteiden käytettävyys vielä kevähangilla. Toisaalta taas hiihtoladuille säilömisessä voi olla haastava löytää optimaalisinta paikkaa ladun pituuden vuoksi huomioiden sen, että lumen säilöminen vie paljon tilaa.

Lumikasan säilönnän sijainnissa on huomioitava sulamisveden poisto. Jotta sulamisvesi ei jää lammikoksi säilölumikasan ympärille, ei kasaa voida säilöä notkoon tai liian tasaiselle maalle. Haastateltavista suurella osalla säilöntää tehtiin kaltevalla maalla, jossa pohja viettää reilusti yhteen suuntaan. Sulamisvesiä ja muita virtauksia on yleensä tällöin ohjattu tekemällä pienet urat säilölumikasan ympärille. Kokemuksia on myös kohtuu tasaisella maalla säilömisestä ja sen onnistumisesta, kunhan pystytään varmistamaan loiva lasku sulamisvesiä varten.

Säilölumikasan sijainnin osalta optimaalinen sijainti voi vaikuttaa kustannuksiin ja muihin vaikutuksiin jopa niin paljon, että on kannattavampaa säilöä lähellä loppusijoituspaikkaa, vaikka se tarkoittaisi suurempaa hävikin määrää. Mikäli lunta ei ole tarvetta säilöä, vaan tehdä suoraa käyttöön, kannattaa lumen tekeminen sijoittaa mahdollisimman lähelle kohdetta. Esimerkiksi laskettelurinteillä lumi tykitetään suoraa rinteeseen. Vastaavalla tavalla lunta voidaan tykittää lähellä hiihtolatuja tai lumirakennuspaikkaa.

Lumen tykitys

Yksinkertaisesti esitettynä lunta syntyy, kun lumitykkiin puhalletaan vettä paineella ja sekoitetaan ilmaa. Haastateltujen kokemuksen perusteella lunta saadaan noin kaksinkertainen määrä verrattuna käytetyn veden määrään. Lunta tehdään yleensä niin sanotuilla puhallinmallin tykeillä sekä pillimallin korkeapainetykeillä. Korkeapainetykkien eduksi nostettiin niiden toimintavarmuus. Puhallinmallin tykit taas koettiin usein toimivammiksi rajalämpötiloissa.

Lumen tykittäminen vaatii itse lumitykkien lisäksi myös muun muassa vedenoton, paineenkorottamon ja sähkönsaannin suunnittelua. Paineenkorottamo, jotta vettä saadaan ohjattua tykkeihin riittävällä paineella. Vettä voidaan joutua nostamaan lumetusverkostossa satoja metrejä. Painetta tulee myös olla riittävästi, jotta vesi ei ehdi pakastua.

Lumen tekeminen kuluttaa paljon sähköä. Sähköä kuluu itse lumitykkeihin, veden pumppaamiseen, paineensäätelyyn sekä mahdolliseen valaistukseen työturvallisuuden kannalta. Sähkö onkin yksi merkittävimmistä tekijöistä lumetuksen ympäristöystävällisyyden kannalta. Sähkön käytön optimointi on kuitenkin haastavaa, sillä lunta on kaikkein tehokkainta tehdä kovalla pakkasella. Myöskään pelkkä edullisemmän ja kysyntää tasaavan yösähkön käyttö ei välttämättä ole mahdollista, sillä lumen tykitystä ei ole järkevää katkoa päiväajaksi. Lumen tykittämistä kannattaa tehdä pidemmällä aikajaksolla, jolloin välttyään mahdollisilta laiterikoilta jäätyamisen vuoksi sekä jokapäiväiseltä työvoimalta lumetuksen mahdollistavan järjestelmän purkamiseen ja rakentamiseen.

Vedensaanti

Lumen tekemisessä voidaan hyödyntää lähellä olevaa luonnon resurssia tai vesijohtovettä. Vesijohtoveden käyttö voi olla helppo ratkaisu, mikäli lähellä ei ole saatavilla jokia, lampia, järviä, lähteitä tai vastaavaa luonnonresurssia. Vesijohtovesi on puhtaampaa, mutta mahdollisesti jopa turhan puhdasta lumen tekemiseen. Puhtaasta vedestä saadaan todennäköisesti sinertävää lunta. Lisäksi veden puhdistaminen liian puhtaaksi kuluttaa turhaa ympäristöä. Lumen tekemisessä pienet epäpuhtaudet edesauttavat lumen säilymistä ja tasoittavat lumen väriä.

Luonnosta nostetun veden ongelmaksi voi vastaavasti nousta liialliset määrät epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet voivat vaikuttaa lumen väriin, johtaen keltaiseen tai rusehtavaan lumeen. Epäpuhtaudet voivat myös tukkia lumen tykitykseen käytettävää koneistoa. Epäpuhtauksia tulisikin hallita tilanteesta riippuen esimerkiksi suodattamalla käytettävää vettä ennen puhallinkoneistoon johtamista. Epäpuhtaudet voivat olla kaikkea humuksesta lehtiroskaan ja kiviin tai vaikkapa polkupyörän renkaisiin. Useimmiten haastateltavat käyttivät lähellä sijaitsevia jokia, järviä sekä lähteitä vedenotossa. Näissä tapauksissa käytettiin erilaisia filttäreitä veden puhdistamiseen.

Sääolosuhteet

Jotta lumen tekeminen olisi mahdollisimman tehokasta niin tuotetun lumen kuin

siihen käytettyjen resurssien suhteen, tulisi sään olla riittävän kylmä. Optimaalimmalla sääolosuhteen osalta ei saatu yksiselitteistä vastausta. Lämpötilan osalta pakkasta tulisi mielellään olla yli -10 astetta. Ero lumen tuotantomäärässä voi olla hyvinkin suuri, kun sää pakastuu -5 asteesta -15 asteeseen. Mitä kovempi pakkanen, sitä pienemmällä paineensyötöllä saadaan vedestä lunta. Paineen säädössä on kuitenkin huomioitava riittävä paine, jotta vesi ei pääse pakastumaan pakkasella. Lisäksi vaikuttaa muun muassa tuuliolosuhteet. Minimivaatimukseksi koettiin muutaman asteen pakkasen useana peräkkäisenä päivänä.

Lumen tykytyksessä ajoitus riippuu hyvin paljon tarpeesta. Kannattavinta olisi tehdä lunta silloin, kun on kova pakkanen vuorokaudenajasta riippumatta ja sää pysyy kohtuullisen samana useamman päivän. Mikäli kyseessä on tilanne, jossa sesonki on lähestymässä ja lumen tarve on välitön, joudutaan optimaalisista sääolosuhteista tinkimään. Lunta voidaan tehdä muutaman asteen pakkasella puhallinmallin tykeillä. Rajaolosuhteissa tykitettäessä lopputuloksena saadaan usein hyvin kosteaa lunta. Tällöin paineen saannin merkitys korostuu. Pienemmällä pakkasella on tärkeää saada kovempi paine, jolloin vesi ja ilma muuttuu sumuksi ja lumeksi. Ilmastonmuutoksen edetessä ja pakkaskelien siirtyessä kauemman syksyyn joudutaan yhä useammin toimimaan pienellä pakkasella.

Peitemateriaalin valinta

Erilaisia peitemateriaaleja ovat esimerkiksi geotekstiilit, XPS-eristeet sekä sahanpuru. Peitemateriaalien hyötyjä on vertailtu erillisessä artikkelissa Pala talvea talteen – Tavanomaisimmat lumensäilönnän menetelmät (Pernu 2022). Huomiona kuitenkin peitemateriaalien osalta: pelkkä hukka ei välttämättä kerro siitä, mikä peitemateriaaleista on paras vaihtoehto mihinkin tilanteeseen. Suuremman hukan peitemateriaali voi loppujen lopuksi olla edullisempi vaihtoehto, huomioiden muun muassa koneiston, työvoiman, ympäristön sekä sähkönkulutuksen kokonaisuuudet lumen säilönnän eri vaiheissa. Esimerkiksi haastattelujen perusteella geotekstiili koettiin usein sopivimmaksi vaihtoehdoksi, vaikka kyseisen peitemateriaalin hukkaprosentti on keskimäärin vaihtoehdoista suurin.

Säilölumikasan peitemateriaalin ajoitus

Säilöttävän lumikasan peittämisen ajankohta tulisi ajoittaa keväälle ennen sään lämpenemistä ja plussakelejä. Riippuu toki säilölumikasan sijainnista, missä vaiheessa peittäminen on mahdollista. Mikäli säilölumikasa sijaitsee paikalla, jossa vielä keväällä on asiakkaita ja kulkua, tulee odottaa kyseisen sesongin päättymistä ja alueen sulkemista asiakkailta.

Lumikasa muotoillaan ennen peittämistä. Muotoilussa voidaan käyttää esimerkiksi kaivinkonetta tai latukissoja. Muotoiluun käytettävä panostus riippuu siitä, onko kasa tykitetty jo talven aikana kokonaan muotoonsa vai kootaanko kasa keväällä laajemmalle alueelle tykitetystä lumesta ja luonnonlumesta isommaksi kasaksi. Esimerkiksi hiihtokeskusten osalta peittäminen ajoittuu rinteen sulkeamisen jälkeiseen ajankohtaan. Peittämisessä voidaan käyttää apuna esimerkiksi kaivinkoneita.

Syksyllä peitemateriaalin poistamisen ajoitus sen sijaan vaatii tarkkuutta. Jotta peitemateriaali ei ehdi jäätyä kiinni säilölumikasaan, tulee peitteen poistaminen ajoittaa ennen pakkaskelejä. Erityisesti mikäli käytössä on geotekstiili, voi peitteen jäätyminen kasaan kiinni aiheuttaa peitteen repeämistä poistovaiheessa ja johtaa materiaalin käyttöajan pienenemiseen. Peitemateriaalia ei kuitenkaan kannata poistaa liian aikaisin, jotta hukka ei ehdi kasvaa syksyllä kasan avaamisen ja pakkaskelien saapumisen välisenä aikana.



Lumikasan muotoilu

Säilölumikasan muodolla on suuri merkitys lumen säilymiseen. Muodon tulisi olla mahdollisimman tasainen ja jyrkkä, jotta kasan päälle ei synny vesilammikoita edesauttamaan sulamista. Erityisesti lumikasan harjalla muotoilu tulisi saada mahdollisimman sivuille viettäväksi. Muotoilussa on kuitenkin huomioitava käytettävä peitemateriaali. Mikäli käytössä on geotekstiili, mahdollisuudet tarkkaan muotoiluun ovat hyvät. Geotekstiili myötäilee kasan muotoa ja on helppo levittää muotoillun kasan päälle. Mikäli taas käytössä on XPS-eriste, tulee huomioida eristeen muoto. Tällöin tehokkaimpana muotona on lyhyen käyttökokemuksen jälkeen koettu olleen kuutio, jossa harja on tasainen, huomioiden XPS-eristeen levymuodon. Liian jyrkkä muotoilu muodostaa myös työturvallisuusriskin. Eristelevyt ovat kookkaita ja liukkaita ja irti päästessään voivat liukua nopeaa vauhtia alamäkeen.

Kuva 1. Ounasvaaran säilölumikasa kesän säilöntäkauden jälkeen. (kuva: Turpeenniemi, S. 2022)

Esimerkiksi Ounasvaaralla lumikasan muotoilussa on huomioitu sivujen jyrkkä lasku ja huipun terävyys, jolloin kasan huipulle ei ole päässyt sulamaan vesilammikoita. Säilöntämateriaalina on geotekstiili.

Lumen siirtäminen säilöntäpaikalta

Lunta joudutaan usein siirtämään pitkiäkin matkoja esimerkiksi hiihtoladulle. Lumen yksi suurimmista kustannuksista onkin sen siirtämisestä johtuvat kulut. Siirtämiseen vaaditaan paljon kalustoa sekä osaavaa henkilökuntaa. Pitkät siirtomatkat myös kasvattavat ympäristökuormitusta. Lumikasan siirtämiseen tarvitaan esimerkiksi rinne- ja latukoneita, pusku- ja kuormakoneita, kaivinkoneita ja kuorma-autoja sekä pyöräkoneita. Edellisten lisäksi siirto voi vaatia myös paljon pienempää kalustoa. Lumen siirtämisessä on myös huomioitava lumen puhtaus. Kalusto on puhdistettava ennen käyttöä, ja siirtovaiheessa lumen likaantumiseen on kiinnitettävä huomiota.

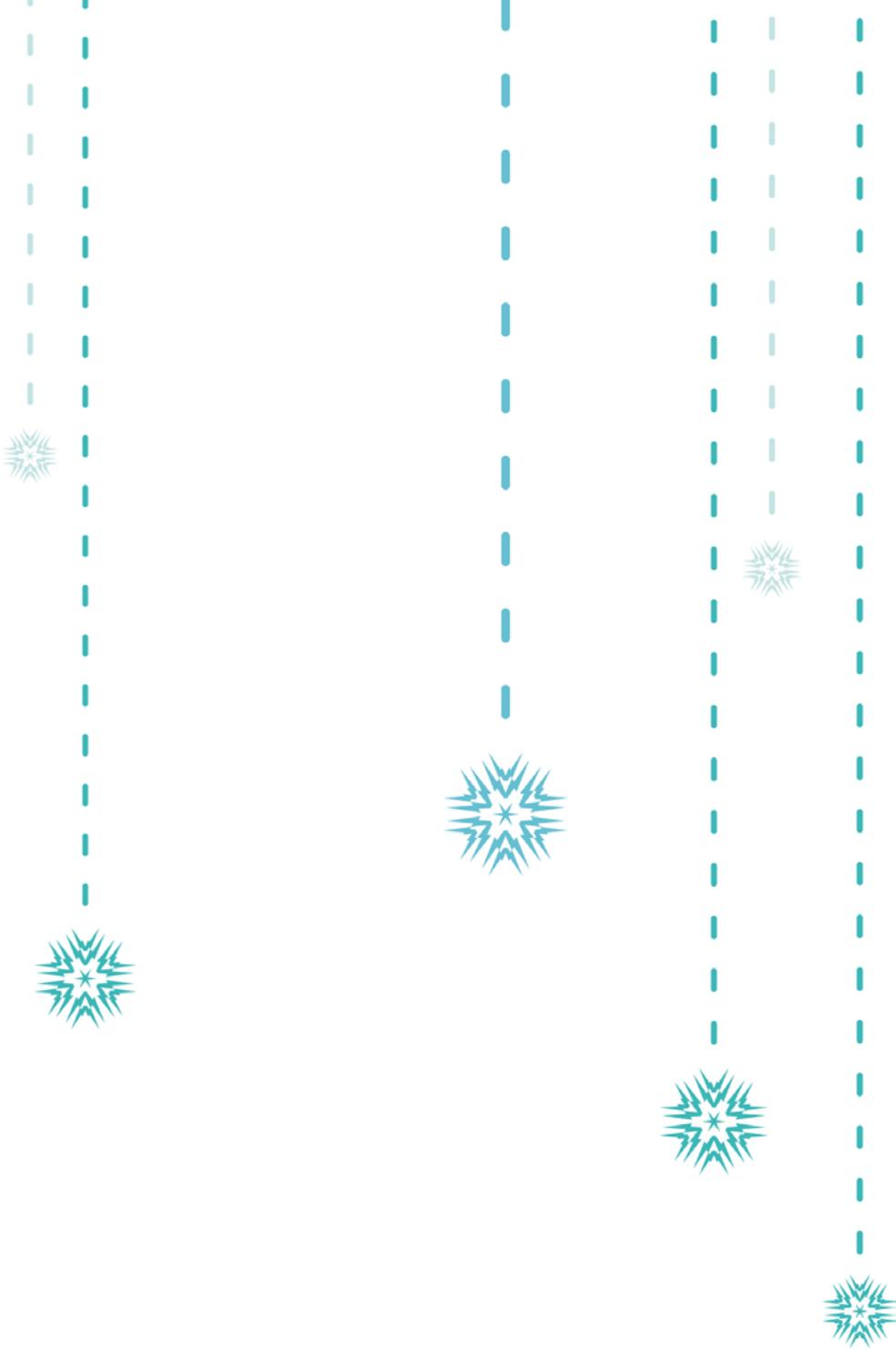


Kuva 2. Kalustoa lumen siirtovaiheessa (kuva: Turpeenniemi, S. 2021)

Yhteenveto

Kokonaisuutena lumen säilöminen ei ole mikään yksinkertainen projekti. Huomioon otettavia muuttujia on monia, ja niiden ennakoiminen on haastavaa. Vaikka

säilömisprosessi muuten sujuisi täysin samalla tavalla, voi lopputulema kahden vuoden välillä olla täysin eri. Prosessi vaatii myös nopeaa reagoitua esimerkiksi sääolosuhteiden muuttuessa tai vaikka välineiden rikkoutuessa. Kysymyksiä on paljon, mutta yksiselitteistä oikeaa vastausta ei ole olemassa. Ilmastonmuutoksen edetessä ja sään lämmitessä lumen tekemisen ja säilönnän kehittäminen ovat kuitenkin jatkossa yhä tärkeämpiä monen lunta hyödyntävän elinkeinon varmistamiseksi ja lumisen talven kokemusten pelastamiseksi.



Niko Pernu



Pala talvea talteen – Tavanomaisimmat lumensäilönnän menetelmät

Johdanto

Lumensäilönnällä viitataan toimintaan, jossa edellistalven lunta säilötään kesän yli seuraavan syksyn tai talven tarpeisiin. Ilmastonmuutoksen edetessä lumensäilöntä on alkanut yleistyä kansallisella tasolla, ja erityisesti Lapin talveen painottuva matkailuelinkeino on monilta osin riippuvainen lumesta ja sen tuomista mahdollisuuksista. Lumen säilönnän sovelluksia rajoittaa vain mielikuvitus, mutta tyypillisimmin säilölunta hyödynnetään lumirakentamisessa sekä talvilajien suorituspaikkojen valmistamiseen: hiihtoladuille, koirarekien väylille sekä laskettelurinteisiin. Säilölumella voidaan myös irtaantua luonnonlumipeitteen ajankohdallisista epävarmuustekijöistä, ja tuoda lumesta riippuvaisiin toimintoihin varmuutta sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä. Säilölumella voidaan luoda myös eksotiikkaa, tarjoamalla lumen elementin sisältäviä palveluita keskellä kesää.

Uutta pontta lumen säilöntä saanee 2022 energianhinnan noususta: lunta voidaan tuottaa lumitykein, kun energia on halvinta, ja säilöä käytettäväksi, kun lumen tuotanto ei ole kannattavaa, kuten lämpimämpinä ajanjaksoina. Vaikka lumen säilönnällä voidaan ratkoa joitakin ilmastonmuutoksen aiheuttamia ongelmia, myös lumen säilönnällä on lähes poikkeuksetta vaikutuksia myös ympäristöön. Tässä

artikkelissa valotamme tavanomaisimpien, lumen säilönnässä käytettävien eristemateriaalien ominaisuuksia, käyttöä ja ympäristövaikutuksia.

Lumen säilöntämenetelmät

Sahanpuru

Sahanpuru, tai kansankielisesti muha, on ollut kauan lumen säilönnän yleisin eristemateriaalivaihtoehto. Sahanpurulla viitataan puuteollisuuden sivutuotteena syntyvään, kuitupituudeltaan noin millimetrin mittaiseen ainekseen (Pesonen 2019, 10). Sahanpurun soveltaminen lumen säilöntään ei suomalaista rakennushistoriaa tuntevalle tule yllätyksenä, sillä vielä 1900-luvun alkupuoliskolla oli hyvin yleistä käyttää rakennuksen lämpöeristeenä sahanpurua.

Sahanpurun lämmönjohtavuuden arvo on tiivistämättömänä $0,120 \text{ W/(mK)}$, ja tiivistämällä lämmönjohtavuutta voidaan pienentää vielä noin kolmanneksella (Ympäristöministeriö 2012, 17). Sahanpurun tiivistäminen ei kuitenkaan usein ole mahdollista lumensäilönnän sovelluksissa. Sahanpurua on käytetty rakentamisen lisäksi kuitulevyjen, sellun ja biopolttoaineiden tuotannossa. Sahanpurun käyttömahdollisuuksia jätevedenpuhdistuksessa on myös tutkittu. (Pesonen 2019, 6)

Sahanpurua syntyy puunjalostuksessa jopa 10–15 % sahattavan puun tilavuudesta (Karhunen 2010, 5). Sivutuotteena syntyvälle sahanpurulle etsitäänkin jatkuvasti uusia käyttömahdollisuuksia, eikä sahanpurun käyttöön yleensä liity suuria hankintakustannuksia. Parhaimmillaan sahanpurua saa ilmaiseksi, jolloin suurimaksi haasteeksi jää löytää toimittaja riittävän läheltä lumen säilöntäpaikkaa. Sahanpurun käyttö tarjoaakin artikkelissa vertailluista materiaaleista matalimman kynnyksen lumensäilöntään edullisen hankintahinnan sekä hyvän saatavuuden myötä. Lisäksi sahanpurun matala lämmönjohtavuus tarjoaa hyvän eristeen kesän lämpöä vastaan. Sahanpurun lähtömateriaali on myös uusiutuva ja sitoo hiili-dioksidiä itseensä. Materiaali on myös kevytensä ansiosta helppo levittää, mutta tuo mukanaan myös haasteita. Tuulisissa olosuhteissa kevyt materiaali voi levitä ympäristöön, ja aiheuttaa lumen säilöntään liittyvien haasteiden lisäksi kosmeettista haittaa lähialueille. Suurempina määrinä puru voi vaikuttaa alueen kasvillisuuteen lannoittavasti ja näin ollen pahimmillaan rehevöittää alueen ympäristöä. Säilöntäkauden lopussa sahanpuru tulee erotella säilötystä lumesta, joka onkin usein työläin vaihe sahanpurua käytettäessä. Puhdistusmääriin ja puhdistamisessa syntyvään “hukan”, sahanpurua sisältävän lumen määrään vaikuttaa oleellisesti lumen käyttötarkoitus. Kilpaurheilun käytettävälle lumelle asetettavat vaatimukset ovat huomattavasti tiukemmat kuin esimerkiksi husky-reiteille käytettävässä

säilölumessa. Varsinaisen sulamisen aiheuttama, säilöntäkauden aikana syntyvä lumen hukkamäärä on noin 10–20 prosenttia, riippuen sahanpurukerroksen paksuudesta ja iästä. (Lapin AMK 2022)

Geotekstiili

Geotekstiilit ovat pääasiallisesti maanrakentamisessa hyödynnettäviä, huokoisia tekstiilejä. Muun muassa Egyptissä tehdyt kaivaukset paljastivat, että geotekstiilit ovat olleet ensimmäisiä tekstiilejä ihmiskunnan historiassa. Ensimmäiset geotekstiilit valmistettiin usein luonnonkuiduista, ja niitä käytettiin epävakaa maaperän stabilointiin muun muassa tierakenteissa. Sitten geotekstiilit ovat muotoutuneet hyvin kehittyneiksi, ja modernin maanrakentamisen kannalta oleellisiksi tuotteiksi, jotka valmistetaan yleisimmin nylonista, polyesterista tai polypropylenistä. Myös luonnonkuituja kuten juuttia voidaan hyödyntää.

Geotekstiilin käytön yleisin tavoite on vakauttaa ja vahvistaa maaperää erottamalla eri maalajit toisistaan. (Agrawal 2011, 1) Kotimaisen lumen säilönnän kannalta tavanomaisimpia geotekstiililaatuja ovat 500–1000 g / m² vahvat, valkoiset geotekstiilit. Geotekstiilien rooli lumen säilönnässä on tarjota suojaa olosuhteilta: eristää lämmöltä, estää auringonvalon pääsy säilöttävään lumeen sekä suojata tuulelta, sateelta ja epäpuhtauksilta. Pinnoittamattoman geotekstiilin lämmönjohtavuus on noin 0,07 – 0,10 W/(mK) (Singh & Bouazza 2013, 5). Geotekstiilejä käytettäessä kesän yli säilöttävästä lumesta jää jäljelle noin 55–60 prosenttia säilytystä tilavuudesta, riippuen geotekstiilien paksuudesta, limityksestä ja kerrosten määrästä. (Lapin AMK 2022)

Lumen säilönnässä geotekstiilit levitetään säilöttävän lumen päälle yhtenä tai useampana, usein reunoiltaan limitettävänä kerroksena. Peitteet usein ”teipataan” saumoistaan leveillä tarranauhakaistaleilla tuulioloja sekä vesisadetta vastaan. Tarranauha tarttuu sellaisenaan geotekstiilin huopamaiseen pintaan. Geotekstiilien levittäminen suoritetaan kansallisissa lumensäilöntäkohteissa tyypillisimmin sekä koneita, että manuaalista työtä yhdistäen: Painavat tekstiilirullat kuljetetaan ja avataan kaivinkoneen avulla lähelle haluttua sijaintia, ja lopullinen sijainti haetaan lihasvoimin siirtelemällä. Geotekstiilejä voidaan asentaa päällekkäin useampi kerros, jolla voidaan pienentää peitteen lämmönjohtavuutta. Peitteet limitetään usein saumoistaan noin metrin matkalta, ja limitykset näkyvätkin usein säilöntäkauden lopussa korkeampina, vähemmän tiivistyneinä ja sulaneina ”harjoina”. Geotekstiilipeitteiden helmoihin asennetaan yleensä punnuksia, jotta tuuli ei nosta kangasta säilölumikasasta irti. Tavanomaisimmin punnuksena toimii geotekstiilin säilönnässäkin käytetty metalliputki, jonka ympärille geotekstiili säilöntäkauden päätteeksi kerätään. Geotekstiilin keruu syksyisin suoritetaan tavanomaisin kaivinkoneeseen liitettävällä laitteella, joka rullaa peitteen takaisin putken ympärille.

Geotekstiilejä käytettäessä peittojen poistoajankohta on kriittinen: liian aikaisin avattu säilölumikasa voi osin sulaa ennen käyttöä ja pakkassäitä, mutta samalla peittojen poisto on suoritettava ennen kuin kosteat geotekstiilit jäätyvät säilölumikasan pintaan kiinni. Kiinni jäätyessään peittojen poistoon käytettävä työmäärä kasvaa huomattavasti. Peittojen elinikään vaikuttaa pääasiallisesti sekä peitteiden asennus- että keräysvaiheen käsittely. Säilölumeen jäätyneiden peittojen irrotuksessa peitteen pinnasta voi irrota kuituja, sekä materiaali voi jopa revetä. Toinen selkeä, peitemateriaalin elinikää lyhentävä tekijä on peitteen likaantuminen. Materiaaliin kerääntyy ilmassa olevaa roskaa ja epäpuhtauksia, mutta peitteiden keruutavasta riippuen materiaalit voivat joutua kosketuksiin maaperän kanssa.

Geotekstiilien etuna pidetään yleisesti ottaen helppoa käsiteltävyyttä ja säilötyn lumen puhtautta. Vaikka geotekstiilin eristyskyky onkin alhaisempi kuin muilla artikkelissa esitetyillä peitemateriaaleilla, koetaan se monien alan toimijoiden keskuudessa hyvänä yhdistelmänä eristävyyttä, helppokäyttöisyyttä sekä kustannustehokkuutta. Ekologisesta näkökulmasta geotekstiilien käyttöön liittyy haasteita. Itse materiaali tuotetaan useimmin keinotekoisista materiaaleista. Markkinoille on tullut myös ympäristöystävällisempiä, kierrätetystä materiaalista valmistettuja geotekstiilejä. Näiden väri harvoin kuitenkaan on yhtä hohtavan valkoinen, kuin tavanomaisten, kierrättämättömistä materiaaleista valmistettujen geotekstiilien, eivätkä sovellu lähtökohtaisesti säilöntään yhtä hyvin. Geotekstiilien ympäristövaikutuksista erityisesti mikromuovipäästöjen osalta on kiinnostuttu myös Euroopan komissiossa (SNW 2022).

Suulakepuristettu polystyreeni / XPS-eriste

Kolmas, kokeiluhenkkinen eristemateriaali lumen säilönnässä on suulakepuristettu polystyreeni. Suulakepuristettu polystyreeni, tutummin XPS-eriste on tuttu materiaali niin rakennuksien kuin maanrakentamisen parissa, mutta sovellukset lumen säilöntään ovat tuoreita. XPS-eristeen yleisimmät sovellukset ovat levymäisten, jäykkien eristeiden valmistus rakennusteollisuuteen. XPS-eristeet koostuvat pääasiassa polystyreenistä ja punneaineesta. Sula polystyreenimassa ja punneaine johdetaan paineistettuna matalampaan ilmanpaineeseen ohjainlevyjen väliseen tilaan, jossa punneaineen ja massan sekoitus laajenee ja jähmettyy lopulliseen muotoonsa (Sulotek 2022). Punneaineena voidaan käyttää ilmaa, mutta osa valmistajista hyödyntää esimerkiksi teollisuuden sivutuotteena syntyvää hiilidioksidia. Sekä ilma, että hiilidioksidi pienentävät XPS-eristeiden tuotannon aikaista hiilijalanjälkeä muihin perinteisesti käytettyihin punneaineisiin verrattuna, sillä punneainetta poistuu materiaalista tuotantovaiheessa jälkeen. XPS-eristeen lämmönjohtavuus on tavanomaisesti 0,025–0,040 W/(mK) (Thermal Engineering 2019).

XPS-eriste ei suljettukennon rakenteensa vuoksi ime vettä, joka vaikuttaisi materiaalin eristävytyteen negatiivisesti. Materiaali kestää muovipohjaisuutensa myötä kosteusrasitusta homehtumatta. Pidempikestoisessa UV-säteilyaltistuksessa materiaali suositellaan kuitenkin suojattavaksi (XPSA 2022). Lumen säilönnässä XPS-eristelevyt usein koteloidaankin muovipohjaisten peitteiden sisään, jolloin yksittäisistä, kevyistä levyistä saadaan tarvittaessa jopa kymmenien neliöiden kokoisia eristepeitteitä, koska sellaisenaan kevyt eristelevy ei esimerkiksi tunturiolosuhteissa sovellu lumensäilöntään. Muovipeitteinen koteloitu tuo mukanaan omat rajoitteensa lumen muotoiluun, sillä kaltevalle pinnalle asennettuna peitteet voivat helposti liukua säilöttävän lumen päältä pois. XPS-eristeitä käytettäessä säilölumi kannattaakin muotoilla siten, että kaltevia ja epätasaisia pintoja on mahdollisimman vähän. (Lapin AMK 2022)



Kuva 3. XPS-pohjaiset lumen säilöntään kehitetyt peitteet.

XPS-eristeiden jäykkyys tuo mukanaan omat haasteensa. Koska levyt eivät mukaile alustaansa, täytyy säilöttävä lumi muotoilla eristeen kannalta optimaalisesti. Säilöttävän lumen sulaessa ja painuessa säilökasan sivuseinämille sijoitetut levyt eivät kykene kaikissa tilanteissa mukailemaan painuvan kasan muotoa ja korkeutta, ja voivat näin ollen altistaa säilöttävän lumen elementeille. Ongelmaa on kokeiltu ratkoa alan toimijoiden keskuudessa muun muassa asettamalla XPS-eristeet ainoastaan kasan yläosiin, ja toteuttaen laitojen eristys geotekstiileillä tai muilla, taipuisammilla eristemateriaaleilla. Eriste-elementit asennetaan säilöttävän lumen peitteeksi usein sekä konein että lihasvoimin, vetämällä tai nos-

tamalla ne haluttuun sijaintiinsa.

Suulakepuristetun polystyreenin käyttö lumen säilönnässä on yhä kokeellisella tasolla. Materiaalin käyttöön houkuttaa sen keveys sekä hyvä lämmönvastus. Lisäksi sahanpuruun verrattuna eriste-elementein säilötyn lumen käyttöönotto on helpompaa. Lisäksi lumensäilönnän hiilijalanjälki pienenee, mikäli XPS-eristeellä lunta säilöittäessä hukka on pienempi kuin sahanpurulla tai geotekstiilein. (Lapin AMK 2022)

Yhteenveto

Sahanpurun ja geotekstiilin lämmönvastukset ovat hyvin samankaltaiset, mutta suuren eron lumen säilönnässä tuo tavanomaisesti käytettävät eristepaksuudet edellä mainituilla materiaaleilla. Geotekstiiliä käytetään usein kaksinkertaisena eristeenä sekä 500 gramman, että 1000 gramman neliövahvuudessa, eli noin 25–30 millimetrin paksuisena eristekerroksena. Sahanpurua käytettäessä eristepaksuus on usein kymmeniä senttimetrejä, joka luo huomattavasti eristävemmän peitteen säilöttävälle lumelle.

Kun lunta säilötään paksuilla sahanpurukerroksilla, säilönnässä syntyvä hukka on pienempi kuin muiden säilöntämateriaalien tyypillisillä eristepaksuuksilla. Säilöttyä lunta kuitenkin joudutaan usein poistamaan pinnasta runsaasti, jotta säilöttävä lumi saadaan puhtaaksi sahan purusta, ja näin hukkaa syntyy lisää vielä säilölumikasan purku- ja levitysvaiheessa.

XPS-eristeen vetovoimatekijä on huomattavasti muita lumensäilönnässä käytettyjä materiaaleja alhaisempi lämmönjohtavuus. Tavanomaisesti materiaali on 50 millimetriä paksuina eristelevyinä, ja eristekerroksia on tavanomaisesti lunta säilöittäessä yksi tai kaksi. Materiaali takaa teoreettisella tasolla hyvän eristävyuden, mutta käytännön sovelluksista ei toistaiseksi ole vielä riittävän laajaa kokemuspohjaa, jotta XPS-eristelin toteutettavasta lumensäilönnässä syntyvästä hukasta voitaisiin tehdä luotettavia johtopäätöksiä. (Lapin AMK 2022)

Eri materiaaleilla syntyvä, lumen sulamisesta syntyvä hukka on pienin sahanpurua käytettäessä. Tällöin hukkaprosentti on noin 10–20. Hukan määrään vaikuttaa erityisesti lunta suojaavan sahanpurukerroksen paksuus sekä ikä. XPS-eristeillä tavoitellaan vastaavia lukuja. Sahanpurua käytettäessä hukan määrään vaikuttaa myös haluttu lumen puhtaustaso. XPS-eristeiden ja geotekstiilien yhteiskäyttö on vielä vähäistä, mutta alustavien havaintojen perusteella tällaisella hybridiratkaisulla säilöttävää lunta sulaa noin 30 prosenttia säilöntäkauden aikana. Pelkällä geotekstiilillä hukan määrä on 40–45 prosenttia. (Lapin AMK 2022)

Lumensäilönnän ympäristövaikutuksia huomioitaessa itse säilönnän ohella vähintään yhtä keskeisiä tekijöitä ovat lumen tuotanto ja logistiikka. Säilöttävät volyymit esimerkiksi hiihtokeskuksissa ovat usein kymmeniä tuhansia kuutioita, johon luonnonlumi ei riitä. Lumen tuotanto lumitykein onkin pääsääntöisesti kannattavinta pakkasjaksojen aikaan. Lunta kuljetetaan konein sekä säilöittäessä että käyttövaiheessa, jonka vuoksi sijainnin valintaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Kuljetusmatkojen pituus on usein suoraan verrannollinen niin kustannuksiin kuin ympäristövaikutuksiinkin. Ideaalitulanteessa lumen tuotanto, säilöntä ja käyttö tapahtuu samalla alueella.

Säilöntämateriaalia valittaessa on huomioitava lumen säilöntään käytettävät resurssit: budjetti, käytössä oleva työvoima ja kalusto sekä aika. Mikäli säilöttävää lunta on runsaasti yli tarpeen, ei peitemateriaalin eristävyydellä ja säilöntäkauden aikaisella hukalla ole yhtä kriittinen rooli, kuin luminiukalla alueella säilöittäessä. Soveltuvan säilöntämateriaalin valintaan vaikuttaa kriittisesti resurssien ohella säilöittävän lumen sijainti. Säilöntämateriaaleja voidaan valikoida metsän suojissa olevalle säilölumipaikalle huomattavasti kivuttomammin kuin tunturirinteisiin, jossa ankarat olosuhteet tuovat omat haasteensa. Lumensäilönnässä syntyvään hukkaan määrään voi vaikuttaa runsaasti myös säilöntäpaikan valinnalla. Ensisijaisesti kannattaa suosia varjoisia, tuulelta ja valumavesiltä suojassa olevia sijainteja.

Uskon, että lumen säilönnän kehittyessä alana tulemme näkemään huomattavasti enemmän eri eristemateriaaleja hyödyntäviä hybridiratkaisuja, sekä uusia, muilta teollisuuden ja tekniikan aloilta tuttuja materiaalien hyödyntämistä myös lumensäilönnässä.

Lähteet

Agrawal, Bipin J. 2011. Geotextile: It's application to civil engineering – Overview. University of Baroda. Haettu 2.3.2022 osoitteesta <https://www.bvmengineering.ac.in/misc/docs/published-20papers/civilstruct/struct/101052.pdf>

Extruded Polystyrene Foam Association. 2022. Performance Properties of Extruded Polystyrene Foam (XPS) Insulation. Haettu 7.4.2022 osoitteesta <https://xpsa.com/technical-information/physical-properties/>

Lapin AMK. 2022. Haastattelututkimus – Energiatohokas Arktinen Lumi. Julkaisematon tutkimus.

Karhunen, Veera. 2010. Sahojen sivutuotteiden hyödyntäminen ja niistä aiheutuvat päästöt ilmaan. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Haettu 21.2.2022 osoitteesta <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/69703/nbnfi-fe201105171576.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Pesonen, Karoliina. 2019. Sahanpurun uudet käyttökohteet. Oulun Yliopisto. Haettu 3.10.2022 osoitteesta <http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-201905181820.pdf>

Singh, Rao Martand. Bouazza, Abdelmalek. 2013. Thermal conductivity of geosynthetics. Monash University. Haettu 31.8.2022 osoitteesta <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0266114413000472?token=CBD-243C739AB62E98A6E4D9C0892EF04F14F9E988009C28326BF8041DCA-9269963213FA2B566098F0D77B5DF94A8BBD2&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220830123906>

SNW – Sustainable Nonwovens. 2022. EU investigating release of microplastics from geotextiles. Haettu 15.9.2022 osoitteesta <https://www.nonwovens-news.com/manufacturing-news/15928-eu-investigating-release-of-microplastics-from-geotextiles>

Sulotek. 2022. Sulotek - Mistä materiaaleista. Haettu 19.9.2022 osoitteesta <https://www.sulotek.fi/fi/Mistä%20materiaaleista>

Thermal Engineering. 2019. What is Extruded Polystyrene – XPS – Definition. Haettu 19.9.2022 osoitteesta <https://www.thermal-engineering.org/what-is-extruded-polystyrene-xps-definition/>

Ympäristöministeriö. 2012. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma: Lämmöneristys. Ohjeet 2012. Rakennetun ympäristön osasto.

XPSA. 2022. Physical Properties- Performance Properties of Extruded Polystyrene Foam (XPS) Insulation. Haettu 5.9.2022 osoitteesta <https://xpsa.com/technical-information/physical-properties/>

Niko Pernu



Lumen tiheysmittauksilla tukea säilöntään

Tausta

Ounasvaaran säilölumen tilavuutta on tutkittu Lapin Ammattikorkeakoulun Energiatehokas Arktinen Lumi -hankkeessa vuosina 2020–2022. Tilavuutta on määritetty säilöntäkauden aikana laserkeilaamalla säilölumikasat säilöntäkauden eri vaiheissa. Tilavuuden muutosta on käytetty muun muassa säilölumen sulauman arviointiin, mutta asiantuntijahavaintojen perusteella tilavuuden muutokseen vaikuttaa sulauman lisäksi myös lumen tiheyden muutos säilöntäkauden aikana. Säilölumen tiheyden ja kompression selvittäminen Ounasvaaralla on tärkeää, jotta hankkeessa voidaan määrittää tarkasti säilöntäkaudella sulavan lumen määrä, sekä arvioida säilöntämenetelmän toimivuutta ja energiatehokkuutta.

Kun tiheyden mittauksen käytännön toteutusta pohdittiin Ounasvaaran säilölumi-toimijoiden parissa, nousi esiin myös muita tutkimusongelmia, joihin voitaisiin vastata lumen tiheyttä mittaamalla. Ensimmäinen näistä koski säilölumen tiheyden muutosta lastaustilanteessa. Ounasvaaran säilölumen tuottaja- että ostajaosapuolet olivat hyvin kiinnostuneita maanrakennustermein ilmaistuna säilölumen kiinto- ja irtokuution tiheyden erosta, eli kuinka paljon säilötyn lumen tiheys muuttuu, kun se lastataan kaivinkoneella kuorma-auton kyytiin. Myyntiyksikkönä

oli tähän saakka käytetty irtokuutioita, joka usein on tiheydeltään kiintokuutiota alhaisempi, kun taas itse säilölumikasan lumen tilavuutta mitataan kiintokuutioina. Lisäksi säilölumen ostajaosapuolta kiinnosti säilölumen yhden käyttöpaikan, ensilumenladun latupohjan lumen tiheys.

Eli kokonaisuudessaan tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää kesän yli säilötyn lumen tiheys tuotantoketjun kolmessa eri vaiheessa: säilölumikasassa (kiintokuutio), kuljetuksessa (irtokuutio) sekä levitettynä ensilumenladulla, sekä kartoittava kompression vaikutus säilöntäkauden aikaiseen lumen tilavuuden muutokseen.

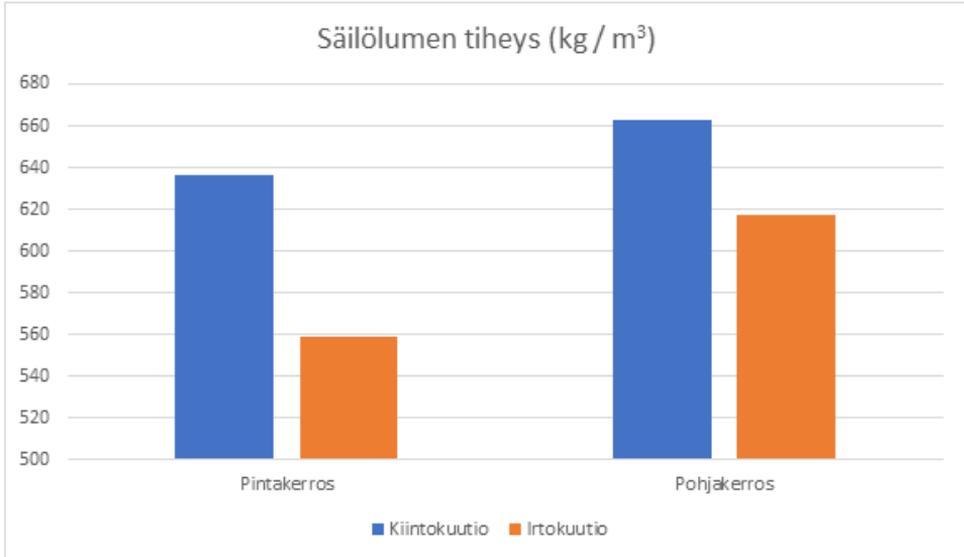
Lumen tiheys elää eri käsittelyvaiheissa

Vuonna 2021 tutkimukset kohdentuivat Ounasvaaran hiihtokeskuksen säilölumikasoihin lumen tiheyteen eri käsittelyvaiheissa. Mittaukset suoritettiin itse valmistetulla, poramaisella näytteenottokalustolla. Säilölumen ns. kiintokuution tiheys säilölumikasan pintakerroksessa oli säilöntäkauden lopussa keskimäärin 636 kg / m³, ja vaihteluväli 76,5 kg / m³. Lumi oli aistinvaraisesti tarkasteltuna hyvin kosteaa, ja omasi paikoin hyvin ohuita jääkerroksia.

Keskikerroksen näytteenotto osoittautui säilölumikasan purkutavasta johtuen hyvin haastavaksi mittaustemme kannalta. Lunta siirrettiin rinnekoneilla säilölumikasan alkupäähän, josta lumi sitten lastattiin kuorma-autoihin. Rinnekoneiden telaston alla keskikerroksen lumi kuohkeutui pinnasta, ja pinnan alapuolisissa kerroksissa oli mahdollisuus tiivistymiseen koneen painosta. Näytteenottoa koettiin, mutta näytteiden suuri vaihteluväli viittasi siihen, ettei näytteitä voitu pitää häiriintymättöminä.

Aistinvaraisessa arvioinnissa oli selkeästi havaittavissa, että lumen koostumus muuttui tiiviimmäksi syvemmissä kerroksissa. Säilölumikasan alaosassa, noin 2 metriä maan pinnan yläpuolella lumi oli monin paikoin muuttunut jo jääksi. Tästä johtuen pohjakerroksen tiheyttä pystyttiin tarkastelemaan keskikerrosta paremmin, sillä koneiden liikkeet eivät selkeästi muovanneet pohjakerroksen lumen tai jään muotoa, ja mittaustulokset osoittautuivat johdonmukaisiksi. Pohjakerroksen lumen tiheys ns. kiintokuutiolle oli säilöntäkauden lopussa 663 kg / m³, ja tulosten vaihteluväli 232 kg / m³. Vaihteluvälin suuruus selittyy muutamalla lähes puhtaasta jäästä muodostuneesta näytteestä, joiden tiheys oli suurimmillaan 835 kg / m³. Pohjakerroksen näytteitä saatiin hyvin myös säilölumikasan reunoilta, jotka olivat mittaushetkellä täysin koskemattomia aluetta eikä näin ollen koneiden tuomaa mahdollista häiriötä ollut. Kiinteämmästä olomuodosta huolimatta tiheys alemmissä kerroksissa ei poikennut runsaasti päällimmäisen kerroksen kosteasta lumesta, sillä syvemmissä kerroksissa lumi oli pysynyt pääosin turvassa lämmöltä

ja sulaumavesien kosteudelta. Näytemäärä aivan kasan pohjalta jäi heikoksi, sillä näytteenotto puhtaasta jäästä osoittautui vuoden 2021 mittauksissa käytetylle, itse valmistetulle mittauskalustollemme liian vaativaksi tehtäväksi. Säilölumen tiheys eri kerroksissa ja vaiheissa on esitetty alla olevassa kaaviossa 1.



Kaavio 1. Säilölumen tiheys eri tilanteissa.

Erityisesti logistiikan ja myynnin kannalta oleellisiksi tiedoiksi koettiin säilölumikasassa olevan lumen kuutiometrin, eli ns. kiintokuution, ja koneen käsittelyn kuohkeuttaman lumen kuutiometrin, eli ns. irtokuutiometrin tiheyden selvittäminen ja näiden välisen muuntokertoimen määrittäminen. Alan toimijat arvioivat lumen tilavuuden kasvavan noin 10 prosenttia, kun lumi siirretään säilölumikasasta kuorma-auton lavalle. Tämä arvio oli hyvin lähellä mittaustuloksien arvoja, sillä mittaustulosten perusteella säilölumen tilavuus kasvaa 14 prosenttia, kun lunta otetaan säilölumikasan pintaosista, ja 7 prosenttia, kun kyseessä on säilölumen pohjakerrokset. Irtokuution tiheys säilölumen pintakerroksissa oli 559 kg / m³, ja pohjakerroksissa 617 kg / m³. Muunnoskerroimen kiintokuutiosta irtokuutioksi ovat siis pintakerroksen osalta 1,14 ja pohjakerroksen osalta 1,07. Keski-kerroksen osalta tiheysmittauksia ei saatu suoritettua luotettavasti, jonka vuoksi tämän kerroksen osalta muunnoskerrointa ei voitu määrittää.

Ensilumenladun näytteidenotto ajoitettiin ajankohdalle, jolloin päästiin vertaamaan paria viikkoa aiemmin tehdyn ladun ja kaksi päivää ennen mittauksia tehdyn ladun ominaisuuksia. Laduista vanhempaa oli huollettu koneella noin 20–30 kertaa, ja tuoreempaa vain yhdesti tai kahdesti. Aistinvaraisesti kahden eri ladun koostumuksessa ei ollut selkeää eroa, mutta mittaukset osoittivat ladun tiivistyneen latukoneen ajo-kerrojen ja sääolosuhteiden myötä: enemmän huolletun ladun tiheys oli 9 prosenttia

suurempi kuin tuoreen ladun tiheys. 20–30 kertaa ajetun ladun tiheys oli 685 kg / m³. Tuoreen, vain 1–2 kertaa ajetun ladun tiheys 628 kg / m³, joka käytännössä vastaa säilölumen tiheyttä ns. kiintokuutiona säilöntäkauden lopussa.

Lumen tiheyden muutokset säilöntäkauden aikana

Vuoden 2022 mittauksiin saimme käyttöömmme Kovacs Enterprisen Coring System Mark III-jääporauskaluston. Mittauskalusto mahdollisti säilölumikasan tiheyden analysoinnin ns. Kasan läpi yhtä porareikää hyödyntäen, noin 30–40 senttimetrin pituisina, lierion muotoisina näytteinä, jotka massa ja pituus mitattiin paikan päällä heti näytteenoton jälkeen. Useiden samansuuntaisten aistinvaraisien havaintojen pohjalta hypotesina oli, että säilöttävän lumen tilavuuden muutokseen vaikuttaa sulamisen ohella lumen tiheyden muutos lumen tiivistyessä. Tavoitteena oli selvittää, mikä on säilötyn lumen tiheyden muutos eri kerroksissa säilöntäkauden aikana.



Kuva 4. Tottorakan säilölumikasa kaudella 2022.

Mittaus kohdistettiin Ounasvaaran hiihtokeskuksen kuvassa 4 näkyvään, Tottorakalle sijoitettuun säilölumikasaan. Kyseinen säilölumikasa oli koottu rinteeseen alaosaan rinnepohjan suuntaisesti. Kasan tiheyttä tarkasteltiin sekä ennen säilöntäkautta ja säilöntämateriaaleilla peittelyä, että heti säilöntäkauden päättyessä peitteiden poiston jälkeen. Mittaukset kohdistettiin rinnepohjaan nähden kolmelle pääalueelle: säilölumikasan ylä-, keski- ja alaosaan.

Hypoteesista poiketen, pintakerroksissa lumen tiheys oli alhaisempi säilöntäkauden jälkeen, kuin ennen sitä. Mittaustulosten perusteella säilöntää edeltävä lumen liikuttelu ja muotoilu kaivin- ja rinnekonein on tiivistää lunta noin 1–2 metrin syvyyteen saakka. Säilöntäkauden jälkeistä, alhaisempaa lumen tiheyttä voi myös selittää lumen koostumuksen muuttuminen jääpitoisemmaksi säilöntäkauden aikana. Useammalla säilölumikasalla oli havaittavissa säilöntäkauden jälkeen selkeä, jäisempi pintakerros niin aistinvaraisesti, kuin näytepaloja analysoimalla.

Mittauskohteena olleissa säilölumikasoissa lumen tiheys kasvoi vain keski- ja pohjakerroksissa, alkaen 3–4 metrin syvyydestä. 2–3 metrin syvyydessä lumen tiheys ei muuttunut merkittävästi. Maksimitarkastelusyvyys säilölumen tiheydelle oli noin 7 metriä, ja kyseisellä tarkastelukorkeudella lumen tiheyden keskiarvo pysyi lähes identtisenä, noin 606 kg/m³ ennen ja jälkeen säilöntäkauden. Mittaustuloksiin ja aistinvaraisiin arvioihin perustuen arvioimme, että säilölumikasan korkeuden ylittäessä noin 8–10 metriä, säilölumikasan tilavuus muuttuu säilöntäkauden aikana sulamisen lisäksi lumen tiivistymisen vuoksi.

Johtopäätökset

Vuoden 2021 tiheysmittaukset olivat ns. pilottivuosi. Ajatus tiheyden mittaamisesta syntyi vasta lumensäilöntäkauden aikana, eli lumen tiheyttä säilöntäkauden alussa ei kyetty määrittämään. Näin ollen tiheyden muutoksen osuutta tilavuudenmuutoksesta pystyimme arvioida vasta kaudella 2022, jolloin tavoitteena oli ottaa näytteet säilönnän alku- ja lopputilanteessa.

Vuonna 2021 tehdyissä säilölumen tutkimuksissa pääpainopisteiden, eli näytteenottolaitteiston testauksen, säilölumen kiinto- sekä irtokuution, että ensilumenladun tiheyden määrittämisen osalta tutkimus saavutti lähes kaikilta osin tavoitteet. Säilölumikasan pohjakerroksen osalta näytteenotto osoittautui odotusten mukaisesti hyvin haastavaksi – alimmissa kerroksissa lumi oli massan alla puristunut paikoin jääksi. Tiheyttä saatiin arvioitua yksittäisten näytekappaleiden avulla, mutta matalasta näytemäärästä ja poikkeavasta näytteenottotavasta tiheyttä pohjakerroksen osalta voidaan pitää suuntaa antavana.

Mittaukset menivät pääosin odotetusti, ja tehty tutkimus antoi hyvät lähtökohdat vuoden 2022 jatkotutkimuksille, joissa tavoitteena oli määrittää tiheyden muutoksen osuus lumensäilöntäkauden aikana tapahtuvan tilavuuden muutoksesta. Korkeudeltaan noin 6–7 metrin säilölumikasaa tarkasteltaessa säilötyn lumen keskimääräinen tiheys ei säilöntäkaudella muutu merkittävästi, mutta muutoksia lumen eri kerroksien tiheyksissä oli selkeästi havaittavissa. Päälimmäisissä kerroksissa aina kahteen metriin saakka tiheys pieneni säilöntäkaudella, kun alemmissa kerroksissa lumen tiheys kasvoi säilöntäkaudella.

Sini Turpeenniemi



Lumen tutkimus – kuinka se toteutettiin vuosina 2021 ja 2022

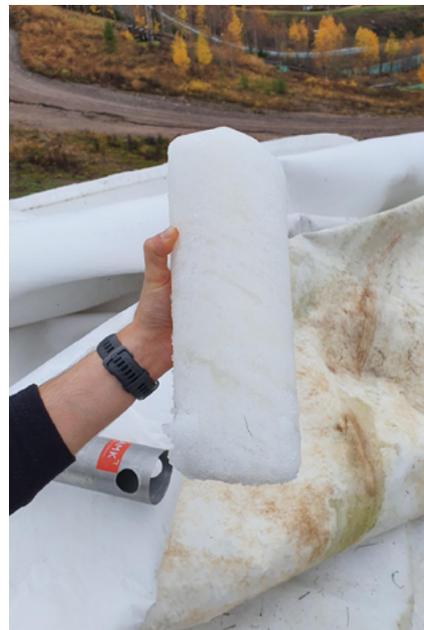
Lumen tutkimusta tehtiin Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa kahta eri tarkoitusta varten. Ensinnäkin syksyllä 2021 tutkittiin lumen tiheyttä säilötystä lumikasasta sekä lumikasan purkamisen jälkeen irtonaisemmasta materiaalista. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon tiheys muuttuu ns. kiintokuution ja irtokuution välillä. Vuoden 2022 osalta hankkeessa tutkittiin tiheyden muutoksia kevään ja syksyn välillä. Tarkoituksena oli siis selvittää, kuinka tiheys muuttuu säilöntäkauden aikana. Tutkimusta ja sen tuloksia on analysoitu erillisessä artikkelissa Lumen tiheysmittauksilla tukea säilöntään (Pernu 2022). Tässä artikkelissa tarkastellaan mittausprosessia ja käytettyjä välineitä.

Mittaukset syksy 2021

Vuoden 2021 mittaukset tehtiin itsevalmistetulla kalustolla. Kalusto koostui vaa'asta, lapiosta, rautalieriöstä sekä rautaputkesta. Vaakaa tarvittiin luminäytteen painon mittaamiseksi. Näytteenottoputkena toimi rautalieriö. Ontto rautalieriö pyöritettiin tai hakattiin lapion avulla lumeen (kuva 5). Itsetehdyissä näytteenottovälineissä ei ollut pohjalla terää pitämässä näytettä putkessa, jonka vuoksi näytettä ei voitu vetää ylös menettämättä ainakin osaa näytteestä. Ongelma ratkaistiin kaivamalla lapiolla näytteenottoputken viereen tilaa, jotta koko näyte saatiin



Kuva 5. Näytteenottoputki pyöritettiin tai hakattiin lapion avulla lumeen. (kuva: Turpeenniemi 2022)



Kuva 6. ja

Kuva 7. Lumi poistettiin lapiolla näytteenottoputken viereltä (kuva: Turpeenniemi 2022).

Kuva 8. Lieriön muotoinen näyte (kuva: Turpeenniemi 2022).

poistettua joko hyödyntämällä lapiota pohjalla, tai kääntämällä putki vaaka-asentoon (kuvat 6 ja 7).

Näytteen mitta arvioitiin mittaamalla putken tyhjä osuus. Tämän jälkeen näyte poistettiin putkesta ja punnittiin käsiväällä. Näytteen tilavuus laskettiin näytteenottoputken sisähalkaisijan sekä näytteen pituuden perusteella. Näyte oli muodoltaan lieriö (kuva 8).

Syksyllä 2021 mittauksia tehtiin ennen peitteiden poistamista (kuva 9). Mittauksia varten peitteitä täytyi siirtää, jotta näytteenotto oli mahdollista.



Kuva 9. Näytteenotto suoritettiin syksyllä 2021 lumikasasta ennen peitteiden poistamista (kuva: Turpeenniemi 2022)

Mittaukset kevät ja syksy 2022

Vuoden 2022 mittaukset tehtiin mittauksia varten hankitulla jääporaukseen tarkoitettulla kalustolla: Kovacs Enterprisesin Coring System Mark III-jääporauskalusto. Kaluston hankinta mahdollisti suuremman näytteidenottomäärän sekä näytteiden oton syvemmältä, jopa 6-7 metrin syvyydestä.

Keväällä ja syksyllä 2022 näytteidenotto oli huomattavasti syksyä 2021 tehokkaampaa. Näytteidenotto ajoitettiin keväällä 2022 ennen peitteiden asentamista. Syksyllä taas näytteitä kerättiin peitteiden poistamisen jälkeen. Ajoitus tehosti



Kuva 10. Ounasvaaran lumikasa muotoiltiin sivuilta jyrkäksi (kuva: Pernu 2022).

toimintaa, sillä peitteitä ei enää tarvinnut siirtää. Ajoituksen vuoksi myös työturvallisuuden panostettiin aikaisempaa tehokkaammin. Mittauksia varten työryhmän tuli kivuta jäistä ja jyrkkää rinnettä ylös mittausvälineiden kanssa (kuva 10). Työturvallisuutta parannettiin hankkimalla aikaisempaa paremmin soveltuva vaatetus, kypärä sekä kenkiin jääraudat.

Näytteenottoputkena toiminut jääpora saatiin porattua lumeen nopeasti hidaskierroksisen akkuporakoneen avulla (kuva 11). Jääporalla saatiin myös nostettua näytteet ylös pohjalla olevan, jousella toimivan terän pitäessä näytettä nostovaiheessa paikallaan.

Porausjäte, tässä tapauksessa lumi, poistui poran ulkokuoren oranssia kierrettä pitkin (kuva 12). Porausjätteen poisto toimi kuitenkin ainoastaan itse poran pituudelta. Jatkovarsilla näytteenotossa (kuva 13) tulikin olla varovainen, että poistuva porausjäte ei päässyt kertymään poran päälle ja tukkinut poistoaukkoa. Jatkovarsilla poratessa yhden näytteen pituus lyhenikin huomattavasti, sillä koko poran mittaista näytettä ei ollut mahdollista ottaa.

Näytteen pituus arvioitiin mittaamalla poran tyhjäpituus. Näyte kaadettiin jääporasta pussiin (kuva 14) ja punnittiin käsivaa’alla (kuva 15). Itse punnitusvaihe ja tulosten kirjaaminen toimivat käytännössä samoin kuin syksyllä 2021. Tutkittavat näytteet olivat eri mittaisia ja painoisia lumilieriöitä (kuva 16).



Kuva 11. Näytteenotto uudella Kovacs Enterprisesin Coring System Mark III-jääporauskalustolla. (kuva: Pernu 2022)

Kuva 12. Oranssi kierre poistaa porauksessa syntyvä porausjätteen, tässä tapauksessa lumen (kuva: Pernu 2022).

Kuva 13. Jatkovarrella päästiin ottamaan näytteitä jopa 7 metrin syvyydestä (Kuva: Pernu 2022).



Kuva 14. Näyte kaadettiin porasta pussiin punnittua varten (Kuva: Pernu 2022).



Kuva 15. Näytteet punnittiin käsivaa'alla (Kuva: Pernu 2022).



Kuva 16. Luminäyte (kuva: Pernu 2022).

Lopuksi

Kokonaisuutena arvioiden mittaukset tehostuivat huomattavasti uusien hankintojen myötä. Mittauksia pystyttiin tekemään paljon aikaisempaa enemmän. Lisäksi luminäytteitä saatiin kerättyä jopa 7 metrin syvyydestä. Myös työturvallisuus parani hankkeen aikana.

Kari Moilanen



Keilaus ja mikroilmasto

3D keilaus käsitteenä

Maanmittaus on aikaisemmin ollut käsin ja koneella laskemista. Pinta-alat ja matkat on laskettu käyttäen hyväksi trigonometriaa. Kun tiedetään kolmioista yksi sivu ja sitä vastaava kulma sekä toisesta kolmista sivun pituus tai kulman suuruus. Näistä voidaan puuttuva neljäs osa voidaan laskea yhtälöparista. (Rantanen 2001.)

Nykyään käytetään laserkeilausta ja muita digitaalisaation mahdollistamia paikannus järjestelmiä. Laserkelaimen osat ovat pääsääntöisesti seuraavat: Lasertykki, keilausosa ja ilmaisinosi. Laseryksikkö tuottaa säteen jota keilaus osa poikkeuttaa. Ilmaisinosi tulkitsee paluu signaalin ja määrittelee sen perusteella etäisyyden kohteeseen. Etäisyysmittaukset ja määrittelyt perustuvat laitetyypeistä riippuen valon kulku aikaan, vaihe-eroon, näiden yhdistelmään tai kolmimittaukseen. (Pekkala 2015.)

Kolmioverkkomalli

Voidaan tehdä tarkoista ilmapalokuvista. Tarkkuudeltaan ei ole verrattavissa 3D-keilaukseen. Kolmioverkkomalli eli yhdenlainen mesh-malli tarkoittaa kol-

mioverkosta rakennettua mallia. Itsessään mesh tarkoittaa geometrisen mallin esitustapaa, joka voidaan toteuttaa joko kolmioiden, neliöiden tai monikulmioiden muodostaman yhtenäisen verkon avulla. Kolmioverkko muodostuu kolmioiden tasopinnoista, jotka puolestaan koostuvat kolmioiden tahkoista ja kärkipisteistä. Jokaisen tasopinnan kärkipiste kuuluu myös viereiselle tasopinnalle, jolloin koko kolmioverkko luo yhden yhtenäisen pinnan. Kolmioverkkomalli on approksiimaatio todellisen kohteen muodosta tietyllä tarkkuudella. Kolmioverkkomallin muodon tarkkuus riippuukin kolmioverkon tiheydestä ja siten myös kolmioiden koosta. Mitä pienemmistä kolmioista malli koostuu, sitä tarkemmasta mallista on kyse. (KIRA-digi 2019, Airaksinen 2017.)

Mitä haasteita drone+lidar käytössä on

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttaa vallitseva sää: vesi- tai lumisade, aurinko ja sumu heikentävät lasersäteen kulkua ja aiheuttavat siten mittaepätarkkuuksia ja pisteiden virheellisiä koordinaatteja. (Koski 2001.)

Drone käytössä myös tuuliolosuhteet vaikuttavat mittauksen tarkkuuteen, riippuen laitteen ominaisuuksista miten tuulen puuskia voi kompensoida automaatiolla.

Skannerien erot

2D-skannaus lähettää aallot yhdestä kulmasta ja paluu signaalista voidaan rakentaa kaksiulotteiseen kuvaan. 3D-skannaus lähettää aaltoja monilta eri kulmilta ja paluu signaalista rakennetaan kolmiulotteisen kuvan. (Heiska 2010.)

Ounasvaaran mittauksissa on kausina 2020-2021 käytetty laserskanneria, malliltaan Riegl VZ 400i. (kuva 17.) Skanneri on niin sanottu hybridi skanneri, siinä käytetään 2- ja 3D skannausta jotka käsitellään laitteen omalla prosessorilla reaaliaikaisesti lisäten georeferoinnin, suodatukset ja analysoinnin.



Kuva 17. Skanneri Riegl VZ-400i (kuva Riegl.)



Keilauksen suoritti Atlastica joka käytti mönkijään kiinnitettyä laitteistoa. Kuvassa 18 on laitteen asennus käynnissä, mönkijän takaosaan erikoisvalmisteiseen telineeseen.

Kaudelle 2022 mittajaksi tuli Ramboll Oy ja mittauskalusto vaihtui drone+lidar yhdistelmään (DJI Matrice 300 RTK ja DJI L1 laserkeilain). Mittausten tarkkuus ja laatu varmistettiin maahan sijoitettavilla referenssipisteillä. Laitteisto tuottaa yhdistelmäkuvia mistä voidaan laskea haluttuja parametrejä, tässä tapauksessa lumikasan kutistumaa kauden aikana. Kuva 19.

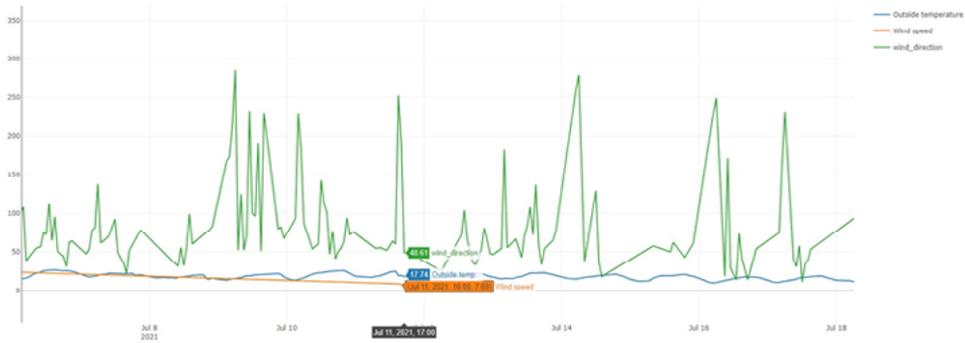
Kuva 18. Keilauslaitteen asennus



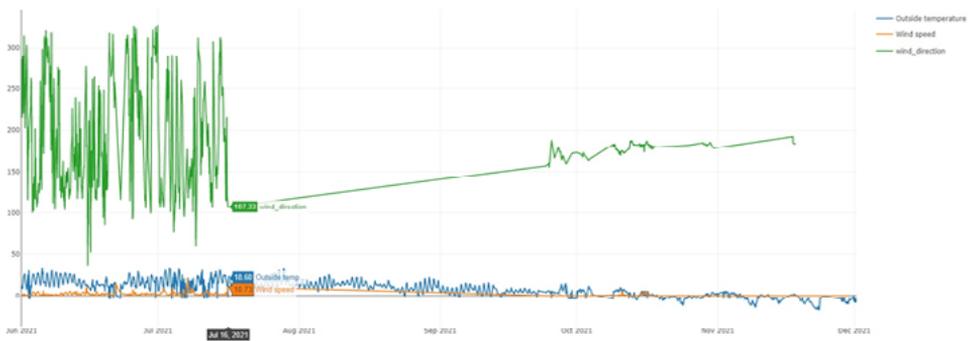
Kuva 19. Erään kasan alkutilanne ja kauden puoliväli

Mikroilmasto

Mikroilmaston mittauksissa käytettiin samaa kalustoa kuin vuoden 2020 mittauksissa. Ilman kalustotappiota ei selvitty tästä kaudesta. Kaudella 2021 Heinäkuun 11 päivä lopetti Ounasvaaran asema mittaamasta tuulen nopeutta, asiaa ei kesälomien vuoksi heti huomattu. (Kuva 20). Vara-asemaksi ostettu vastaava

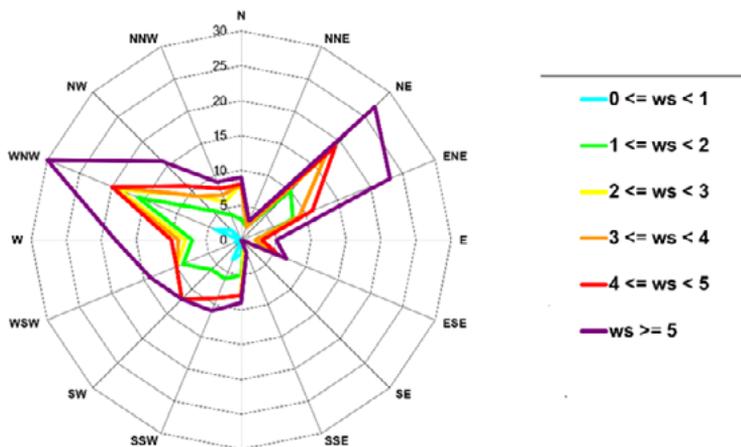


Kuva 20. Ounasvaaran aseman mittausdata 2022, tuulen nopeus ja suunta.

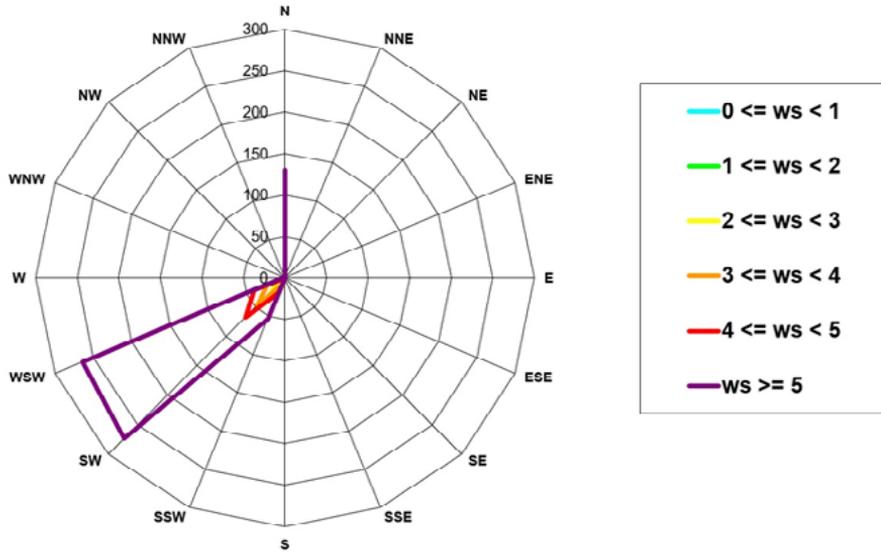


Kuva 21. Vara-aseman mittausdata 2022, tuulen nopeus ja suunta.

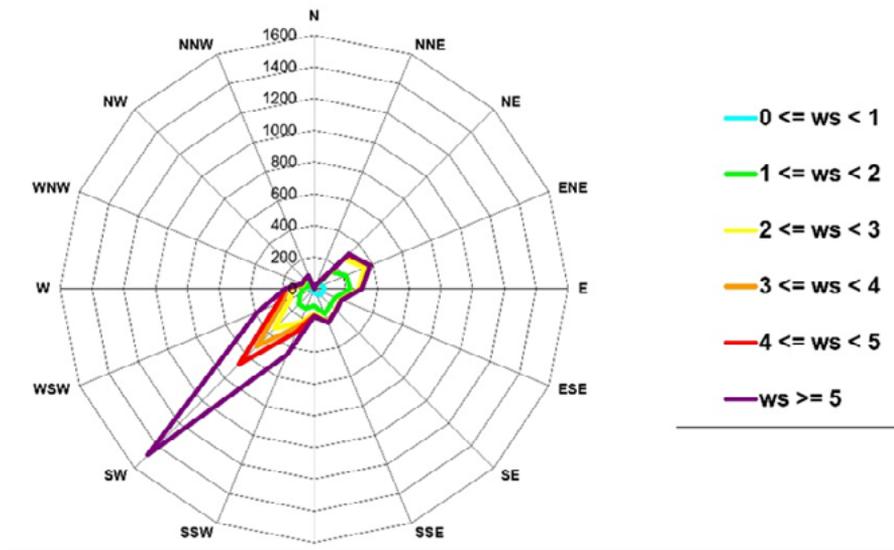
WS-10 oli tasalaatuinen ja se oli lopettanut mittaamasta tuulen nopeutta ja suuntaa 16:sta päivä heinäkuuta. (Kuva 21). Valmistaja on lopettanut mallin tuotannon, eikä korvaavaa laitetta näin ollen saatu. Huolto olisi kestänyt kuukaudesta kolmeen.



Kuva 22. Tuulensuunnat vuoden 2006 mittauksissa



Kuva 23. Tuulen suunnat 2021 mittauksissa, tiedot koko säilöntä kaudelta



Kuva 24. Tuulensuunnat kaudelta 2021 toukokuulta.

Kuvissa 22, 23 ja 24 on tarkasteltu tuulen suuntia mittaustiedoista 2006, 2020 ja 2021 ja tuuli olosuhteet eivät ole muuttuneet radikaalisti. 2006 mittausta paikka on ollut noin 150 metriä eripaikassa kuin myöhemmät asemat. Täten tuuli olosuhteissa on ollut vaihtelevuutta. Tuulensuunnat kaudelta 2021 on esitetty toukokuulta. Jo tässä vaiheessa on havaittavissa ongelmia tuulen suunnan määrittelyssä kuun lopulla. Piikki pohjoiseen indikoi tätä.

Kasoissa ei ollut selkeästi havaittavissa että tuuli olisi vaikuttanut suoraan kasan sulamiseen. Kuvassa 25 on havaittavissa sulamisen aiheuttamat muodonmuutokset viimeisestä skannauksesta. Selviä veden aiheuttamia vuotokohtia, eli kraatereita ei näy. Harjanteet ovat muodostuneet geotekstiilien saumakohdista, joissa on 3-4 kerrosta kangasta päällekkäin. Tämä johtuu eristävän kerroksen paksuudesta, jolloin auringon säteily ei pääse vaikuttamaan alla oleviin kerroksiin.



Kuva 25. Kasaan 3 muodostunut harjakuvio sulamisen seurauksena kaudella 2022

Johtopäätökset.

Paikallisessa mikroilmastossa Ounasvaaralla tuulella ei ole havaittavaa merkitystä kasojen muodonmuutoksiin. Auringon vaikutus on suurin sulamisen aiheuttaja, jos kasojen tiiveys pysyy kesäkauden hyvänä. Saumojen vuotaessa on heti havaittavissa kraatereita joista lumi on sulanut pois.

Keilauksessa käytettävällä 3d-keilaus kalustolla saadaan riittävä tarkkuus kasojen sulamisesta. Sulamisen seurannassa voidaan suositella 3d keilausta joko maasta käsin tai ilmasta kuvattuna.

Lähteet

Koski, J. 2001. Laserkeilaus – uusi ulottuvuus paikkatiedon keräämiseen. Maankäyttö 4/2001, 24-26.

Rantanen, P. 2001. Maastomittauksen perusteet. Opetushallitus.

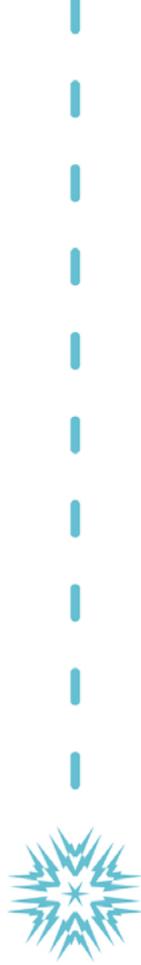
Pekkala, J. 2015. 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä.

KIRA-digi hankkeen loppuraportti. 2019. Kalasataman digitaaliset kaksoset. Viitattu 17.11.2022. https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/data/helsinki/kaupunginkanslia/3D-malli/Helsinki3D_KIRA-digi_raportti_280319.pdf

Airaksinen, E. 2017. Kaupunkien kolmiulotteiset mallinnusmenetelmät. Opinnäytetyö. Aalto-yliopisto. Viitattu 17.11.2022. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/26751/master_Airaksinen_Enni_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Heiska, N. 2010. Maalaserkeilaimet ovat kehittyneet geodeettisiksi mittauslaitteiksi. Artikkel. Maankäyttö. Viitattu 17.11.2022. http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk410/mk410_1415_heiska.pdf

Ryynänen, K. 2011. Lumi- ja jäärakentamisen ohjekirja. Vinkkejä viranomaisille – ohjeita rakentajille. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja C 27. Viitattu 17.11.2022. <https://www.kideve.fi/rylk/wp-content/uploads/sites/2/2021/02/ramk-c27lumijajaarakentamisen-ohjekirjajaweb.pdf>



Niko Pernu



Lumen tuotannon ohjejärjestelmä

Tausta

Energiatehokas Arktinen Lumi -hankkeen suunnitteluvaiheessa havaittiin tarve järjestelmälle, jolla pystyttäisiin ohjaamaan lumen tuotantomääriä sekä lumen tarve että säilölumen hävikki huomioiden. Toimenpide kirjoitettiin hankesuunnitelmaan Ekologisen Lumen Verkoston yhdeksi toimenpiteeksi, joka konkretisoitui vuoden 2022 alussa lumen tuotannon ohjejärjestelmän muotoon.

Ohjejärjestelmän tavoitteena on tarjota matalan kynnyksen arviointityökalu kaikkensuuruisille lumensäilöntäprojekteille. Kohderyhmänä on lumensäilöntävolyymiltaan niin pienet kuin suuretkin toimijat, joilla ei ole vielä omaa lumentuotantoa ja -säilöntää ohjaavaa järjestelmää. Ohjejärjestelmän tavoitteena on yksinkertaistaa lumen tuotantoon ja säilöntään liittyvien määrien laskenta: järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden laskea eri lumirakenteiden tilavuuksia, ja arvioida kuinka paljon lunta täytyy tuottaa säilöttäväksi, jotta lunta on vielä säilöntäkaudenkin jälkeen riittävästi käyttäjän määrittelemien rakenteiden valmistamiseksi. Teknisen perspektiivin lisäksi lumen tuotannon ohjejärjestelmän tavoitteena on mahdollistaa lumen tuotantoon, säilöntään ja logistiikkaan liittyvien kustannusten arviointi samassa käyttöliittymässä.

Lumen tuotanto- ja säilöntämäärät haltuun minuuteissa

Suunnittelutyö käynnistyi teknisen projektiryhmän ideointisessiolla, jossa määriteltiin eri parametrit ja toiminnallisuudet, jotka järjestelmän tulee sisältää. Järjestelmän tavoitteena on tehdä lumen säilönnästä ja sen suunnittelusta helpompaa, ja suunnittelutyön keskiössä olikin käyttäjälle tuotettava lisäarvo ja helppokäyttöisyys. Kolmeksi pääelementiksi nousivat rakenteen tilavuuden, säilöttävän lumen tilavuuden sekä kustannusten arviointimahdollisuus.

Toiminnallisuuksien kevyen luonteen ja toimintojen suoraviivaisuuden myötä alustaksi voitiin valita Excel, jota on hyödynnetty useisiin laskentapohjaisiin järjestelmiin onnistuneesti. Tämä mahdollistaa myös matalan kynnyksen muokattavuuden, mikäli hankkeen toiminta-aikana ilmenee päivitys- ja kehitystarpeita. Lisäksi Excel-pohjaisuus mahdollistaa käyttäjäspesifien toimintojen ja kaavojen lisäämisen hankkeessa tuotetun lumen tuotannon ohjejärjestelmän rinnalle ilman koodausosaamista.

Järjestelmän ensimmäinen osio koostuu eri rakenteiden tilavuuden määrittämisestä varten laaditusta lumen tarpeen laskurista. Käytännössä osio tuottaa käyttäjälleen tiedon siitä, minkä verran lunta tarvitaan hänen määrittelemän rakenteen toteuttamiseksi. Lumen tarve -osio on jaettu kolmeen eri osioon: latu, rinne tai muu. nimiensä mukaisesti kaksi ensimmäistä ovat suunnattu puhtaasti hiihtokeskuksille tyypilliseen ensilumenladun tai rinteiden vaatiman lumitilavuuden arviointiin, kun taas kolmas ”muu”-osio mahdollistaa minkä tahansa neliskulmaisen rakennelman tilavuuden määrittämisen korkeuden, pituuden ja leveyden perusteella. Järjestelmä laskee syötettyjen parametrien kautta tilavuuden jokaisen osion rakennelmalle, ja summaa eri osioiden tilavuudet myös yhteen, ilmaisten kokonaislumen tarpeen. Kaikki tilavuudet ovat ilmoitettu kuutiometreinä. Alla olevassa kuvassa 26 on laskettu lumen tarvetta 2 kilometrin mittaiselle ensilumenladulle.

LUMEN TARVE								
Latu			Rinne			Muu		
Leveys	4	m	Leveys		m	Leveys		m
Pituus	2000	m	Pituus		m	Pituus		m
Paksuus	0,6	m	Paksuus		m	Korkeus		m
4800 m ³			0 m ³			0 m ³		
Yht.						4800 m ³		

Kuva 26. Lumen tarve -osio mahdollistaa eri rakenteiden tilavuuden laskennan.

Toinen kolmesta pääosiosta on ”Säilöntä”, joka määrittelee käyttäjän syöttämien parametrien mukaan säilöttävän lumen tarpeen, jotta lunta on riittävästi ensimmäisessä osiossa määritettyjen lumirakenteiden valmistamiseen. Osio jakautuu kolmeen osaan: eristemateriaali, varmuuskerroin ja lumetustarve. Eristemateriaali -osiossa käyttäjä voi valita lumen säilönnässä käytettävän peittomateriaalin kolmesta eri materiaalista: geotekstiili, muha sekä XPS-eriste. Geotekstiili -vaihtoehto on tarjolla kahdessa eri vahvuudessa (500 g/m² ja 1000 g/m²). Käyttäjällä on mahdollisuus valita valintaruutua klikkaamalla yksi tai useampi kuvassa 27 näkyvistä vaihtoehdoista.

SÄILÖNTÄ		
Eristemateriaali <input type="checkbox"/> Geotekstiili 500 g/m ² <input checked="" type="checkbox"/> Geotekstiili 1000g/m ² <input type="checkbox"/> Muha <input type="checkbox"/> XPS-eriste Muu eriste <input type="text"/> %	Varmuuskerroin <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">1,2</div>	Lumetustarve Lumitarve 4800 m ³ Hukka 4431 m ³ Varmuusvara 1846 m ³ Lumen säilöntätarve 11077 m³

Kuva 27. Lumen tuotannon ohjejärjestelmän säilöntä -osio täytettynä.

Useita eri eristevaihtoehtoja valitessa hukkaprocentti on laskennallisesti kaikkien valittujen materiaalien hukkaprocentin keskiarvo. Idea eri eristeiden yhdistelymahdollisuuteen nousi kentältä, jossa osa lunta säilöivistä toimijoista käyttää useampaa eri eristemateriaalia eri kohdissa säilölumikasaa. Spesifejä skenaarioita ajatellen järjestelmään on lisätty myös optio syöttää oma prosentuaalinen arvo lumen hävikille. Tämä voi tulla tarpeeseen, jos käyttäjällä on saatavilla aikaisempien vuosien hävikkitieto, jota hän voi hyödyntää. Järjestelmään on sisällytetty lyhyt ohje yhdistelmäateriaalien käytöstä. Eri eristemateriaalien hävikkiprosentit ovat suuntaa-antavia, ja perustuvat Energiategokas Arktinen Lumi -hankkeessa tehdyn haastattelututkimuksen tuloksiin. Haastattelututkimuksessa kerättiin tietoa lumen tuotannosta, säilönnästä ja käytöstä kansallisilta toimijoilta.

Säilöntä -osio toinen osa, ”varmuuskerroin” tarjoaa käyttäjälleen mahdollisuuden tuoda lisää särkeävaraa säilöttävän lumen määrään. Pääasiallisesti varmuuskerrointa käytetään tuomaan lisävarmuutta laskelmaan, jolloin odottamattomien häiriöiden seurauksena ei päädyttäisi yhtä helposti tässä tapauksessa tilanteeseen, jossa lunta ei olekaan syksyllä riittävästi rakenteiden toteuttamiseksi. Varmuuskerroin nimensä mukaisesti kertoo säilöttävän lumen määrän kenttään syötetyllä arvolla: esimerkiksi varmuuskertoimen 1,2 käyttäminen ohjejärjestelmässä kertoo ”lumen säilöntätarve” -kentän arvon 1,2:lla, eli kasvattaa säilöttävän lumen mää-

rää 20 prosentilla. Varmuuskertoimen käyttöön lumen säilönnässä ei ole ohje-voja, vaan kertoimen käyttö ja suuruus tulee arvioida tapauskohtaisesti muun muassa riskien, olosuhteiden ja riskinottokyvyn kautta.

Yhteen vetävä lumetustarve -osio esittää konkreettisesti kuutiometreinä käyttäjän lumentarpeen, arvioidun hävikin käyttäjän valitsemilla eristemateriaaleilla sekä ilmoittaa myös mahdollisen varmuuskertoimen mukana tuoman varmuusvaran määrän. Viimeisenä arvona ilmoitetaan lumen säilöntätarve, eli kuinka paljon lunta tarvitsee säilöä, jotta lumen tarve- osiossa määritellyt rakenteet voidaan toteuttaa arvioitu hukka ja varmuuskerroin huomioon. Kuvassa 2 on esitetty mielikuvitteellisen, 2 kilometriä pitkän ensilumenladun säilöntämäärät kuvassa näkyvin parametrein. Kaiken kaikkiaan lumen tarve ja säilöntätarve voidaan laskea minuuteissa, jos tavoiterakenteen dimensiot ovat selvillä.

Kolmas pääosio, kustannukset, puolestaan mahdollistaa lumen tuotantoon, säilöntään ja käyttöön liittyvien kustannusten arvioinnin. Osio on jaettu kolmeen eri ryhmittelyyn: lumetus, säilöntä ja levitys. Teknisesti kustannukset -osio on vaatimaton, eri osioita yhteen laskeva taulukkorakenne. Toiminnallisuus haluttiin kuitenkin sisällyttää ohjejärjestelmään, sillä euromääräiset parametrit ovat usein oleellisia tekijöitä tuotannossa, ja yhdistetty tuotanto- ja kustannuslaskuri helpottaa käyttöä. Taulukko esittää erikseen eri alakategorioiden summat, ja koko kustannusten summan (Kuva 28).

KUSTANNUKSET					
Lumetus		Säilöntä		Levitys	
Sähkö	4300 €	Henkilöstö	€	Kuljetus	€
Henkilöstö	6700 €	Kalusto	€	Levitys	€
Vesi	500 €	Peitteet	€	Henkilöstö	€
Kalusto	2100 €	Muut	€	Muut	€
Muut	650 €				
Kulut yht.	14250 €		0 €		0 €
Kokonaiskustannukset		14250 €			

Kuva 28. Kustannuslaskuri.

Lumen tuotannon ohjejärjestelmän visuaalinen ilme pyrittiin pitämään kevyenä ja ennen kaikkea yksinkertaisena, kuten itse järjestelmäkin. Kevyen ulkoasun ja korostettujen, täytettävien kenttien tavoitteena on ohjata käyttäjän huomio oleellisiin toiminnallisuuksiin ja ohjeisiin. Pelkistystä ja käyttäjän ohjausta toteutettiin muun muassa poistamalla tarpeettomat viivat ja ruudukot, korostamalla tärkeimpiä toimintoja lajittelevia otsikoita ja tuloksia suuremmalla fontilla, sekä jaka-

malla eri osa-alueet omiksi elementeiksi. Varsinaista laskentaa pyrittiin helpottamaan korostamalla jokaista muokattavaa kenttää harmaalla värillä. Excelin oma kommenttityökalu korostaa lisättyjä ohjeita värimaailmaltaan yksinkertaisessa ja vaatimattomassa järjestelmässä punaisella kolmiolla solun oikeassa yläkulmassa. Järjestelmän oikeaan laitaan sijoitettiin hankkeen rahoitusehtojen mukaisesti rahoittajien ja hankkeen logot, kuten kuvasta 29 käy ilmi

The image shows a software interface for snow production calculation, titled "Arktinen lumi". It consists of three main sections:

- LUMEN TARVE (Snow Requirement):** A table for calculating snow volume based on area (Latu, Rinne, Muu) and depth (Leveys, Pituus, Pakaus). All values are currently 0 m3.
- SÄILÖNTÄ (Storage):** A section for defining storage parameters, including "Eristemateriaali" (Insulation material) with options like Geotekstiili 500 g/m2, Geotekstiili 1000g/m2, Muha, and XPS-eriste. It also includes "Varmuuskerroin" (Safety factor) and "Lumetustarve" (Snow storage requirement) with sub-values for Lumitarve, Hukka, and Varmuusvarsi.
- KUSTANNUKSET (Costs):** A table for calculating costs for various items like Sähkö, Henkilöstö, Vesi, Kalusto, Muut, Säilöntä, Kuljetus, and Levitys.

Logos for European Union, Vipuvoimaa EU:lta 2014-2020, LAPIN LIITTO, and LAPIN AMK are visible on the right side.

Kuva 29. Lumen tuotannon ohjejärjestelmän koko käyttöliittymä.

Osa kentistä sisältää käyttäjälle suunnattuja ohjeita ja selitteitä. Näiden tavoitteena on avata maallikollekin muun muassa arvojen tarkkuus, eri termit ja syötettyjen vaikutus järjestelmän laskelmiin. Ohjeistusta on rakennettu myös laskelmiin mahdollisina lauseina sisään: esimerkiksi lumen säilöntätarve -kentässä lukee kehoitus ”Syötä tiedot”, kunnes kaikki laskelman kannalta välttämättömät kentät ovat täytetty. Kuvassa 30 on esitetty varmuuskertoimen käyttöön opastava ohje.

The image shows a close-up of the "SÄILÖNTÄ" (Storage) section. A yellow warning box is overlaid on the "Varmuuskerroin" (Safety factor) field, which contains the value "1,2". The box contains the following text:

Pellvaraa varmuuskertoimella:
 Voit halutessasi määrittää lumen säilöntätarpeelle varmuuskertoimen, jolla säilöntätarve kerrotaan. Varmuuskerointa käytetään yleensä riskien hallitsemiseksi. Varmuuskertoimen tulee olla 1 tai suurempi. Kentän voi myös jättää tyhjäksi.
 Esimerkki: Varmuuskertoimen ollessa 1,2, lumensäilöntätarve on 20 % suurempi kuin ilman varmuuskerointa.

Kuva 30. Lumen tuotannon ohjejärjestelmän varmuuskertoimen käyttöohje.

Järjestelmän eri laskentakaavojen toimivuus varmistettiin tuotantovaiheessa testaamalla jokainen yksittäinen osio yksinään. Koko järjestelmän toimivuus varmistettiin useita erityyppisiä ja toisistaan poikkeavia skenaarioita käyttäen. Järjestelmän antamat lukuarvot vahvistettiin suorittamalla samat laskutoimitukset manuaalisesti.

Yhteenveto

Lumen tuotannon ohjejärjestelmän kehitysprosessi eteni jouhevasti, ja projekti-ryhmän oman arvion mukaan järjestelmä saavutti sille asetetut tavoitteet. Järjestelmä mahdollistaa nopean ja helppokäyttöisen lumen tarpeen, säilölumentarpeen sekä kustannusten arvioinnin, eikä vaadi useimmilta käyttäjiltään uusien sovelusten lataamista. Sisäisessä arvioissa suurimmaksi rajoitteeksi koettiin lumen tarpeen laskurin mahdollisuus huomioida ainoastaan suorakulmaiset rakennelmat rinteiden ja latujen lisäksi, jolloin työkalua ei voi käyttää esimerkiksi parabolisten lumirakennusten lumi- ja säilölumentarpeen laskemiseen. Järjestelmän käyttökelpoisuus varmistetaan erityisesti kohderyhmänsä toimesta, ja sitä varten järjestelmä asetettiin kevään 2022 aikana yleisesti saataville Energiatehokas Arktinen Lumi -hankkeen ajaksi. Lisäksi järjestelmästä tiedotettiin hankkeen viestintäkanavissa. Järjestelmä löytyy myös hankkeen kotisivuilta osoitteesta <https://blogi.eoppimispalvelut.fi/arktinenlumi/tulokset/>

Eryteisesti ensimmäisiä kertoja lunta säilövät toimijat ilman kokemusperäistä tietoa hyötyvät toiminnallisuuksista, sillä ohjejärjestelmä helpottaa eri vaihtoehtojen vertailun eikä järjestelmän käyttö vaadi olemassa olevaa dataa tai aiempaa kokemusta lumen säilönnästä. Myös suuret ja kokeneemmat toimijat voivat hyötyä järjestelmästä esimerkiksi eri peitemateriaaleja vertaillessa, tai toiminnan skaalausta suunnitellessa. Odotamme saavamme pilottikäyttäjiltä palautetta ja mahdollisia jatkokehitysideoita vuoden 2022 aikana, joilla järjestelmää saataisiin kehitettyä vastaamaan käyttäjien tarpeisiin vielä tehokkaammin.

Niko Pernu & Kari Moilanen



Luodaan lumesta – Kuinka lumirakennus syntyy?

Arktista rakennustekniikan koulutusta

Lumi- ja jäärakentamisella on pitkät juuret Lapin Ammattikorkeakoulun historiassa. Lumi- ja jäärakentamisen opintojakso on ensimmäisen kerran järjestetty 90-luvun loppupuoliskolla, jonka jälkeen lumi- ja jäärakentamisen oppia on ollut tarjolla lähes vuosittain aina koronaan saakka.

Opintojaksoon sisältyy sekä teoria- että käytännön harjoitteita. Teoriaosiossa kurssilla tarkastellaan muun muassa toimintaan liittyvää lupamenettelyä, lumirakenteiden mitoittamisen sekä rakennusten muotoilun peruseriaatteita. Opintojakson pääpaino on kuitenkin käytännön harjoitteissa ja toiminnassa, ja yleensä kurssi sisältääkin kaksipäiväisen intensiivijakson, jossa ryhmät rakentavat lumirakennuksen tai -rakennelmia. Opintojakson laajuus on vaihdellut opintojakson sisällöstä riippuen kolmen ja viiden opintopisteen välillä. Opintojakson opettajana toimii Kai Ryyänen.

Vuonna 2022 lumi- ja jäärakentamisen opintojakson käytännön harjoitteet sijoituivat tammi-helmikuun taitteeseen. Sijainniksi valikoitui Lapin Ammattikorkeakoulun Jokiväylän toimipiste, joka on tarjonnut mahdollisuuden tuoda lumirakentamista näkyviin kampuksen arkeen jo useita vuosia. Opintojakson ajankohta

on myös olosuhteiden sanelema, sillä olosuhteet voivat rakennustavasta riippuen vaikuttaa runsaastikin rakentamiseen, ja tänäkin vuonna pakkasta oli totuttuun tapaan runsaasti. Tässä artikkelissa kuvaamme tärkeimmät vaiheet prosessista, jossa lumesta luodaan rakennus.

Rakennusprosessin päävaiheet

Tässä artikkelissa emme avaa lumi- ja jäärakenteiden suunnitteluperusteita, vaan valaisemme itse rakennusprosessin avainvaiheet sanoin ja kuvin. Vaiheet on dokumentoitu osana lumi- ja jäärakentamisen opintojaksoa.



Kuva 31. Kai Ryyänen laskee muotin navan lumirakennuksen tulevaan keskikohtaan.

Kuvassa 31 on tehty muotin vaatima tila poistamalla ylimääräinen lumi alueelta. Tämä mahdollistaa muotin reunan jäädymisen myöhemmin tukevasti maahan kiinni. Napa asetetaan alueen keskelle tai haluttuun kohtaan, jos on tarkoitus tehdä useamman kupolin muodostama kompleks.



Kuva 32. Muotin metallirunko kasattuna.

Kuvassa 32 on muotin pohjarunko kasattuna, oranssin liinan tarkoitus on pitää raudat oikeassa muodossa, kun kupoli vedetty kehikon päälle ja ruvetaan täyttämään ilmalla. Tässä vaiheessa on päätetty oviaukon suunta. Suunta määräytyy kiinnitysliinan lukon ja navan mukaan.



Kuva 33. Muottia täytetään ilmalla.

Kuvassa 33 on muotti nostettu rungon päälle ja reunat on kiinnitetty kehikon ulko-reunaan. Puhallin on varustettu taajuusmuuttajalla, jolloin voidaan säädellä muotin täyttymistä. Ilman säätöä on mahdollista täyttää muotti liian täyteen, joka voi johtaa muotin rikkoutumiseen. Aikaa toimenpide vaatii 30–60 minuuttia riippuen olosuhteista.



Kuva 34. Varsinainen lumirakentaminen alkaa peittelemällä muotin reunat lumella.

Kuvassa 34 on muotin reunat peitetty lumella ja jäädytetty maahan kiinni. Tämä estää muotin irtoamisen maasta, kun lunta tai sohjoa tykitetään muotin päälle. Muotissa pidetään riittävä paine, jotta haluttu muoto säilyy rakennusprosessin ajan.

Kuvassa 35 on muottia kasteltu pelkällä vedellä ja pintaan tykitetään kerros lunta. Tämä parantaa sohjon tarttumista muotin pintaan. Lumirakennuksen toteuttamisessa on mahdollisuus myös kohdistaa muottiin pelkkää vettä yli 5 senttimetrin kerros, jolloin lopputuloksena on lumikupolin sijasta jääkupoli.



Kuva 35. Muotin päälle ammutaan lunta lumilingolla.

Kuvassa 36 tehdään sohjoa syöttämällä paloletkulla vettä lumisuihkuun. Työvaihe vaatii aluksi kokeilua, jotta sopiva veden ja lumen seossuhde saavutetaan sohjon muodostumiseksi. Sohjon pitää olla sopivan vetistä, jotta tarttuvuus on riittävä. Liiallinen vesi aiheuttaa sen, että sohjo valuu pois kupolin pinnalta. Liian kuiva seos ei myöskään pysy kupolin pinnalla.



Kuva 36. Lunta ja vettä yhdistämällä saadaan lumirakentamiseen soveltuvaa sohjoa.



Kuva 37. Muotti puretaan, kun lumirakenteet ovat saavuttaneet riittävän lujuuden.

Kuvassa 37 on muotin päälle ammuttu haluttu kerrospaksuun sohjoa ja sohjo on annettu jäätyä yön yli. Tämän jälkeen voidaan paine laskea kupolista pois. Täytötölkun ympärille tehdään varovasti veistämällä aukko mistä myöhemmin muotillaan oviaukko. Aukosta päästään sisälle purkamaan muottia ja rautakehikkoa.

Kuvassa 38 on menty lumikupolin sisälle purkamaan kupolin kehikkoa. Muotti pitää ensin irrottaa reunarautoista ja varovasti vetää irti lumesta. Tämän jälkeen voidaan ruveta purkamaan rautoitusta.



Kuva 38. Muotin purku etenee käytännössä päinvastaisessa järjestyksessä kasaukseen nähden.

Kuvassa 39 on valmis lumikupoli. Tarvittaessa voidaan ruveta tykittämään lisää lunta tai sohjoa muotin päälle. Tämä tehdään, jos halutaan seinäpaksuutta lisätä tai muotoilla kupolia. Myös sisustuksen rakentaminen voidaan aloittaa, esim. jos halutaan huonekaluja tai jää veistoksia sisälle.

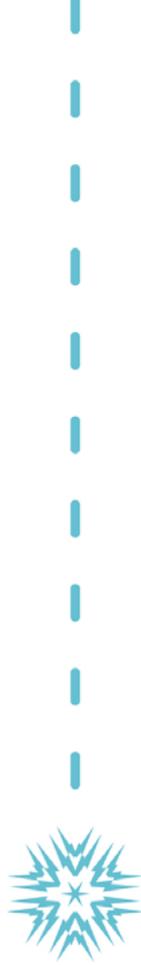


Kuva 39. Käyttövalmis lumirakennus

Yhteenveto

Rakennus saatiin kahden, pakkasentäyteen päivän aikana rakennettua ja viimeistelyä, ja opiskelijat saivat olla kaikissa rakentamisen vaiheissa aktiivisesti mukana oppimassa. Tällä kertaa rakennukselle ei rakennusvaiheessa osoitettu varsinaista käyttötarkoitusta kuten osalla aiemmista opintojaksoista. Lumirakennus toimi kuitenkin insinöörikoulutuksen taidonnäytteenä, johon kaikki halukkaat pystyivät rakennuksen käyttöaikana tutustumaan.

Rakennus purettiin keväällä, kun auringon lämmittävä vaikutus alkoi purra kupolin eteläseinään. Toimenpiteenä purku oli rakentamistakin nopeampi, sillä traktorikaivuri tasoitti kupolin maan tasalle minuuteissa. Lumi- ja jäärakentaminen on todellinen osoitus arktisten olosuhteiden hyödyntämisestä, joka vaatii teknistä osaamista ja turvallisuustekijöiden huomiointia prosessin jokaisessa vaiheessa.



Niko Niemisalo



Lumihankkeen aikana tehdyt vähähiilisyysskokeilut

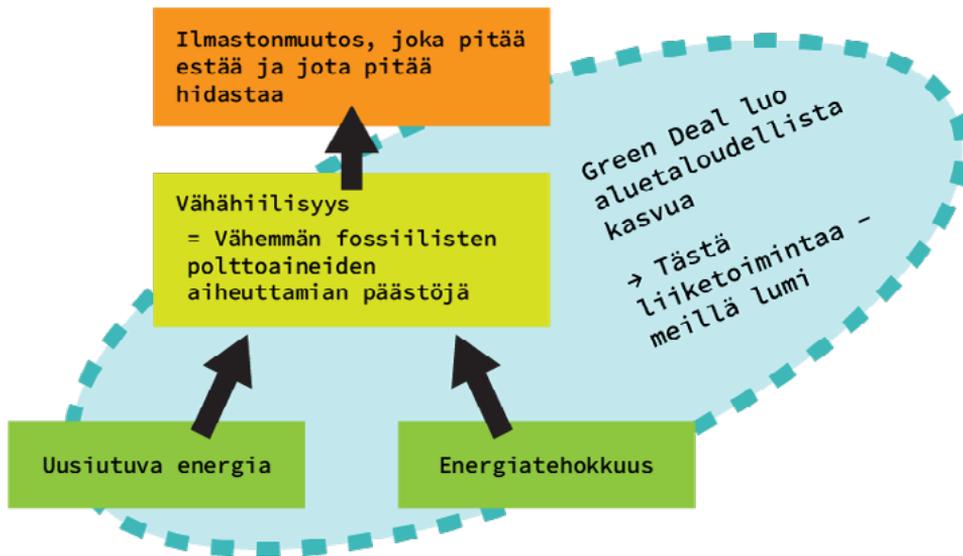
Johdantoa

Energiatehokas Arktinen Lumi -hankkeessa kerättiin tietoa Ounasvaaran alueen mahdollisuuksista ja ennakoitiin tulevaa muun muassa talvilajien ja talvimatkailun osaamisen lisäämiseksi Lapin matkailukeskuksissa. Hankkeessa vastattiin ennakoivasti lumettomiin syksyihin, joista uutisoitiin laajasti 2010-luvulla. Hankkeessa selvitettiin yhteistyössä alan yritysten kanssa Ounasvaaran mahdollisuuksia talvilajien, lumi- ja jäärakentamisen sekä urheilun ja liikunnan näkökulmista. Hanke tuotti parempaa arktista olosuhdeosaamista ja verkostoi lumialan yrityksiä.

Hanke toteutettiin Euroopan aluekehitysrahaston toimintalinjassa 2. Uusimman tiedon ja osaamisen tuottaminen ja hyödyntäminen / 3.2. Uusiutuvan energian ja energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen. Ideana uusiutuvan energian käytössä ja energiatehokkaissa ratkaisuissa on taklata hiilidioksidipäästöjen kasvua ja sitä kautta estää tai ainakin hidastaa ilmastonmuutosta. Tätä aihetta on hankkeen puitteissa viety eteenpäin sekä teoriassa (esimerkiksi insinööritieteelliset laskelmat, lumen toiminnanohjausjärjestelmä) sekä käytännössä (kenttäkurssit, jalkautuminen hiihtokeskuksiin, poraukset ja keilaukset lumikasalla).

Gyntherin ym (2016) mukaan Vähähiilisessä yhteiskunnassa fossiilisten poltto-

aineiden käyttö on minimoitu ja kasvihuonekaasupäästöjä syntyy huomattavasti nykyistä vähemmän. Sen vuoksi 25 % Suomen EAKR-rahoituksesta kohdistetaan vähähiilisyttä edistäviin toimenpiteisiin. Erityistavoitteissa tämä on kohdistettu etenkin kahteen allamainittuun, joista Lumihanke toteutti kohtaa 3.2. Uusiutuvan energian ja energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen. Pohdimmekin hankkeessa laajasti tätä uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden logiikkaa, päätyen allaolevaan hahmotukseen.



Kaavio 2. Lumihankkeen työryhmän hahmotus toimintalinjasta uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden osalta.

Tämän kehittämistyön vuoksi hankkeessa on luvattu tehdä toteutusaikana 5 yrityksissä toteutettavaa vähähiilisyttä edistävää demonstraatiota ja 10 yrityksissä säästetyn energian pilotointia. Esittelen tässä artikkelissa hankkeen nämä pilotointi- ja demonstraatiotoimenpiteet, sellaisina kuin niitä on suunniteltu. Kutsumme niitä väljästi kokeiluiksi.

Artikkeli tarjoaa mahdollisuuden reflektoida näitä kokeiluja. Työprosessin ollessa parhaillaan käynnissä, olemme jättäneet tiettyjä yksityiskohtia vielä tästä, syksyllä 2022 julkaistavasta artikkelista pois. Tulemme dokumentoimaan nämä kokeilut hankkeen loppuraportissa vielä tarkemmin.

Yrityksessä toteutettavat vähähiilisyttä edistävät demonstraatiot (tavoite: 5 kokeilua)

Tällaiset kokeilut tarkoittavat toimintaa, jossa yhdessä tai useammassa yrityksessä

on otettu käyttöön uusia materiaaleja tai tekniikoita, ja sitten tehty niistä selvitystyötä tai tutkimusta. Tällaisia prosesseja on seuraavilla tavoilla viety hankkeessa eteenpäin. Toiminnan kontekstina on ollut haastava pandemia- ja geopoliittinen tilanne, jotka ovat olleet omiaan vaikeuttamaan yritysten kanssa tehtävää verkostoitumistyötä.

- 1. Kisatapahtuman hiilijalanjäljen mittaus kansainvälisessä talvilajitapahtumassa.** Tehdään mittaustyötä olemassa olevilla työvälineillä ja analysoidaan tuloksia. Tarvittaessa kehitetään monialaisia uusia työkaluja tähän hiilijalanjäljen mittaukseen. Monialaisuus voi toteutua insinööritieteiden ja liiketalouden yhteistyönä. Tuloksena on raportti. Yhteistyöyritys kisajärjestäjryhmässä oleva yritys.
- 2. Lumipeittojen testausjaksot ja niiden tulosten erittelyä.** Investointihankkeessa on hankittu peitemateriaalia pilottiympäristöön kolme kertaa, ja näiden osalta on tehty yrityksen toimesta sulaumakeilauksia, jolla on arvioitu peitteiden tehokkuutta. Tässä olisi mahdollista eritellä peitemateriaalien tehokkuuksia. Yhteistyöyrityksiä matkailualalta ja kotimaisia/kv-lumitekniikan toimijoita.
- 3. Hankkeessa on pandemiatilanteen vuoksi tehty runsaasti tapahtumastriimauksia ja niiden kautta sovellettu digitaalisia ratkaisuja.** Näiden tuloksia on mahdollista eritellä, yhteistyössä on ollut 3–5 yritystä Ekologisen lumen verkostosta.
- 4. Hankkeessa on järjestetty valmistumisvaiheen opiskelijan opintojakso toteutuksena lumiveistoskilpailu alle kouluikäisille lapsille.** Voitaisiin näitä tuloksia eritellä yhteistyössä yksityisen sektorin päiväkodin kanssa, jossa tuo kokeilu tehtiin.
- 5. Hankkeessa on tehty hypoteettisia ensilumenladun kannattavuuslaskelmia (liiketalouden opiskelijat).** Yhteistyöyrityksenä niissä on ollut suomalaisia ensilumenlatuja, sekä esimerkiksi alan matkailuyrityksiä sekä ladun tekijäyrityksiä.

Yrityksessä säästetty energia (tavoite: 10 kokeilua)

Tällaiset kokeilut tarkoittavat laskelmia vähähiilisistä tai energiatehokkuutta parantavista toiminnoista. Tällaisia prosesseja on puolestaan viety seuraavilla tavoilla Lumihankkeessa eteenpäin.

- 1. Keinotekoisien alustan, esimerkiksi asfaltin käyttö, säilölumikasan pohjana, selvitys.** Yhteistyöyrityksenä paikallinen liikuntakeskittymä. Voitaisiin tehdä insinöörityönä selvitys keinotekoisista alustoista. Laajempi toteutus voisi olla esimerkiksi amk/yamk opinnäytteenä.

- 2. Suunnitelma lumetuksen toteutuksesta ideaaliteholla.** Yhteistyöyrityksenä paikallinen liikuntakeskittymä. Lumen tuotanto on energiaintensiivistä työtä. Olisi tärkeää hyödyntää kerättyä tietoa, ja toteuttaa mallinnus lumetukselta ideaaliteholla. Tässä voitaisiin hyödyntää Arktisen keskuksen ja Rukakeskuksen luomia säämallinnuksia (Toivola, Jusu ja Mettiäinen, Ilona: Blueaction-hanke), sekä hankkeessa toteutettua ”Lumen toiminnanohjausjärjestelmä”-laskentamallia.
- 3. SnowApp ilmastopalvelun hyödyntäminen talviurheilukeskuksissa.** Yhteistyöyrityksenä Pohjois-Suomalainen talviurheilukeskus/-keskuksia. Horisontti2020-hankkeessa on kehitetty ilmastopalvelu lumen tuotannon optimointiin. Tätä voisi kehittää eteenpäin lappilaisten ja suomalaisten keskusten kanssa.
- 4. Lumihankkeessa on hankittu ulkomaiselta toimittajalta lumipora, jolla voidaan tutkia lumen sulaumaa.** Tältä pohjalta voisimme toteuttaa Lumiporan käytettävyydestä tutkimuksen esimerkiksi opinnäytteenä. Yhteistyöyrityksenä voisi olla paikallinen lumikeskittymä sekä esimerkiksi poran toimittaja.
- 5. Osana kansainvälistä vihreää siirtymää, Lapin AMKissa on toteutettu siirtymä vihreän sähkön käyttöön.** Tämä on tärkeä rinnakkainen toimenpide, ja hankepuiteessa voisimme haastatella Lapin AMKin eri toimijoita näistä kokemuksista. Yhteistyöyritys Lapin AMK Oy.
- 6. Lumivarastoinnin hiilijalanjäljen mittaus.** Lumivarastointia on toteutettu Lapissa useamman vuosikymmenen aikana. Olisi tärkeää kerätä näistä tietoa, ja toteuttaa analysointi ja mallinnus varastoinnin hiilijalanjäljestä. Yhteistyöyrityksenä voisivat olla paikallisia lumetus-, majoitus- sekä matkailuyrityksiä.
- 7. Ounasvaaran lumikasa tehtiin lumetuskaudella 2020 vesijohtovedestä, ja 2021–2022 jokivedestä.** Tässä voitaisiin tehdä arvioita jokiveden käytön hyödyistä, joka olisi myös laajemmin mielenkiintoista – ja taatusti vihreän siirtymän mukaista energiaa säästävää toimintaa.
- 8. Lumikasa on 2022 tehty lähemmäksi latuverkosta.** Tästä logistisesta tilanteesta voitaisiin tehdä arviointi toteuttavan kuljetusfirman kanssa, joka voisi toimia kokeilun yhteistyöyrityksenä.
- 9. Ounasvaaran hiihtokeskuksessa on siirrytty vihreän sähkön käyttöön,** josta prosessista voitaisiin tehdä esimerkiksi opiskelijavoimin raportti.
- 10. Ensilumenlatu on tehty erimittaisina hankkeen toteutusaikana vuosina 2019, 2020, 2021 ja 2022.** Tästä ladun pituudesta ja sen vaikutuksesta voitaisiin tehdä selvitystyötä, etenkin ladun pituuden vaikutuksesta lumetus- ja ensilumen latutoiminnan hiilijalanjälkeen.

Johtopäätöksiä

Energiatehokas arktinen lumi- hankkeen rima asetettiin ylös. Muiden toimenpiteiden ohella toteutimme tässä kuvattuja kokeiluita mukana olevissa yrityksissä, yrityslähtöisesti. Tässä artikkelissa on esitetty saavutuksia ja suunnitelmia näistä kokeiluista. Lähtökohtamme oli, että toimet on tehtävä elinkeinon tarpeet ja tavoitteet edellä ja yhteistyössä Ekologisen lumen verkostossa. Arvelemme vihreän siirtymän olevan yhä ajankohtaisempi ja siksi nämä kokeilutkaan eivät olisi voineet toteutua parempana ajankohtana kuin talvikausilla 2021-2022 ja 2022-2023.

Lähteet

Gynther, Eskola ja Laitila (2016) Vähähiilisyys Kestävää kasvua ja työtä –ohjelman hankkeissa: Aineistoa hankekäsittelijöille ja hakijoille. Motiva Oy 27.9.2016.

Leo Hokka & Pasi Satokangas



Arvio Ounasvaaran ensilumenladun aluetaloudellisesta merkityksestä

Rovaniemen Ounasvaaran alueella sijaitseva ensilumenlatu on merkittävässä osassa Rovaniemen talvikauden avausta loka-marraskuun taitteessa. Perinteinen säilölumella rakennettava ensilumenlatu on palvellut vuosia kaupunkilaisia ja matkailijoita aloittaen hiihtokauden useampia viikkoja aiemmin, kuin olisi mahdollista luonnonlumella. Ensilumenladun kausi kestää pääsääntöisesti loka-marraskuun vaihteesta aina riittävään luonnonlumen tuloon asti.

Talvikaudella 2021 ensilumenladun kausi oli ennalta määritelty 30.10–19.12 väliselle ajalle. Latu-konseptia hallinnoivat ja toteuttavat Rovaniemen Ounasvaaralla toimivat organisaatiot yhteistyössä. Niin sanottuun lumiklusteriin kuuluvat Santasport Lapin urheiluoipisto -konserni, Ounasvaaran hiihtokeskus Oy, Rovaniemen kaupungin liikuntapalvelut, Ounasvaaran hiihtoseura ry sekä Rovaniemen matkailu ja markkinointi Oy (Visit Rovaniemi). Arviossa olevat tiedot perustuvatkin näiden toimijoiden julkaisemiin aineistoihin, sekä heidän organisaation edustajien kanssa käytyihin keskusteluihin.

Selvitystyö tehtiin osana Energiatehokas Arktinen Lumi -hanketta (EAKR, A75522), jossa kehitetään osaamista ja tekniikkaa ekologisesti ja taloudellisesti kestäväan lumen tuottamiseen ja säilömiseen.

Ilmastonmuutoksesta ja energiatehokkuudesta

Ensilumenladun merkitys hiihtoväelle on korostunut ilmastonmuutoksen tuomien haasteiden myötä. Ilmastonmuutos ilmiönä kasvattaa säilölumitarvetta Rovaniemellä asti. Muistissa on loppuvuoden 2018 brittilehdistön antama lempinimi ”crapland”, jonka Lappi sai lumettomuuden vuoksi (YLE 2018). Silloin lumettomuudesta kärsivät niin turistit, kuin Lapin matkailuelinkeinon yritykset.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat merkittäviä lumipeitteelle globaalisti, tämä ilmenee jään ja lumen määrän vähenemisenä (YLE 2021). Käytännössä tämä näkyy Suomessa lumikauden lyhenemisenä, sekä lumipeitteen jäämisessä aikaisempaa ohuemmaksi. (Ilmasto-Opas 2021.) Ilmastonmuutoksen vaikutukset ulottuvat myös Rovaniemelle, mikä lisää säilölumen tarvetta muun muassa ensilumenladun rakentamiseksi.

Ilmastonmuutoksen hillitsemien vaatii nopeita toimia päästöjen vähentämiseksi ja luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi. Päästöjen vähentäminen on yksi suora keino lieventää lumipeitteeseen vaikuttavia ilmiöitä, jolloin tulevaisuus ei olisi niin vähäluminen (WWF 2019). Energiatehokkuus ja vähähiilisyys nousee-kin jo nyt ja tulevaisuudessa yhdeksi tärkeäksi huomion kohteeksi lumivarmuuden varmistamiseksi tuleville sukupolville. Ilmastonmuutos ja sen myötä lumivarmuus onkin noteerattu merkittävästi tuomalla tulevalle EU:n ohjelmakaudelle 2021–2027 oma vihreän kehityksen ohjelmansa. Kyseisessä ohjelmassa pyritään vastaamaan ilmastonmuutoksen tuomiin uhkiin ja haasteisiin.

Rovaniemen ensilumenladulla energiatehokkuus näkyy erityisesti lumensäilöntävaiheessa. Prosessi tapahtuu optimiolosuhteissa, eli kylmään talviaikaan. Tämä lisää lumensäilönnän energiatehokkuutta. Rovaniemen Ounasvaaran ensilumenladun lumentuottamisessa käytetään lähellä virtaavasta Kemijoesta pumpattua vettä, tämä on huomattavasti ekologisempaa vesijohtoveden käyttämiseen verrattuna (Hämäläinen 2021; Ruotsala 2021).

Kokonaisuudessaan ensilumenladun tekeminen Ounasvaaralle ei ole vielä täysin kestävä kehityksen mukaista, vaan kehitettävää löytyy. ”Sähkö tulisi tuottaa uusiutuvilla energialähteillä, koneiden tulisi käyttää biopohjaisia polttoaineita ja öljyjä, lumen kuljetusmatkojen tulisi olla mahdollisimman lyhyitä, lumenhävikin tulisi olla mahdollisimman vähäistä” (Hämäläinen 2021).

Arviota ensilumenladun talousvaikutuksista

Selvityksessä kerättiin laadullista tietoa ensilumenladun vaikutusten arvioimi-

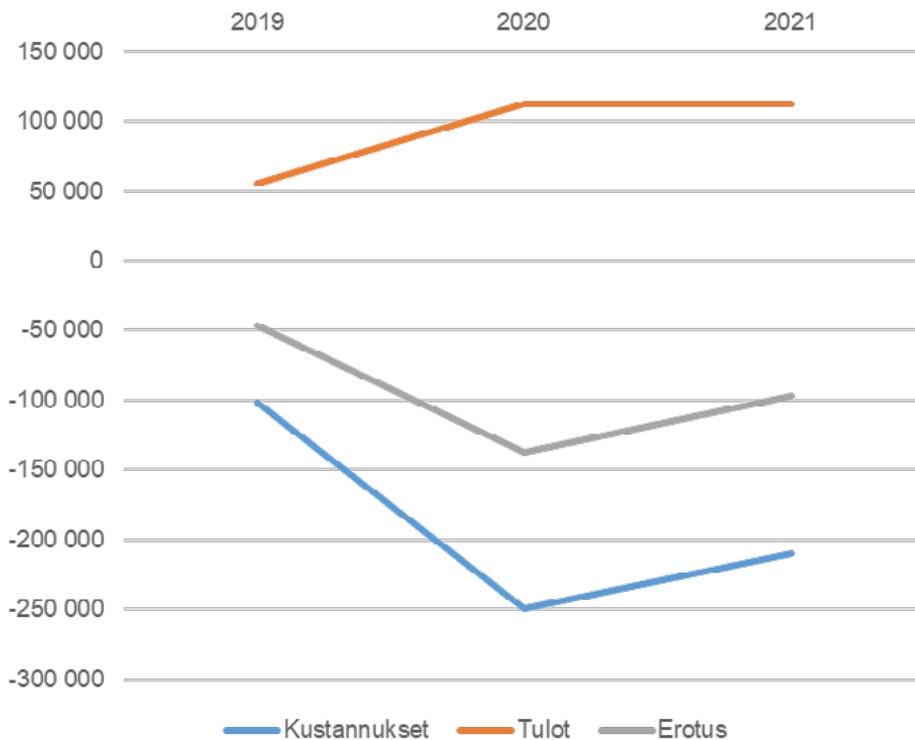
seksi. Haastatteluihin osallistui edustajia Rovaniemen kaupungilta, Santasport Lapin urheiluopistosta, Ounasvaaran hiihtoseurasta, sekä Rovaniemen Intersportista ja Ski & Bike Storesta. Haastatteluja hyödynnettiin ensilumenladun taloudellisen merkityksen arvioimisessa.

Selvitystyön aikana huomattiin, että ensilumenladun taloudellisesta vaikuttavuudesta on haastavaa saada tietoa valtakunnan tasolla. Tämä pätee myös Rovaniemen Ounasvaaraan ensilumenlatuun. Selvitystyössä tukeuduttiin laadullisiin haastatteluihin, koska vastoin alkuperäistä suunnitelmaa, kattavaa määrällistä tietoa ei ollut saatavilla, eikä pystytty keräämään. Keräämistä vaikeutti muun muassa se, että ensilumenlatua käyttävät kilpahihtäjät pysyttelivät koronapandemian vuoksi tavanomaistakin tiukemmin erityksissä.

Arvion mukaan suurin tulo ensilumenladun toimijoille muodostuu kansainvälisten joukkueiden ja kotimaisten seurojen harjoittelujaksoista. Joukkueet ja seurat käyttävät usein täysihoidtopalvelua. Tässä konseptissa joukkueet yöpyvät ja ruokailevat esimerkiksi Santasport Lapin urheiluopistolla, Sky Hotel Ounasvaaralla ja harjoittelevat ensilumenladulla. Joukkueiden sesonki alkaa ensilumenladun avajaisviikolla loka-marraskuun vaihteessa. Huomioitavaa on, että kyseisenä ajankohtana hyviä ja laadukkaita harjoitusolosuhteita on hyvin vähän tarjolla kansallisesti ja kansainvälisesti, mikä tuo joukkueita Ounasvaaralle. Arvion mukaan syksyllä 2021 ensilumenladusta aiheutui Rovaniemen seudulla noin 1700 – 2 000 majoitusvuorokautta. Arvio perustuu lumiklusterin toimijan tekemiin laskelmiin.

Selvitystyön pohjalta Ounasvaaran ensilumenladun vetovoimatekijöitä ovat muun muassa kaupungin palveluiden läheisyys ja varsinaiset hyvät ensilumenladun olosuhteet, joihin kuuluu myös ladun pituus, noin 8 kilometriä. Yleisesti Suomessa ensilumenladun pituus on noin 1–2 kilometriä. Hyvät matkustusyhteydet tuovat niin kansainvälisiä kuin kansallisia vieraita. Lisäksi Rovaniemen talvikaupungin imago lisää entisestään alueen houkuttelevuutta. (Ruotsala 2021; Hietanen & Laitakari 2021.)

Lumen tekemisestä ja levittämisestä laduksi aiheutuu kustannuksia, jotka ovat katettava tavalla tai toisella. Yleinen käytäntö ensilumenladun konseptissa on, että sen käyttäjän on ostettava pääsylippu hiihtääkseen ladulla. Rovaniemellä on tarjolla koko ensilumenkauden kestäviä kausilippuja, kuin myös kertakäyttöön oikeuttavia erillislippuja. Ensilumenladun kustannukset ovat vuosien 2019–2021 aikana vaihdelleet 100 000 – 200 000 euron välillä. Ensilumenlatua varten tarvittava lumi tuotetaan Ounasvaaran hiihtokeskus Oy:n toimesta ja säilötään kesäkauden yli seuraavaa kautta varten. Säilölumen ostamisen kustannukset ovat noin 150 000 euroa kaudessa ja levittämisen kustannukset noin 100 000 euroa kaudessa. Rovaniemen ensilumenladun kustannuksista vastaavat Rovaniemen kaupungin liikuntapalvelut 30 000 euron osuudella ja Visit Rovaniemi 20 000 euron



Kaavio 3. Santasport Oy Finlandin tarjoamaa tietoa ensilumenladun kulurakenteesta vuosina 2019–2021. (Riekki-Poikela & Laitakari 2022.)

osuudella (Hämäläinen 2021.) Santasport Lapin urheiluopisto kattaa loput kustannuksista.

Ensilumenladun lipunmyynnistä saatuja tuloja käytetään ladun tekemisestä aiheutuvien kustannusten kattamiseen. Ensilumenlatua käyttää vuosittain noin 400–600 kuntalaista, jotka ostavat kausikortteja (Hämäläinen 2021.) Kausikortin ennakkohinta on 50 euroa ja vakiohintana 70 euroa. Esimerkkinä voi todeta, että mikäli kausikortin ostajia olisi 500 ja ostetun lipun keskihinta 60 euroa, tästä kertyisi tuloa 30 000 euroa.

Lumiklusterin jäsenten tapaamisten aikana esille nousi ensilumenladun mahdolliset vaikutukset alueen urheiluvälinemyyntiin. Täydentävien haastatteluiden pohjalta nousi esille ensilumenladun positiivinen vaikutus talviurheiluvälineiden myyntiin. Ensilumenlatu avaa talvikauden välinemyynnin ja samalla pidentää sesonkia. Ilman ensilumenlatua talviurheiluvälineiden myynti aloitettaisiin useita viikkoja myöhemmin. (Jokelainen 2021; Ylilehto 2021)

Ensilumenlatu on urheiluliikkeille tärkeä jatkossakin, koska se tuo asiakkaita ja myyntiä alkukaudesta. Tämän merkitys korostuu erityisesti vähälumisina talvina, jolloin luonnonlumiladuille pääsee hiihtämään vasta joulukuun aikana, kun taas ensilumenlatu avaa perinteisesti hiihtokauden jo loka-marraskuun taitteessa. (Jokelainen 2021; Ylilehto 2021)

Ensilumenlatu mahdollistaa myös erilaisten tapahtumien järjestämisen. Tapahtumat hyödyttävät alueen eri toimijoita, kuten muassa alueen majoitusliikkeitä, ravintola- ja voitelupalveluiden tarjoajia sekä edellä mainittuja urheiluvälinemyyjiä. Vuonna 2021 ensilumenladun tapahtumia olivat muun muassa lasten lumipäivät ja ensilumenladun kilpailu. Tapahtumien pääorganisoijia Ounasvaaran Hiihtoseura (OH) on usein yhteistyössä muiden lumiklusterin jäsenten kanssa. Huomioitavaa on, että ennen koronapandemiaa tapahtumia järjestettiin enemmän.

Johtopäätöksiä ja ensilumenladun tulevaisuudennäkymiä

Kustannusten ja hyötyjen punnitseminen keskenään laajemmin vaatisi kattavia aineistoja muun muassa leirille saapuvien urheilijoiden alueelle jättämässä rahamäärästä. Tämänkaltaisen vertailu tuottaisi aluekehittämisen kannalta mielenkiintoista tietoa, mutta jättäisi auki myös joitakin kysymyksiä. Näitä ovat muun muassa, mitkä ovat ladun imago vaikutukset alueelle ja miten arvotetaan paikallisten harrastusmahdollisuuksien paraneminen. Selvitystyön aikana huomattiin, että ensilumenladun taloudellisesta vaikuttavuudesta on haastavaa saada tietoa valtakunnan tasolla. Tämä pätee myös Rovaniemen Ounasvaaraan ensilumenlatuun.

Havaintoja ladun vaikutuksista nousi kuitenkin esille; ensilumenlatu nähtiin monesta eri näkökulmasta tärkeäksi osaksi talvikauden aloitusta. Latu houkuttelee alueelle erityisesti leirille tulevia kilpahiihtäjiä ja aktiiviharrastajia. Näistä ryhmistä muodostuvista aluetalouden vaikutuksista ei tuotettu tarkempaa tietoa tämän selvityksen puitteissa. Myydyt kausikortit, kaupungin tuki ja majoittujien latumaksut eivät kuitenkaan nykyisellään kata ladusta aiheutuvia kustannuksia.

Ensilumenladun käyttäjät tuovat alueelle tuloa käyttäessään erilaisia palveluita. Ladulla on myös muita vaikutuksia, jotka liittyvät esimerkiksi alueen imagoon ja harrastusmahdollisuuksiin. Rovaniemellä on vahva talvikaupungin imago matkailukohteena. Ensilumenlatu tukee tätä imagoa ja parantaa liikuntamahdollisuuksia niin kuntalaisille kuin myös matkailijoille. Paikallisille ensilumenlatu tarjoaa mahdollisuuden aloittaa hiihtokausi aiemmin, kuin luonnonlumella. Ensilumenlatua käyttää arvioiden mukaan useita satoja kuntalaisia. He eivät tuo alueelle varsinaisesti uutta tuloa, mutta käyttävät kuitenkin rahaa latumaksuihin ja varustehankintoihin alueen liikkeistä.

Keskusteluissa paikallisten lumiklusterin toimijoiden kävi ilmi, että yksikin talvikausi ilman ensilumenlatua olisi todennäköisesti merkittävä imagollinen tappio Rovaniemelle talviurheilukaupunkina ja urheilumatkailun menetykset voisivat olla suuret. (Ruotsala 2021; Hämäläinen 2021).

Sidosryhmäläisten laadullisten haastatteluiden pohjalta nousi myös konkreettisia ideoita ensilumenladun kehittämiseksi. Kehittämistarpeina esimerkiksi yrittäjät näkevät laajemman markkinoinnin, mikä tarkoittaisi konkreettisesti tarkoittaisi sosiaalisen median ja markkinoinnin lisäämistä yhteistyönä alueen lumitoimijoiden kesken (Ruotsala 2021).

Myös ladun kohdentamisen suuremmalle käyttäjäryhmälle paremmin sopivaksi nousi esille. Käytännössä tämä vaatisi rakenteiden kehittämistä, kuten helpomman latuprofilin tarjoamista kuntohihtäjille. Nykyisellään latuprofiili ja -pituus ovat aktiivihiihtäjien mieleen. Käyttäjämäärien lisäämiseksi kuntohihtäjille tulisi kehittää heille sopivampaa latuprofilia, sillä nykyisellään osa kokee sen jopa vaaralliseksi. (Ruotsala 2021.)

Ladun tekeminen ja ylläpitäminen aiheuttaa kustannuksia, joiden kattamiseen osallistuu useita tahoja. Kulujen hillitsemiseksi myös lumen tekeminen ja säilyttäminen tulisi kilpailuttaa ja kaupungin tulisi osoittaa paikka lumen sijoittamiselle. Myös tässä nousi esille latupohjan parantaminen, se helpottaisi lumen levittämistä. Paremmalla latupohjalla levittäminen onnistuisi helpommin olosuhteista riippumatta ja lisäksi prosessin energiatehokkuutta.

Säilölumen tarjoaminen muillekin talvilajeille nähtiin keinona luoda uutta liiketoimintaa alueelle. Lajeja voisivat olla esimerkiksi snowcross (Ylilehto 2021) sekä talvipolkupyöräily (Jokelainen 2021). Laajempi alkukauden tarjonta muodostaisi paikkakunnalle aiempaa vetovoimaisemman lumilajien keskittymän. Lumeen perustuvia tapahtumia olisi hyvä tuoda myös keskustan alueelle (Jokelainen 2021).

Ensilumenladun yhteyteen voisi myös houkutelaa uusia palveluita. Keskustelujen pohjalta esille nousivat muun muassa välinevuokraus, voitelupalvelut lähellä latua, sekä saavutettavuus ulkomaalaisille turisteille, jotka eivät ensisijaisesti matkusta alueelle ladun takia. Hiihtostadionin infrastruktuurissa olisi kehitettävää WC -tiloissa ja ravintolapalveluissa. Myös latukahvilaa on toivottu. (Ruotsala 2021; Jokelainen 2021; Ylilehto)

Vihreiden arvojen lisääminen nähdään oleellisena suuntana ensilumen ladun kehittämisessä. Energiatehokkuuden parantaminen lumen tekemisessä, säilömisessä ja levittämisessä on tärkeää tulevaisuudessa, jotta toiminnasta tulee kestä-

vämpää. Lisäksi toiminnan kaupallista hyödyntämistä on syytä miettiä tulevaisuudessa. (Hämäläinen 2021.) Säilölumen tarve tulee todennäköisesti tulevaisuudessa lisääntymään nykyisestään pelkästään ilmastonmuutoksen tuomien muutosten myötä.

Kaiken kaikkiaan haastatteluiden pohjalta näkyi alueen lumitoimijoiden yhteinen näkemys ensilumenladun merkittävydestä alueelle. Vaikka kehitettävää on, ovat lumitoimijat samaa mieltä siitä, että ensilumenlatu tarvitaan myös tulevaisuudessa Rovaniemelle.



Kuva 40. Rovaniemen ensilumenladusta Ounasvaaran hiihtostadionilta (Santasport 2021).

Lähteet

Hietanen, E & Laitakari, J. 2021. Santasportin edustajien tapaaminen 7.10.2021.

Hämäläinen, P. 2021. Ensilumenladun selvitystyö. Sähköposti leo.hokka@lapinamk.fi; pasi.satokangas@lapinamk.fi 1.11.2021. Viitattu 22.9.2022.

Ilmasto-Opas. 2021. Lumi vähenee Suomessa. Viitattu 23.9.2022 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/4dbb7860-1c3c-4da1-b024-a653585f1024/lumi-vahenee.html>

Jokelainen, K. 2021. Ski & Bike Store. Toimitusjohtajan haastattelu 9.12.2021.

Riekki-Poikela, S & Laitakari, J. 2022. Ensilumenladun selvitystyö. Sähköposti leo.hokka@lapinamk.fi 31.3.2022. Viitattu 28.9.2022.

Ruotsala, I. 2021. Ounasvaaran Hiihtoseura ry. Toiminnanjohtajan haastattelu 26.09.2022.

Santasport. 2021. Ensilumenlatu. Viitattu 22.9.2022 <https://santasport.fi/tilat/ensilumenlatu/>

WWF. 2019. Suomi voi heittää jäähyväiset nykyisille lumi- ja jäätalville. Viitattu 27.9.2022 <https://wwf.fi/uutiset/2019/09/suomi-voi-heittaa-jaahyvaiset-nykyisille-lumi-ja-jaatalville/>

YLE. 2018. Brittimedia lyttää mustan Lapin – Laplandista tuli ”Crapland”. Viitattu 22.9.2022 <https://yle.fi/uutiset/3-10520508>

YLE. 2021. Ilmaston lämpeneminen tuskin pysähtyy tavoiteltuun 1,5 asteeseen – kansainvälinen ilmastopaneeli luo hälyttävän kuvan uudella raportillaan. Viitattu 23.9.2022 <https://yle.fi/uutiset/3-12051309>

Ylilehto, V. 2021. Intersport Rovaniemi. Kauppiaan haastattelu 9.12.2021.



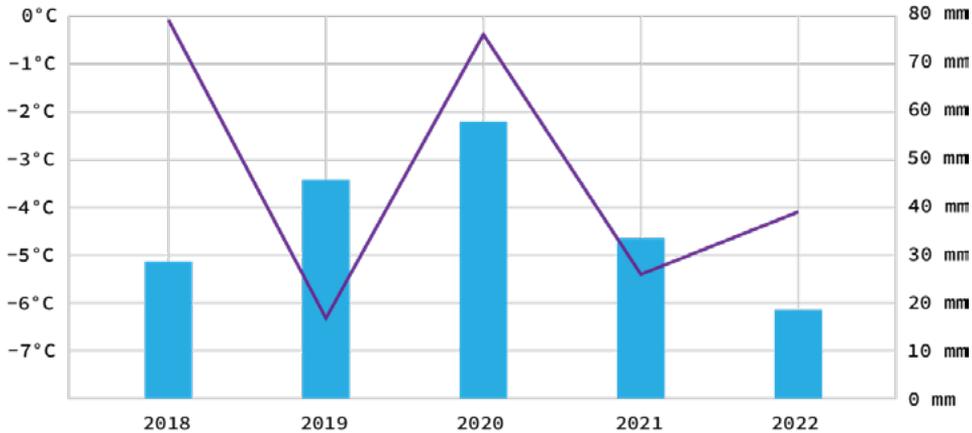
Lopuksi

Lumen säilöminen on entistä enemmän läsnä tulevaisuudessa, kun pakkaspäivät vähenevät ja kylmä aika lyhenee. Jo nyt Rovaniemen korkeudella marraskuut ovat entistä useammin lumisen sijaan vetisiä. Lämpötilan ja sademäärän vuosittaiset vaihtelut ovat normaalia, mutta pitkän aikavälin trendi näyttää selvältä: lämpimämpää ja sateisempää.



Kaavio 4. Marraskuun keskilämpötilat Rovaniemellä vuosina 1960-2020 ja keskilämpötilan poikkeama pitkän aikavälin keskiarvosta (Ilmatieteen laitos 2022).

Pitkän ajan keskiarvoissa marraskuut ovat olleet keskimäärin useamman asteen pakkasen puolella. Yhä useammin marraskuun keskilämpötila jää kuitenkin vain hiuksen hienosti pakkaselle. Kun samaan aikaan sademäärät kasvavat myös, tarkoittaa se lumihankien ja pakkaspäivien sijaan vesi- ja räntäsateita harmaan koleassa säässä.



Kaavio 5. Marraskuun keskilämpötila ja sademäärä Rovaniemellä vuosina 2018-2022 (Ilmatieteen laitos 2022).

Lumielinkeinoille ilmastonmuutos on todellinen haaste. Säilömällä lunta voidaan aikaistaa tai varmistaa useiden elinkeinojen toimintakauden aloitus alkutalvesta. Säilölunta voidaan hyödyntää erityisesti silloin, kun pakkaset tulevat tavanomaista myöhemmin. Tulevaa on kuitenkin vaikea ennakoida. Kun keväällä mietitään lumen säilömisen tarvetta, ei voida tietää, milloin pakkaset seuraavana syksynä tulevat. Puntarissa ovatkin lumen säilömisestä aiheutuvat kustannukset ja ympäristökuormitus vs. kauden aloituksen siirtyminen mahdollisen lämpimän syksyn vuoksi ja siitä aiheutuvat seuraukset. Esimerkiksi Lapin laskettelukeskuksissa kauden aloitusajankohdalla ja sen ennakoitavuudella on todella suuri merkitys. Etenkin kansainväliset matkailijat tekevät ostopäätöksen usein hyvissä ajoin, usein jo edellisen kauden tai kesän aikana. Ilmastonmuutoksen tuoman vuotuisen vaihtelun lieventäminen onkin monelle yritykselle merkittävää. ”Tykkilumi takaa kauden alkamisen aikaisin ja jatkumisen pitkälle kevääseen – huomattavasti pidemmälle, kuin pelkän luonnonlumen varassa olevilla rinteillä.” (Suomen Hiihtokeskusyhdistys ry 2022).

Lumen tekemistä ja säilöntää suunniteltaessa on mahdotonta tietää etukäteen, mikä säilölumen todellinen tarve tulee seuraavana kautena olemaan. Kohonnut energian hinta vaikuttaa suoraan myös lumielinkeinoihin. Säilölumen osalta esimerkiksi lumitykkien energiatehokkuuteen on kiinnitetty huomioita jo pitkään

(esim. Motiva 2010) ja kehitystä on tapahtunut. Huomioimalla energiatehokkuuden mahdollisuudet tykkilumen tekemisen ja hyödyntämisen kaikissa vaiheissa, voidaan edelleen säästää rahaa ja ympäristöä. Mitä vähemmän ”hävikkilunta” tarvitsee tehdä, sitä vähemmän energiaa menee hukkaan. Tulevan kesän ja seuraavan kauden säätä ei voida etukäteen tietää. Arvio tarvittavasta säilölumen määrästä on siis aina jonkin lainen arvaus. Tehokas lumen säilöminen laskee osaltaan tarvittavan lumen määrää. Kun hävikin osuus pystytään arvioimaan mahdollisimman tarkasti, voidaan osaltaan vähentää turhaa lumen tekemistä ja säilömistä.

Koska lumen säilöminen on muuttumassa entistä ajankohtaisemmaksi, tulee myös sen tutkimukseen panostaa. Lumen tutkimusta liittyen sen säilömiseen on tehty vain vähän. On esimerkiksi epäselvää, kuinka paljon lumikasan pienenemisestä johtuu itseasiassa lumen sulamisesta ja kuinka paljon liittyy lumen tiivistymiseen. Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa saatiin ensimmäiset tulokset tiivistymisen ja sulamisen vertailuun liittyen. Tulevaisuudessa olisikin tärkeää jatkaa esimerkiksi lumen tiheysmittauksia, ja tehdä useampia mittauksia mahdollisimman syvältä säilölumikasasta, jotta tiivistymisen vaikutusta lumikasan pienenemiseen voitaisiin arvioida tarkemmin.

Energiatehokas arktinen lumi hankkeessa on tutkittu lumen säilömistä monesta eri näkökulmasta. Tulokset on koottu tähän artikkelikokoelmaan opaskirjaksi lumen säilömistä suunnitteleville tahoille. Vaikka hanke päättyy, opaskirja jää käyttöön sitä tarvitseville.

Lähteet

Ilmatieteen laitos, 2022. Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961. Ilmasto - Ilmatieteen laitoksen tuottamaa tietoa ja tilastoja. Luettu 16.12.2022 <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

Motiva 2010. Energiatehokas hiihtokeskus. Julkaisu saatavilla verkossa. Luettu 15.12.2022 https://www.motiva.fi/files/3227/Energiatehokas_hiihtokeskus.pdf

Suomen Hiihtokeskusyhdistys ry, 2022. Lumetus tuo talven koko Suomeen. Artikkelit ski.fi -sivustolla. Päiväty 26.9.2022. Luettu 16.12.2022 <https://www.ski.fi/keskusuutiset/lumetus-tuo-talven-koko-suomeen/>

Lumentekijän muistilista

Mitä lumen tekemiseen ainakin tarvitaan?



Lumitykki



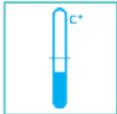
Vettä



Paineensäätely



Sähköä



Pakkasta



Työvoimaa



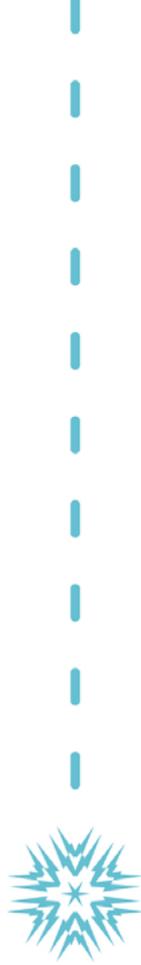
Johtoja ja putkia



Muuta kalustoa



Säilömiseen lisäksi säilöntämateriaalia



Kirjoittajien esittely

Hokka, Leo

projektisuunnittelija, liikunnanohjaaja (AMK), Vastuulliset palvelut, Lapin ammattikorkeakoulu

Lönström, Mikko

Rinnepäällikkö, Technical Manager, Lapland hotels

Maljamäki, Elisa

lehtori, TaM, Vastuulliset palvelut, Lapin ammattikorkeakoulu

Moilanen, Kari

projekti-insinööri, insinööri (YAMK), Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Niemisalo, Niko

projektipäällikkö, Vastuulliset palvelut, Lapin ammattikorkeakoulu

Pernu, Niko

asiantuntija, insinööri, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Satokangas, Pasi

asiantuntija, YTM, Vastuulliset palvelut, Lapin ammattikorkeakoulu

Turpeenniemi, Sini

lehtori, KTM, Vastuulliset palvelut, Lapin ammattikorkeakoulu

Lumi on merkittävä asia Lapin alueen toimijoille. Lumi-
varmuus on kuitenkin heikkenemässä ilmastonmuutoksen
vuoksi. Lumen varmistamiseksi tulisikin entistä enemmän
panostaa lumen tekemiseen ja sen säilömiseen, huomioiden
näiden aiheuttaman ympäristökuormituksen. Arktinen lumi
– lumen tutkimus artikkelikokoelmassa tarkastellaan lumen
säilömiseen liittyviä tutkimuksia Energiatehokas arktinen
lumi hankkeen toteuttamana. Hankkeessa on toteutettu mm.
lumikasojen keilausta, lumen tiheysmittauksia, eristemate-
riaalien vertailua sekä laadittu lumen tuotannon ohjejärjes-
telmä arviointityökaluksi lumen säilömistä suunnitteleville
tahoille.

978-952-316-462-8 (pdf)

Arktinen lumi



LAPIN LIITTO

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

LAPIN AMK

Lapland University of Applied Sciences