

Juha-Matti Mikkolainen


# RAVINTEET NEULASANALYYSIMETSISSÄ

Opinnäytetyö  
Metsätalouden koulutusohjelma


Maaliskuu 2015



KUVAILULEHTI

		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  4.3.2015
<b>Tekijä</b>  Juha-Matti Mikkolainen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Metsätalouden koulutusohjelma	
<b>Nimeke</b>  Ravinteet neulasanalyysimetsissä		
<b>Tiivistelmä</b>  Metsien ravinnetilan analysointi on yhtä merkittävä puuston laadun kannalta kuin muutkin metsänhoidon toimenpiteet. 1900-luvun lopulla suuremman kehityksen kohteena olleet neulasista tehtävät ravinneanalyytit ovat tällä hetkellä eniten käytetty metsien ravinteiden mittaustapa. Toteutetut neulasanalyytit eivät aina kuitenkaan palvele metsän, metsänomistajan eikä metsäteollisuuden tavoitteita.  Opinnäytetyön tavoite oli selvittää Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 2007 - 2013 analysoitujen neulasnäytteiden yhteneväisyyksiä. Päättökäytännönä oli tuottaa havainnollistavaa materiaalia Excelin, Spss:n ja ArcGisin avulla ja siten selvittää ravinnepuutoksia alueittain, puulajeittain sekä kasvupaikoittain. Näytteidenoton syynä on pääsääntöisesti ollut epäily ravinne-epätasapainosta. Aineisto kuvaa siksi vain näiden valikoitujen mahdollisten ravinnepuutosmetsien ravinnetilaa.  Tulokset osoittavat että alueellisesti neulasanalyyysien tilauksissa on isoja eroja. Nämä erot vaihtelevat aikakausittain erilaisten trendien mukaan. Analyyysien toteuttamisessa myös eri alueiden henkilöstö sekä tarpeet aiheuttavat eroavaisuuksia näytetulosten sisällössä. Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että boori ja magnesium ovat mahdollisessa yhteydessä toisiinsa. Myös esimerkiksi boorinpuutoksella näyttää olevan yhteys meren läheisyyteen.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Neulasanalyysi, lannoitus, ravinteet		
<b>Sivumäärä</b> 37 s. + liitt.7 s.	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> URN:NBN:fi:mamk-opinn2014B4319
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Pertti Kilpeläinen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Viljavuuspalvelu Oy	

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>
		March 4th, 2014
<b>Author</b>	<b>Degree programme and option</b>	
Juha-Matti Mikkolainen	Forestry	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>		
Nutrients in forests which have been needle-analyzed		
<b>Abstract</b>		
<p>Analyzing nutritive state of forests is as significant for the quality of the trees as are other forest care actions. In the end of the 20<sup>th</sup> century the development of needle based nutrient analyzes was heavily focused on and are now the most used way to find out about the nutrients of a forest. Implemented needle analyzes don't always serve the goals of the forest, forest owner and forest industry.</p> <p>The goal of the bachelor's thesis was to examine the connections between the needle-analysis samples analyzed by Viljavuuspalvelu Oy between 2007 and 2013. The main goal was to produce illustrating material with Excel, Spss and ArcGis and clarify the nutrient deficiencies between different areas, species and growing places. The reason for sample intake has been mainly suspicions of nutrient imbalance. Thus the material only shows the nutrient state of these selected nutrient deficient forests.</p> <p>The results indicate that regionally there are big differences in the ordering of needle analyzes. These differences change periodically due to the alternating trends. Also the personnel and needs of different regions cause alternating content in results. The results of the thesis indicate that there might be relation between boron and magnesium. Also for example boron's regional deficiencies are heavily connected with the proximity of the sea.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>		
Needle analysis, fertilization, nutrients		
<b>Pages</b>	<b>Language</b>	<b>URN</b>
37 p. + app. 7 p.	Finnish	URN:NBN:fi:mamk-opinn2014B4319
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	
Pertti Kilpeläinen	Viljavuuspalvelu Oy	

# SISÄLTÖ

## KUVAILULEHDET

1 JOHDANTO.....	1
2 METSIEN RAVINTEET.....	2
2.1 Puiden ravinnetalous .....	2
2.2 Ravinteet kivennäismailla .....	4
2.3 Ravinteet turvemaiilla .....	5
2.4 Ravinnepuutokset .....	6
2.5 Neulasanalyysien toteuttaminen.....	8
2.6 Metsitetyt pellot ja niiden erityispiirteet .....	9
3 LANNOITUS .....	11
3.1 Kasvatuslannoitukset.....	11
3.2 Terveyslannoitukset.....	12
3.3 Lannoitetyypit .....	13
3.4 Levitystavat .....	15
3.5 Lannoituksen ympäristövaikutukset.....	16
3.6 Lannoituksen valtion tuki.....	17
4 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	17
4.1 Aineisto.....	17
4.2 Menetelmät.....	21
5 TULOKSET .....	21
5.1 Tilastolliset tulokset.....	22
5.2 Metsien ravinteisuus alueittain.....	23
5.3 Puulajien vaikutukset ravinteisiin .....	24
5.4 Fosfori .....	25
5.5 Kalium.....	27
5.6 Magnesium .....	28
5.7 Typpi.....	29
5.8 Boori.....	30
5.9 Muut ravinteet .....	33
5.10 Kivennäismaiden ja turvemaiden eroavaisuudet ravinteisuudessa .....	34
6 POHDINTA.....	35
6.1 Luotettavuuden pohdinta.....	35
6.2 Tuloksien yhteenveto.....	35
6.3 Jatkotutkimustarpeet.....	36
LÄHTEET .....	38
LIITTEET.....	41

## 1 JOHDANTO

Metsien ravinteisuuden tutkiminen on aloitettu 1700-luvun puolivälissä. Ensimmäisissä tutkimuksissa kartoitettiin kasvien ravinteiden tarpeita vaihtelemalla niiden ravinteiden saantia. Vasta 1800-luvun loppupuolella ymmärrys kasvien tarpeista alkoi muodostua kohti nykyistä käsitystä ja 1900-luvun alussa lannoitteista alettiin keskustella kehittävästi. (Binkley 1986, 8 - 9) 1900-luvun lopussa neulasanalyysitekniikassa otettiin suuria kehitysaskelita mm. ilmansaasteiden ja metsien terveyden tutkimista varten (Raitio 1994).

Metsän ravinteisuutta voidaan arvioida silmävaraisilla ja suuntaa antavilla menetelmillä, mutta tarkempia tuloksia saadaan neulasanalytiikalla. Neulasanalyysi on helppo, tarkka ja kustannustehokas tapa selvittää metsän ravinnetila. Se on näiden ominaisuuksiensa vuoksi vakiintunut tärkeimmäksi tavaksi selvittää metsän lannoitustarvetta.

Metsien ravinteisuutta seuraamalla voidaan selvittää riskialueita, joilla lannoitus voisi olla kannattavaa. Ravinne-analyseillä voidaan myös saada selville, mistä ravinteista on suurin puute. Ravinne-tilanteen kartoittamisella voidaan optimoida lannoitus ja välttää turhat lannoituskerrat sekä ravinne-ylikuormitukset.

Opinnäytetyö pohjautuu Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 2007 - 2013 analysoitujen neulasnäytteiden (4 635 kpl) tuloksiin. Näytteet on otettu eri puolilla Suomea. Näytteiden ottajina on ollut metsäalan ammattilaisia sekä metsänomistajia. Näytteiden oton syynä on pääsääntöisesti ollut epäily ravinne-epätasapainosta. Työ tehtiin Viljavuuspalvelu Oy:n pyynnöstä ja tavoitteena oli tuottaa heidän tarpeisiinsa sopivaa havainnollistavaa materiaalia, kuten karttoja ja taulukoita.

Aineistoa jouduttiin muokkaamaan aluksi helpommin analysoitavaan muotoon. Esimerkiksi lukuisat kunnat yhdistettiin selkeämmiksi maakunniksi. Aineistoa on seulottu pääasiassa Excelin ja havainnollistettu ArcGis:n avulla.

## 2 METSIEN RAVINTEET

### 2.1 Puiden ravinnetalous

Ravinteet ovat alkuaineita, joita kasvit ottavat maaperästä ja käyttävät aineenvaihdunnassaan. Kasvien ravinteet jaetaan tärkeämpiin makroravinteisiin ja pienempinä määrinä esiintyviin mikroravinteisiin. Makroravinteita ovat kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), typpi (N), fosfori (P) ja rikki (S). Mikroravinteita ovat rauta (Fe), mangaani (Mn), kupari (Cu), sinkki (Zn), molybdeeni (Mo), boori (B) sekä kloori (Cl). Kasviravinteita kutsutaan myös kivennäisravinteiksi lukuun ottamatta typpeä, jonka kasvit saavat ilmakehästä. Kivennäisravinteet ovat peräisin maaperän mineraaleista. (Kellomäki 2005, 43.)

Ravinteet ovat rajoittava tekijä metsäntuotannossa. Metsän kasvutekijöistä helpoiten voidaan vaikuttaa juuri ravinteisuuteen. Vesitalouteen on myös mahdollista vaikuttaa varsinkin turvemaidella. (Reinikainen ym. 1998, 3.) Ravinteen teho kasvutekijänä määrittyy sen kelpoisessa muodossa saatavilla olevalla määrällä sekä sen toimivuudella puun fysiologiassa (Reinikainen ym. 1998, 7).

Puut tarvitsevat ravinteita fysiologiansa ylläpitämiseen. Proteiinit ovat eliöille elintärkeitä rakenneosia. Ne koostuvat muun muassa typestä. Typpeä puut saavat pääasiassa ilmakehästä sadeveden tai maaperässä elävien typpeä käyttökelpoiseksi muuttavien mikrobien kautta. Typpeä puut tarvitsevat myös fotosynteesiin ja se vaikuttaa puuttuessaan voimakkaasti metsien kasvuun sekä lehvästön määrään. Fosfori on myös merkittävä ravinne puiden kasvuun, koska sen tehtäviin kuuluu energian käytön ja solujen toimintojen ohjaaminen. Kaliumin vaikutukset liittyvät solujen osmoottiseen paineeseen sekä ilmarakojen avautumiseen. Se on myös soluväkevyyden säätelijä ja sähköisten viestien välittäjä ja on siksi tärkeä ravinne puun vesitaloudelle ja aineiden kuljetukselle. Kalsium on tärkeä soluseinien rakennusaine. Se vastaa niiden elastisuudesta edistämällä siten juurten kasvua ja itämistä. Magnesium vastaa osittain valoenergian sidonnasta. Sen tehtävänä on olla osana fotosynteesiä. Proteiinisynteesi pysähtyy, jos magnesiumia ei ole saatavilla ja siten se on myös kasvun kannalta tärkeä ravinne. Makroravinteista merkittävimpänä puuteoireidensa yleisyyden takia voidaan pitää booria. Se vaikuttaa ligniinisynteesiin,

pölytykseen ja johto- sekä kasvusolukoiden toimintaan. Se edistää myös fosforin ottoa puun kasvualustasta. (Kellomäki 2005, 43; Rantala 2008, 123; Reinikainen ym. 1998, 19, 23 - 24, 28.)

Maan käyttökelpoiset ravinteet ovat sellaisia liukoisia ravinteita, jotka ovat kasvien otettavissa maasta. Vain osa on tällaisia ravinteita ja niiden määrä on suhteessa puiden kasvuun, mutta vain käyttökelpoisen typen määrä vaikuttaa siihen suuremmin. Hajottajat muovaavat kuolleeseen eloperäisen aineksen ravinteet kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Myös eloperäisestä aineksesta ja kivennäisaineista vapautuu hitaasti ravinteita mobilisoitumisen kautta. Pieneliöstön ottamat liukoiset ravinteet palautuvat takaisin kasvien käyttöön. Typpi tulee kasvien käyttöön ilmakehän kautta. Biologisen sidonnan myötä käyttökelpoiseksi muuttuvaa typpeä on saatavilla vain lyhyen aikaa ja se sitoutuu välittömästi myös muuhun kasvillisuuteen. Männyn vuotuisesta typen määrästä kuluu lähes 70 prosenttia neulasten kasvuun. Muita ravinteita siihen kuluu myös runsaasti: fosforista 68 prosenttia, kaliumista 65 prosenttia ja kalsiumista 46 prosenttia. (Kellomäki 2005, 262, 264 - 265; Rajala 2006, 123.)

Puuhun sitoutuneet ravinteet jaotellaan liikkuviin ja liikkumattomiin puun sisäisessä ravinnekierrossa tapahtuvan käyttäytymisen perusteella. Liikkuvien ravinteiden (N, P, K) suurimmat pitoisuudet ovat elävässä solukossa. Liikkumattomat ravinteet taas ovat pääasiassa kuolleissa soluissa. Erot kasvupaikoilla ilmaisevat liikkuvien ravinteiden erilaista käyttäytymistä puun sisäisessä ravinnekierrossa ja ravinteiden asemaa puiden solurakenteissa. Typpi, fosfori, kalium ja kalsium lisääntyvät puun biomassan lisääntyessä. Liikkumattoman kalsiumin määrä kasvaa puuston ikääntyessä, koska se muodostaa osan seinien rakenteista. Typen, fosforin ja kaliumin määrät ovat suurimmillaan kasvun suurimmassa pisteessä, koska ne ovat liikkuvia ravinteita (taulukko 1). (Kellomäki 2005, 239 - 240.)

Neulasten ravinnepitoisuudet muuttuvat niiden iän mukaan. Liikkuvat ravinteet kertyvät neulasiin, kunnes ne kuolevat. Neulasten kuollessa liikkuvat ravinteet siirtyvät puiden sisäiseen ravinnekiertoon ja liikkumattomat ravinteet rikastuvat neulasiin. Puiden kalsiumin saanti onkin usein maasta tapahtuvan oton varassa. Karikkeen ravinnepitoisuus korreloi maan ravinnepitoisuutta heikommin kuin elävien solukoiden pitoisuudet. Typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet neulaskarikkeessa eivät

eroa juurikaan muusta karikkeesta, mutta kalsiumia on selvästi enemmän juuri neulaskarikkeessa. (Kellomäki 2005, 249, 261.) Metsämaan orgaaniseen ainekseen kertyy ajan myötä paljon ravinteita. Ravinteiden sijoittumisesta johtuen hakkuujätteiden ja kantojen kerääminen vähentää arviolta 10 - 20 prosenttia tulevan metsän kasvua. (Koivunen 2014.)

**TAULUKKO 1. Männyn neulasten ravinnepitoisuus niiden elinkaaren eri vaiheissa (Kellomäki 2005, 249)**

Neulasten ikä, v	Neulasten massa, g/1 000 neulasta	N	P	K	Ca
		Ravinteita, mg/1 000 neulasta			
1	6,041	90,0	9,5	41,5	14,2
2	6,869	91,4	9,5	42,0	20,1
3	7,224	95,4	9,7	40,4	22,3
4	8,004	104,0	10,7	40,4	30,0
Kellastuneet	6,668	32,7	2,0	8,0	35,4
Muutos kellastuessa, %	-17	-69	-81	-80	18

## 2.2 Ravinteet kivennäismailla

Suomen maaperä on pääasiassa hapanta ja vähäravinteisista, koska kallioperä on heikosti rapautuvaa ja mineraalikäyhää (Huikari 1998, 15). Kangasmailla kasvua rajoittaa pääasiassa typpi (Reinikainen ym. 1998, 5). Typen hidas sitoutuminen on yksi rajoittuneen kasvun syy. Sitä on runsaasti karikkeessa ja humuksessa, mutta sen mineralisoituminen käyttökelpoiseen muotoon on hidasta (Kellomäki 2005, 43). Maaperän hivenaine-pitoisuudet voivat olla usein riittäviä, mutta joillain alueilla esimerkiksi boorin puutos voi aiheuttaa kasvuhäiriöitä (Rantala 2008, 123).

Fosforipitoisuudet kivennäismaassa ovat karummilla mailla hieman isommat kuin rehevämällä. Muuten ravinteet noudattavat pääasiassa selkeää linjaa, esiintyen enemmän rikkaammilla metsätyypeillä. Kivennäismaassa olevat ravinteet vähenevät karummille maille mentäessä voimakkaammin kuin humuksessa olevat ravinteet. Suhteessa rehevämpiin kasvupaikkoihin kalsium- ja magnesiumipitoisuudet ovat



karummilla kasvupaikoilla muihin ravinteisiin verrattuna selvästi pienempiä. (taulukko 2).

**TAULUKKO 2. Eri metsätyyppien ravinteiden määrä (Kellomäki 2005, 48)**

Humuksessa	OMT	MT	VT	CT
N	500 (94 %)	530	420 (79 %)	330 (62 %)
P	34 (92 %)	37	32 (87 %)	24 (65 %)
K	33 (89 %)	37	30 (81 %)	27 (73 %)
Ca	175	160 (91 %)	130 (74 %)	80 (46 %)
Mg	34	26 (76 %)	20 (59 %)	16 (47 %)
Kivennäismaassa	OMT	MT	VT	CT
N	2 800	2 000 (71 %)	1 500 (54 %)	1 200 (43 %)
P	6 (67 %)	7 (78 %)	9	9
K	56	41 (73 %)	35 (63 %)	33 (58 %)
Ca	340	162 (48 %)	120 (35 %)	56 (16 %)
Mg	58	27 (47 %)	18 (31 %)	12 (21 %)

### 2.3 Ravinteet turvemailla

Turvemaiden ravinteisuuteen vaikuttavat muun muassa turpeen paksuus, ympäröivät kivennäismaat sekä suon ja ympäristön topografia. Erilaisilla kohosoilla, joilla ympäristöstä ei valu ravinteita veden mukana käytettäväksi, voi esiintyä puutoksia useista ravinteista (Rantala 2008, 123). Turvemailla ravinnepuutteita on yleensä fosforista sekä kaliumista (Reinikainen ym. 1998, 5). Ojituksen jälkeen kaliumin määrä vähenee suhteessa typen ja fosforin määriin. Alun perin puustoisilla soilla kaliumia on yleensä riittävästi ojituksen jälkeen. Kaliumpitoisuudet voivat olla heikkoja erityisesti avosoiden ja nevamaisten rämeiden sekä korprien ojitusalueilla. Kokopuukorjuu paksuturpeisilla soilla saattaa järkyttää ravinnetasapainoa rajusti, koska oksissa ja neulasissa on pääosa puustoon sitoutuneista ravinteista. (Päivänen 2007, 82 - 83.)

## 2.4 Ravinnepuutokset

Metsikön ravinnetarpeen voi arvioida maaperän luontaisen ravinteisuuden, puuston kehitysvaiheen, puulajin, maa- ja neulasanalyysien sekä puutosoireiden perusteella. Ravinteisuuden mittarina soilla on myös turpeen paksuus. Puutosoireella tarkoitetaan puiden ulkomuodon poikkeavuuksia, jotka johtuvat pääasiassa ravinne-tekijöistä. Oireita tarkkailtaessa kiinnitetään huomiota varsinkin neulasten ja lehtien väriin. Kellastumisena ilmenevä viherkato (kloroosi) ja ruskeutta aiheuttava solukoiden kuoleminen (nekroosi) ovat selkeitä tuntomerkkejä ravinnepuutoksista. Myös rakennemuutokset esimerkiksi vuosikasvaimissa ilmaisevat mahdollisesta ravinteiden puutteesta. (Päivänen 2007, 257.)

Puussa voi joskus esiintyä myös useita puutosoireita samaan aikaan ja tämä on myös aika yleistä. Tällöin puusto on usein kitukasvuista ja oireita on vaikea eritellä tai havaita. (Reinikainen ym. 1998, 10, 34.) Puutosten mahdollisimman varhaisesta huomaamisesta on etua, sillä oireiden ilmestyessä on toimittava nopealla aikavälillä. Pitkään kärsineiden puiden elpyminen on hidasta, eikä niiden elvyttäminen ole aina edes biologisesti mahdollista. (Reinikainen ym. 1998, 5.)

Suurin osa raportoiduista kasvuhäiriöistä on ollut turvemilla (Päivänen 2007, 264). Fosforin niukkuus suhteessa typen runsauteen kivennäismailla ja varsinkin sen puute soilla aiheuttaa heikkoa kasvua (Reinikainen 2005, 19). Kaliumin niukkuus vaikuttaa myös kasvua heikentävästi etenkin soilla (Kellomäki 2005, 43).

Neulasanalyysien pohjalta voidaan päätellä, että kasvuhäiriöriskiä ilmentävät kohonneet pääravinnepitoisuudet (N, P, K) ja niiden yhdistyminen alhaisiin hivenainepitoisuuksiin (B, Cu, Zn). Typen runsauden ja boorin niukkuuden välinen suhde on näistä selkein kasvuhäiriöiden ilmentäjä. (Päivänen 2007, 263.) Myrkytystilat voivat aiheuttaa selkeitä oireita, muiden ravinteiden puutoksia tai lisätä sieni- ja hyönteistuhoriskejä (Reinikainen ym. 1998, 34).

Typen puute aiheuttaa männyllä ja kuusella kokolatvuksen alueella tasaisen kloroosin. Neulaset ovat lyhyitä ja ohuita. Typen puute heikentää myös kasvua. Koivulla typen puute aiheuttaa keskikesän kloroosia koko lehtilapaan. Näitä oireita tosin nähdään vain karuilla ojitusalueilla yksittäisissä puissa, koska koivu välttää luontaisesti

niukkatyypisiä alueita. (Päivänen 2007, 257.) Myrkytyksenä typpi aiheuttaa tumman vihreät lehdet, joissa reuna- ja kärkikloroosia sekä -nekroosia. Pahassa tilanteessa nekroosi voi täyttää koko lehden (Reinikainen ym. 1998, 34).

Fosforin puutteesta kärsivä mänty kasvattaa lyhyet nekroottiset neulaset. Ruskettuminen alkaa kärjestä rajautuen jyrkästi, terveeseen, vihreään osaan. Täysin ruskeat neulaset varisevat ennenaikaisesti. Puute voi aiheuttaa myös kasvaimien ohuutta ja mutkaisuutta. (Päivänen 2007, 257.) Männyn latvuksen puskaantuminen on myös mahdollista fosforin puutteessa. Suurin osa männyn fosforinpuutosoirehavainnoista on tehty ojitetuilta turvemailta (Reinikainen ym. 1998, 16, 18). Kuusi välttää luontaisesti fosforinpuutosalueita, joten sen oireilla ei ole käytännön merkitystä. Koivuilla puutos näkyy ruskeanpunaisena lehtien värityksenä. (Päivänen 2007, 257.) Fosforimyrkytystila aiheuttaa muita ravinnepuutoksia, yleensä hivenainepuutoksia sekä kalsiumin puutetta. Oireina on myös harmaata tai valkoista kärki- ja reunanekroosia ja mahdollisia pisteitä tai laikkuja. (Reinikainen ym. 1998, 34.)

Puutteet kaliumista näkyvät männyllä ja kuusella neulasten kloroosina. Väritys on liukuva ja kellastuminen alkaa kärjestä. Mikäli puutostila on voimakas, neulaset alkavat muuttua ruskeiksi. Toisin kuin fosforin puutoksessa, kaliumin aiheuttaman nekroosin ja terveen solukon välissä on kloroottinen alue. Kuusella puutos näkyy selvimmin elokuussa, jolloin edellisen vuoden neulaset ovat kaikki kellertäviä. Koivuilla puutos ilmenee keskikesällä lehtien reunoilta alkavalla kloroosilla. Väritys on liukuva ja se myötäilee lehtilavan pääsuonia. Lehtien reunoissa voi ilmetä myös käpertymistä. Myös koivulla voimakas puutostila saattaa aiheuttaa nekroosia. (Päivänen 2007, 257.) Kaliumin myrkyttäminä puiden lehtien varisevat ennenaikaisesti ja magnesium- ja kalsium-puutoksia voi ilmetä. Suometsissä kaliumin suuret määrät kärjistävät fosforin puutetta (Reinikainen ym. 1998, 34).

Hivenaineiden puutosoireet ovat monesti yhtenäisiä. Kloroosi sekä heikentynyt pituuskasvu on lähes jokaisen hivenaineen puutosoire. (Reinikainen ym. 1998, 27) Boorin puutos aiheuttaa korjautumattomia vahinkoja jo muutamassa tunnissa. Boorin puutos aiheuttaa verson kasvupisteiden tuhoutumista sekä neulasten ja juurien kehityshäiriöitä ja onteloitumista. Kasvupistetuhousta johtuu useilla puulajeilla esiintyvät ”noidanluuta”- ja ”haikaranpesä”-latvukset. Boori on hivenravinne, jolla

puutos- ja myrkytystilan välinen ero on häilyvä. Vakavissa puutostiloissa koko edellisen vuoden kasvaimet kuolevat ja varistavat neulasensa. Latvakato aiheuttaa joillekin yläöksistä korvaavia latvakasvaimia. Monihaarainen, päältä tasainen tai pyöristynyt latvus johtuu tästä. Monet oireista liittyvät typen runsauteen. (Reinikainen ym. 1998, 28.) Myrkytystiloissa vanhojen lehtien reunat muuttuvat nekroottisiksi ja kasvupisteiden tuhoutumista voi tapahtua (Reinikainen ym. 1998, 34).

Magnesiumin puutosoireet voivat muistuttaa kaliumin puutoksesta johtuvia oireita. Suomessa magnesiumin puute on kuitenkin harvinaista. Liian suuret magnesiumin määrät aiheuttavat kasvun taantumista kalsiumin ja magnesiumin epätasapainon vuoksi. Myös juuristovaurioita voi tapahtua. (Reinikainen ym. 1998, 24.)

Ravinteiden myrkytystilojen aiheuttamia oireita voi myös esiintyä. Kalsium aiheuttaa kloroosia ja hivenainepuutoksia. Rikki saa lehtiin ilmestymään ruskeita tai punertavia epäsäännöllisiä vaalea-reunaisia laikkuja ja neulasiin tulee nekroosia ja ne kuolevat. Kloori aiheuttaa havupuilla neulasten ennen aikaista varisemista niiden ruskettumisen jälkeen. Lehtipuilla se aiheuttaa puolestaan lehtien reunojen nekroosia ja käpristymistä. Molybdeenin suurien määrien vuoksi voi ilmetä kloroosia ja ruskehtavia tai violetteja pilkkuja alkaen nuorista lehdistä. Myös pituuskasvu hiipuu, silmut jäävät avautumatta ja oksat paksuuntuvat. (Reinikainen ym. 1998, 34 - 35.)

## **2.5 Neulasanalyysien toteuttaminen**

Analysoimalla lehtien tai neulasten ravinnepitoisuudet voidaan selvittää puiden ravinnetila. Neulasnäytteiden keräämiseen sopivin aika on talvilevon aikaan, jolloin ravinnekierto on staattisessa tilassa. Muina aikoina ravinnepitoisuuksien vaihtelut voivat olla nopeita ja ne voivat muuttua sääolojen mukaan, joten analyysitulokset ovat siitä johtuen epävarmoja. Talvilevon aika on lokakuun alusta maaliskuun loppuun. (Rantala 2008, 198.) Neulasanalyysijä toteuttaa Suomessa pääasiassa kaksi toimijaa; Mikkililäinen Viljavuuspalvelu Oy sekä Oululainen Suomen Ympäristöpalvelu Oy.

Menneen kasvukauden ravinteiden ottoa kuvaa suhteellisen hyvin havupuista lepokauden aikana otetut näytteet sekä kasvukauden lopulla otetut lehtipuiden

näytteet. Neulasten ravinnepitoisuudet ovat verrattavissa kasvualustan ravinteisuuteen (Reinikainen ym. 1998, 37 - 38). Soilla ojanvarsiapuista ei saada tarpeeksi hyvää kuvaa antavaa analyysitulosta. Sekametsien näytteet otetaan taloudellisesti tai muuten ravinteellisesti ensisijaisesti kiinnostavista puulajeista. Mitä ylempää näytteet otetaan, sitä parempia ne ovat kuvaamaan puiden kasvua. (Reinikainen ym. 1998, 38.)

Näytteitä varten tarvitaan useammasta vallitsevan latvuskerroksen puusta yksi tai kaksi sivuoksaa. Lehtipuiden näytteet kerätään täysikasvuisista lehdistä elokuun alkupuolella. (Rantala 2008, 198.) Näytteeseen otetaan ylimmistä oksakiehkuroista nuorimman vuosikerran neulasia. Neulasten annetaan kuivua paperipusseissa ennen analyysiä, koska muovipusseissa ne saattavat homehtua käyttökelvottomiksi. Pusseihin merkitään aika, näytteenottoaika ja näyttenumero. (Päivänen 2007, 258.)

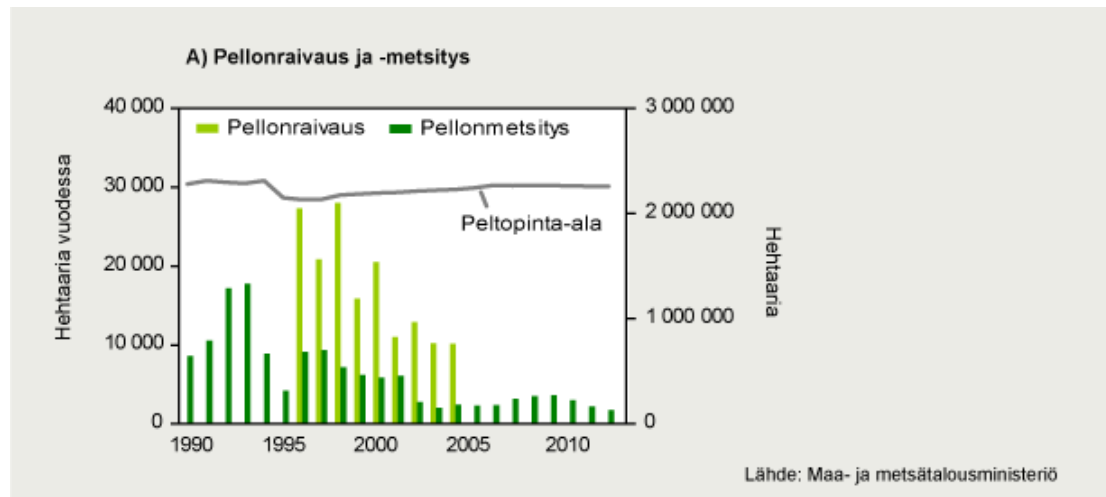
Perustulokset osoittavat pää- ja sivuravinnepitoisuudet ja kalliimpaan täyteen analyysiin saadaan mukaan myös hivenravinteet (Reinikainen ym. 1998, 38). Soilta otetuissa näytteissä käytetään yleensä kahta raja-arvoa. Lievissä tai piilevissä puutostiloissa ei ole vielä nähtävissä selviä oireita, mutta niitä kuitenkin alkaa esiintyä ennen kuin ankaran puutoksen raja-arvo saavutetaan. Lievissä puutostiloissa neulasanalyysi ennakoii usein tulevaa puutostilaa. (Reinikainen ym. 1998, 40.) Havupuiden neulasten typpipitoisuus on matalampi kuin samanlaisella kasvupaikalla kasvavien koivujen lehtien pitoisuus (Reinikainen ym. 1998, 15).

Metsämaanäytteiden ottoa ja analysointia käytetään vain harvoin. Metsäammattilaisten ja laboranttien on haastavaa saada metsämaanäytteen tulokset riittävän edustaviksi, jotta lannoituksia voitaisiin suositella tarpeeksi tarkasti. Joidenkin mielestä metsämaa-analyysi pitäisi viedä enemmän fysikaalisia kuin kemiallisia ominaisuuksia mittaavaan suuntaan. (Koivunen & Kortejärvi 2014.)

## **2.6 Metsitetyt pellot ja niiden erityispiirteet**

Peltojen metsitys aloitettiin Suomessa valtion tuella 1969. Vuonna 1994 peltoja oli metsitetty noin 200 000 hehtaaria. Vuotuinen metsitystavoite oli metsätalousministeriön suunnitelmien mukaan vuosina 1997 - 1999 noin 10 000 ha. Peltoja on Suomessa noin 2,4 miljoonaa hehtaaria ja sen vähennystarpeeksi arvioitiin

1990-luvun alussa 700 000 - 800 000 hehtaaria. Peltojen metsittämisellä pyritään maataloustuotannon rajoittamiseen, mutta lisäksi se nähdään yhtenä keinona hyödyntää maatalouskäytöstä vapautuva maa-ala ekologisesti hyväksyttävällä tavalla. (Wall 1998, 444.)



**KUVIO 1. Peltojen raivaus ja metsitys 1990 - 2012 (Luonnontila 2012)**

Kioton ilmasto-sopimuksen mukana tuomien velvoitteiden kannalta peltojen metsitys on myös ollut selkeä päämäärällinen tehtävä. Vuosina 1991 - 2010 peltojen metsityksen pinta-ala on arviolta 152 000 hehtaaria ja samaan aikaan metsiä on hävinnyt noin 330 000 hehtaaria. (Tilli ym. 2000, 6.) Peltojen raivaus on loppunut vuonna 2005 ja pellonmetsitys on jatkunut tasaisen maltillisena ainakin vuoteen 2012 asti (kuvio 1). Useimmat pelloista ovat olleet alun perin viljavampia metsämaita ja niiden viljavuutta on monesti parannettu lannoitusten ja kalkitusten avulla. Pellonmetsityksellä on siis mahdollista lisätä viljavimpien metsätyyppien pinta-alaa. Näin käydessä pellonmetsityksillä olisi iso ekologinen merkitys biodiversiteetin kannalta. (Wall 1998, 444.)

Vaikka pelto ovat usein olleet alun perin metsiä, välissä tapahtuneet maanviljelystoimet kuten kalkitus, maanmuokkaus ja lannoitus ovat muuttaneet maaperän kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet metsämaista poikkeaviksi (Wall 1998, 446). Metsitetyt pelto ovat olleet tyypillisesti maatalouden viljelysarvoltaan alhaisia eloperäisiä tai hiesuvaltaisia maita. Peltojen orgaanisen aineksen pitoisuus on suurempi kuin metsämailla. Turvepelloilla on aikoinaan käytetty maanparannusaineena kivennäismaata, joka on saattanut muuttua mullaksi. Muun

muassa näiden seurauksena peltomaan vedenpidätyskyky on suuri ja siten happipitoisuus alhainen. Tämä ei ole suotuisaa puiden kasvulle. (Wall 1998, 444 - 445.)

Metsänhoidon kannalta muista poikkeavana kasvupaikkana metsitetty pelto on hankala. Kasvupaikkaluokittelun ongelmana ovat nykyisin myös metsitettävät pellot, jotka ovat kokeneet erilaiset nykyaikaiset maanviljelytavat. Maaperä ominaisuuksiltaan metsitetty pelto muistuttavat lehtoja ja lehtomaisia kangaita, mutta kasvillisuudesta saattaa puuttua pensaat ja lehtipuusto. Puuston kasvuun verrattaessa ne ovat usein lehtomaista kangasta heikommalla tasolla, koska ravinne- ja vesitalous on yleensä hieman epäsuotuisampi. (Wall 1998, 446.)

Metsitettyjen pellojen pintamaissa typen, kaliumin, kalsiumin ja fosforin pitoisuudet voivat olla erittäin suuria. Maanviljelyksen seurauksena muokkauskerroksen ravinnetila on erilainen. Esimerkiksi kalkitus nostaa yleensä kalsiumin pitoisuuksia ja pH:ta. Turvepelloille lisätty painomaa kohottaa fosforin, kaliumin, magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin määriä. Boorin ja kaliumin puute on yleistä metsitetyillä pelloilla. (Wall 1998, 445.)

Metsitettyt pellot on pääasiassa istutettu männyn, kuusen ja koivun taimilla. 1970-luvun alussa Keski-Pohjanmaalla istutettiin pääasiassa mäntyä ja koivua ja Lapissa kuusi korvasi koivun. Pohjois-Savossa turvepellojen metsitykset 1970 - 1980-luvuilla olivat suurimmaksi osaksi männynllä suoritettuja. (Wall 1998, 446.)

### **3 LANNOITUS**

#### **3.1 Kasvatuslannoitukset**

Lannoituksen tavoitteena on lisätä puun kasvuun tarvitsemien ravinteiden määrää maaperässä. Lannoitus voi olla puuston elinvoimaa varmistavaa tai taloudellista tuottoa lisäävää. (Yara 2012, 8.) Lannoituksen huippuvuosi oli vuonna 1975, jolloin metsien lannoitusmäärä oli 244 000 hehtaaria. Määrät kääntyivät laskuun nopeasti ja 1990-luvun alussa ne olivat noin 5 000 hehtaaria vuodessa. Vuonna 2007 metsiä

lannoitettiin noin 35 000 hehtaaria. (Salonen 1999, 98 - 100; Lassila 2007, 8.) Lannoitustarpeeseen riittää kivennäismailla yksistään boorin puutos ja soilla veteen herkästi liukenevan kaliumin puutos. Typen lievässä puutoksessa ei välttämättä ryhdytä toimenpiteisiin ja kivennäismailla se on pääasiassa kasvatuslannoituksen piirissä. Kahden ravinteen puutoksista fosforin ja kaliumin puutteet turvemailla sekä fosforin ja typen puutteet kivennäismailla antavat syyn terveyslannoitukseen. (Koivunen 2014.)

Kasvatuslannoitukset tähtäävät puuston kasvun parantamiseen. Niiden avulla lisätään niitä ravinteita, joita esiintyy maaperässä liian vähän puiden tarpeeseen nähden. Metsänlannoitus loppui lähes täysin 1990-luvun haposadekeskustelujen, valtion-avun lopettamisen sekä metsätalouden suhdanteiden muuttumisen vuoksi. Tällä hetkellä lannoitus on lisääntymässä osaksi hidasliukoisten lannoitteiden kehittymisen ansiosta. Lisäksi alkuperäinen tavoite, puuston tuoton lisääminen, on tiedostettu jälleen. Nykyisin on myös mahdollista saada julkista rahoitusta kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisena tukena, mutta vain terveyslannoituksiin. (Rantala 2008, 197 - 198.)

Suometsissä PK-lannoitukset odotettavasti lisäävät puuston kasvua 15 - 30 vuoden ajan. NPK-lannoituksen vaikutusaika on monesti alle 10 vuotta. (Päivänen 2007, 256.) Parhaiten kasvua lisäävät nuorten ja keski-ikäisten, hyvin hoidettujen ja jo ennalta hyväkasvuisten metsien lannoitukset. Kun puusto vanhenee, kasvu taantuu ja samoin käy myös lannoituksen kasvuteholle. Lannoitus näkyy puiden vuosilustojen levenemisenä. (Yara 2012, 8.)

### **3.2 Terveyslannoitukset**

Metsässä voi esiintyä ravinne-epätasapainoa, jonka vuoksi voi ilmetä heikkoa kasvua, kasvuhäiriöitä tai jopa puuston kuolemista. Terveyslannoituksilla tavoitellaan tämän epätasapainon korjaamista. Terveyslannoituksiin on mahdollista saada kehittyvän metsätalouden rahoitusta. (Rantala 2008, 197 - 198) Terveyslannoituksen onnistumista varten on ravinnetila määritettävä tarkasti (Reinikainen ym. 1998, 6). Tapion lannoituksen soveltamisohjeen mukaan hyviä terveyslannoituskohteita olisivat esimerkiksi runsastyyppiset suot, joilla ravinnetasapainon korjaamiseksi tarvittaisiin



kaliumia ja booria sekä lisäksi mahdollisesti fosforia. (Päivänen 2007, 258.)

Typpilannoituksella lisätään kasveille käyttökelpoisen typen määrää. Kun typpeä on saatavilla runsaasti, puun ei tarvitse kasvattaa suurta juuristoa ravinteiden haalimista varten. Juuriston kasvattamisessa säästynyt energia voidaan käyttää esimerkiksi neulasmassan kasvattamiseen. Tällöin kasvin fotosynteesi-kapasiteetti kasvaa, minkä vuoksi kasvuun käytettäviä hiiliyhdisteitä muodostuu enemmän ja kasvu on nopeampaa. (Rantala 2008, 123.) Nykykäsitteen mukaan toistuvaa typpi-lannoitusta tarvitsevat ojitetut suot ovat ylläpitokelvottomia. (Päivänen 2007, 256.)

### **3.3 Lannoitetyypit**

#### **3.3.1 Teolliset lannoitteet**

Metsiä varten on tarjolla useita erilaisia lannoitteita. Esimerkiksi Yara Oy tarjoaa yhdeksän eri lannoitetta erilaisiin käyttökohteisiin ja -tarkoituksiin. Havupuiden typen puutoksen torjumiseen käytetään kangasmailla Suomensalpietaria, ureaa ja metsän NP-lannoitetta. Turvemaille suositellaan typpilannoitusta usein vain ojituksen jälkeen ensimmäisessä lannoituksessa, mikäli puusto on nuorehkoa ja täystiheää. Tämä siksi koska typen puutos vähenee mitä kauemmin ojituksesta on aikaa. Turvekangasvaiheessa turpeen omat typpivarat vapautuvat mikrobitoiminnan ansiosta ja parantavat suhteellisen karujen kasvupaikkojen typen puutoksen lähes kokonaan. Soille tarkoitettuja lannoitteita ovat Y-lannoite ojitetuille alueille. Kuivimmille kasvupaikoille sopii myös Metsän kestolannos. Koivulle turvemaille tehtävät lannoitukset vaativat NPK-lannoksen. Vanhemmissa koivikoissa lannoituksen vaikutukset ovat vähäisiä. (Reinikainen ym. 1998, 14 - 15.)

Fosforin puutteen torjumiseen riittää pelkkä P-lannos, mutta se saattaa tuoda esiin samannäköisiä kaliumin puutoksen oireita. Pienikin määrä hidasliukoista P-lannoitetta riittää parantamaan kasvua. Järkevintä on käyttää PK-lannoitetta, jossa on myös mukana pienimäärä booria. (Reinikainen ym. 1998, 18.) Ojitetuilla turvemaille kalisuola on hyvä apu kaliumpuutoksen hoitamisessa. Käytännössä lannoitus hoidetaan kuitenkin yleensä PK-lannoitteella tai puutuhkalla. (Reinikainen ym. 1998, 22.) Suometsien PK-lannoitteisiin on myös lisätty booria (Reinikainen ym. 1998, 30.)

Booriravinne (B) on suunniteltu viljaville, boorin puutoksesta kärsiville, kivennäismaiden taimikoiden tai riukumetsien lannoitukseen. Se sopii myös kivennäismaapeltojen metsityslannoitukseen. (Yara 2012, 20 - 21.)

Yara Vita Bortrac 150 on boorilannoite nestemäisessä muodossa. Se on olomuodoltaan mäntysuopamaista ja käyttöä varten se laimennetaan vedellä. Yhdessä litrassa lannoitetta on 150 grammaa booria. Liuoksena ruiskutettava boori helpottaa varsinkin omatoimisten metsänkasvattajien toimintaa. Yara Vita Bortrac on myös edullisempi vaihtoehto useisiin lannoitusvaihtoehtoihin verrattuna. Sitä voi käyttää kaikille puulajeille ja on kätevä erityisesti pienemmillä metsäkuvioilla. (Yara 2014.)

Toukokuun ja syyskuun välisenä aikana tehtävä lannoitteen levitys tapahtuu reppuruiskulla tai moottorisumuruiskulla. (Yara 2014.) Se on myös mahdollista integroida koneistutukseen (Risutec) ja kitkevään koneelliseen taimikonhoitoon (Pentinpaja), jolloin kustannukset alentuvat merkittävästi (Kortejärvi 2014). Levitysmäärä on 15 - 20 litraa hehtaarilla (Yara 2014).

### **3.3.2 Tuhkalannoite**

Tuhkalannoitteet valmistetaan puubioenergian tuotannossa syntyvistä tuhista. Tuhkalannoitteessa on kasvin omia ravinteita luonnollisessa suhteessa, mutta typpi puuttuu. Fosfori, kalium ja kalsium tekevät tuhkasta hyvän kasvua lisäävän lannoitteen. Se sisältää myös haitallisia raskas-metalleja, jotka ovat sitoutuneet puihin joista lannoite on tehty. Tuhkalannoite on rakeinen, hidasliukoinen ja sen pH on emäksinen (10 - 13). (Suvanto 2012, 1 - 2; Moilanen 2011, 4.)

Tuhkalannoituksia voidaan tehdä ympäri vuoden. Tuhkaa käytetään lannoittamiseen pääasiassa turvemaiilla ja havupuuvaltaisissa metsissä. Sen käyttöä varten suometsissä on tehtävä ravinnekartoitus sopivan lannoitemäärän selvittämiseksi. Yleensä tämä ravinnekartoitus on neulasanalyysi. Puutuhkan tarve soilla on 3 000 - 6 000 kg/ha. Tällä saavutetaan tarvittavat fosforin ja kaliumin määrät. (Päivänen 2007, 258) Tuhkan lannoitusmäärät ovat noin 8 000 hehtaaria vuodessa. Tuhka levitetään talvisin yleensä metsätraktorilla harvennushakkuun jälkeen, ennen kunnostusojitusta. (Suvanto

2012, 1 - 4.)

Tuhkalannoite korjaa fosforin, kaliumin ja hivenaineiden puutosoireet 2 - 5 vuoden kuluessa ja lisää puuston kasvua 2 - 15 m<sup>3</sup>/ha vuodessa. Lisäksi se kalkitsee maapohjan parantaen valumavesien laatua. (Suvanto 2012, 4.) Tuhkan levityksen jälkeen pintamaan happamuus alenee 1 - 3 pH-yksikköä. Alkuainemäärät nousevat ja mikrobiaktiivisuus sekä hajotustoiminta vilkastuvat. Vaikutukset kestävät turvekankailla sekä ojitusalueilla kymmeniä vuosia. (Moilanen 2011, 5.)

Pintakasvillisuuden sammalet ja jäkälät kärsivät aluksi, mutta 3 - 5 vuoden päästä kasvillisuus elpyy. Puilla muutokset ovat positiivisia jo levitysvuonna, kun neulasmassa ja kalium- sekä boori-pitoisuudet kasvavat. Fosfori-taso korjaantuu 2 - 3 vuoden aikana. Kalium-taso paranee 20 - 25 ja fosfori-taso 30 - 40 vuoden ajaksi. Tuhkalannoitteen kalium on nopealiukoista ja voi huuhtoutua helposti. Kangasmailla puusto ei reagoi juuri lainkaan, koska tuhkalannoite ei sisällä typpeä. (Moilanen 2011, 6 - 8.)

Tuhkauksen vaikutukset marjoihin ja sieniin ovat positiiviset. Niiden ravinnepitoisuudet kohoavat ja pitkällä aikavälillä raskasmetallipitoisuudet laskevat. Tuhkan levitysvuonna marjat ja sienet tulisi jättää metsään. Boori ja kalium liukenevat tuhkasta puiden käyttöön hyvin, mutta osa niistä myös huuhtoutuu. Fosfori sitoutuu tuhkan rauta- ja alumiiniyhdisteiden kanssa, eikä se huuhtoudu juuri ollenkaan. (Moilanen 2011, 15 - 16.)

### **3.4 Levitystavat**

Helikopterilannoitus on sitä halvempaa mitä suurempia lannoituspinta-alat ovat ja mitä keskitetympin ne sijaitsevat. Turvemaidilla ei ole aina mahdollista käyttää maalevitystä, tällöin helikopteri on tarpeellinen apuväline. Omatoiminen metsänomistaja voi lannoittaa itse ja säästää levityskustannuksissa. Yhden henkilön on mahdollista levittää käsin yli kaksi hehtaaria päivässä. Lannoite kannattaa jakaa etukäteen 40 kilon säikeissä maastoajoneuvolla ympäri lannoitettavaa alaa. Koko kasvukausi on hyvää lannoitusaikaa. (Yara 2012, 22 - 23.)

Yhteishankkeina toteutetut lannoitukset tapahtuvat helikopterilla tai metsäkoneen avulla. Kasvatyslannoitus harvennuksen jälkeen on helposti tehtävissä maakoneella. Maalevityksessä levityskustannukset ja levitystarkkuus ovat parempia kuin ilmateitse tehtävässä lannoituksessa. (Yara 2012, 22.)

### **3.5 Lannoituksen ympäristövaikutukset**

Lannoituksen vaikutuksia ympäristöön on tutkittu vuosikymmenien ajan. Fosfori on vesistöjen rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Kangasmetsissä huuhtoutumista harvoin tapahtuu, koska se sitoutuu alumiiniin ja rautaan. Kivennäismailla käytettävät lannoitteet eivät myöskään sisällä nopeasti liukenevaa fosforia. Rauta-PK-lannos saostaa käyttämättä jääneen fosforin myös turvemailla. Typen huuhtoutuminen on suurimmillaan ensimmäisenä lannoitusvuotena, mutta silloinkin määrät ovat hyvin pieniä. Suojakaistojen ja -vyöhykkeiden huolellinen suunnittelu ja noudattaminen estävät ympäristöhaittoja tehokkaasti. (Yara 2012, 24.)

Metsänlannoituksen hiilensidonta on noin 10 000 kilogrammaa hehtaarilla ja sen hiilijalanjälki on noin 500 kilogrammaa hehtaarilla. Lannoittamisella on siis positiiviset vaikutukset hiilen sitoutumiseen. Marjojen sadot myös lisääntyvät lannoituksen seurauksena. Esimerkiksi puolukan määrä hehtaarilla kasvaa keskimäärin 150 kilogrammaa. Marjojen ja muiden ravintokasvien lisääntyessä myös eläimistöille muodostuu ruokaa ja suojaa. Riistaeläimet hakeutuvat usein lannoitetuille alueille. (Yara 2012, 24.)

Lyhyellä aikavälillä lannoitus ei ole kovin merkittävä ojitetuilta soilta purkautuvien vesien määrään. Lannoituksen lisätessä latvuston biomassaa ja peittävyyttä, pohjaveden pinnan on todettu laskevan lannoituksen jälkeen. Puuston kasvu lisää myöhemmässä vaiheessa puuston kautta tapahtuvaa haihduntaa. Typpilannoitus soilla on tehtävä urealla ja sulanmaan aikaan, mikäli halutaan välttää typen huuhtoutuminen vesistöön. Vesiliukoiset fosforilannoitteet huuhtoutuvat voimakkaasti heti lannoituksen jälkeen. Hidasliukoisilla fosforilannoitteilla huuhtoutuminen käynnistyy hitaammin. Tutkimustulokset osoittavat kuitenkin, että pitkällä aikavälillä lannoitteiden kesken ei ole tässä mielessä eroa. Kalium ja hivenravinteet eivät aiheuta vesien rehevöitymistä. (Päivänen 2007, 120.)

### **3.6 Lannoituksen valtion tuki**

Lannoitusta varten haettavan kestävän metsätalouden rahoituslain (Kamera) mukaisen tuen saamiseksi edellytetään ravinneanalyysin suorittamista, joka usein toteutetaan neulasanalyysinä. Kameran avulla voi korvata ravinneanalyysin kulut täysin. Lannoituksen suunnittelukustannuksiin saa täyden korvauksen, mutta arvonlisävero metsänomistajan on tilitettävä Metsäkeskukselle. Rahoituksen edellytyksiä on neljä. Ensinnäkin metsän kehityksen on oltava ravinne-epätasapainon vuoksi taantuvaa asianmukaisesta metsänhoidosta huolimatta. Tukea saa vain taimikoille sekä nuorille ja varttuneille metsille. Metsäkeskuksen on hyväksyttävä lannoitus suunnitelma ennen sen toteutusta. Lannoitettavan pinta-alan on oltava vähintään yhden hehtaarin suuruinen. (Metsäkeskus 2013.) Tuen määrä vaihtelee alueen ja lannoitteen mukaan. Tuki-prosenttivaihtoehdot ovat Alue 1: 40, Alue 2: 55 ja Alue 3: 65. Alueet voi jaotella karkeasti Etelä- (1), Keski- (2) ja Pohjois-Suomeen (3). Keskimääräinen tuki on 0,0440 - 0,0715 euroa per lannoite-kilogramma. (Metsäkeskus 2011.)

## **4 AINEISTO JA MENETELMÄT**

### **4.1 Aineisto**

Opinnäytetyö pohjautuu Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 2007 - 2013 analysoitujen neulasnäytteiden (4 635 kpl) tuloksiin. Näytteet on otettu eri puolilla Suomea. Näytteiden ottajina on ollut metsäalan ammattilaisia sekä metsänomistajia. Näytteiden oton syynä on pääsääntöisesti ollut epäily ravinne-epätasapainosta.

Aineisto on saatu Viljavuuspalvelulta Excel-muodossa. Aineistossa on merkitty kunta, josta näyte on otettu, kasvupaikka, puulaji sekä ravinnetiedot. Näytteistä on mitattu boori-, kalsium-, kupari-, kalium-, magnesium-, mangaani-, typpi-, fosfori- ja sinkkipitoisuudet (mg/kg) ja ravinne-tulokset on luokiteltu ravinteisuusluokkiin 1 - 5. Nämä luokat kuvastavat ravinnetasoa. Tulkinnan selkeyttämiseksi nämä viisi luokkaa on tässä tutkimuksessa yhdistetty kolmeksi yleensä käytettäväksi luokaksi. Luokat 1 ja

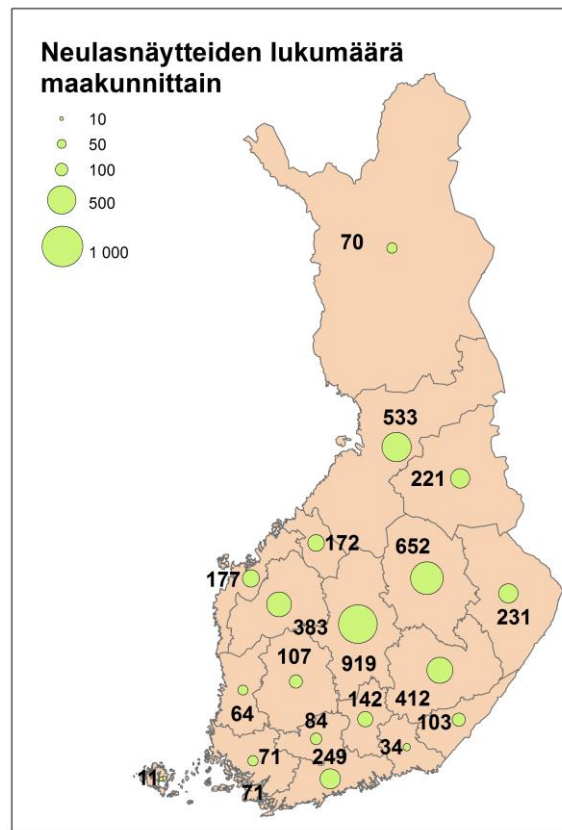
2 muodostavat luokan 1, ”Huono”. Luokka 3 on vaihdettu luokaksi 2, ”Välttävä”. Luokat 4 ja 5 yhdistyvät luokaksi 3, ”Hyvä”. Neulasnäytteet ovat valikoituneet aineistoon pääosin ravinne-epätasapainon ulkoisten merkkien tai ravinnepuutosaavistusten perusteella. Myös esimerkiksi metsäammattilaisten ja metsänomistajien osaaminen ja aktiivisuus ovat voineet vaikuttaa aineiston kertymiseen. Aineistossa on myös mukana Siilinjärven lannoitetehtaan sekä metsähallituksen koealojen mittauksia. Keruutavan takia aineisto on vääristynyt, eikä se kuvaa koko Suomen metsien, vaan pelkästään näiden valikoitujen mahdollisten ravinnepuutosmetsien ravinnetilaa.

Aineiston kuvaamisen selkeyttämiseksi kunnat on koodattu maakunniksi kunta- ja maakuntanumeroiden avulla (taulukko 3). Tämän korjauksen avulla joidenkin kuntien pienet näytemäärät saadaan yhdistettyä isommiksi maakunniksi ja tuloksia on helpompi tutkia ja esitellä alueellisesti.

### TAULUKKO 3. Näytemäärien alueittainen jakaantuminen

Maakunta	N	km <sup>2</sup>	N/1000km <sup>2</sup>	Mänty	Kuusi	Lehtipuut	Kmaa	Tmaa	Mpelto
Uusimaa	249	9 097	27,4	104	123	1	128	71	29
Varsinais-Suomi	71	10 661	6,7	38	28	0	30	30	6
Satakunta	64	7 819	8,2	38	25	0	28	16	19
Kanta-Häme	84	5 199	16,2	57	27	0	28	50	6
Pirkanmaa	107	12 585	8,5	46	61	0	41	38	28
Päijät-Häme	142	5 124	27,7	41	98	3	81	24	37
Kymenlaakso	34	5 148	6,6	18	16	0	10	22	2
Etelä-Karjala	103	5 329	19,3	43	60	0	47	32	24
Etelä-Savo	412	14 260	28,9	176	232	4	253	112	47
Pohjois-Savo	652	16 768	38,9	171	416	5	166	110	316
Pohjois-Karjala	231	17 762	13,0	98	130	3	143	69	19
Keski-Suomi	919	16 703	55,0	442	461	2	488	319	98
Etelä-Pohjanmaa	383	13 444	28,5	335	42	6	123	236	24
Pohjanmaa	177	7 752	22,8	47	20	0	22	42	3
Keski-Pohjanmaa	172	5 019	34,3	164	8	0	60	107	5
Pohjois-Pohjanmaa	533	35 508	15,0	473	59	1	186	317	30
Kainuu	221	21 500	10,3	160	61	0	87	105	29
Lappi	70	92 660	0,8	57	12	1	22	44	4
Ahvenanmaa	11	1 552	7,1	1	10	0	8	1	2
Yhteensä	4635			2509	1889	26	1951	1745	728

Kolme eniten neulasnäytteitä tutkinutta maakuntaa ovat Keski-Suomi (919 kpl, 19,8 %), Pohjois-Savo (Kuopio/Juva) (652 kpl, 14,1 %) ja Pohjois-Pohjanmaa (533 kpl, 11,5 %) (kuva 1). Maakunnan pinta-alaan suhteutettuna Keski-Suomi, Pohjois-Savo sekä Keski-Pohjanmaa nousevat suurimmiksi (taulukko 3). Kuopion kunnan alueelta on mitattu erittäin suuri määrä näytteitä verrattuna muihin kuntiin. Tähän ovat vaikuttaneet kunnan suuri koko, Siilinjärvellä sijaitsevan Yara Oy:n lannoitetehtaan erinäiset hankkeet sekä mahdollisesti myös Juvalla sijaitsevan näytteiden keruun logistinen keskus. Pohjanmaalla näytteiden otossa on ollut jonkinlaista huolimattomuutta ja sen alueen näytetiedoista ei löydy puulajia eikä metsätyyppejä.



**KUVA 1. Neulasnäytteiden lukumäärä maakunnittain**

Mäntyjen näytteet on otettu pääasiassa kivennäismailta ja turvemailta. Kuusien näytteet sen sijaan on otettu enimmäkseen kivennäismailta ja metsitetyiltä pelloilta (taulukko 4). Molemmilla puulajeilla syynä on se, että näillä kasvupaikoilla niitä kasvatetaan enemmän ja siksi niillä esiintyy myös lukumäärällisesti runsaammin ravinnehäiriöitä.

**TAULUKKO 4. Näytemäärien alueittainen jakautuminen 2**

Maakunta	Mänty			Kuusi		
	Kivennäismaa	Turvamaa	Metsitetty pello	Kivennäismaa	Turvamaa	Metsitetty pello
Uusimaa	42	61	1	86	10	27
Varsinais-Suomi	14	24	0	16	6	6
Satakunta	11	16	11	17	0	8
Kanta-Häme	9	48	0	19	2	6
Pirkanmaa	12	33	1	29	5	27
Päijät-Häme	14	19	8	67	5	26
Kymenlaakso	1	17	0	9	5	2
Etelä-Karjala	12	24	7	35	8	17
Etelä-Savo	83	89	4	169	22	41
Pohjois-Savo	81	88	2	82	21	313
Pohjois-Karjala	41	54	3	99	15	16
Keski-Suomi	154	283	5	332	36	93
Etelä-Pohjanmaa	99	227	9	21	9	12
Pohjanmaa	10	36	1	12	6	2
Keski-Pohjanmaa	55	107	2	5	0	3
Pohjois-Pohjanmaa	159	303	11	26	14	19
Kainuu	56	99	5	31	6	24
Lappi	19	37	1	3	7	2
Ahvenanmaa	0	1	0	8	0	2
<b>Yhteensä</b>	<b>872</b>	<b>1566</b>	<b>71</b>	<b>1066</b>	<b>177</b>	<b>646</b>

Aineistossa kasvupaikkaluokittelu ei ole yksiselitteinen. Metsäammattilaisille kasvupaikkojen luokittelu on arkipäiväistä, mutta metsänomistajalle se ei ole. Näytteiden keruu tehdään talvisin, joten kasvillisuuden pohjautuva kasvupaikan määrittäminen vaikeutuu. Näytteiden kasvupaikkaluokittelu (liite 1) poikkeaa jonkin verran metsäalalla totutusta ja lisäksi näytteiden luokittelu on osittain muuttunut 6 vuoden aikana. Alkuperäisen aineiston kasvupaikkaluokat olivat:

Kuiva kangas, kuivahko kangas, tuore kangas, lehtomainen kangas, turvekangas, metsitetty pelto, karu suo, korpi, neva, rehevä suo ja räme.

Eniten näytteitä on kerätty karuilta soilta (1 133 kpl, 24,4 %), metsitetyiltä pelloilta (728 kpl, 15,7 %) ja tuoreilta kankailta (742 kpl, 16,0 %) (taulukko 5).

#### **TAULUKKO 5. Näytteiden jakaantuminen kasvupaikoittain**

Kasvupaikka	N	%
Tyhjät	211	4,6
Karu suo	1133	24,4
Kuiva kangas	114	2,5
Kuivahko kangas	444	9,6
Korpi	23	0,5
Lehtomainen kangas	448	9,7
Metsitetty pelto	728	15,7
Neva	1	0
Rehevä suo	469	10,1
Räme	119	2,6
Tuore kangas	742	16
Turvekangas	203	4,4
Yhteensä	4635	100

Käytetyissä kasvupaikoista esimerkiksi rehevä suo, räme ja karu suo eivät ole metsätaloudessa yleisesti käytettävän soiden luokittelun perusteella yksiselitteisiä. Kasvupaikkoja on tarkasteltu karkeasti myös erikseen, mutta pääasiassa ne esiintyvät tuloksissa isommissa ryhmissä. Kivennäismaat, turvemaat ja metsitetyt pellot muodostavat kolme ominaisuuksiltaan toisistaan eriävää ryhmää. Koska kasvupaikkojen merkinnöissä on epäselvyyksiä, niitä on parempi käsitellä isompina ryhminä (taulukko 6).



**TAULUKKO 6. Näytteiden jakaantuminen yhdistettyihin kasvupaikkaryhmiin**

Kasvupaikka	N	%
Tyhjät	211	4,6
Kivennäismaat	1951	42,1
Turvemaat	1745	37,6
Metsitetty pelto	728	15,7
Yhteensä	4635	100,0

Aineistossa oli joidenkin tulosten kohdalle merkitty teksti-muotoinen ”<2” (mg/g) ja ne on muutettu numero muotoiseksi 1,9 luvuksi. Luku 1,9 valittiin, koska ei voi tietää, kuinka paljon luku on alle kahden, ja koska nämä tulokset ovat jo valmiiksi pieniä, ne eivät vaikuta virheellisesti kovin montaa prosenttia keskiarvoihin.

**4.2 Menetelmät**

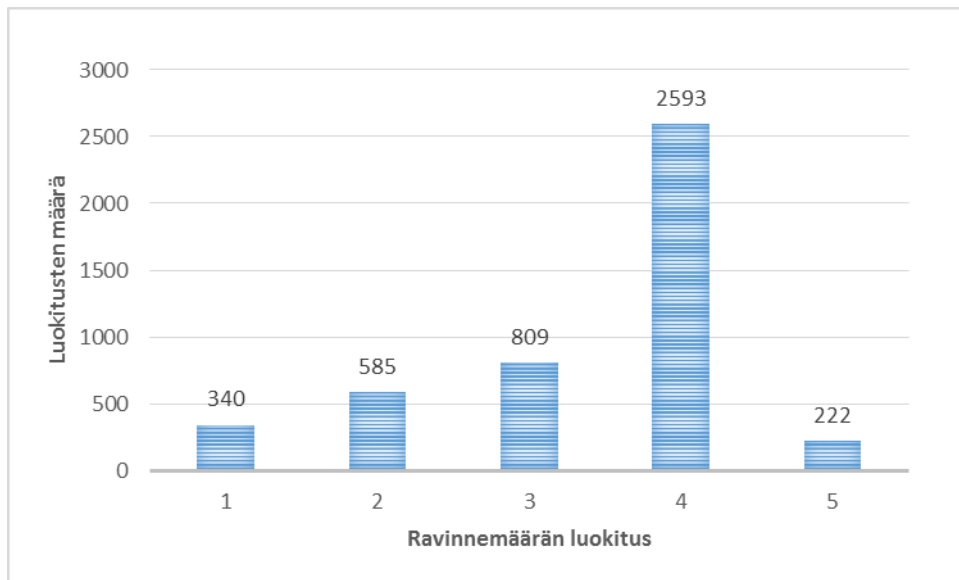
Työn tavoitteena oli selvittää metsien ravinnetaloutta Viljavuuspalvelu Oy:n vuosien 2006 - 2013 aikana mittaamasta 4 637:stä neulasnäytteestä. Pää tarkoituksena oli tuottaa havainnollistavaa materiaalia Excelin, SPSS:n ja Arcgisin avulla. Näillä välineillä oli tarkoitus selvittää ravinnepuutoksia alueittain, puulajeittain sekä kasvupaikoittain ja verrata näitä suosituksiin sekä viitearvoihin.

Alkuperäistä aineistoa on muokattu paremmin analysoitavaan muotoon. Aineistoa on seulottu sekä manuaalisesti ja Excel-tilukkolaskentaohjelmistolla, mutta myös SPSS-ohjelmalla. SPSS-ohjelmalla pystytään tutkimaan suuria taulukoituja tilastoja monipuolisemmin kuin Excelillä. SPSS-ohjelmalla on hyvä toteuttaa myös erilaisia aineiston luotettavuuden testauksia. Tässä työssä ei keskitytty näiden testauksien tekemiseen, vaan visualisointi oli työn primäärinen tavoite. Aineistolle on tehty kuitenkin SPSS:llä yksinkertaiset frekvenssijakaumat, ristiintaulukoinnit ja Pearsonin korrelaatiotesti. Frekvenssijakaumista on tarkasteltu vinoutta, joka kertoo tulosten kertymisestä. Tässä aineistossa se kertoo ravinneluokitusten määristä.

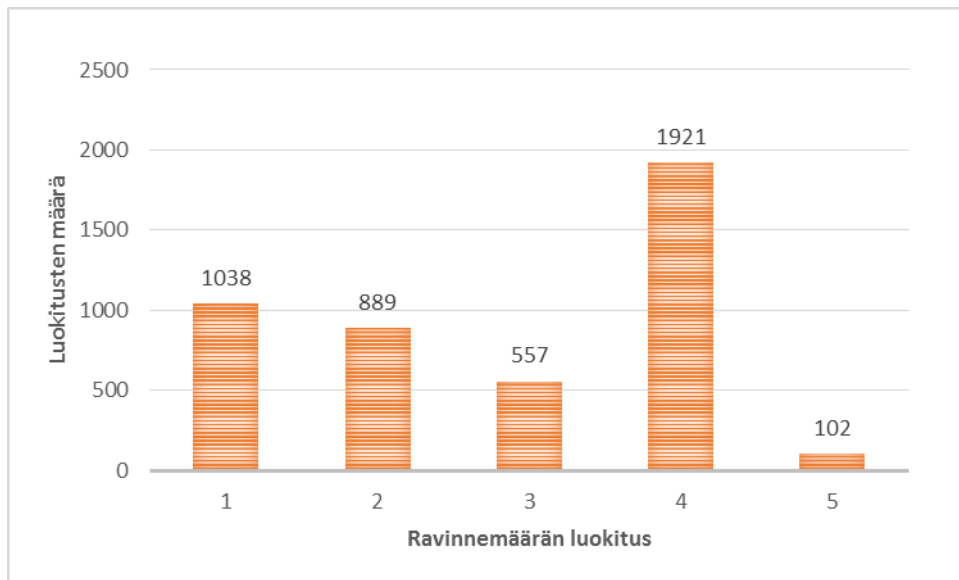
**5 TULOKSET**

## 5.1 Tilastolliset tulokset

Mitattujen ravinneluokitusten vinous-arvot yksittäin tarkasteltuina kertovat, että vaikka aineisto on valikoitunut pääasiassa huonon ravinteisuuden ulkoisten merkkien perusteella, suurin osa näytteistä indikoi ravinnemäärän olevan riittävän hyviä metsän kasvatukseen. Esimerkiksi typpellä jakauma on selvästi parempien luokitusten suuntaan kallistunut (kuvio 2). Fosforin kohdalla vinous on lähes keskellä ja huonoja fosforin ravinnetasoa löytyy siis enemmän kuin muiden ravinteiden (kuvio 3). Kuitenkin tarkasteltaessa näytteitä kokonaisuutena, tulos on päinvastainen. Aineistossa on 3 647 (78,7 %) näytettä, joissa puutostiloja esiintyy vähintään yhden ravinteiden osalta. Vähintään kahden ravinteiden puutetta sisältäviä näytteitä on 2 054 (44,3 %).



**Kuvio 2. Typpiarvojen luokitusten jakauma**



**Kuvio 3. Fosforiarvojen luokitusten jakauma**

Ravinne-puutoksen raja-arvot (mg/g) ovat karkeasti boorilla 4,9, kaliumilla 3,9, typellä 11,9 ja fosforilla 1,4. Pääravinteiden keskiarvoiset määrät (mg/g) ovat näytteissä olleet boorilla 11,72, kaliumilla 4,95, typellä 15,11 ja fosforilla 1,7. Viisi prosenttia ääripäiden tuloksista trimmatessa keskiarvoiksi tulee boorilla 10,95, kaliumilla 4,83, typellä 14,95 ja fosforilla 1,65. Keskiarvomäärät ovat siis ravinteilla yli puutosrajojen.

Merkitseviä korrelaatioita löytyi fosforin ja typen (Pearsonin korrelaatio = 0,399) sekä fosforin ja kaliumin (Pearsonin korrelaatio = 0,518) välillä. Nämä korrelaatiot olivat myös ennakkoon odotettavissa, koska varsinkin soilla näiden kolmen ravinteen keskinäinen epätasapaino voi aiheuttaa kasvuhäiriöitä. Eniten kasvupaikan kanssa korreloi boori (Pearsonin korrelaatio = 0,186).

## 5.2 Metsien ravinteisuus alueittain

Neulasanalyysi-tuloksista kohtuullisen hyviä ravinneluokituksia antaneita maakuntia ovat Päijät-Häme, Kanta-Häme, Satakunta, Pohjois-Savo, Etelä-Karjala ja Kymenlaakso. Näistä osassa on näytteitä otettu niin vähän, että metsien ravinnerikkaudesta ei voida vetää johtopäätöksiä. Pohjois-Savon suurilla näytemäärillä voi kuitenkin arvioida, että neulasanalyysimittauksella on saatu useilla metsätiloilla positiivisia merkkejä metsänkasvattamisesta eli ravinneluokitukset ovat olleet hyviä.

Uusimaa on ainoa maakunta, josta on mitattu alumiini-arvot. Tähän syynä on ollut erään teollisuuslaitoksen suorittama ympäristöseuranta (Koivunen 2014). Pohjanmaalta kerätyissä näytteissä on huomattavan suuri osa tyhjiä tai huolimattomia merkintöjä. Siltä alueelta mitatuista näytteistä ei ole tarkasteltu ollenkaan magnesiumia. Pohjanmaalla typpi ja fosfori-tasot ovat selkeästi parempia, vaikka ympäryskaakunnissa on kyseisillä ravinteilla puutoksia. Kaliumin kohdalla on tullut paljon huonoksi luokiteltuja tuloksia, mutta 49 prosenttia on merkitty ”arveluttavan korkeiksi”. Pohjanmaalla ovat koko aineistosta lähes ainoat kuparipuutokset. Nämä erikoiset huomiot alueen näytteissä viittaavat vahvasti näytteenottajien huolimattomuuteen tai vääränlaiseseen ohjeistukseen.

### 5.3 Puulajien vaikutukset ravinteisiin

Kuusi ja mänty ovat aineistossa yleisimmät puulajit. Kuusia on 1 889 kappaletta ja mäntyjä on 2 509 kappaletta (taulukko 7). Muita puulajeja on niin vähän, että niitä ei ole relevanttia tutkia tarkemmin.

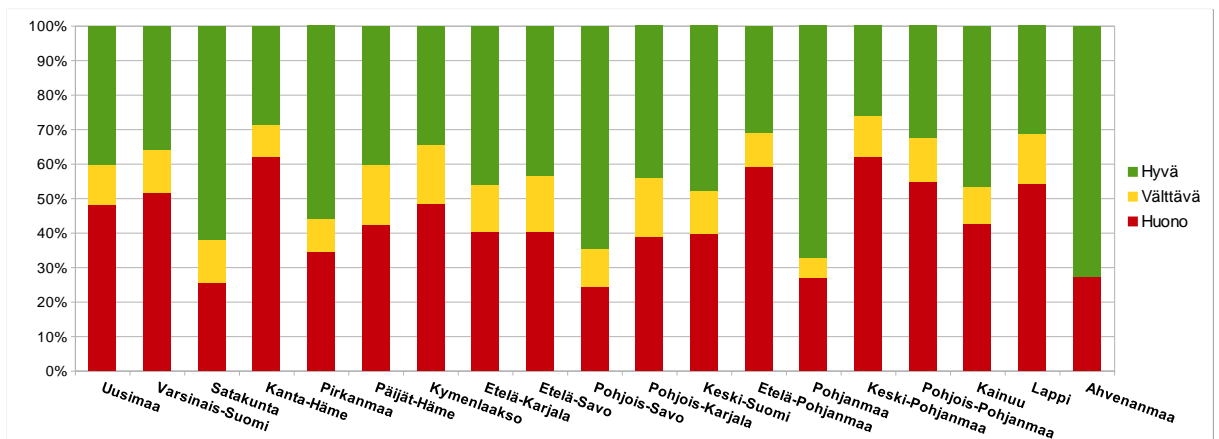
**TAULUKKO 7. Näytteiden jakaantuminen puulajeittain**

Puulaji	N	%
Tyhjät	211	4,6
Koivu	21	0,5
Kuusi	1889	40,8
Lkuus	1	0
Lpuut	4	0,1
Mänty	2509	54,1
Yhteensä	4635	100

Kuusilla on havaittavissa enemmän boorin ja magnesiumin puutosta sekä kuparin yliannostusta kuin männyllä. Kuusta istutetaan yleensä reheville maille, joilla on myös boorin puutosta ja runsaasti kuparia. Tähän eroon on syynä enemmän maaperän kuin puulajin vaikutukset. Männyllä esiintyy enemmän kalsiumin ja selkeästi enemmän fosforin puutetta. Typen ja mangaanin puutoksissa ei ole juurikaan puulajikohtaisia eroja.

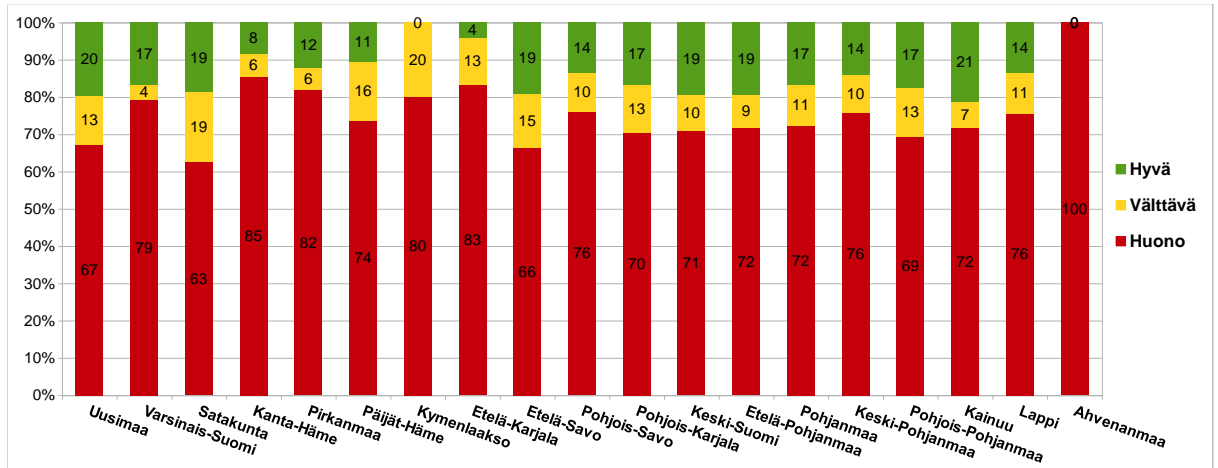
## 5.4 Fosfori

Näiden näytteiden ravinteista fosforin tulokset olivat selkeästi huonoimmat. Kaikissa maakunnissa on ollut paljon huonoja fosfori-tuloksia. Vaihtelut maakuntien välillä ovat pieniä. Satakunnasta on mitattu vähän fosforinäytteitä, mutta tulokset ovat olleet kohtuullisen hyvät. Pohjanmaalla hyviä tuloksia, mutta ne saattavat johtua huolimattomasta mittauksesta, koska sitä esiintyy Pohjanmaan näytteissä muutenkin. (kuvio 4).



**KUVIO 4. Fosforin luokitukset maakunnittain.**

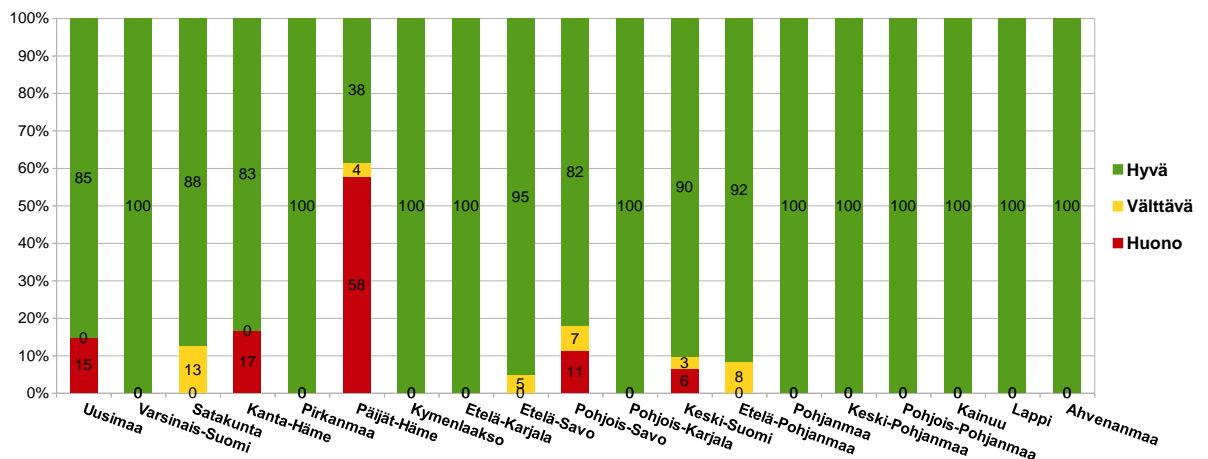
Soilla on ollut enemmän huonoja fosforiarvoja. Turvemaiden männyillä kaikilla maakunnilla yli 50 prosenttia huonoja tuloksia (kuvio 5). Keskimäärin 75 prosenttia turvemaiilla olevasta fosforista on huonommin käytettävissä olevassa orgaanisessa muodossa (Kaila 1956). Kailan (1956) tutkimuksessa luonnontilaisilla soilla 2 - 15 % epäorgaanisesta fosforista oli helppoliukoisessa muodossa. Kokonaisfosforista se on keskimäärin 3 %. Ojitetuilla soilla liukoisen fosforin määrä voi olla vieläkin pienempi (Mannerkoski 1973). Suurin osa (81 %) helppoliukoisesta fosforista on suurimolekyylisiä ja kasveille vaikeasti käytettävää (Hartikainen ym. 2006).



**Kuvio 5. Fosfori-pitoisuudet turvemaidella männyillä.**

Kivennäsmaiden kuusilla fosfori-tulokset ovat kohtuullisen hyviä (liite 4). Kivennäsmaiden männyillä on hieman huonompia arvoja. Idässä mäntyjen tulokset ovat parempia. Kivennäismailla fosforista 89 - 92% on sitoutuneena raudan kanssa (Hartikainen 2006). Soilla mineraaleja on vähemmän, joten fosfori saatavuus on ongelmallisempaa. Rauta-arvot on mitattu vain hyvin harvoista näytteistä, joten ei voida vetää johtopäätöksiä sen suhteesta fosforiin näissä näytteissä.

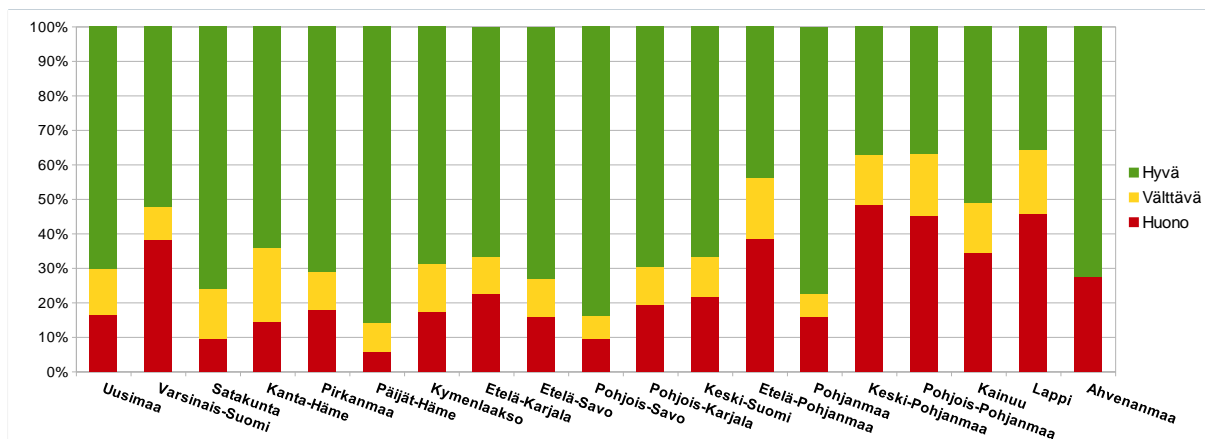
Metsitettyjen peltojen kuusilla on erittäin hyvät fosforitasot (kuvio 6). Maanviljelyksen seurauksena metsitettyjen peltojen maan pintakerroksen ravinnepitoisuudet ovat korkeammat kuin kangasmailla (Wall 1998, 445). Päijät-Hämeessä tulokset ovat olleet poikkeuksellisesti erittäin huonot.



**KUVIO 6. Fosfori-pitoisuudet metsitetyillä pelloilla kuusilla**

## 5.5 Kalium

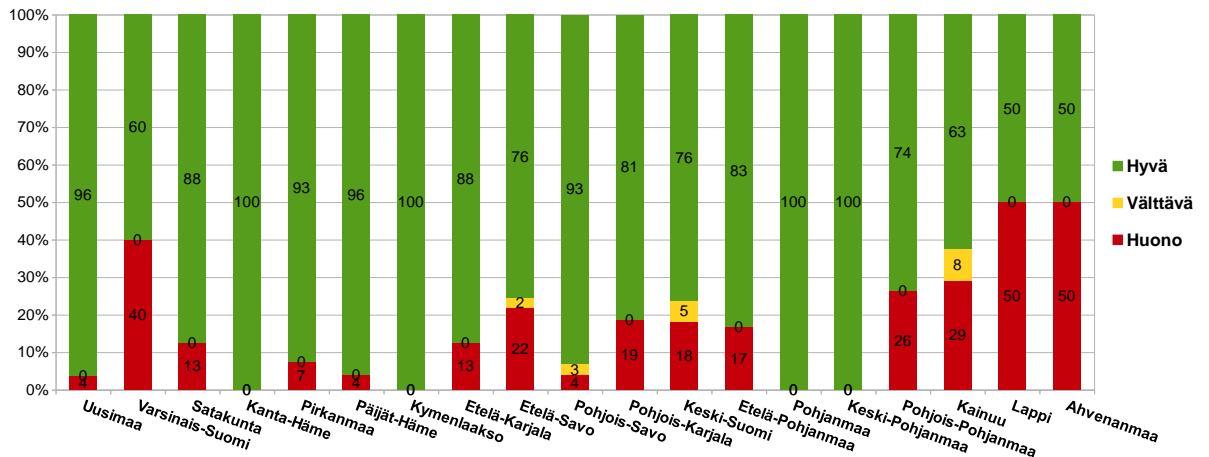
Kaliumin pitoisuudet ovat pääasiassa tyydyttävällä tasolla. Kaakkois-Suomessa arvot ovat parempia ja Lapissa, Kainuussa ja Varsinais-Suomessa ne ovat huonoja. Päijät-Häme on hyvää kalium-aluetta. (kuvio 7).



**KUVIO 7. Kalium luokitukset maakunnittain**

Riippumatta puulajista, turvemaidella on enemmän huonoja tuloksia kuin kivennäismailla (liite 5). Vesiliukoinen kalium huuhtoutuu herkästi. Noin 15 vuotta ojitusalueen lannoituksesta kaliumin puutos on yleistä (Yara 2012, 5). Kivennäismailla kaliumia on usein riittävästi puiden tarpeisiin, koska sitä esiintyy kallioperässä käyttökelpoisessa muodossa. Paksuturpeisilla soilla kaliumvarat voivat olla hyvin vähäiset. Nämä ongelmat korostuvat liikaa fosforia saaneilla 1960 - 70 -lukujen lannoitusaloilla. (Issakainen & Moilanen 2003, 49.)

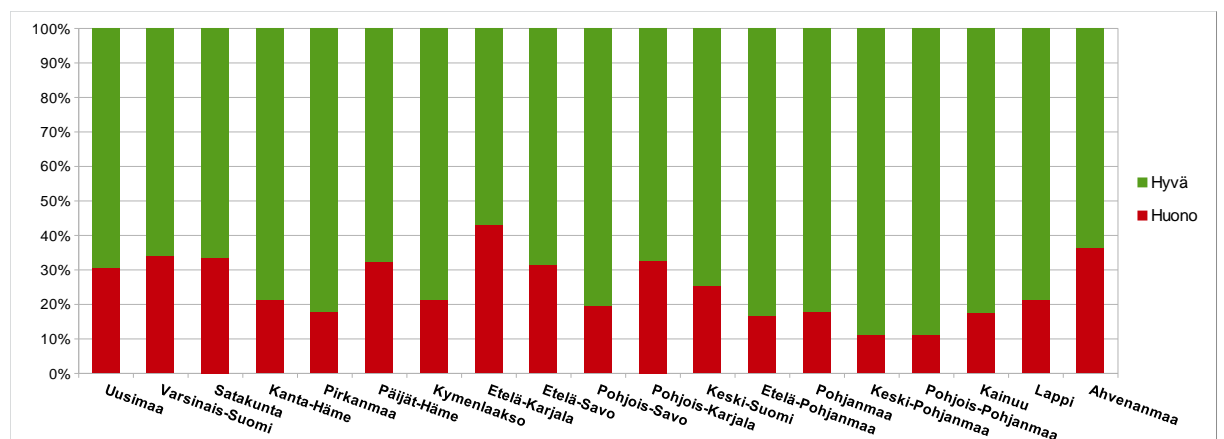
Vaikka kivennäismaiden kalium-tasot ovat pääasiassa hyviä, kuusilla on kivennäismailla mitattu paljon enemmän ravinnepuutoksia Etelä-Pohjanmaalla ja pohjanmaalla kuin muualla Suomessa. Myös metsitetyillä pelloilla tulokset ovat hyviä (kuvio 8). Varsinais-Suomessa ne ovat hieman heikompia. Maanviljelyksen seurauksena metsitettyjen peltojen maan pintakerroksen ravinnepitoisuudet ovat korkeammat kuin kangasmailla (Wall 1998, 445). Kivennäismailla ei pitäisi olla kalium-puutoksia. Nämä ovat todennäköisesti kivennäismaiksi virheellisesti merkittyjä turvemaita. (Koivunen & Kortejärvi 2014.)



KUVIO 8. Kalium-pitoisuudet maakunnittain metsitettyjen peltöjen kuusilla

## 5.6 Magnesium

Kaikkia kasvupaikkoja ja puulajeja tarkastellessa magnesium-tasot ovat kohtuullisen hyvällä tasolla koko Suomessa (kuvio 9). Näissä näytteissä metsitetyillä pelloilla on lähes koko Suomen alueella niukasti magnesiumia (liite 6). Aineistossa ei mainittu ovatko sen metsitetyt pellot kivennäismaiden vai turvemaiden pelloja. Turvemaiden pelloilla magnesium-tasot ovat yleisesti huonoja (Issakainen & Moilanen 2003, 52). Pohjois-Savossa tulokset ovat hyviä. Sieltä pois päin kuljettaessa puutokset lisääntyvät. Tähän voi vaikuttaa se, että karuilla ja lajittuneilla harjualueilla magnesiumin pidätyskyky maaperässä on heikkoa (Issakainen & Moilanen 2003, 52).



KUVIO 9. Magnesium-pitoisuudet maakunnittain

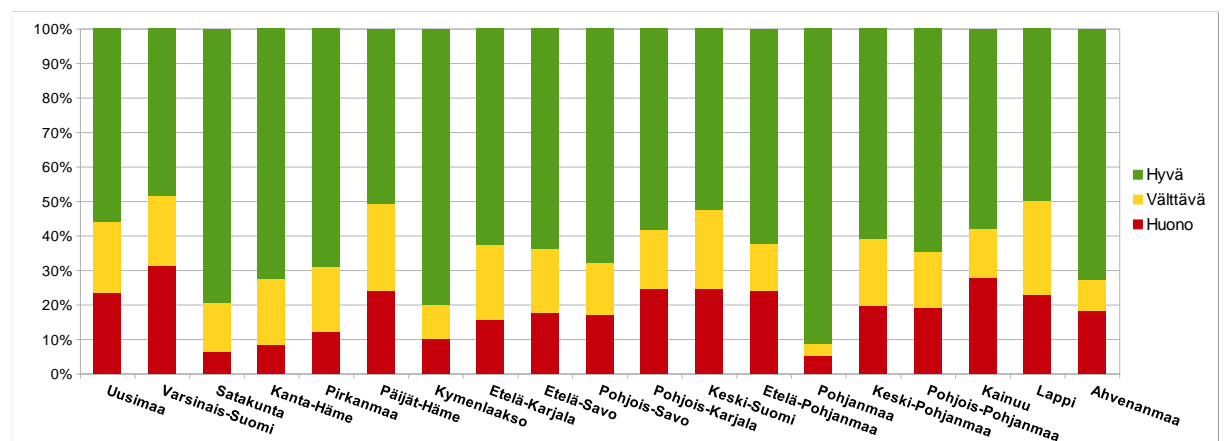
Kivennäismaiden kuusilla tuloksissa on havaittavissa enemmän puutostiloja. Karummilla kivennäismailla ja männyllä magnesium-tasot paranevat. Maaperän happamoitumisella on magnesiumin huuhtoutumista lisäävä vaikutus (Issakainen &



Moilanen 2003, 52). Kivennäismaiden kuusilla tulokset huononevat lounaasta koilliseen. Tämä kehitys ei ole kuitenkaan ihan yhtä selkeä kuin boorin kohdalla ja lounais-rannikolla on paljon magnesiumin puutetta. Turvemaiden männyillä tulokset ovat kohtuullisen hyviä.

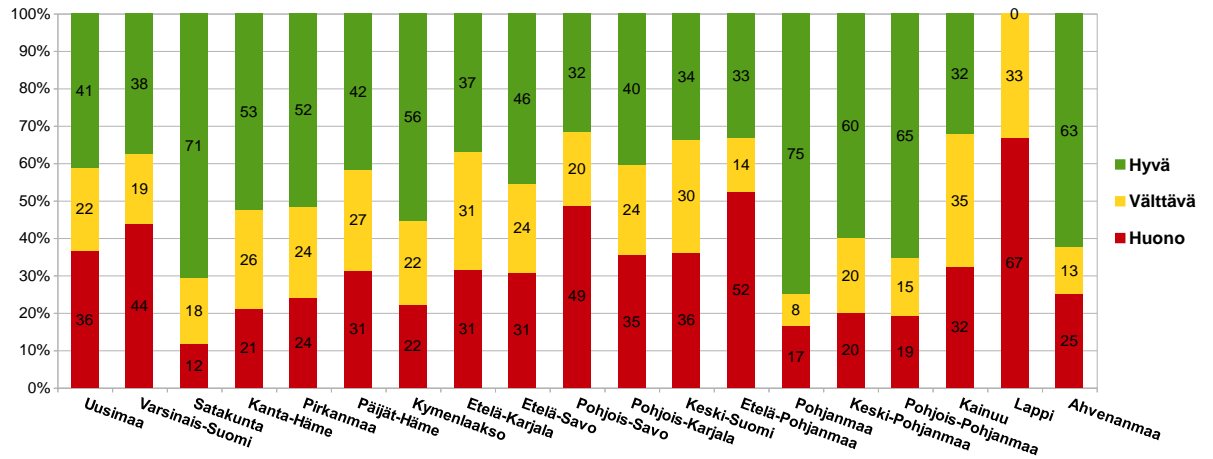
## 5.7 Typpi

Typpi-tasot ovat Viljavuuspalvelun näytteissä kaikkialla melko hyviä (kuvio 10). Pohjanmaalla on todella hyviä tuloksia. Kivennäismaiden kuusilla puutoksia on havaittavissa jonkin verran enemmän kuin muilla kasvupaikoilla ja puulajeilla (kuvio 11). Länsi-rannikkoa kohti kivennäismaiden kuusien typpi-pitoisuudet kasvavat (liite 7).

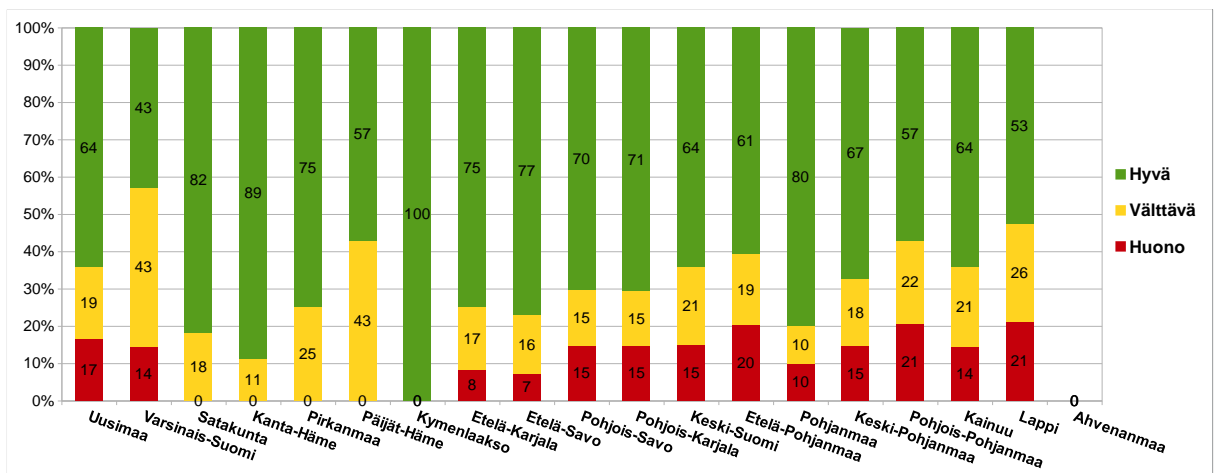


**KUVIO 10. Typpi-pitoisuudet maakunnittain**

Kivennäismaiden männyillä puutokset ovat hyvin vähäisiä (kuvio 12). Puutokset lisääntyvät etelästä pohjoiseen. Metsitettyjen peltojen kuusilla typpi-arvot ovat erittäin hyvät joka puolella Suomea. Maanviljelyksen seurauksena metsitettyjen peltojen maan pintakerroksen ravinnepitoisuudet ovat korkeammat kuin kangasmailla (Wall 1998, 445). Turvemaiden typpi-arvot ovat melko hyviä, mutta puutoksiakin on havaittavissa. Turvemaiden typpi saanti on turvattu, koska pintaturpeessa typpiä on saatavilla paljon verrattuna kangasmaiden humukseen (Moilanen ym. 2010, 197).



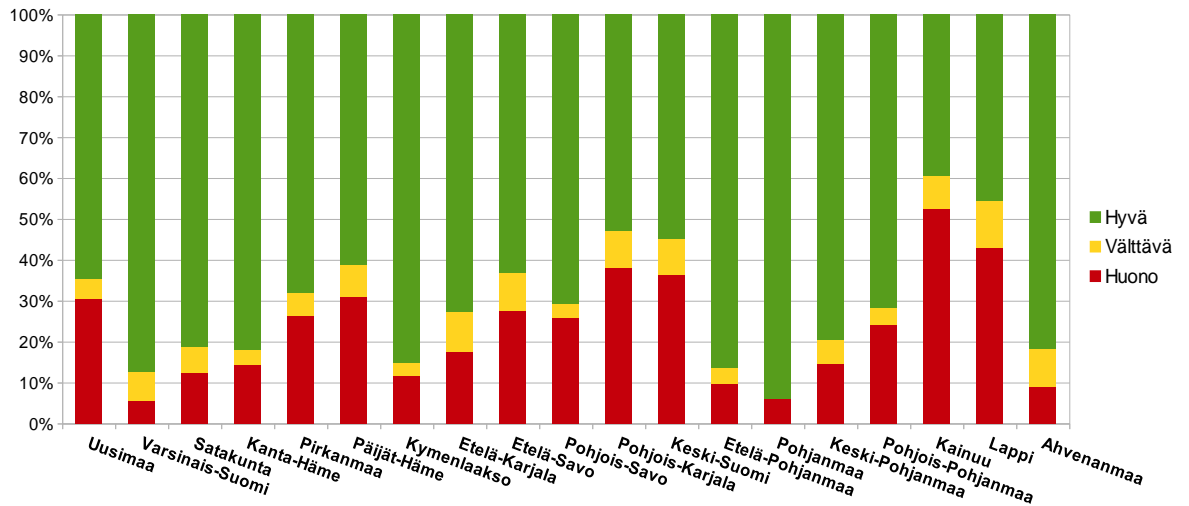
KUVIO 11. Typpi-luokitukset maakunnittain kivennäismaiden kuusilla



KUVIO 12. Typpi-luokitukset maakunnittain kivennäismaiden mänyillä

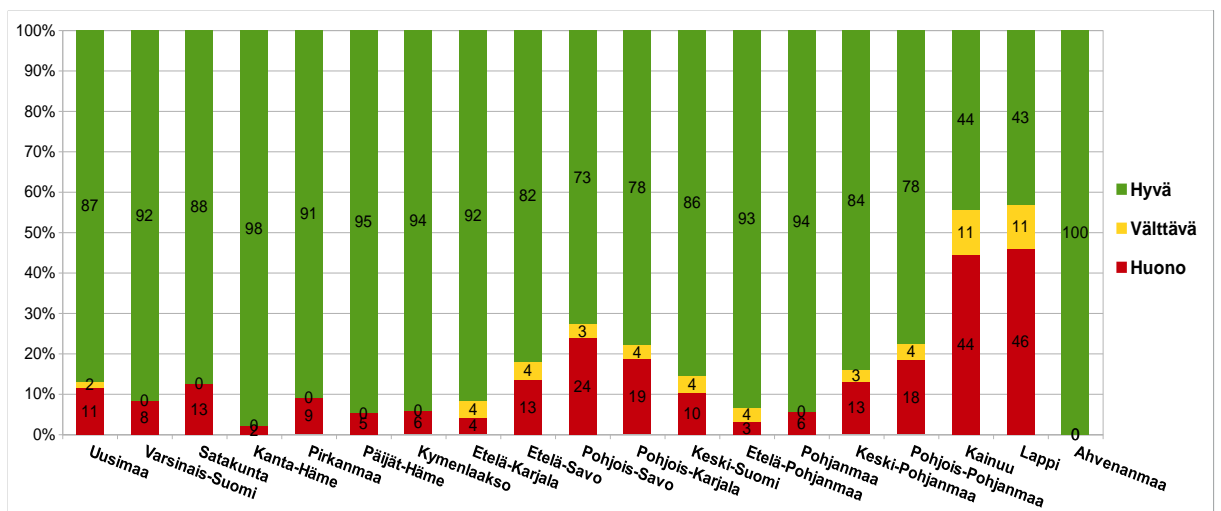
## 5.8 Boori

Boorin puutostilat näyttävät lisääntyvän lounaasta koilliseen (liite 2). Kainuu on tässä aineistossa kokonaisuudessaan huonointa boori-aluetta (kuvio 13). Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa boori-tasot ovat verraten hyvät. Tämä alueittainen vaihtelu johtuu siitä, että boorin tärkein varanto on merivesi ja rannikkoalueilla sadevesi tarjoaa kasveille enemmän booria kuin sisämaassa (Wikner 1983). Myös Ruotsissa neulasten booripitoisuus on korkeampaa rannikoilla ja maan eteläosissa (Möller 1983, Wikner 1983). Hyvä tuloksisista rannikko-maakunnista Uudellamaalla on heikoimmat boori-tulokset, mikä saattaa johtua maaperän kallioisuudesta (Wikner 1983).



**KUVIO 13. Boori-pitoisuudet maakunnittain**

Pääosin boorin puutos on tässä aineistossa männyillä vähäisempää. Kainuusta kerätyissä neulasnäytteissä on noin 75 prosenttia mäntyjä, joten puulaji ei selitä boorin puutosten runsautta yksinään. Myös Itä-Suomessa mäntyjen heikot boori-arvot ovat korostuneita. Hämeessä on boorin osalta erittäin hyvät tulokset männyillä. Kainuusta mitatut männyt ovat myös kasvaneet pääasiassa turvemaidella. Tässä aineistossa turvemaidella on suurimmaksi osaksi hyvät boori-tasot (kuvio 14). Turvemaiden ja siten myös yleensä mäntyjen paremmat boori-tasot selittyvät osin sillä, että Suomen kallioperän boori on suureksi osaksi rapautumista kestävinä mineraaleina ja sitä on muutenkin niukasti (Wikner 1983) ja kallioperä on kivennäismailla lähempänä maan pintaa. Keski- ja Itä-Suomessa kasvavilla turvemaiden männyillä ilmenee boorin puutoksia 5 - 10 prosenttia enemmän kuin muualla eteläisessä Suomessa, tämä johtunee edellä mainitusta etäisyydestä mereen.



**KUVIO 14. Turvemaiden mäntyjen boori-pitoisuudet**

Boorin puutosta on erityisesti tuoreella ja lehtomaisella kankaalla sekä metsitetyllä pelloilla. Metsitetyillä pelloilla booria on suhteellisen niukasti joka puolella Suomea. Häme, Pohjanmaa ja Keski-Suomi ovat hieman korostuneita alueita. Kalkitetuille pelloille perustetuilla metsiköillä voi olla heikentynyt boorin otto (Lipas 1990; Lehto & Mälkönen 1994).

Lisäksi tehtiin ristiintaulukoinnit tilastolaskenta-ohjelmistolla myös muiden ravinteiden kanssa. Alhainen boori korreloi korkeiden kuparitulosten kanssa. Hyvät booritulokset korreloivat sen sijaan huonojen kalium- ja fosfori- sekä korkeiden typpi- ja mangaani-tasojen kanssa.

Boori on puuttuessaan yleinen kasvuhäiriöitä aiheuttava ravinne. Tästä syystä tutkittiin sen yhteyttä muihin ravinteisiin tarkemmin. Yara Oy:n puolelta kehoitettiin syventymään boorin ja magnesiumin korrelaation mahdollisuuteen.

Excelissä tekemiäni laskelmien mukaan boorin ja magnesiumin yhteisiä puutteita on enemmän rehevillä kivennäismailla. Mitä rehevämpi maaperä, sitä enemmän nämä kaksi korreloivat. Turvemailla ei ole huomattavissa merkittävää yhteyttä. Kuusilla tämä on yleisempää kuin männyillä, mikä johtuu käytännössä siitä, että kuusia kasvatetaan yleensä rehevämmillä alueilla.

Keski-Suomessa ja Itä-Suomessa sekä Uudellamaalla magnesiumin ja boorin yhteyttä on havaittavissa enemmän kuin muissa maakunnissa. Uudellamaalla männyillä ja kuusella korrelaatiota on havaittavissa yhtä paljon. Keski- ja Itä-Suomessa nämä yhteispuutokset löytyvät kuuselta eli siis reheviltä kivennäismailta ja metsitetyiltä pelloilta. Uudellamaalla nämä näytteet on otettu pääasiassa tuoreilta kankailta. (Liite 3).

Metsäkeskuksen tekemän turkistarhauksen typpipäästöihin liittyvän tutkimuksen mukaan korkea typen saatavuus vaikuttaa samanaikaisesti puuston boorin ja magnesiumin sekä kaliumin ja kalsiumin tasoihin. (Metsäkeskus 2007, 2.) Excelillä tekemiäni laskelmien mukaan kuitenkin vain 4 % (14 kpl) yhteensä 347 näytteestä, jossa boori ja magnesium ovat huonolla tasolla, oli arveluttavan korkea. 52 % tällaisista näytteistä oli typpi-määriltään hyviä, 22 % välttäviä ja 22 % huonoja. (Taulukko 8.)

**TAULUKKO 8. Typen määrän luokitukset boorin ja magnesiumin arvojen ollessa huono tai välttävä**

Typen luokitus	Lukumäärä	%
1	22	6,34
2	56	16,14
3	75	21,61
4	180	51,87
5	14	4,03
Yhteensä	347	100


Magnesiumin vähyys liittyy usein maan happamuuteen. Emäskationien (kalsium, kalium, magnesium) kokonaismäärä on sitä pienempi mitä voimakkaampi happamuus maaperässä vallitsee. (Lodenius ym. 2010, 33.)

**5.9 Muut ravinteet**

Mangaanilla ja kuparilla on korkeita arvoja koko Suomessa. Kalsium-arvot ovat enimmäkseen idässä, lapissa ja Pirkanmaalla arveluttavan korkeita.

**TAULUKKO 9. Korrelaatiotesti eri ravinteiden välillä**

	Ca	Cu	K	Mg	Mn	N	P	Zn
B								
Ca	-							
Cu		-						
K			-					
Mg				-				
Mn					-			
N						-		
P							-	

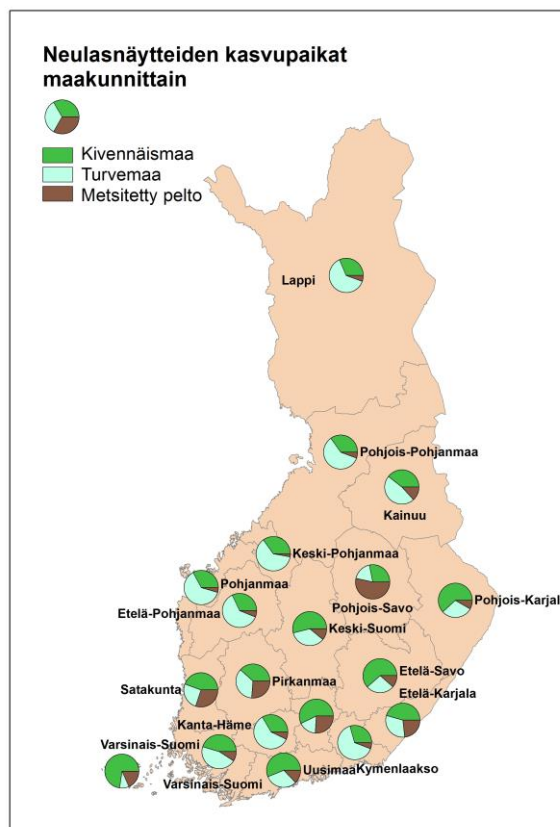

 Pieni korrelaatio  
 Suuri korrelaatio

En syventynyt tutkimaan näiden korrelaatiotestien (taulukko 9) myötä ilmenneitä mahdollisia uusia yhteyksiä, koska asiantuntijoiden mukaan ne eivät ole todennäköisesti merkityksellisiä. Myöskin työn laajuus olisi kasvanut hyvin suureksi niiden tutkimisen myötä.

### 5.10 Kivennäismaiden ja turvemaiden eroavaisuudet ravinteisuudessa

Edellä käsiteltyjen pääravinteiden ja magnesiumin lisäksi näytteistä löytyi muutamia poikkeavuuksia muilla ravinteilla. Lehtomaisella ja tuoreella kankaalla on paljon arveluttavan korkeita kupari-arvoja. Kivennäismailla kalsiumtasot ovat hyviä, mutta turvemaidella hieman heikompia. Magnesium- ja boori-puutoksia on etenkin rehevillä kankailla ja metsitetyillä pelloilla. Rehevillä kivennäismailla, rehevillä soilla ja turvekankailla mangaani-arvot ovat hieman koholla. Mangaani kuvastaa kosteutta (Koivunen 2014).

Rehevämmillä soilla ja metsitetyillä pelloilla on kohtuullisen hyviä typpi-arvoja. Rehevillä soilla voi esiintyä enemmän sinkin puutosta. Soilla on enemmän huonoja fosforituloksia, mutta riippumatta kasvupaikkatyypistä, karummilla mailla fosfori-arvot ovat huonompia.



**Kuva 2. Neulasnäytteiden kasvupaikat maakunnittain**

## **6 POHDINTA**

### **6.1 Luotettavuuden pohdinta**

Ulkoiset ravinnepuutoksen merkit eivät aina välttämättä merkitse toimenpiteitä aiheuttavaa ravinnepuutosta. Kuitenkin niin suuressa osassa näitä näytteitä on ilmennyt jokin ravinnepuutos, että on vähintäänkin suositeltavaa tarkistaa tilanne varmuuden vuoksi. Yksittäiset pitkittyneet ravinnepuutostilat voivat aiheuttaa useampien ravinnetasojen epätasapainoistumista.

Voi olla, että osa näytteistä on otettu kivennäismailta, mutta ne on merkitty turvemaiksi. Esimerkiksi Kainuussa on mahdollisesti paljon alueita, joissa kivennäismaiden ravinnetilan omaavat kasvupaikat on merkitty turvemaiksi satunnaisten suokasvien perusteella. Tätä oletamaa tukee se, että Kainuussa on tämän tutkimuksen osalta havaittavissa paljon turvemaiden puutteita, mutta Yara Oy:n Petri Kortejärven (Kortejärvi 2014) mukaan siellä ei ole juurikaan tehty turvemaiden lannoituksia. Siksi olisikin harkinnan arvoista alkaa suunnitella myös turpeen paksuuden mittaamista neulasanalyysien yhteydessä. Tietämättä turpeen paksuutta, ei voi olla täysin varma, onko kyseessä kivennäismaa vai turvemaa.

Työtä voidaan pitää luotettavana siltä osin, että se kuvaa hyvin tämän aineiston sisällä olevia poikkeavuuksia. Toisin sanoen se osoittaa hyvin, että ravinnepuutosten oireet ilmentävät hyvin jonkin ravinteiden puuttumista, mutta eivät välttämättä niin monen, että ainakaan terveyslannoitukseen olisi aihetta.

### **6.2 Tuloksien yhteenveto**

Työ osoittaa, että ravinnemäärien alueellinen vaihtelu on merkittävää. Myös ravinteiden välillä on isoja eroavaisuuksia siinä, missä niitä esiintyy isompia määriä ja missä on havaittavissa puutteita. Tämän huomion avulla olisi mahdollista suunnitella metsänkasvatusta tukevaa ravinnetalouden korjaamista. Vaikka näytteet on otettu jo oletetuilta ravinnepuutosalueilta, fosforin puutteiden runsas maanlaajuinen esiintyminen on selkeä poikkeama muista ravinteista. Täten Suomessa fosforilannoituksen tarve saattaisi olla useilla metsätiloilla olemassa.

On mahdollista, että boorin puutos vääristää puun ravinneottoa magnesiumin, fosforin ja typen osalta. Näissä tapauksissa saattaisi siis riittää pelkkä boorilannos. Boorin ja magnesiumin yhteys antaa pohjaa epäillä, että mikäli boorin tasot ovat lähes puutosrajan alapuolella ja magnesiumin tasot selkeästi alhaisia, boorikin voi pian huveta riittämättömäksi.

### **6.3 Jatkotutkimustarpeet**

Tämän työn tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa uusissa tutkimuksissa. Viljavuuspalvelu Oy:ltä löytyviä näytteenottoaikkatietoja hyödyntäen voidaan tutkia, mitä on tapahtunut koealoilla edellisen näytteenottohetken jälkeen. Välissä on saattanut useinkin olla metsänlannoitustoimenpiteitä, joten neulasanalyysijä vertaamalla saadaan selkeä kuva lannoituksen vaikutuksesta ravinnepitoisuuksiin.

Analyysien joukossa on pysyviä Metsäkeskuksen koealoja, joista osa on lannoittamattomia ja osa lannoitettuja. Nämä poikkeavat näytteet juuri lannoitetuilta ja erittäin ravinteisilta kohteilta nostavat ravinnemäärien keskiarvoja. Neulasanalyysi-aktiivisuutta voidaan tarkkailla tämän aineiston pohjalta tehtävissä tutkimuksissa. Sitä kautta selvinneitä tietoja voidaan käyttää markkinoinnin kohdentamissuunnitelmien tekemisessä ja toteuttamisessa.

Joidenkin ravinteiden kohdalla puutosrajat ovat vailla täsmällistä tieteellistä näyttöä. Tämän aineiston pohjalta voidaan tehdä tarkasteluja mahdollisten uusien raja-arvojen selvityksessä. Esimerkiksi magnesiumin ja boorin yhteyden varmistamiseksi olisi ensin tarkennettava magnesiumin hieman epävarmoja viitearvoja ja näin ollen sen vähäisten määrien vaikutuksista puustoon ei voida tehdä täysin pitäviä johtopäätöksiä.

Alueelliseen neulasanalyysi-aktiivisuuteen vaikuttanee valtion kemera-tuen määrien vaihtelu. Lapin metsiin kemera-tukea ei juurikaan myönnetä ja suhtautuminen metsänkasvatukseen on siellä laimeampi. Siksi esimerkiksi juuri siellä neulasanalyysimäärät ovat erityisen pieniä. Pohjois-Karjalan yllättävän vähäinen analyysimäärä selittyy ainakin osin lannoituskaluston ongelmilla 2007–2008. Sen seurauksena lannoitukset ja niitä edeltävät neulasanalyysit vähenivät. Tällaiset



taantuma-ajanjaksot johtavat myöhemmin näytteiden ottamisen lisääntyneeseen tarpeeseen ja esimerkiksi markkinointia voisi olla kannattavaa suunnata erityisesti siihen osaan Suomea.

## LÄHTEET

- Binkley, Dan, 1986. Forest Nutrition Management. Yhdysvallat: John Wiley & Sons. 8 - 9.
- Hartikainen, Helinä, Karppinen, Minna & Uusitalo, Risto 2006. Maan fosforivarat ja niiden käyttökelpoisuus. Teoksessa: Alakukku, Laura (toim.). Maaperän prosessit – pellon kunnan ja ympäristönhoidon perusta, s. 12 - 22. MMM:n maaperätutkimusohjelman loppuraportti. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 127.
- Huikari, Olavi 1998. Arktisten metsien kasvun ihme. Viro: Kirjakas Ky. 15.
- Issakainen, Jorma & Moilanen, Mikko. 2003. Metsätehon raportti 162: Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun. Helsinki: Metsäteho Oy. 49, 52.
- Kaila, A. 1956. Phosphorus in various depths of some virgin peat lands. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 28.
- Kellomäki, Seppo 2005. Metsäekologia. Joensuu: Joensuun yliopistopaino. 43, 48, 239 - 240, 249, 261.
- Koivunen, Kalevi 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 13.6.2014. Lannoitevalmiste- ja bioenergia-asiantuntija. Viljavuuspalvelu Oy.
- Kortejärvi, Petri 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 13.8.2014. Metsälannoitteiden myynti- ja markkinointi. Yara Oy.
- Koivunen, Kalevi & Kortejärvi, Petri 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 30.10.2014. Lannoitevalmiste- ja bioenergia-asiantuntija. Viljavuuspalvelu Oy & Metsälannoitteiden myynti- ja markkinointi. Yara Oy.
- Lassila, Seppo 2007. Laatupuuta lannoittaen. pdf-dokumentti.  
[http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/22C42C98-58CB-448E-97DB-22DEE0766524/8100/04\\_LaatupuutaLannoittaen\\_Kemira\\_SeppoLassila.pdf](http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/22C42C98-58CB-448E-97DB-22DEE0766524/8100/04_LaatupuutaLannoittaen_Kemira_SeppoLassila.pdf).  
 Päivitetty 22.11.2007. Luettu 5.4.2011.
- Lehto, Tarja & Mälkönen, Eino 1994. Effects of liming and boron uptake of Picea abies. Plant and Soil 163(1): 55 - 64.
- Lipas, Erkki 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Summary: Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties. Folia Forestalia 618. 16.
- Lodenius, Martin, Manninen, Sirkku, Nieminen, Tiina, Raiskinen, Hanna, Ranta, Pertti & Willamo, Risto. 2010. Bioindikaattorit. Helsinki. Pdf-tiedosto:  
[http://www.helsinki.fi/ymparistotieteet/opiskelu/ymparistomuutos\\_ja\\_politiikka/opmon/Opmon21-2010c.pdf](http://www.helsinki.fi/ymparistotieteet/opiskelu/ymparistomuutos_ja_politiikka/opmon/Opmon21-2010c.pdf). 33.

- Luonnontila. 2012. MA5 Peltojen raivaus ja metsitys. www-dokumentti.  
<http://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/maatalousymparistot/ma5-peltojen-raivaus-ja-metsitys>. Päivitetty 25.6.2014. Luettu 28.1.2015.
- Mannerkoski, H. 1973. Ekologisia havaintoja eräältä ojitetulta suolta. *Silva Fennica* 7: 129 - 151.
- Metsäkeskus. 2007. Arvio Botnia-Fox Oy:n turkistuotannon yhteistoiminta-alueiden vaikutuksesta alueita ympäröiviin talousmetsiin Evijärvellä ja Korttesjärvellä. pdf-tiedosto.  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B91CAA5FD-C7D4-444A-8567-5F7BF400D454%7D/41527.2>.
- Metsäkeskus. 2013. Tuki metsän terveyslannoitukseen. WWW-dokumentti.  
<http://www.metsakeskus.fi/kemera-tuet-terveyslannoitus>. Päivitetty 23.5.2013. Luettu 27.3.2014.
- Metsäkeskus. 2011. Kemera-rahoitusvyöhykkeet. WWW-dokumentti.  
[http://www.metsakeskus.fi/fi\\_FI/c/document\\_library/get\\_file?uuid=00140449-588f-46f7-a495-490d10cb52dc&groupId=10156](http://www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid=00140449-588f-46f7-a495-490d10cb52dc&groupId=10156) Päivitetty 23.12.2011. Luettu 27.3.2014
- Moilanen, Mikko, Saarinen, Markku & Silfverberg, Klaus. 2010. Männyn neulasten ravinnepitoisuuksien (N, P, K) vaihtelu metsäojitusalueilla. *Silva Fennica* 44(4): 583 - 601.
- Moilanen, Mikko 2011. Tuhkalannoitus nykytiedon valossa. Pdf-tiedosto.  
<http://www.metla.fi/tapahtumat/2011/sum-seminaari/esitykset/Moilanen.pdf>. Metla: Vantaa. 4 - 8, 15 - 16.
- Möller, G. 1983. Variation of boron concentration in pine needles from tree growing on mineral soil in Sweden and response to nitrogen fertilization. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 111 - 115.
- Päivänen, Juhani 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. 82 - 83, 129, 256 - 258, 263 - 264.
- Rajala, Jukka 2006. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopisto, maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus: Mikkeli. 123.
- Raitio, Hannu & Sutinen, Sirkka 1994. Männyn neulasten rakenteen ja ravinnepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelu. Teoksessa: Mälkönen, Eino & Sivula, Hannu. Suometsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman väliraportti. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 527. 175 - 184.
- Rantala, Satu (toim.) 2008. Tapion taskukirja. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. 123, 197, 198.
- Reinikainen, Antti, Veijalainen, Heikki & Nousiainen, Hannu 1998. Puiden ravinnepuutokset - metsänkasvattajan opas. Vantaa: Metla. 5 - 7, 9 - 10, 14 - 16, 18 - 19, 22, 27 - 30, 34 - 35, 37 - 38, 40.
- Salonen, Kalervo 1999. Metsänlannoitus. Teoksessa Kaija Kanninen (toim). Metsä-

teknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Lahti: Esa Print Oy.

Suvanto, Heikki 2012. Tuhkalannoitus turvemaiilla. Pdf-tiedosto.  
[http://www.tapio.fi/files/tapio/Puuta%20turvemailta%20hankkeen%20loppuseminaari/tuhkalannoitus\\_suvanto.pdf](http://www.tapio.fi/files/tapio/Puuta%20turvemailta%20hankkeen%20loppuseminaari/tuhkalannoitus_suvanto.pdf). 1 - 4.

Tilli, Tapio & Toivonen, Ritva 2000. Maatalous maan metsityksen kehitysnäkymät Suomessa ja hiilinielupotentiaali vuosina 2000 - 2012. Helsinki: PTT. 6.

Wall, Antti 1998. Peltomaan muutos metsämaaksi – metsitettyjen peltojen maan ominaisuudet, kasvillisuuden kehitys ja lajimäärä. Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia 3/1998: 443 - 450. Pdf-tiedosto:  
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff98/ff983443.pdf>. Metla. 444 - 446.

Wikner, B. 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 131 - 141.

Yara. 2012. Metsälannoitusopas. Pdf-tiedosto:  
[http://www.yara.fi/images/YARAMetsalannoitusopas2012LoRes\\_tcm431-119664.pdf](http://www.yara.fi/images/YARAMetsalannoitusopas2012LoRes_tcm431-119664.pdf). Yara Oy. 5, 8, 22 - 24).

Yara. 2014. Boorilannoitus. WWW-dokumentti.  
<http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/metsa/puu/boorilannoitus.aspx>. Ei päivitystietoa. Luettu 6.10.2014.

## LIITTEET

## LIITE 1. Näytteenottolomake

**Näytteen lähettäjän tiedot**

Nimi \_\_\_\_\_  
 Lähtöosoite \_\_\_\_\_  
 Postinumero \_\_\_\_\_  
 Postitoimipaikka \_\_\_\_\_  
 Puhelin \_\_\_\_\_  
 Sähköposti \_\_\_\_\_  
 Y-tunnus \_\_\_\_\_

*Yhteystietoja ei luovuteta kolmansille taholle*

**Maksajan tiedot** (jos eri kuin lähettäjä)

Nimi \_\_\_\_\_  
 Lähtöosoite \_\_\_\_\_  
 Postinumero \_\_\_\_\_  
 Postitoimipaikka \_\_\_\_\_  
 Puhelin \_\_\_\_\_  
 Sähköposti \_\_\_\_\_  
 Y-tunnus \_\_\_\_\_

**Näyte 1** (Täytä näytetiedot huolellisesti)

Näytteen tunniste \_\_\_\_\_

Metsän sijaintikunta \_\_\_\_\_

**Puulajisuhteet**

mänty \_\_\_\_\_ %, kuusi \_\_\_\_\_ %, lehtipuut \_\_\_\_\_ %

**Kasvupaikka**

Kivennäismaa  
 lehtomainen kangas  
 tuore kangas  
 kuiva kangas  
 pelto / metsitetty pelto

**Turvemaa**

turve kangas  
 rehevä suo  
 karu suo  
 pelto / metsitetty pelto

**Kehitysluokka**

taimikko  
 nuori kasvatusmetsä  
 varttunut kasvatusmetsä  
 uudistuskypsä metsä

**Puuston tiheys**

harva  
 normaali  
 tiheä

**Ojitus kunnossa**

on  ei

**Ojanperkaustarvetta**

on  ei

**Näytteenottoaika**

ylin oksakiehkura  
 2-3 ylin  alempaa

**Aiempi lannoitus**

aika \_\_\_\_\_  
 lannoitemäärä \_\_\_\_\_

**Kuvaus mahdollisista kasvuhäiriöistä**

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Näyte 2**

Näytteen tunniste \_\_\_\_\_

Metsän sijaintikunta \_\_\_\_\_

**Puulajisuhteet**

mänty \_\_\_\_\_ %, kuusi \_\_\_\_\_ %, lehtipuut \_\_\_\_\_ %

**Kasvupaikka**

Kivennäismaa  
 lehtomainen kangas  
 tuore kangas  
 kuiva kangas  
 pelto / metsitetty pelto

**Turvemaa**

turve kangas  
 rehevä suo  
 karu suo  
 pelto / metsitetty pelto

**Kehitysluokka**

taimikko  
 nuori kasvatusmetsä  
 varttunut kasvatusmetsä  
 uudistuskypsä metsä

**Puuston tiheys**

harva  
 normaali  
 tiheä

**Ojitus kunnossa**

on  ei

**Ojanperkaustarvetta**

on  ei

**Näytteenottoaika**

ylin oksakiehkura  
 2-3 ylin  alempaa

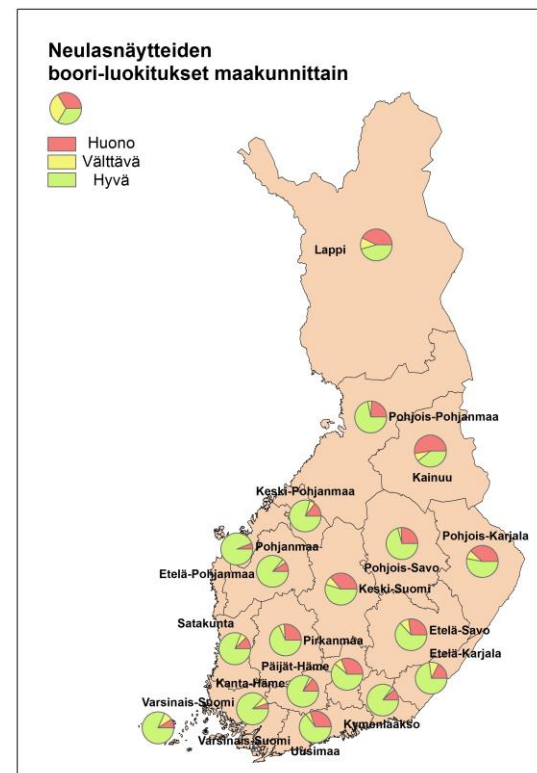
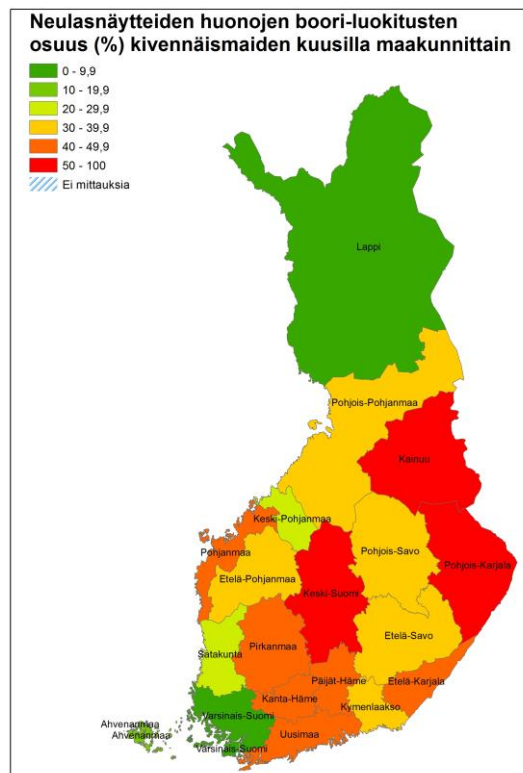
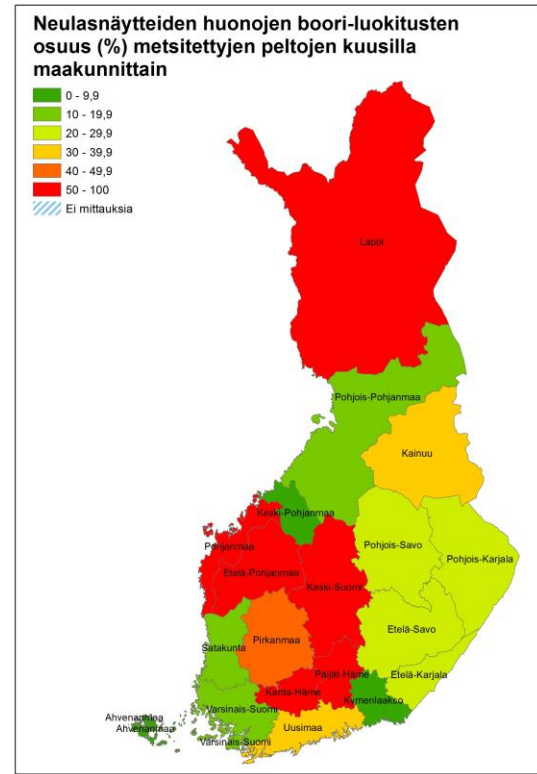
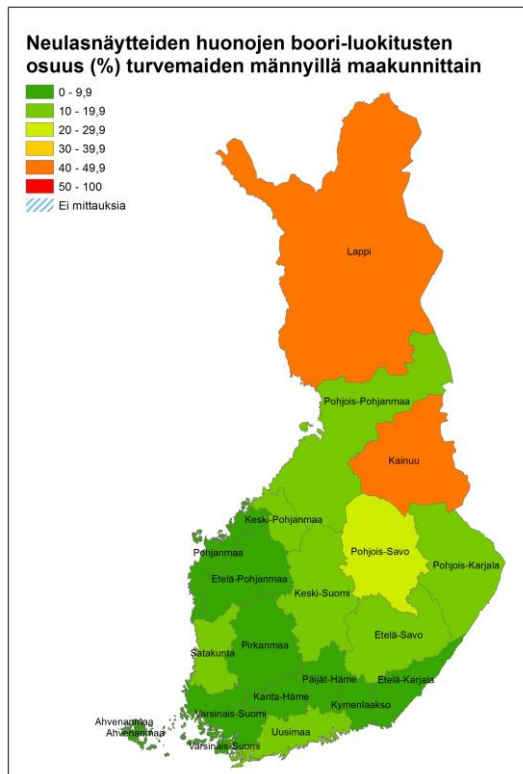
**Aiempi lannoitus**

aika \_\_\_\_\_  
 lannoitemäärä \_\_\_\_\_

**Kuvaus mahdollisista kasvuhäiriöistä**

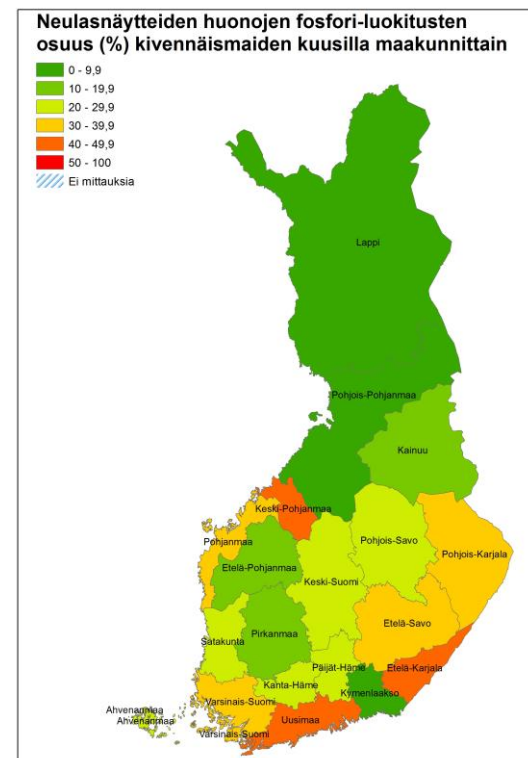
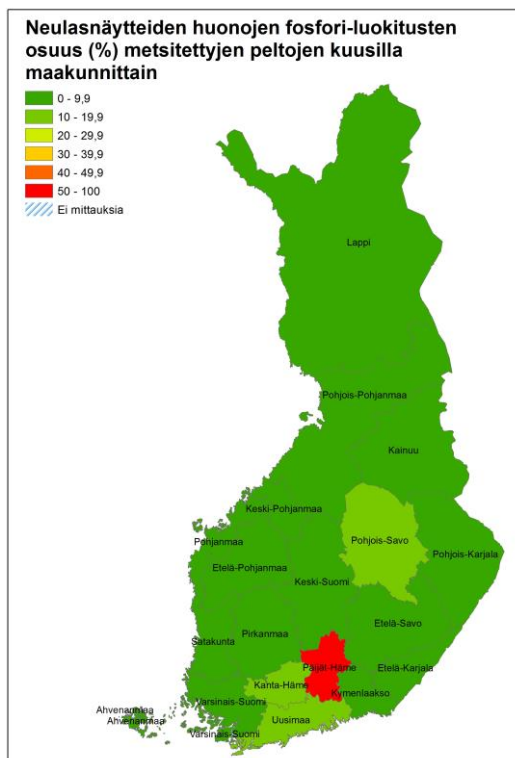
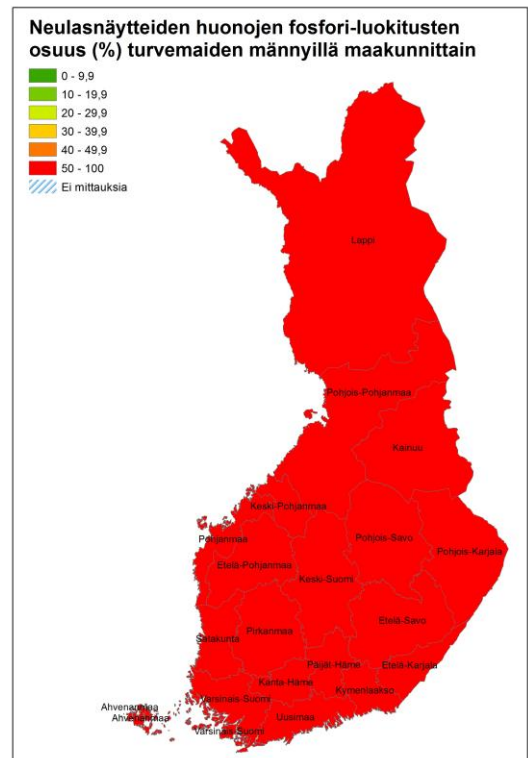
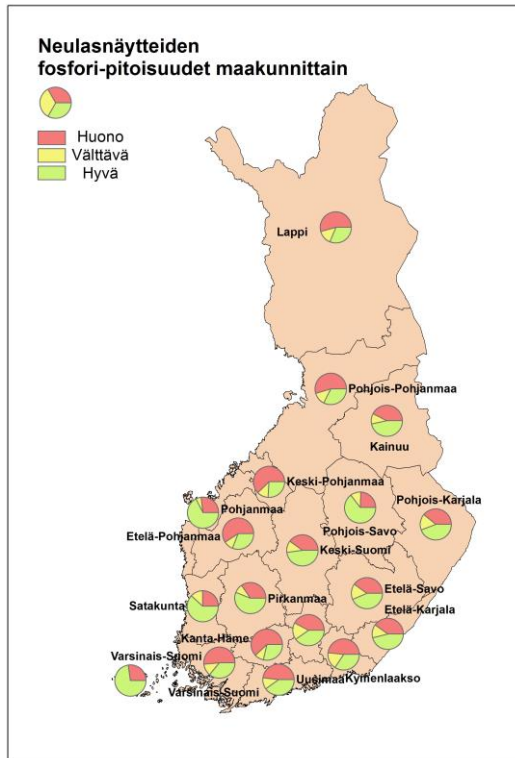
\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## LIITE 2. Boori-kartat.



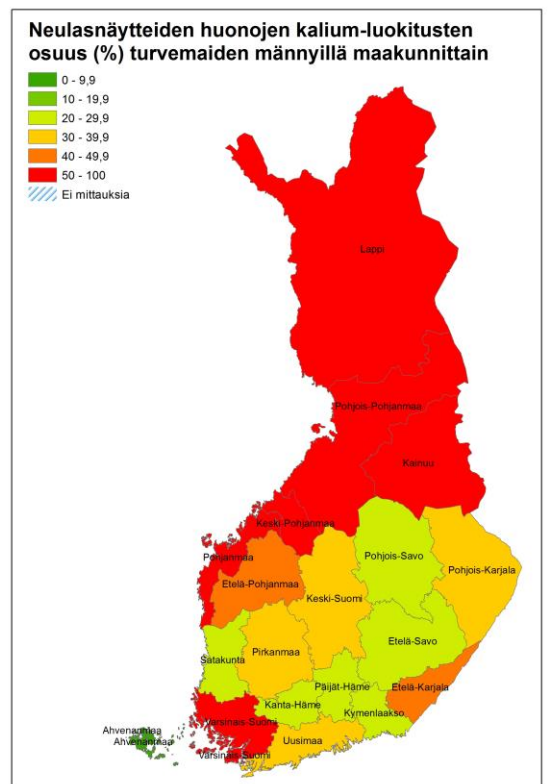
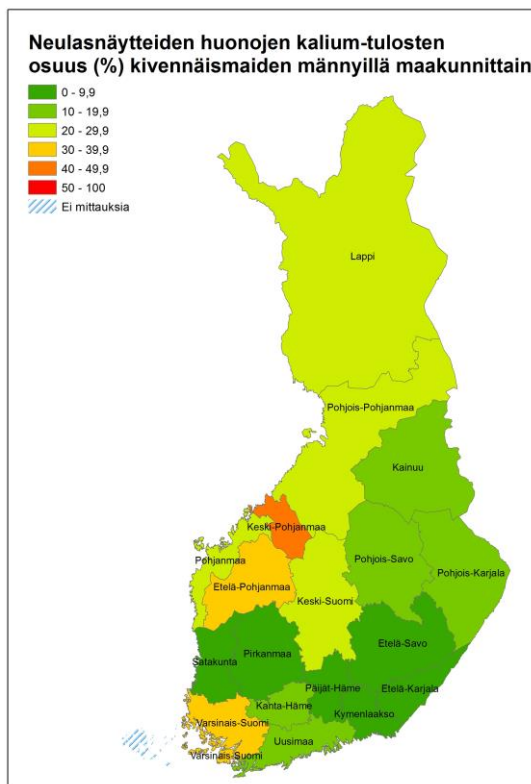
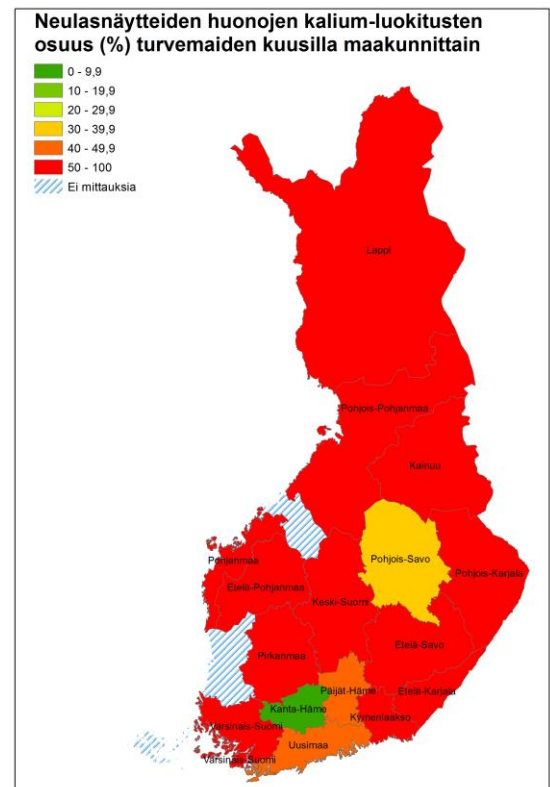
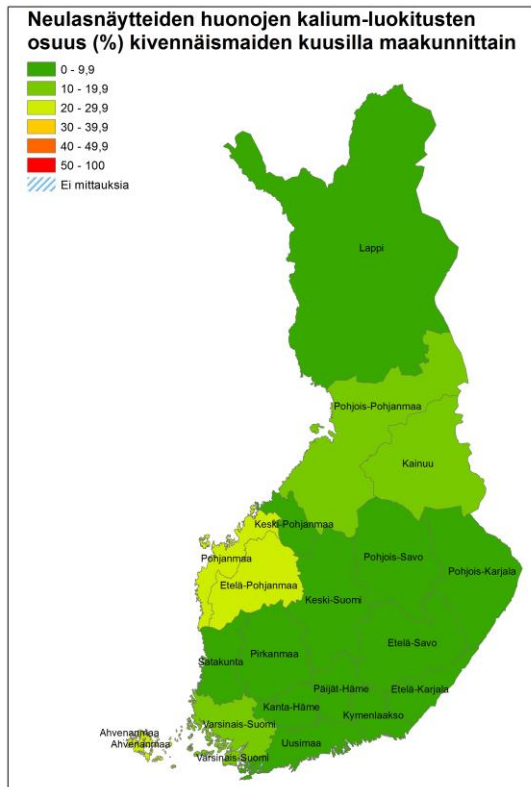


LIITE 4. Fosfori-kartat.

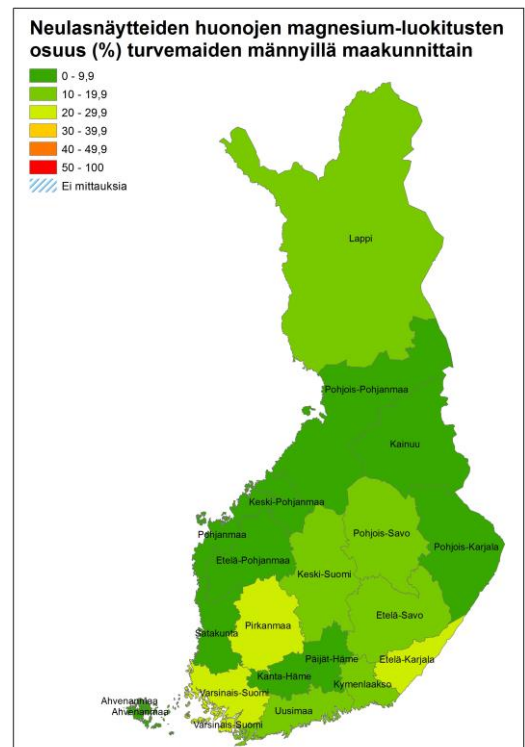
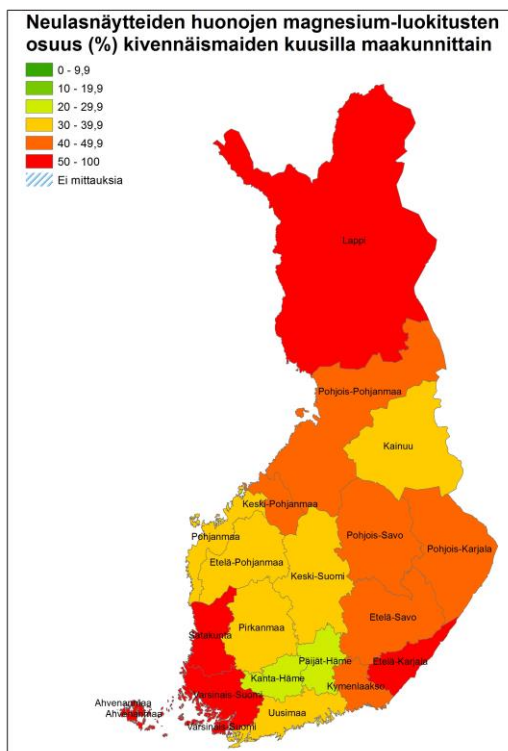
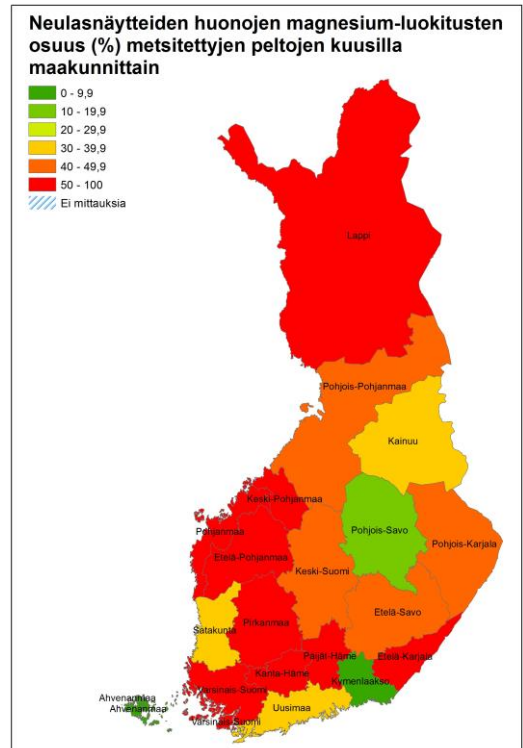
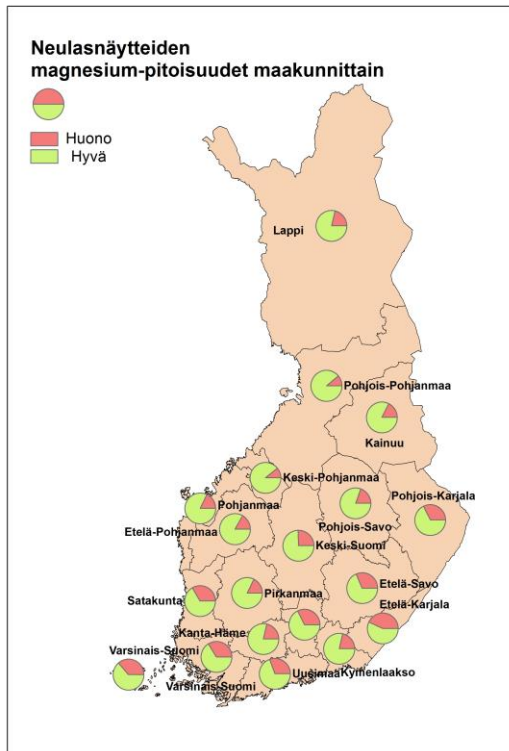




## LIITE 5. Kalium-kartat.



LIITE 6. Magnesium-kartat.



## LIITE 7. Typpi-kartat.

