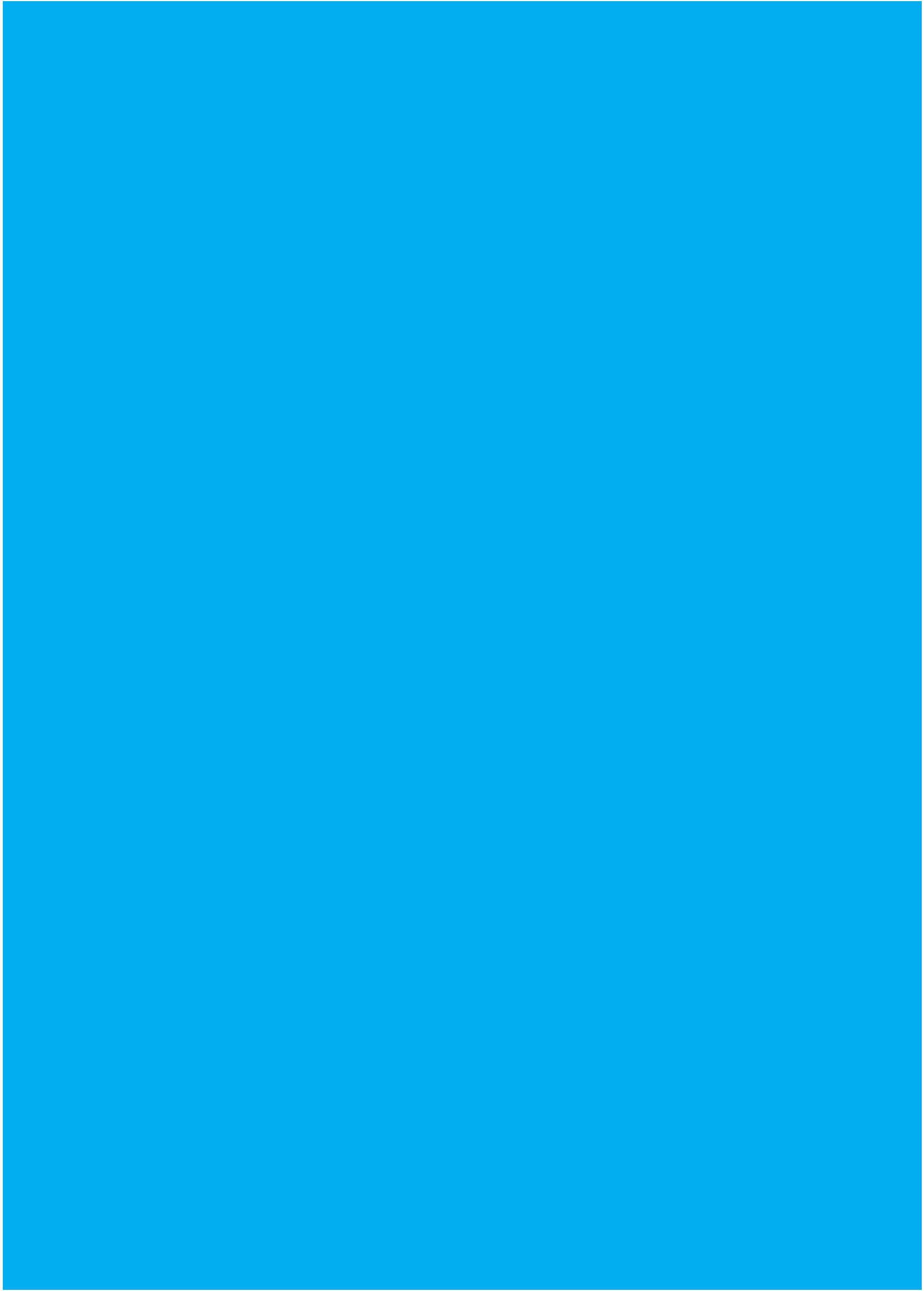


Liite 7

Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011



NORTHLAND MINES OY

HANNUKAISEN
JÄKÄLÄKARTOITUS JA KANGASROUSKUJEN
ALKUAINEPITOISUUDET 2011



 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	i	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
--	---	--

NORTHLAND MINES OY

HANNUKAISEN JÄKÄLÄKARTOITUS JA KANGASROUSKUJEN ALKUAINEPITOISUUDET 2011

20346, 20345

29.9.2011

Niina Lappalainen, biologi FT

SISÄLLYS

SIVU

1	JOHDANTO	1
2	ALUEEN KUVAUS	1
2.1	NATURA 2000 –ALUEET JA LUONNONSUOJELUALUEET	1
3	MATERIAALI JA MENETELMÄT.....	2
3.1	JÄKÄLÄKARTOITUS	2
3.1.1	<i>Menetelmä.....</i>	2
3.1.2	<i>Virhelähteitä ja huomioitavia tekijöitä.....</i>	5
3.1.3	<i>Tarkkailun toteutus.....</i>	6
3.2	KANGASROUSKUJEN RASKASMETALLIPITOISUUS	7
3.2.1	<i>Taustaa.....</i>	7
3.2.2	<i>Tarkkailun toteutus.....</i>	7
4	TARKKAILUN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	7
4.1	JÄKÄLÄKARTOITUS	7
4.2	KANGASROUSKUJEN RASKASMETALLIPITOISUUS	9
4.2.1	<i>Vertailu muihin tuloksiin.....</i>	9
5	YHTEENVETO.....	11
	VIITTEET.....	12

LIITTEET

Liite 1. Jäkäläkartoitus- ja sieninäytealojen sijainnit kartalla.

Liite 2. Hannukaisen jäkäläkartoituksen tulokset vuonna 2011.

Liite 3. Hannukaisen kangasrouskunäytteiden alkuaineanalyysien tulokset vuonna 2011.

Pohjakartat copyright Maanmittauslaitos lupa nro 16/MML/11

Kannen kuva: Jäkäläkartoituspisteen H313 männyn nro 4 NEE-puoli, kangasrouskuja pisteellä H516, © Niina Lappalainen

LAPIN VESITUTKIMUS OY

Kairatie 56
96101 ROVANIEMI
tel +358 (0)16 3310 800
fax +358 (0)16 3310 888
www.lvt.fi

Sammonkatu 8
90570 OULU
tel 044-700 8500

Valtakatu 26
94100 KEMI
tel 040-5870 088

Kaupintie 5
00440 HELSINKI
tel 044-7008 505

Y-tunnus/Business ID:
0227583-3
Kotipaikka: Rovaniemi

1 JOHDANTO

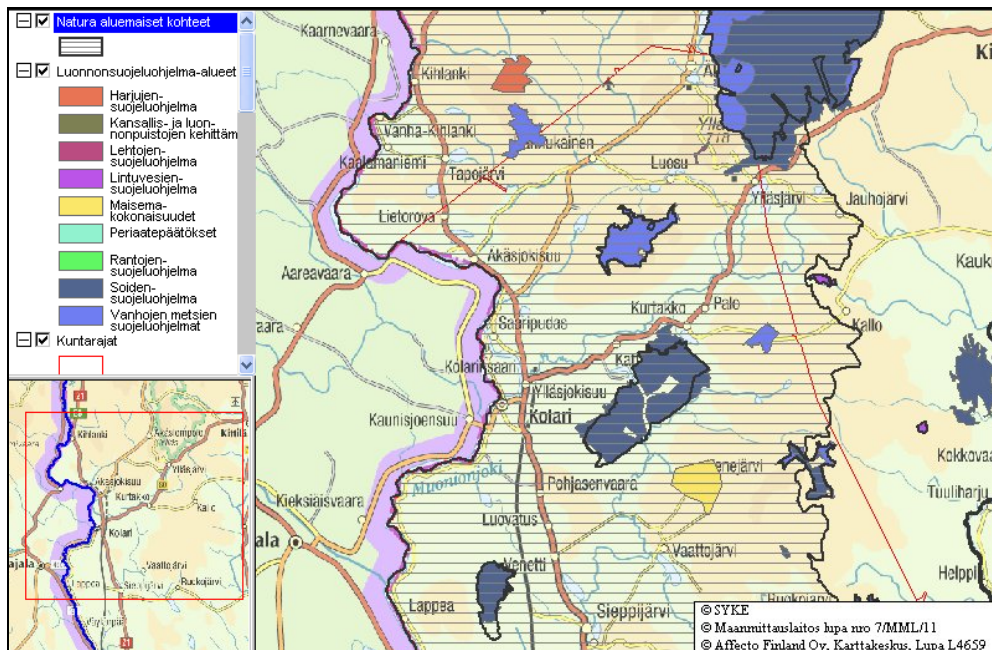
Northland Mines Oy suunnittelee kaivoshankkeen toteuttamista Kolarin Hannukaiseen. Kaivostoiminnan vaikutusten seuraamiseksi alueella toteutettiin kesällä 2011 jäkäläkartoitus (SFS 5670) sekä analysoitiin kangasrouskujen alkuainepitoisuuksia. Menetelmänä jäkäläkartoitus soveltuu taajamien ja teollisuusympäristöjen ilman laadun ja laskeuman sekä epäpuhtauksien levinneisyyden ja biologisten vaikutusten arviointiin. Menetelmä soveltuu parin tai useamman vuoden välein tehtävään seurantaan. Kangasrouskuja puolestaan ei käytetä varsinaisesti bioindikaattoreina, mutta koska sieniä käytetään ihmisravinnoksi, ovat niiden alkuainepitoisuudet kiinnostavia. Esimerkiksi kaivospölyn mukana voi ympäristöön levitä haitallisia raskasmetalleja. Toteutetussa seurannassa huomioitiin Hannukaisen suunnittelualue, Rautavaaran vanha kaivosalue sekä kuljetusreitit. Seurantapisteiden valinnassa käytettiin hyväksi olemassa olevia metsäsammal- ja humusnäytepisteitä sekä huomioitiin lähialueen suojelualueita.

2 ALUEEN KUVAUS

Luonnonmaantieteellisesti suunnittelualue sijaitsee pohjoisborealisella kasvillisuusvyöhykkeellä ja edelleen Perä-Pohjolan metsäkasvillisuusvyöhykkeellä. Suoluonnoltaan alue kuuluu Perä-Pohjolan aapasuovyöhykkeeseen (Kalliola 1973).

2.1 Natura 2000 –alueet ja luonnonsuojelualueet

Koko suunnittelualue sijaitsee Tornionjoen – Muonionjoen valuma-alueella (**kuva 1**). Tornionjoen – Muonionjoen valuma-alueen vesistöt muodostavat Tornion-Muonionjoen vesistöalue –nimisen Natura-alueen (FI 130 1912, luontodirektiivin perusteella suojeltu SCI-alue, 32 000 ha).



Kuva 1. Natura 2000 –verkostoon kuuluvat alueet ja muut luonnonsuojelualueet.

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	2	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
--	---	--

Suunnittelualueen itä-koillis-puolella sijaitsee Ylläs – Pallastunturin kansallispuisto (KPU 120 022) ja Ylläs – Aakenuksen Natura-alue (FI 130 0618). Etäisyyttä Hannukaisen ja Rautuvaaran alueille on n. 10 km.

Noin kahden kilometrin etäisyydellä Rautuvaaran alueesta kaakkoon sijaitsee Niesaselän alue. Niesaselkä kuuluu Natura 2000 –verkostoon (FI 130 0706, SCI-alue, 1950 ha). Lisäksi osa Niesaselän Natura-alueesta kuuluu vanhojen metsien suojeluohjelmaan (AMO 120 248, 1888 ha).

Harjunsuojeluohjelmaan kuuluva Pakasaivon harjualue sijaitsee Hannukaisen suunnittelualueen luoteispuolella, ja länsipuolella sijaitsee vanhojen metsien suojeluohjelmaan kuuluva kohde Kiuasselkä (AMO 120 255, 901 ha).

3 MATERIAALI JA MENETELMÄT

3.1 Jäkäläkartoitus

3.1.1 Menetelmä

Jäkälät koostuvat symbioosissa elävistä sieniosakkaasta ja leväosakkaasta. Jäkälät menestyvät hyvin niukkaravinteisessa ja kuivassa elinympäristössä, sillä ne ottavat ravinteet ja veden suoraan ilmasta, sadevedestä tai runkovalunnasta. Tämän mahdollistaa jäkälien sekovarren rakenne, joka on yksinkertainen, ilman suojaavia pintasolukerroksia ja ilmarakoja. Tämä tekee jäkälät myös hyvin herkiksi ilman epäpuhtauksien vaikutuksille. Runkojäkälät ovat herkkiä erityisesti rikkidioksidille ja fluoriyhdisteille, mutta myös mm. typpiyhdisteiden, otsonin ja raskasmetallien vaikutus voi aikaansaada vaurioita. Talviaikaan, jolloin ilmassa on yleensä enemmän epäpuhtauksia, runkojäkälät eivät ole lumikerroksen suojaamia. Leudommilla säillä niiden solutoiminta voi aktivoitua mikä lisää ilman epäpuhtauksien vaikutuksia runkojäkäliin (**Laita ym. 2008, SFS 5670**).

Jäkälät ilmentävät ilman epäpuhtauksien vaikutuksia silmin havaittavina rakenteellisina tai kemiallisina muutoksina, jäkäläyhteisöjen lajikoostumuksen muutoksina ja jäkälälajien peittävyysmuutoksina (**SFS 5670**). Morfologisena muutoksena tässä tutkimuksessa arvioitiin sekä sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) että yleistä runkojäkälän vaurioastetta. Jäkäläyhteisöjen lajikoostumuksen ja peittävyysmuutokset tarkoittavat yksinkertaisimmillaan herkkien lajien vähenemistä ja lopulta häviämistä puiden rungoilta. Jäkäläkartoitusmenetelmä soveltuu ensisijaisesti taajamien ja teollisuusympäristöjen ilman laadun ja laskeuman sekä epäpuhtauksien levinneisyyden ja biologisten vaikutusten arviointiin. Menetelmä soveltuu myös parin tai useamman vuoden välein tehtävään seurantaan (**SFS 5670**). Eri paikkakunnilla tehtyjä kartoituksia vertailtaessa on otettava huomioon maantieteellisestä sijainnista johtuvat erot.

Runkojäkälälajien välillä on eroja siinä, miten ne reagoivat ilman epäpuhtauksiin (**taulukko 1**). Toiset ovat herkkiä, kadoten kuormitetuilta alueilta ensimmäisinä, kun taas toiset ovat kestävämpiä ja saattavat vallata vapautunutta elintilaa. Eräät lajit myös hyötyvät kuormituksesta. Sormipaisukarve on erityisen hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori, sillä se kestää hyvin suuriakin saastepitoisuuksia, mutta heijastaa saasteiden vaikutuksia näkyvillä rakenteellisilla muutoksilla. Sormipaisukarve voi mahdollisesti myös hyötyä ilman epäpuhtauksista tiettyyn kuormitustasoon asti. Lajikohtaisen saasteherkkyyden lisäksi eri lajien indikaattoriarvoihin vaikuttaa myös luontaiset ympäristöolosuhteet.

Etenkin suuret ilmansaastepitoisuudet voivat saada aikaan nopeita muutoksia runkojäkälissä, sekä näkyvinä muutoksina yksittäisissä lajissa että jäkälälajiston muutoksina. Jäkälän hidaskasvuisuuden vuoksi vaikutukset näkyvät usein vielä vuosienkin päästä kuormituksen vähennyttyä. Lisäksi vaikutukset saattavat välittyä niihin myös kasvualustan muutosten kautta (**Jussila ym. 1999**). Esimerkiksi alkaliset päästöt muuttavat havupuulla kasvavien jäkälien normaalisti hapanta kasvualustaa emäksisemmäksi (**Laita ym. 2008**).

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	3	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
--	---	--

Taulukko 1. Jäkäläkartoitusstandardissa **SFS 5670** mainitut jäkälälajit, niiden herkkyudet rikkidioksidille (**Kuusinen ym. 1990**), sekä indikaattoriarvot (ks. **Laita ym. 2008**). Indikaattoriarvon luokitus: +++ hyvä, ++ kohtalainen, + pieni, - huono.

Herkkyys	Tieteellinen nimi	Suomenkielinen nimi	Indikaattoriarvo
kestävä, hyötyvä	<i>Algae & Scoliciosporum</i>	leväpeite	+++
	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	seinäsuomujäkälä	++
melko kestävä	<i>Hypogymnia physodes</i>	sormipaisukarve	+++
	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	keltatyvikarve	+++
	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	ruskoröyhelö	-
	<i>Vulpicida pinastri</i>	keltaröyhelö	+
melko herkkä	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	harmaatyvikarve	+++
	<i>Imshaugia aleurites</i>	tuhkakarve	+++
	<i>Platismatia glauca</i>	harmaaröyhelö	++
	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	hankakarve	++
	<i>Parmelia sulcata</i>	raidanisokarve	+
herkkä	<i>Bryoria</i> spp.	lupot	+++
	<i>Usnea</i> spp.	naavat	+++

Sormipaisukarve on käytetyistä indikaattorilajeista kestävin ja yleisin laji. Sen peittävyys rungoilla pienentyy vasta voimakkaasti kuormitetuilla alueilla. Keltatyvikarve on myös hyvin yleinen ja sietää hyvin ilman epäpuhtauksia. Sen esiintymisfrekvenssien on todettu noudattavan ilman epäpuhtauksien kuormitusvyöhykkeitä. Tuhkakarve ja harmaatyvikarve ovat herkempiä kuin sormipaisukarve ja keltatyvikarve, joten niiden yleisyydessä voidaan havaita laskua jo pienemmällä kuormituksella. Tuhka- ja harmaatyvikarve tosin suosivat kuivia ja valoisa kalliomänniköitä, mikä voi vaikuttaa niiden esiintymiseen.

Lupot ja naavat ovat herkimpiä ilmansaasteille ja hyviä ilman laadun indikaattoreita. Lupoilla on keskimäärin eniten seuralaislajeja rungoilla, mikä osoittaa luppojen herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Sekä luppojen ja että naavojen yleisyydet rungoilla noudattavat yleensä ilmansaasteiden kuormitusta. Luppojen että naavojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavina tunnuksina.

Harmaaröyhelö on herkkä ilman epäpuhtauksille, se yleensä puuttuu kuormitetuilta alueilta ja eniten sitä todetaan puhtailla alueilla. Sen luontainen esiintyminen voi kuitenkin vaihdella suuresti, minkä vuoksi sen indikaattoriarvo jää kohtalaiseksi. Keltaröyhelönkin luontainen esiintyminen vaihtelee suuresti. Lajia voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuilta alueita, mutta saattaa puuttua tausta-alueilla. Ruskoröyhelö on yleensä yksi harvinaisimmista indikaattorilajeista, jonka esiintyminen vaihtelee usein hyvin satunnaisesti ja jota voidaan löytää voimakkaastikin kuormitetuilta alueilta. Hankakarve puolestaan on hyvin yleinen jäkälälaji männyn rungolla. Sillä on yleensä runsaasti seuralaislajeja, mistä voidaan päätellä sen olevan herkkä ilman epäpuhtauksille, ja ilmansaasteiden aikaansaamat näkyvät vauriot ovatkin sillä selvästi nähtävissä. Myös sen alueellinen esiintyminen heijastaa yleensä ilman epäpuhtauskuormitusta.

Raidanisokarve on harvinainen männyn rungolla esiintyvä jäkälälaji, joka hyötyy ravinteisuudesta. Lajia esiintyy yleensä mm. kalkkipölyalueiden liepeillä, ja se soveltuu kalkkipölyn indikaattoriksi. Seinäsuomujäkälää kasvaa luontaisesti vanhojen mäntyjen rungoilla. Se pystyy käyttämään hyväkseen ilmassa olevia epäpuhtauksia, joten se yleistyy kuormituksen lisääntyessä. Seinäsuomujäkälä on kohtalaisen hyvä ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori eli sen esiintyminen kuvastaa lähinnä typpilaskeuman rehevöittävää vaikutusta. Viherleväpeite ja vihersukkulajäkälä ovat myös hyviä typpikuormituksen indikaattoreita (**Laita ym. 2008**).

Kartoitusalueella valitaan satunnaisesti viisi mäntyä (**SFS 5670**). Jäkäläkartoituksessa käytettävien mäntytien tulee täyttää tietyt kriteerit: puun tulee olla elävä, rungon läpimitaltaan vähintään 20 cm, oksaton ainakin kolmeen metriin saakka, eikä kosketusjäykkyydellä saa olla puuntaimia tai muita suojavaikutusta aiheuttavaa kasvillisuutta. Peltojen, teiden, polkujen ja rakennettujen alueiden reuna-alueita tulee välttää. Kuitenkin hylkäysperusteiden tulee olla samat tutkimusalueen kaikissa osissa.

Standardin mukaisesti männynrunkojen jäkälälajisto tutkitaan 100 – 200 cm korkeudelta (ylin lumiraja – ylin helposti havainnoitava korkeus). Sormipaisukarpeen vaurioaste sekä yleinen runkojäkälien vaurioaste (tässä tarkkailussa painotus luppojen kunnossa) arvioitiin 50 – 200 cm korkeudelta viisiasteisella luokituksella (**taulukko 2**). Sormipaisukarpeen ja luppojen runsaus määritetään 30 x 40 cm pistefrekvenssiruudun avulla 120...160 cm korkeudelta rungon itä-koillis-puolelta (NEE) sekä länsi-lounas-puolelta (SWW) asteikolla 0...100. Esiintymisfrekvensseistä lasketaan kullekin alueelle sormipaisukarpeen ja luppojen suhteelliset peittävyudet. Lisäinformaatiota antaisi kaikkien esiintyvien lajien yhteisrunsauden mittaaminen pistefrekvenssimenetelmällä, mutta standardi ei sitä edellytä (**SFS 5670**). Sormipaisukarve on ilman epäpuhtauksia kestävä laji, joka selviää myös sellaisilla alueilla, joilta herkemmat lajit (kuten lupot) katoavat. Vahvana kilpailijana sormipaisukarve usein valtaa kasvualaa muilta lajeilta. Sormipaisukarve kestää kuormitusta kuitenkin vain tiettyyn pisteeseen asti, jonka jälkeen sen peittävyys pienenee (ks. **Laita ym. 2008**). Myös muille alueella esiintyville lajeille voi määrittää suhteelliset peittävyudet, tai yleisesti koko jäkälälajistolle (**SFS 5670**).

Taulukko 2. Sormipaisukarpeen vaurioluokitus (**SFS 5670**) sekä yleinen runkojäkälien vaurioluokitus.

Vaurio		Näkyvät muutokset
Sormipaisukarve		
I	Normaali	Rakenne normaali, väri vaalean vihertävänharmaa
II	Lievä vaurio	Sekovarren liuskat lievästi kitukasvuisia, lieviä värimuunnoksia (vihertynyt)
III	Selvä vaurio	Sekovarren liuskat kitukasvuisia, keskiosistaan epämuodostunut (ryppyinen), vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin
IV	Paha vaurio	Pieniä, ryppeisiä, vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin, usein vihreää leväpeitettä kaarnalla
V	Kuollut tai puuttuu	Voi esiintyä kitukasvuisena suojaissa kaarnan painanteissa, leväpeite kaarnalla usein runsasta
Yleinen		
I	Normaali	Kaikkien lajien ulkonäkö ja kasvu muuttumattomia
II	Lievä vaurio	Pensasmaiset kitukasvuisia, lehtimäiset normaaleja
III	Selvä vaurio	Pensasmaiset pieniä, lehtimäiset vaurioituneita
IV	Paha vaurio	Pensasmaiset puuttuvat, lehtimäiset pahoin vaurioituneita
V	Kuollut tai puuttuu	Myös lehtimäiset puuttuvat, leväpeitettä voi esiintyä

Jokaiselle havaintopaikalle lasketaan havaintopaikan jäkäläkasvillisuutta kuvaava IAP-indeksi (Index of Atmospheric Purity, ilmanpuhtausindeksi) (**LeBlanc ja DeSoover 1970 Laitan ym. 2008** mukaan). IAP-indeksi huomioi eri lajien herkkyydet ilman epäpuhtauksille. Korkea indeksiarvo kertoo runsaasta jäkälälajistosta ja siten hyvästä ilmanlaadusta, matala indeksiarvo puolestaan lajistoltaan köyhtyneestä havaintoalasta (**taulukko 3**). Indeksia lasketaan kullekin havaintoalalle:

$$IAP = \sum_{i=1}^n (Q \times f) / 10$$

Q = kunkin jäkälälajin keskimääräinen seuralaislajien lukumäärä

f = lajin suhteellinen esiintymisfrekvenssi näytealalla (0-1)

n = jäkälälajien lukumäärä (10)

IAP-indeksi lasketaan käyttäen standardin **SFS 5670** indikaattorilajeja, jättäen pois seinäsuomujäkälän (*Hypocnomyce scalaris*), levät ja vihersukkulajäkälän (*Algae* ja *Scoliciosporum* sp.), jotka hyötyvät kuormituksesta. Kunkin lajin seuralaislajien määrissä seinäsuomujäkälä, leväpeite sekä vihersukkulajäkälä on kuitenkin huomioitu.

Laskennassa käytetyt seuralaislajien lukumäärät poikkeavat toisistaan eri tutkimuksissa sillä runkojäkälälajistossa voi olla vaihtelua eri alueilla, jolloin eri tutkimusten vertailu IAP-indeksin osalta on usein mahdotonta.

Taulukko 3. Jäkälälajiston luokitus IAP-indeksin perusteella.

IAP-indeksi	Kuvaus jäkäläkasvillisuudesta
> 3	jäkälälajisto vastaa tausta-alueiden lajistoa, mukana yleisesti herkimpiä lajeja
2 – 3	lajistossa on lieviä muutoksia, herkimpiä lajeja puuttuu yleisesti
1 – 2	lajisto on köyhtynyt, herkimpiä lajeja voi esiintyä yksittäisillä rungoilla
0,5 – 1	lajisto on erittäin selvästi köyhtynyt, herkimmat lajit puuttuvat yleisesti, rungoilla esiintyy yleisesti ilmansaasteista hyötyviä lajeja
< 0,5	jäkäläautio tai lähes jäkäläautio

Kullekin tutkimuspuulle ja -alalle lasketaan ilman epäpuhtauksista kärsivien jäkälälajien lajimäärä. Lajimääriä laskettaessa ei huomioida ilman epäpuhtauksista hyötyviä seinäsuomujäkälää sekä levää ja vihersukkulajäkälää. Puhtailla tausta-alueilla havaitaan yleensä enemmän jäkälälajeja kuin kuormitetuilla alueilla (**taulukko 4**).

Taulukko 4. Jäkälälajiston luokitus.

Lajilukumäärä	Lajiston kuvaus
0 – 1	Erittäin selvästi köyhtynyt
2 – 3	Selvästi köyhtynyt
4 – 5	Köyhtynyt
6 – 7	Lievästi köyhtynyt
≥ 8	Normaali jäkälälajisto

3.1.2 Virhelähteitä ja huomioitavia tekijöitä

Jäkäläkartoituksen luotettavuuteen vaikuttaa mm. kartoituksen tekijöiden lajintuntemus sekä kokemus bioindikaattoritutkimusten tekemisessä. Erityisesti seinäsuomujäkälän ja leväpeitteen havainnoimisessa ja runsauden arvioinnissa sekä tyvikarpeiden jauhomaisten kasvustojen havainnoinnissa voi esiintyä eroja eri tutkijoiden välillä (**Huuskonen ym. 2010**). Myös sää, kuten sateisuus ja sitä kautta männynrunkojen märkyys, voivat vaikuttaa mm. leväpeitteen havaittavuuteen. Lisäksi subjektiiviseen arviointiin perustuvan jäkälien näkyvien vaurioiden arvioinnin ja luokittelun tuloksiin voi vaikuttaa tutkijakohtaiset erot.

Jäkäläkartoituksen tulosten tarkastelussa on syytä huomioida luontaiset ympäristötekijät (**Raitio ym. 2002**). Kaarnan laatu (esim. männyllä happamuus alenee iän myötä), runkovalunta (johon vaikuttavat mm. rungon latvuston tiheys ja rungon oksaisuus), valaistusolosuhteet (esim. oksaisuus, puuston tiheys), lämpötila (rungon alimmat osat altistuvat herkemmin kylmälle ilmalle), ilmankosteus sekä ravinteisuus (esim. taustapöly vaikuttaa runkovalunnan ravinnemäärään) voivat osaltaan vaikuttaa männynrunkojen jäkälälajistoon ja sitä kautta jäkäläkartoituksen tuloksiin. Poroahoitoalueella on myös huomioitava mahdollinen kaarnajäkäläin kohdistuva laidunnus (**SFS 5670**).

Tietyn alueen indikaattorilajistoa tarkasteltaessa on syytä huomioida lajien levinneisyys Suomessa, sillä jäkälälajin yleisyys tai puuttuminen voi johtua sen luontaisesta levinneisyydestä. Sormipaisukarve esiintyy yleisesti koko maassa. Viinersukkulajäkälä, seinäsuomujäkälä ja raidanisokarve ovat puolestaan koko maassa harvinaisia (**Raitio ym. 2002**). Keltaröyhelö on ainoa indikaattorilaji, jonka esiintymisrunsas ei vaihtelee alueittain. Naavojen esiintyminen painottuu Keski-Suomeen, lisäksi ilmastolliset tekijät vaikuttavat niiden suhteellisen runsaaseen esiintymiseen Länsi-Suomen rannikolla. Luppojen ja ruskoröyhelön esiintyminen on runsaampaa Pohjois-Suomessa verrattuna muuhun maahan. Harmaaröyhelö ja naavat suosivat vanhoja metsiä, kun taas rusko- ja keltaröyhelö ovat yleisiä nuorissa metsissä. Sormipaisukarve on yleinen kaiken ikäisissä metsissä (**Kuusinen ym. 1990**).

3.1.3 Tarkkailun toteutus

Jäkäläkartoituspisteet suunniteltiin ajatellen Hannukaisen ja Rautuvaaran alueita sekä kuljetusreittejä (**liite 1**). Tulevien biologisten tarkkailujen helpottamiseksi 14 seuranta-alan suunta-antavat koordinaatit valittiin metsäsammalnäytepisteiden joukosta. Näiden lisäksi huomioitiin Ylläs – Aakenuksen Natura-alueen ilmansuunta kahdella pisteellä (Ylläs ja Tuusivaara), Niesaselän Natura-alue sekä Kiuasselän ja Pakasaivon suojelualueet sekä kuljetusreitteinä Taponjokivarsi. Lopulliset seuranta-alat määräytyivät sen mukaan, miten alalla esiintyi jäkäläkartoitukseen soveltuvia mäntyjä (**taulukko 5**). Jotkin alkuperäiset näytealat saattoivat sijaita männyntaimikossa, minkä vuoksi järeämpiä jäkäläkartoitusmäntyjä piti etsiä kauempaa.

Jäkäläkartoituksen toteutti standardin **SFS 5670** mukaisesti biologi FT Niina Lappalainen ajalla 23.-25.8.2011. Kartoitusajankohta oli sateinen. Sateisuus vaihteli tiheysateesta rankkasateeseen ja rungot olivatkin osittain märkiä. Sateisuudella on vaikutusta jäkäläkartoitukseen, sillä tummien luppojen pienten sekovarsien erottaminen rungolta pistefrekvenssilaskennan yhteydessä oli hetkittäin haasteellista. Myös mahdollinen leväpeite on hankalaa erottaa märältä rungolta.

Taulukko 5. Hannukaisen jäkäläkartoitus- ja sieninäytealat vuonna 2011.

Näyteala	Koordinaatit		Toteutettu tarkkailu	Suunta
H317	7505568	3367646	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H313	7503611	3366829	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H307	7499751	3372483	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H304	7498428	3369060	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H302/1	7498445	3364779	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H302/2	7496904	3370047	jäkäläkartoitus, sienet	Hannukainen
H303	7498048	3373292	jäkäläkartoitus	Hannukainen
Tuusi	7499701	3375542	jäkäläkartoitus	Hannukainen, Ylläs – Aakenus
Ylläs	7504458	3382230	jäkäläkartoitus	Hannukainen, Ylläs – Aakenus
Paka	7506576	3364007	jäkäläkartoitus	Hannukainen, Pakasaivo
Kiuas	7499301	3363946	jäkäläkartoitus	Hannukainen, Kiuasselkä
H515	7493911	3368262	jäkäläkartoitus, sienet	Rautuvaara
H516	7494453	3366024	jäkäläkartoitus, sienet	Rautuvaara
H510	7492778	3370410	jäkäläkartoitus	Rautuvaara
H501	7490107	3370240	jäkäläkartoitus, sienet	Rautuvaara
Niesa	7490527	3372717	jäkäläkartoitus	Rautuvaara, Niesaselkä
H409	7489823	3363846	jäkäläkartoitus, sienet	kuljetusreitit
H404	7471159	3364119	jäkäläkartoitus	kuljetusreitit
H406	7472934	3363366	jäkäläkartoitus	kuljetusreitit
Tapon	7493794	3362125	jäkäläkartoitus	kuljetusreitit

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	7	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
---	---	--

3.2 Kangasrouskujen raskasmetallipitoisuus

3.2.1 Taustaa

Sieniä käytetään runsaasti elintarvikkeena, sillä niiden ravintoarvo on suuri. Suurin osa Suomessa kerätystä sienistä tulee kotikäyttöön, ja rouskut ovat yksiä kerätyimpiä ruokasieniä (**Oulun kaupungin ympäristövirasto 2004**). Metsäsieniä (ruokasieniä) ei käytetä varsinaisesti bioindikaattoreina, mutta niiden alkuainepitoisuuksia tutkitaan, koska ollaan kiinnostuneita niiden käytettävyydestä ihmisravinnoksi.

Ympäristömyrkyjä kertyy ruokasieniin kasvukauden aikana maaperästä, vedestä ja ilmansaasteista. Kadmium kerääntyy kasveihin muita raskasmetalleja tehokkaammin. Kadmiumia pääsee ympäristöön mm. kaivostoiminnan, jätteiden polton ja energiantuotannon (öljyn ja kivihiilen käyttö) kautta. Kadmium, joka on mutageeninen ja karsinogeeninen aine, kertyy maksaan ja munuaisiin, ja sen hajoaminen on hidasta. Kadmiumin enimmäismäärä sienissä on komission asetuksen (EY 466/2001) mukaan 0,05 mg/kg märkäpainoa (**Oulun kaupungin ympäristövirasto 2004**). Veden osuus sienien tuorepainosta on noin 90 %.

3.2.2 Tarkkailun toteutus

Ruokasienenä käytettävän kangasrouskun (*Lactarius rufus*) alkuainepitoisuuksia tutkittiin kymmenellä seuranta-alalla (**taulukko 5, liite 1**). Sieninäytteiden keräämiseen ei ole olemassa omaa standardia. Keräämiseen sovellettiin sammalten kemiallista analyysia varten kehitettyä standardia **SFS 5671**.

Alat valittiin satunnaisesti niiden näytepisteiden joukosta, joilta on aiemmin kerätty metsäsammalnäytteitä. Alojen tarkempi sijainti määritettiin näytteenoton yhteydessä ja sijainti merkittiin GPS-laitteella. Näytepisteellä kerättiin mahdollisuuksien mukaan kokoomanäytteeksi 10-15 sientä muovipussiin kertakäyttöisiä suojahanskoja käyttäen. Näytteeseen pyrittiin saamaan eri-ikäisiä itiöemiä. Sienet puhdistettiin roskista paikan päällä. Sienen lakin lisäksi myös jalka kerättiin näytteeseen mukaan, katkaisten jalka alaosaan maa-aineksen aikaansaaman kontaminaation välttämiseksi. Näytteet kuljetettiin kylmässä ja säilytettiin pakastettuina analysointiin saakka.

Kangasrouskunäytteet kerättiin jäkäläkartoituksen yhteydessä ajalla 23.-25.8.2011. Ensimmäinen näytteenkeruupäivä päivä oli hyvin sateinen, sade vaihteli tiheysateesta rankkasateeseen. Sieninäytteet olivatkin hyvin märkiä, ja koveriin lakkeihin oli kertynyt vettä. Toisena päivänä sade oli kuuroittaista ja sienet olivat edelleen melko märkiä. Kolmas päivä oli aurinkoinen ja sateeton.

Analyysejä varten sienet kuivattiin ja homogenisoitiin standardin mukaisesti. Sienistä analysoitiin ICP-OES –menetelmän avulla alumiini (Al), arseeni (As), boori (B), barium (Ba), beryllium (Be), kalsium (Ca), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), rauta (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), mangaani (Mn), molybdeeni (Mo), nikkeli (Ni), elohopea (Hg), fosfori (P), lyijy (Pb), rikki (S), antimoni (Sb), seleeni (Se), tina (Sn), vanadiini (V), sinkki (Zn) ja uraani (U), yksikköinä sekä mg/kg kuivapainoa että mg/kg märkäpainoa. Näytteet analysoi Suomen Ympäristöpalvelu Oy.

4 TARKKAILUN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Jäkäläkartoitus

Jäkäläkartoitusalat vaihtelivat kuivasta mäntykankaasta tuoreeseen kuusivaltaiseen metsään. Joillakin seuranta-aloilla kriteerit täyttävien mäntyjen löytäminen oli haasteellista, ja olosuhteiden pakosta mäntyjen valintakriteereihin tehtiinkin joitakin muutoksia. Esimerkiksi puita, joiden rungoilla esiintyi lyhyitä kuolleita oksanpätkiä alle 3 m korkeudessa, hyväksyttiin. Myös hakkuuaukean läheisyys

hyväksyttiin, vaikkakin reuna-alueiden puita vältettiin. Standardin mukaisesti valintakriteerit olivat samat kaikilla seuranta-aloilla. Sormipaisukarpeen vaurioaste oli joillakin rungoilla hankalaa ja jopa mahdotonta arvioida lajin vähäisen peittävyys vuoksi (**taulukko 6, liite 2**). Sateen kastelemilta puunrungoilta pienten lupon sekovarsien havaitseminen vaati tarkkuutta, mistä johtuen on mahdollista että joitakin yksittäisiä pienikokoisia sekovarren rihmoja varjoisissa kaarnan koloissa onkin voinut jäädä havaitsematta. Myös pienten seinäsuomujäkälän sekovarsien ja erityisesti leväpeitteen havaitseminen märeältä ja tummalta rungolta on vaikeaa. Leväpeitettä ei tässä seurannassa havaittu.

Taulukko 6. Männyn runkojäkälien ilmanpuhtausindeksi (IAP), keskimääräinen seuranta-alakohtainen ja puukohtainen lajimäärä, sormipaisukarpeen ja yleinen runkojäkälien vaurioaste (mediaani), sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyys (%). Lajimäärässä ei huomioitu seinäsuomujäkälää ja leväpeitettä.

Muuttuja	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
IAP	2,2	1,1	3,2
Lajimäärä/seuranta-ala	6,1	5	8
Lajimäärä/puu	5,1	3,8	6,2
Sormipaisukarpeen vaurioaste	II	I	III
Yleinen vaurioaste	II	I	III
Sormipaisukarpeen peittävyys (%)	1,2	0,1	8
Luppojen peittävyys (%)	17,7	1,5	30

Hannukaisen alueen runkojäkälälajisto oli varsin samanlaista kaikilla aloilla (**liite 2**). Yleisimpiä ja runsaimpia olivat lopot sekä keltatyvikarve. Harmaatyvikarve ja tuhkararve, joita käsitellään standardin mukaisesti yhtenä lajina, olivat myös yleisiä, mutta eivät kovin runsaita. Vaikka sormipaisukarve on Suomen yleisin ja runsain runkojäkäli, sen peittävyys tutkimusalueen rungoilla oli pieni, eikä sitä kaikilta rungoilta edes löytynyt. Keltaröyhelöä tavattiin myös yleisesti, sekä ruskoröyhelöä. Näiden lisäksi alueella tavattiin satunnaisesti naavaa, harmaaröyhelöä, seinäsuomujäkälää sekä lajilleen tunnistamatonta rupijäkälää.

Yleinen vaurioaste ilmaisee sormipaisukarpeen vaurioastetta herkemmin alhaisten ilman epäpuhtauspitoisuuksien vaikutuksia, sillä yleinen vaurioaste huomioi herkimpien pensasmaisten lajien muutokset (lupot, naavat, hankakarve) (**SFS 5670**). Erityisesti tässä seurannassa yleinen vaurioaste oli tärkeä määrittää sormipaisukarpeen vähäisen esiintymisen vuoksi, vaikka yleisen vaurioasteen arviointia ei standardin mukaan olekaan välttämätöntä tehdä. Sekä sormipaisukarpeen että yleinen vaurioaste vaihteli normaalin (I) ja selvän vaurion (III) välillä, mediaanin ollessa molemmilla lievä vaurio (II) (**taulukko 6**). Jos seuranta-alalla oli ero sormipaisukarpeen ja yleisen vaurioasteen välillä, lähes joka kerralla jäkälälajiston yleinen vaurioaste oli vakavampi kuin sormipaisukarpeen vaurioaste (**liite 2**).

Koko alueen IAP-indeksin perusteella alueen jäkälälajistossa on havaittavissa lieviä muutoksia, eli seuralaislajeja on vähemmän kuin puhtaaksi tausta-alueeksi luokitellulla alueella (**taulukot 3 ja 6, liite 2**). Seuranta-alojen indeksiarvot vaihtelivat köyhtyneen lajiston ja lievien muutosten arvoluokissa. Vain Niesaselän alalla IAP-indeksin arvo oli puhtaiden tausta-alueiden luokassa. Niesaselän alue on sijaintinsa perusteella sijoitettu Rautuvaaran osa-alueeseen. Jos Niesaselkä jätetään huomioimatta, saadaan Rautuvaaran seuranta-alojen keskimääräiseksi IAP-indeksiksi 1,8 mikä tarkoittaa lajiston olevan köyhtynyttä.

Seuranta-alakohtaisen lajilukumäärän perusteella koko seuranta-alueen lajisto on lievästi köyhtynyttä, ja puukohtaisen lajilukumäärän perusteella köyhtynyttä (**taulukot 4 ja 6, liite 2**). Vaikka herkat lopot olivat hyvin yleisiä rungoilla, muiden herkkien lajien (naavat, harmaatyvi- ja tuhkararve, harmaaröyhelö) peittävyydet olivat pieniä. Lupot ovat yleisempiä Pohjois-Suomessa kuin muualla maassa, mikä selittää niiden runsautta. Ilmansaasteiden lisäksi lajien sekä seuralaislajien (IAP-indeksi) määriin vaikuttaa myös mm. lajien luontaiset levinneisyydet (ks. kpl 3.1.2).

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	9	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
---	---	--

Sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyyksissä oli eroja eri seuranta-alojen välillä (**taulukko 6, liite 2**). Seuranta-aloilla sormipaisukarpeen peittävyys vaihtelivat välillä 0,1 – 8 % (keskiarvo 1,2 %), ja luppojen peittävyys 1,5 – 30 % välillä (keskiarvo 17,7 %). Esimerkiksi Pakasaivon seuranta-alan järeiden mäntyjen rungoilla oli vähänlaisesti runkojäkäliä, mutta sekä mäntyjen että erityisesti kuusten oksilla esiintyi runsaasti luppoo.

Ilmansaasteista hyötyvää seinäsuomujäkälää tavattiin standardin mukaisella 100 – 200 cm korkeudella ainoastaan yhdellä Hannukaisen ja Rautuvaaran väliin sijoituvalla seuranta-alalla (H302/2) (**liite 2**). Seinäsuomujäkälää havaittiin runkojen tyvellä Rautuvaaran läheisellä seuranta-alalla H510, mutta koska havainto tehtiin alle 1 m korkeudesta, ei lajia voitu laskea mukaan standardin mukaiseen seurantaan. Seuranta-alalla H515, joka sijaitsee Rautuvaaran ja kuljetusreitien välissä, havaittiin keskimääräiseen tasoon verrattuna hyvin vähän ja hyvin pieniä lupon sekovarsia. Keltaröyhelö oli Rautuvaaran rungoilla tavallinen.

Alkuperäiset kuljetusreitien varrella sijaitsevat metsäsammalnäytealat H404 ja H406 sijaitsivat joko koivikossa tai nuoressa mäntytaimikossa, ja järeämpien jäkäläkartoitusmäntyjen löytäminen oli erittäin hankalaa. Kartoituksessa käytetyt alat eivät olleet erityisen sopivia jäkäläkartoitukseen.

4.2 Kangasrouskujen raskasmetallipitoisuus

Hannukaisen kangasrouskunäytteissä oli eniten kaliumia, keskimäärin 34220 mg/kg kuivapainoa (**liite 3**). Kaliumin lisäksi sienissä oli runsaasti fosforia (7030 mg/kg kuivapainoa), rikkiä (2025 mg/kg kuivapainoa) sekä magnesiumia (808 mg/kg kuivapainoa). Muita tutkittuja alkuaineita (alumiinia, arseenia, booria, bariumia, berylliumia, koboltia, kromia, molybdeenia, natriumia, nikkeliä, lyijyä, antimonaa, seleeniä, tinaa, titaania, vanadiinia ja uraania) oli sienissä alle analyysin määrittämissä rajoissa (**liite 3**). Elohopean määrittämissä rajoissa ylittyi vain yhdellä näytealalla. Kadmiumia oli alle määrittämissä rajoissa kahdella näytealalla ja laskutoimituksissa käytettiin näille aloille kadmiumpitoisuutena määrittämissä rajoissa arvoa (0,3 mg/kg kuivapainoa), mikä on voinut jonkin verran vaikuttaa tuloksiin keskiarvoa nostavasti. Raudan määrittämissä rajoissa alittui viidellä näytteellä, ja laskuissa käytettiin vastaavalla tavalla määrittämissä rajoissa arvoa (30 mg/kg kuivapainoa).

Kadmiumin enimmäismäärä 0,05 mg/kg märkäpainoa (EY 466/2001) ylittyy kolmessa näytteessä (H317, H307, H409, ks. **liite 3**). Kahdella pisteellä pitoisuus oli välillä 0,06 – 0,07 mg/kg märkäpainoa. Kyseiset pisteet sijoittuvat Hannukaisen läheisyyteen Kuervaaran etelärinteelle aivan Ylläksentien tuntumaan sekä kuljetusreitille Karhakkavaaran ja Ristimellänvaaran väliin.

4.2.1 Vertailu muihin tuloksiin

Hannukaisen seurannassa kangasrouskujen kadmium- ja kuparipitoisuudet (kuivapainoa kohden) eivät juuri eronneet Kevitsan kaivoksen vuoden 2009 tuloksista, mutta olivat Etelä-Suomessa mitattuja pitoisuuksia pienemmät (**taulukko 7**). Sinkkipitoisuudet olivat Hannukaisen näytteissä pienemmät kuin Kevitsan näytteissä. Keskimääräinen rautapitoisuus on Hannukaisen sieninäytteissä suurempi kuin Kevitsan näytteissä, mutta Hannukaisen näytteiden keskiarvo on voinut painottua vahvasti yläkanttiin, sillä puolella näytteistä käytettiin keskiarvon laskemisessa määrittämissä rajoissa arvoa, joka oli suurempi kuin Kevitsan näytteiden keskimääräinen rautapitoisuus (**liite 3**). Arseenin, kromin, nikkelin, lyijyn ja vanadiinin kohdalla vertailua on vaikea suorittaa, sillä tässä raportissa analyysin määrittämissä rajoissa olivat suuremmat kuin Kevitsan näytteiden keskimääräiset pitoisuudet. Etelä-Suomessa analysoitujen ruokasienten kadmium-, kupari-, nikkeli- sekä erityisesti rauta- ja sinkkipitoisuudet olivat Hannukaisen tuloksia suuremmat (**taulukko 7**). Etelä-Suomen näytteet oli kerätty alueilta, joilta ihmiset tavallisesti keräävät ruokasieniä.

Vuoden 2010 seurannassa Talvivaaran kangasrouskuissa oli märkäpainoa kohden keskimäärin enemmän kadmiumia, nikkeliä ja sinkkiä, mutta kuparipitoisuus oli suunnilleen sama kuin Hannukaisen näytteissä (**taulukko 8**) (**Pöyry 2011**).

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	10	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
--	----	--

Taulukko 7. Hannukaisen kangasrouskujen alkuaineanalyysin tuloksia (mg/kg kuivapainoa) vuonna 2011 verrattuna Kevitsan kangasrouskujen tuloksiin vuonna 2009 (**Lapin Vesitutkimus Oy 2010**) sekä Etelä-Suomen rouskujen alkuainepitoisuuksiin (**Pelkonen ym. 2006, 2008**).

mg/kg (kuivap.)	Hannukainen 2011			Kevitsa 2009 (*)			Etelä-Suomi (**)		
	K.a.	Min	Max	K.a.	Min	Max	K.a.	Min	Max
Arseeni (As)	< 3			1,5	1,5	1,5	0,88	0,16	2,51
Kadmium (Cd)	0,51	< 0,3	0,99	0,49	0,15	1,05	0,88	0,16	2,51
Kromi (Cr)	< 2			1,17	1,00	2,86	1,05	0,29	1,81
Kupari (Cu)	17,8	12	23	17	5	24	23	5,9	59
Rauta (Fe)	32	< 30	39	19	15	75	58	35	100
Nikkeli (Ni)	< 1			0,78	0,50	2,58	1,24	0,42	6,47
Lyijy (Pb)	< 3			1,5	1,5	1,5	1,42	0,2	3,72
Vanadiini (V)	< 2			1,00	1,00	1,00	0,17	0,02	1,35
Sinkki (Zn)	67,2	50	94	87	55	150	127	69	310

(*) Lapin Vesitutkimus Oy 2010, (**) Pelkonen ym. 2006, 2008.

Taulukko 8. Hannukaisen kangasrouskujen alkuaineanalyysin tuloksia (mg/kg märkäpainoa) vuonna 2011 verrattuna Talvivaaran kangasrouskujen tuloksiin vuosina 2010 ja 2008 (**Pöyry 2011**).

mg/kg (märkäp.)	Hannukainen 2011			Talvivaara 2010 (*)			Talvivaara 2008 (*)		
	K.a.	Min	Max	K.a.	Min	Max	K.a.	Min	Max
Kadmium (Cd)	0,039	< 0,03	0,067	0,063	0,02	0,11	0,0554	0,016	0,12
Koboltti (Co)	< 0,1			-	< 0,01	0,09	-	< 0,01	0,02
Kupari (Cu)	1,3	1,0	1,7	1,359	0,69	1,7	1,212	0,71	1,6
Nikkeli (Ni)	< 0,1			0,3	0,08	1,2	0,055	0,03	0,12
Sinkki (Zn)	4,9	3,8	5,7	5,93	3,6	7,2	5,88	4,5	8

(*) Pöyry 2011.

Sienten elohopeapitoisuudelle ei ole annettu enimmäispitoisuusarvoa, mutta esimerkiksi ravinnoksi kelpoivissa kalassa saa olla elohopeaa enintään 1,0 mg/kg märkäpainoa kohti (Komission asetus (EY) N:o 466/2001) (**Oulun kaupungin ympäristövirasto 2004**). Hannukaisen sieninäytteiden elohopeapitoisuudet alittivat määritysrajan 0,04 mg/kg kuivapainoa (eli < 0,004 mg/kg märkäpainoa).

Sienten uraanipitoisuuksia on selvitetty Talvivaaran ympäristössä vuonna 2010 (**Solatie ym. 2011**). Uraanin eri isotoopeille saatiin seuraavat aktiivipitoisuudet: U-235 < 5,3 Bq/kg kuivapainoa ja U-238 < 41 Bq/kg kuivapainoa. Myös Soklin ympäristössä on tehty sienten uraanipitoisuusselvityksiä (**Solatie ym. 2010**). Isotoopeille saatiin aktiivipitoisuudet: vuonna 2008 U-235 6 Bq/kg kuivapainoa ja U-238 92 Bq/kg kuivapainoa, ja vuonna 2009 U-235 0,3-0,7 Bq/kg kuivapainoa ja U-238 alle mittausrajan. Tässä seurannassa uraanipitoisuudet alittivat määritysrajan < 0,05 mg/kg kuivapainoa, joten voidaan sanoa että pitoisuudet ovat hyvin pienet.

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	11	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
---	----	--

5 YHTEENVETO

Männyn runkojäkälälajiston kartoitus suoritettiin standardimenetelmän **SFS 5670** mukaisesti 20 seuranta-alalla 23.-25.8.2011. Seuranta-alat sijoituivat Hannukaisen ja Rautuvaaran sekä kuljetusreittien ympäristöön. Myös läheiset suojelualueet huomioitiin. Jäkäläkartoituksen yhteydessä kymmeneltä alalta kerättiin kangasrouskunäytteet, joista analysoitiin 26 alkuainetta, mukaan lukien elohopea ja uraani.

Hannukaisen alueen runkojäkälälajisto oli varsin samanlaista kaikilla aloilla. Yleisimpiä ja runsaimpia olivat ilmansaasteille herkäät lupot sekä melko kestävä keltatyvikarve. Melko herkäät harmaatyvikarve ja tuhkakarve olivat myös yleisiä, mutta eivät kovin runsaita. Ilmansaasteita kestävä ja hyvän indikaattorilajin sormipaisukarpeen peittävyys tutkimusalueen rungoilla oli pieni, eikä sitä kaikilta rungoilta edes löytynyt. Keltaröyhelöä tavattiin myös yleisesti, sekä ruskoröyhelöä. Näiden lisäksi alueella tavattiin satunnaisesti naavaa, harmaaröyhelöä, seinäsuomujäkälää sekä lajilleen tunnistamatonta rupijäkälää.

Sekä sormipaisukarpeen että yleinen vaurioaste vaihteli normaalin ja selvän vaurion välillä, mediaanin ollessa molemmilla lievä vaurio. Jos seuranta-alalla oli ero sormipaisukarpeen ja yleisen vaurioasteen välillä, lähes joka kerralla jäkälälajiston yleinen vaurioaste oli vakavampi kuin sormipaisukarpeen vaurioaste. Koko alueen IAP-indeksin (ilmanpuhtausindeksi) perusteella alueen jäkälälajistossa on havaittavissa lieviä muutoksia. Seuranta-alojen indeksiarvot vaihtelivat köyhtyneen lajiston ja lievien muutosten arvoluokissa. Vain Niesaselän suojelualueelle sijoituvalla seuranta-alalla IAP-indeksin arvo oli puhtaiden tausta-alueiden luokassa. Seuranta-alakohtaisen lajilukumäärän perusteella koko seuranta-alueen lajisto on lievästi köyhtynyttä, ja puukohtaisen lajilukumäärän perusteella. Vaikka herkäät lupot olivat yleisiä rungoilla, muiden herkkien lajien peittävyydet olivat pieniä. Lupot ovat yleisempiä Pohjois-Suomessa kuin muualla maassa, mikä selittää niiden runsautta.

Rautuvaaran alue nousee tämän jäkäläkartoituksen perusteella jonkin verran esille muusta alueesta. Rautuvaaran läheisyydessä luppojen koko saattoi olla pienempi sekä ja IAP-indeksi pienempi muuhun alueeseen verrattuna. Myös saasteista hyötyvää seinäsuomujäkälää tavattiin vain Rautuvaaran läheisyydessä.

Hannukaisen kangasrouskunäytteissä oli eniten kaliumia, keskimäärin 34220 mg/kg kuivapainoa. Kaliumin lisäksi sienissä oli runsaasti fosforia (7030 mg/kg kuivapainoa), rikkiä (2025 mg/kg kuivapainoa) sekä magnesiumia (808 mg/kg kuivapainoa). Uraania oli sienissä alle analyysin määrittämissä rajan (< 0,05 mg/kg kuivapainoa). Elohopean määrittämissä raja ylittyi vain yhdellä näytealalla (määrittämissä raja < 0,04 mg/kg kuivapainoa, näytteessä 0,048 mg/kg). Kadmiumin enimmäismäärä 0,05 mg/kg määrittämissä raja (EY 466/2001) ylittyi kolmessa näytteessä. Muihin sienten alkuainepitoisuusseurantojen tuloksiin verrattuna Hannukaisen kangasrouskujen alkuainepitoisuudet olivat joko pienempiä tai samaa suuruusluokkaa.

 PL 96 96101 ROVANIEMI FINLAND	12	Northland Mines Oy Hannukaisen jäkäläkartoitus ja kangasrouskujen alkuainepitoisuudet 2011
--	----	--

VIITTEET

Huuskonen, I., Lehtonen, E. Keskitalo, T. ja Laita, M. (2010). Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2009. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 4/2010.

Jussila, I., Joensuu, E. ja Laiho, P. (1999). Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöopas 59. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Edita, Helsinki. ISBN 1238-8602.

Kalliola, R. (1973). Suomen kasvimaantiede. WSOY. Porvoo.

Kuusinen, K., Mikkola, K. ja Jukola-Sulonen, E.-L. (1990). Epiphytic lichens on conifers in the 1960s to 1980s in Finland. Teoksessa Kauppi, P., Anttila, P. ja Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin. ISBN 3-540-52213-1. S. 397-420.

Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E. ja Ellonen, T. (2008). Vakka-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristöntutkimus-keskuksen tiedonantoja 164.

Lapin Vesitutkimus Oy (2010). Kevitsa Mining Oy. Kevitsan alueen sammalten ja sienten alkuaainepitoisuudet vuonna 2009.

LeBlanc, F. ja DeSloover, J. (1970). Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. 48: 1485-1496. ISSN 0008-4026.

Oulun kaupungin ympäristövirasto (2004). Ruokasienten raskasmetallipitoisuudet. Raportti 2/2004.

Pelkonen, R., Alfthan, G. ja Järvinen, O. (2006). Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. The Finnish Environment 17/2006. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Pelkonen, R., Alfthan, G. ja Järvinen, O. (2008). Element concentrations in wild edible mushrooms in Finland. The Finnish Environment 25/2008. Finnish Environment Institute, Helsinki.

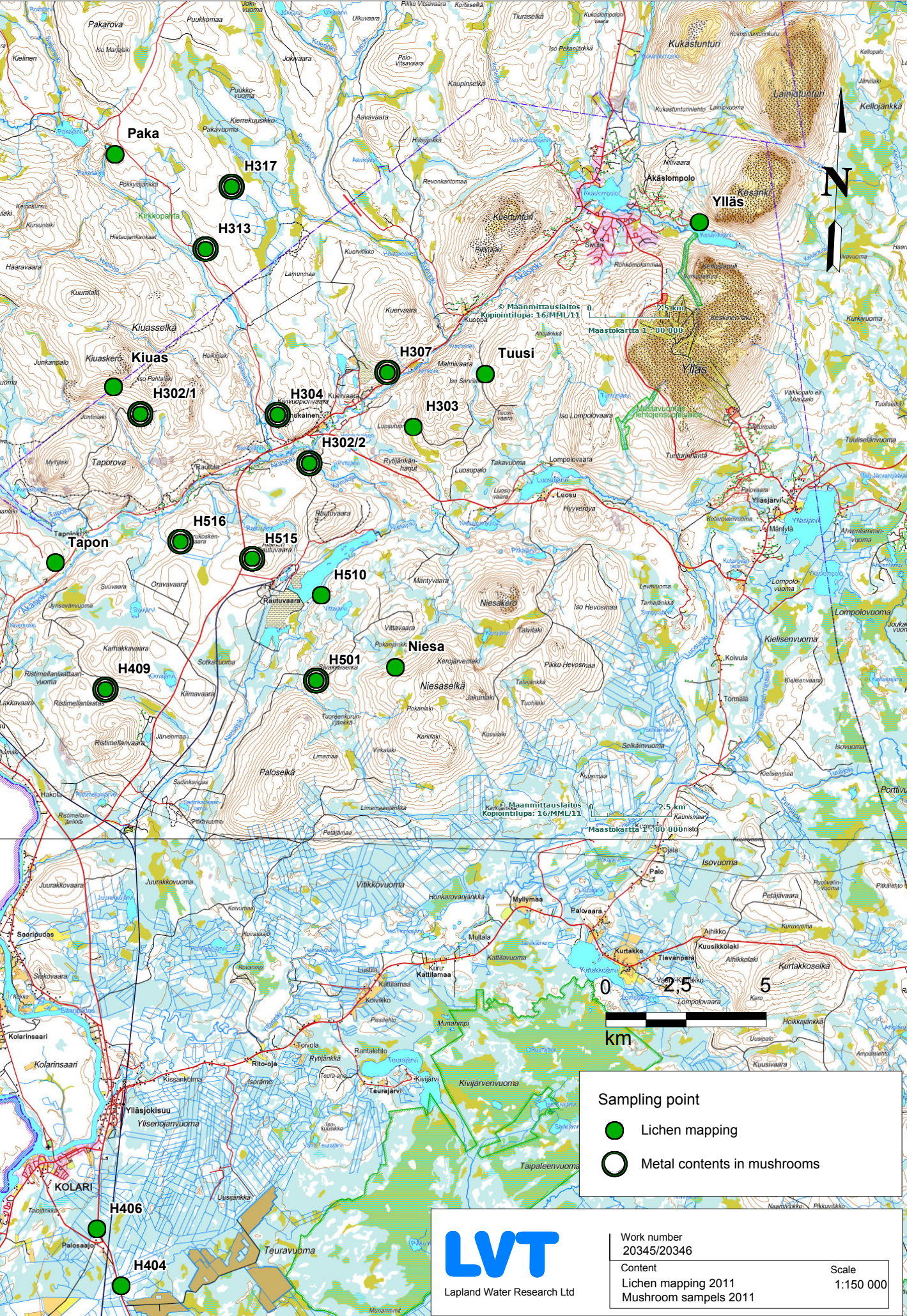
Pöyry (2011). Talvivaara Sotkamo Oy. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2010. Raportti.

Raitio, H., Kärkkäinen, K. ja Osmo, J. (2002). Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Vaasan seudulla vuonna 2000. Vaasan kaupungin Ympäristölautakunnan julkaisuja 1/2002.

Solatie, D., Leppänen, A.-P., Reisbacka, H., Vesterbacka, P. ja Smolander, P. (2011) Talvivaaran ympäristön radiologinen perustilaselvitys, väliraportti 28.2.2011. Säteilyturvakeskus.

Solatie, D., Leppänen, A.-P. ja Ylipietä, J. (2010) Soklin radiologinen perustilaselvitys, loppuraportti 31.5.2010. Säteilyturvakeskus.

Appendix 1.



Liite 2. Hannukaisen jäkäläkartoituksen tulokset vuonna 2011

Seuranta-ala	Pakas- aivo	H317	H313	H307	H304	Kiuas- selkä	H302/1	H302/2	H303	Tuusi- vaara	Ylläs	HANNUKAINEN
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	53
Frekvenssilajit	Esiintymis-%											
sormipaisukarve	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	92,5
keltatyvikarve	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	100
harmaa- ja tuhkakarve	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	2	96,2
seinäsuomujäkälä								3				5,7
lupot	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	100
naavat					2	2		1				9,4
harmaaröyhelö										2		3,8
keltaröyhelö	2	3	4	5	5	3	2	2	5	1		60,4
ruskoröyhelö		1	1	1		1		1	2	2	2	20,8
hankakarve												0
raidanisokarve												0
leväpeite												0
muu laji						2					1	5,7
IAP-indeksi	K.a.											
	1,1	1,9	2,0	2,2	2,2	2,5	1,4	2,1	2,4	2,6	1,7	2,0
Pistefrekvenssilajit	Peittävyys-%											
sormipaisukarve	1	6	3	5	1	4	2	0	4	15	2	
SWW	0	8	1	1	0	1	1	1	1	4	0	
yht.	1	14	4	6	1	5	3	1	5	19	2	0,6
NEE	114	53	163	76	125	211	79	168	100	67	105	
SWW	76	38	97	15	91	89	41	83	21	45	65	
yht.	190	91	260	91	216	300	120	251	121	112	170	18,1
Vaurioaste	Md											
sormipaisukarve	I	I	II	II	II-III	II	II-III	I	I	II	III	II
yleinen	II-III	I	I	II	III	II	II-III	I	II	I	III	II
Lajiluku	K.a.											
lajit	5	6	6	6	6	8	5	7	6	7	5	6,1
lajeja yhteensä alueella (ei sis. *)												
keskiarvo/puu	3,8	4,8	5	5,2	5,2	5,6	4,2	4,8	5,4	5,6	4,3	4,9
* seinäsuomujäkälä, leväpeite								1				0,1

Seuranta-alat	H515	H516	H510	H501	Niesas- selkä	RAUTU- VAARA	Tapon- joki	H409	H406	H404	KULJETUS- REITIT	YHT.
puiden lkm	5	5	5	5	5		5	5	5	2		
Frekvenssilajit	Esiintymis-%					Esiintymis-%					Esiintymis-%	
sormipaisukarve	5	5	5	5	5	100	5	5	5	2	100	95,8
keltatyvikarve	5	5	5	5	5	100	5	5	5	2	100	100,0
harmaa- ja tuhkakarve	5	5	4	5	5	96	5	5	5	2	100	96,9
seinäsuomujäkälä												3,1
lupot	4	4	5	5	5	92	5	5	5	2	100	98,0
naavat			1		1	8						7,2
harmaaröyhelö												2,1
keltaröyhelö	5	3	1	5	5	76	5	2	4	2	76,5	67,5
ruskoröyhelö	1		1		5	28	5	2	5	2	82,4	34,9
hankakarve												0,0
raidanisokarve												0,0
leväpeite												0,0
muu laji												3,1
IAP-indeksi	K.a.					K.a.					K.a.	
	2	1,5	1,6	2	3,2	2,1	3	1,9	2,8	3	2,7	2,2
Pistefrekvenssilajit	Peittävyys-%					Peittävyys-%					Peittävyys-%	
sormipaisukarve	11	10	2	2	61		4	5	8	19		
SWW	14	2	0	0	19		4	1	1	11		
yht	25	12	2	2	80	2,4	8	6	9	30	1,6	1,2
NEE	5	106	205	177	151		64	104	119	18		
SWW	10	37	60	80	113		110	67	32	4		
yht	15	143	265	257	264	18,9	174	171	151	22	15,2	17,7
Vaurioaste	Md					Md					Md	
sormipaisukarve	II	II	I-II	I	I	I-II	I	II	II	II	II	2
yleinen	III	II	I	I	I	I	I-II	I-II	II	III	II	2
Lajiluku	K.a.					K.a.					K.a.	
lajit	6	5	7	5	7	6	6	6	6	6	6	6,1
keskiarvo/puu	5,0	4,4	4,4	5,0	6,2	5,0	6,0	4,8	5,8	6,0	5,7	5,1

lajija yhteensä alueella (ei sis. *)

keskiarvo/puu

* seinäsuomujäkälä, leväpeite

	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo
mg/kg kuivapainoa kohti															
H317	<100	<3	<4	<1	<1	102	0,46	<1	<2	12	<30	27000	645	25	<1
H313	<100	<3	<4	<1	<1	84	0,51	<1	<2	13	<30	31300	733	19	<1
H307	<100	<3	<4	<1	<1	71	0,97	<1	<2	23	36	35100	845	20	<1
H304	<100	<3	<4	<1	<1	114	<0,3	<1	<2	17	<30	32100	710	28	<1
H302/1	<100	<3	<4	<1	<1	118	0,45	<1	<2	16	<30	26200	660	21	<1
H302/2	<100	<3	<4	<1	<1	65	<0,3	<1	<2	20	31	39700	921	26	<1
H515	<100	<3	<4	<1	<1	79	0,33	<1	<2	23	<30	37900	904	20	<1
H516	<100	<3	<4	<1	<1	109	0,37	<1	<2	19	39	42200	926	33	<1
H501	<100	<3	<4	<1	<1	74	0,37	<1	<2	19	30	36400	887	24	<1
H409	<100	<3	<4	<1	<1	84	0,99	<1	<2	16	34	34300	848	17	<1
Keskiarvo	<100	<3	<4	<1	<1	90	0,505	<1	<2	17,8	32	34220	807,9	23,3	<1
Minimi						65	<0,3			12	<30	26200	645	17	
Maksimi						118	0,99			23	39	42200	926	33	
Määrittäysraja	100	3	4	1	1	50	0,3	1	2	2	30	200	20	5	1

	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo
mg/kg tuorepainoa kohti															
H317	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	11,6	0,052	<0,1	<0,2	1,4	<3	3080	74	2,9	<0,1
H313	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	6,4	0,039	<0,1	<0,2	1,0	<3	2410	56	1,4	<0,1
H307	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	4,6	0,063	<0,1	<0,2	1,5	2,3	2290	55	1,3	<0,1
H304	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	9,8	<0,03	<0,1	<0,2	1,5	<3	2760	61	2,4	<0,1
H302/1	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	12,4	0,048	<0,1	<0,2	1,7	<3	2750	69	2,2	<0,1
H302/2	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	4,1	<0,03	<0,1	<0,2	1,2	2,0	2500	58	1,6	<0,1
H515	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	4,5	0,019	<0,1	<0,2	1,3	<3	2160	51	1,1	<0,1
H516	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	5,9	0,020	<0,1	<0,2	1,1	2,1	2290	50	1,8	<0,1
H501	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	5,1	0,025	<0,1	<0,2	1,3	2,1	2500	61	1,6	<0,1
H409	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	5,7	0,067	<0,1	<0,2	1,1	2,3	2330	58	1,1	<0,1
Keskiarvo	<10	<0,3	<0,4	<0,1	<0,1	7,02	0,039	<0,1	<0,2	1,30		2507	59,4	1,75	<0,1
Minimi						4,10	<0,03			1,02		2160	50,2	1,13	
Maksimi						12,36	0,067			1,69		3080	73,7	2,89	

	Na	Ni	Hg	P	Pb	S	Sb	Se	Sn	Ti	V	Zn	U
mg/kg kuivapainoa kohti													
H317	<50	<1	<0,04	6170	<3	1830	<3	<3	<3	<50	<2	50	<0,05
H313	<50	<1	<0,04	6480	<3	1790	<3	<3	<3	<50	<2	70	<0,05
H307	<50	<1	<0,04	7720	<3	1980	<3	<3	<3	<50	<2	69	<0,05
H304	<50	<1	<0,04	6510	<3	1920	<3	<3	<3	<50	<2	62	<0,05
H302/1	<50	<1	<0,04	5890	<3	1890	<3	<3	<3	<50	<2	54	<0,05
H302/2	<50	<1	<0,04	7440	<3	2160	<3	<3	<3	<50	<2	75	<0,05
H515	<50	<1	<0,04	7480	<3	2160	<3	<3	<3	<50	<2	67	<0,05
H516	<50	<1	<0,04	7800	<3	2170	<3	<3	<3	<50	<2	94	<0,05
H501	<50	<1	0,048	7710	<3	2120	<3	<3	<3	<50	<2	73	<0,05
H409	<50	<1	<0,04	7100	<3	2230	<3	<3	<3	<50	<2	58	<0,05
Keskiarvo	<50	<1	<0,04	7030	<3	2025	<3	<3	<3	<50	<2	67,2	<0,05
Minimi			<0,04	5890		1790						50	
Maksimi			0,048	7800		2230						94	
Määrittysraja	50	1	0,04	20	3	50	3	3	3	50	2	3	0,05

	Na	Ni	Hg	P	Pb	S	Sb	Se	Sn	Ti	V	Zn	U
mg/kg tuorepainoa kohti													
H317	<5	<0,1	<0,004	704	<0,3	209	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,7	<0,005
H313	<5	<0,1	<0,004	499	<0,3	138	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,4	<0,005
H307	<5	<0,1	<0,004	503	<0,3	129	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	4,5	<0,005
H304	<5	<0,1	<0,004	561	<0,3	165	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,4	<0,005
H302/1	<5	<0,1	<0,004	617	<0,3	198	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,7	<0,005
H302/2	<5	<0,1	<0,004	469	<0,3	136	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	4,7	<0,005
H515	<5	<0,1	<0,004	426	<0,3	123	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	3,8	<0,005
H516	<5	<0,1	<0,004	423	<0,3	118	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,1	<0,005
H501	<5	<0,1	0,003	529	<0,3	145	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	5,0	<0,005
H409	<5	<0,1	<0,004	482	<0,3	152	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	3,9	<0,005
Keskiarvo	<5	<0,1	<0,004	521,3	<0,3	151,3	<0,3	<0,3	<0,3	<5	<0,2	4,92	<0,005
Minimi				422,7		117,6						3,79	
Maksimi				704,3		208,9						5,71	

