

MILJÖFORSKNINGSINSTITUTETS
MEDDELANDEN 173

YMPÄRISTÖNTUTKIMUSKESKUKSEN
TIEDONANTOJA 173

REPORTS OF THE INSTITUTE
FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH 173

**Mika Laita
Irene Huuskonen
Toni Keskitalo
Emmi Lehkonen
Tuomo Ellonen**

BIOINDIKATORUPPFÖLJNING AV LUFTKVALITETEN I SYDÖSTERBOTTEN ÅREN 2006-2007

**Tiivistelmä: Suupohjan alueen ilmanlaadun
bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007**

**Summary: A bioindicator study on the effects of
air pollution in the area of Suupohja during
the period 2006-2007**



BIOINDIKATORUPPFÖLJNING AV LUFTKVALITETEN I SYDÖSTERBOTTEN ÅREN 2006-2007

Tiivistelmä: Suupohjan alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007

Summary: A bioindicator study on the effects of air pollution in the area of Suupohja during the period 2006-2007

Mika Laita, Irene Huuskonen, Toni Keskitalo, Emmi Lehkonen och Tuomo Ellonen

Översättning: Elinor Slotte, Kia Uuskartano

Kartorna:
Baskartor © Affecto Finland Oy
Lövet L7606/08

ISSN 0781-8793
ISBN 978-951-39-3390-6
Kopijyvä Oy, Jyväskylä
2008

SAMMANDRAG

Bioindikatoruppföljning av luftkvaliteten i Sydösterbotten åren 2006-2007

I Sydösterbotten evaluerades åren 2006-2007 luftföroreningarnas inverkan på tallens och granens stamlavar, tallars och granars vitalitet samt tall- och granbarrens grundämneshalter. Beställare av undersökningen var de kommuner som deltog i den, Bötom, Kaskö, Kristinestad, Närpes och Östermark. Undersökningen förverkligades av miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylä universitet. De nu erhållna resultaten jämfördes med undersökningsresultaten från tidigare år samt med resultat från bioindikatorundersökningar utförda i andra delar av Finland.

Belastningen av luftföroreningar i Sydösterbotten härstammar främst från industriverksamheten i Kaskö och Kristinestad samt från växthusen i Närpes. Belastningen som trafiken orsakar är i Sydösterbotten relativt liten jämfört med industrin. Sedan år 1995 har inga anmärkningsvärda förändringar i utsläppsnivån observerats för de undersökta luftföroreningarna i Sydösterbotten.

I fördelningen av tallarnas eller granarnas kronutglesning observerades inga regionala variationer. Endast 3 % av tallarna och 22 % av granarna evaluerades som utglesade. Den genomsnittliga barrförlusten och andelen kronutglesade tallar och granar var liten i Sydösterbotten jämfört med i andra delar av Finland. Granarnas barrförlust har förblivit på samma nivå jämfört med år 2000, men andelen granar med kronutglesning har minskat avsevärt. Barrträdens barrförlust beskrev bättre trädens generella vitalitet än luftföroreningarnas inverkan.

De parametrar som beskriver lavfloran för tallens stamlavar, indikerar lindriga förändringar förorsakade av luftföroreningar. Förändringarna framhävs dock inte speciellt på områden i tätorten eller i närheten av industriverksamhet. Lavarnas parametrar har förbättrats från år 1993 till 2000, men hade år 2006 degenererat återigen till 1993 års nivå. Vid jämförelse av de parametrar som beskriver lavfloran i Sydösterbotten med undersökningar utförda i andra delar av Finland, var lavfloran i Sydösterbotten en av de friskaste.

Tallbarrens svavelhalter har ökat sedan år 1993 och var i uppföljningsområdets västra delar högre än i de östra delarna. Tallens svavelhalter var på samma nivå som i Västra Finland, men högre än i det riksomfattande materialet. Granbarrens svavelhalter var tämligen höga i nordostlig linje från Kaskö. Halterna för så gott som alla grundämnena, inklusive svavel, hade minskat i granbarren i jämförelse med år 2000. Granbarrens svavelhalter i Sydösterbotten var på samma nivå som i det riksomfattande materialet. Jordmånens egenskaper var troligtvis i Sydösterbotten den mest anmärkningsvärda enskilda faktorn, som orsakade variationer i barrens grundämneshalter.

De evaluerade bioindikatorerna i Sydösterbotten beskriver lika väl de naturliga orsakerna till variation som luftföroreningarnas inverkan. Man skall dock beakta att nätverket av provytor är glest vid uppföljningsområdets ytterkanter. I framtida uppföljningar borde det utökas med provytor i den dominerande vindriktningen från utsläppskällorna i de västra och norra delarna av Närpes.

TIIVISTELMÄ

Suupohjan alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007

Suupohjan seudulla tutkittiin vuosina 2006-2007 ilman epäpuhtauksien vaikutuksia mäntyjen ja kuusten runkojäkäliin, mäntyjen ja kuusten elinvoimaisuuteen sekä mäntyjen ja kuusten neulasten alkuainepitoisuuksiin. Tutkimuksen tilaajana ovat tutkimukseen osallistuneet Suupohjan seudun kunnat eli Karijoki, Kaskinen, Kristiinankaupunki, Närpiö ja Teuva. Tutkimuksen toteutti Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Nyt saatuja tuloksia verrattiin aiempien vuosien tutkimustuloksiin sekä eri puolilla Suomea tehtyjen bioindikaattoritutkimusten tuloksiin.

Suupohjan seudulla ilman epäpuhtauksien kuormitus on pääosin peräisin Kaskisten ja Kristiinankaupungin teollisuudesta sekä Närpiön kasvihuoneista. Liikenteen aiheuttama kuormitus on Suupohjan seudulla teollisuuden verrattuna melko pientä. Vuodesta 1995 lähtien tarkasteltuna ilman epäpuhtauksien päästötasossa ei Suupohjan alueella ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Mäntyjen tai kuusten neulaskadon jakaantumisessa ei ollut havaittavissa alueellista vaihtelua. Männyistä vain 3 % arvioitiin harsuuntuneiksi ja kuusista 22 %. Verrattuna muualla Suomessa havaittuun neulaskatoon Suupohjan seudulla neulaskato oli sekä keskimäärin että harsuuntuneiden puiden osalta kuusilla ja männyillä pientä. Kuusten neulaskato oli pysynyt samalla tasolla vuoteen 2000 verrattuna, mutta harsuuntuneiden kuusten osuus oli vähentynyt huomattavasti. Havupuiden neulaskato ilmensi enemmän puiden yleistä elinvoimaisuutta kuin ilman epäpuhtauksien vaikutuksia.

Mäntyjen runkojäkälälajistoa kuvaavat muuttajat indikoivat lieviä ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia. Muutokset eivät kuitenkaan painottuneet erityisesti taajama-alueille tai tehdastoimintojen läheisyyteen. Jäkälämuuttajat olivat kohentuneet vuodesta 1993 vuoteen 2000, mutta jälleen taantuneet vuonna 2006 lähelle vuoden 1993 tasoa. Vertailtaessa Suupohjan jäkälälajistoa kuvaavia tunnuslukuja muualla Suomessa tehtyihin tutkimuksiin on jäkälälajisto Suupohjan seudulla terveimpien joukossa.

Männyn neulasten rikkipitoisuudet olivat kohonneet vuodesta 1993, ja olivat tutkimusalueen länsiosissa korkeampia kuin tutkimusalueen itäosissa. Mäntyjen rikkipitoisuudet olivat samaa tasoa kuin Länsi-Suomessa, mutta korkeampia kuin valtakunnallisessa aineistossa. Kuusen neulasten rikkipitoisuudet olivat jokseenkin korkeita Kaskisista koilliseen päin kulkevalla linjalla. Kuusten neulasissa miltei kaikkien alkuaineiden, myös rikin, pitoisuudet olivat laskeneet vuoteen 2000 verrattuna. Suupohjan kuusten neulasten rikkipitoisuudet olivat samaa tasoa kuin valtakunnallisessa aineistossa. Maaperän ominaisuudet ovat Suupohjan seudulla todennäköisesti merkittävin yksittäinen tekijä, joka aiheuttaa vaihtelua neulasten alkuainepitoisuuksiin.

Suupohjan seudulla arvioidut bioindikaattorit kuvasivat yhtä lailla luontaisia vaihtelunaiheuttajia kuin ilman epäpuhtauksien vaikutuksiakin. On kuitenkin huomioitava, että havaintoalaverkosto on harva tutkimusalueen laitamilla, ja tulevaisuudessa seurannoissa sitä tulisi täydentää etenkin päästölähteiden suhteen vallitsevan tuulensuunnan alapuolelta Närpiön länsi- ja pohjoisosissa.

SUMMARY

A bioindicator study on the effects of air pollution in the area of Suupohja during the period 2006-2007

This report deals with the results of a study using bioindicators in looking into air quality in the district of Suupohja in Western Finland. The indicators used were defoliation in Scots pine and Norway spruce, epiphytic lichens growing on pine and spruce stands and concentrations of several elements in pine and spruce needles. The participating municipalities were Karijoki, Kaskinen, Kristiinankaupunki, Närpes and Teuva. The study was conducted by the University of Jyväskylä, Institute for Environmental Research. The results were compared with the results from previous years and the results of studies conducted in other parts of Finland.

The load of airborne impurities in the district of Suupohja originates from the industry in Kaskinen and Kristiinankaupunki and from the greenhouses in Närpiö. The load caused by traffic was small compared with the load caused by industry in the region. There have been no significant changes in the discharge levels since 1995.

There were no areal differences in the defoliation of pines or spruces. Only 3 % of the pines were estimated as being defoliated and of the spruces the proportion was 22 %. Compared with the defoliation detected in other parts of Finland the average defoliation of conifers in the Suupohja region was slight. The average defoliation of spruces was on the same level as in 2000, but the proportion of defoliated trees had significantly reduced compared with the previous study. The defoliation of conifers reflected the general vitality of the trees rather than the effects of air pollution.

The lichen species growing on pine stands indicated slight changes caused by airborne impurities. The changes did not, however, concentrate specifically in the densely populated areas or near the industrial sites. The different indicators representing lichen vegetation showed a similar trend: the lichen variables improved from 1993 to 2000, but then declined again close to the level of 1993. Nevertheless the lichen vegetation in the Suupohja region was among the healthiest when compared with studies conducted in other parts of Finland.

The sulphur concentration in pine needles had risen from 1993, and the concentrations were higher in the western parts of the study area than in the eastern parts. The sulphur concentrations were on the same level as in other parts of Western Finland, but higher than the national background level. The sulphur concentrations in spruce needles were relatively high in the line going north-eastward from Kaskinen. In the spruce needles the concentrations of almost all the elements, including sulphur, had decreased compared with the study conducted in 2000. The sulphur concentrations in spruce needles were on the same level as the national background level. The soil qualities are probably the most significant single factor affecting the concentrations of different elements in needles.

The bioindicators in the Suupohja region reflected the effects of natural variation as well as of airborne impurities. It should be noted, though, that the net of observation plots was somewhat sparse. In the forthcoming studies the net of observation plots should be denser especially in the western and northern parts of Närpes, which are below the dominating wind directions in relation to the biggest emission sources.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	1
2. UPPFÖLJNINGSSOMRÅDE	1
2.1 Allmän beskrivning	1
2.2 Luftkvaliteten på uppföljningsområdet	3
2.2.1 Emissioner i Sydösterbotten åren 1995-2006	3
2.2.2 Luftkvaliteten på de nationella bakgrundsstationerna	5
3. MATERIAL OCH METODER	7
3.1 Uppföljningsområde och provtyper	7
3.2 Uppföljningsmetoder	10
3.2.1 Undersökningsgrupp och tidpunkt för terrängarbete	10
3.2.2 Barrträdens barrförlust eller bedömning av tallkronornas utglesning	10
3.2.3 Kartering av barrträdens epifyta lavar	12
3.2.4 Insamling av barrprov och analysering av grundämneshalterna	19
3.2.5 Geoinformationsmetoder	22
4. RESULTAT	23
4.1 Barrträdens vitalitet	23
4.1.1 Tallens barrförlust	23
4.1.2 Granarnas barrförlust	25
4.2 Tallens stamlavar	27
4.2.1 Blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen	27
4.2.2 Blåslavens täckningsgrad och algens riklighet	30
4.2.3 Artmängden	31
4.2.4 IAP-index	34
4.3 Granens stamlavar	35
4.4 Barrens grundämneshalter	37
4.4.1 Tallbarrens grundämneshalter	37
4.4.2 Granbarrens grundämneshalter	45
5. RESULTAT OCH GRANSKNING AV DEM	54
5.1 Bakgrundsvariablernas inverkan och beroendeförhållandet mellan variablerna	54
5.2 Jämförelse med tidigare utförda uppföljningar i Sydösterbotten	60
5.2.1 Granens barrförlust	60
5.2.2 Tallens stamlavar	60
5.2.3 Barrens grundämneshalt	67
5.3 Jämförelse med undersökningar utförda i andra delar av Finland	69
5.3.1 Tallens barrförlust	69
5.3.2 Granens barrförlust	69
5.3.3 Tallens stamlavar	70
5.3.4 Barrens grundämneshalter	70
6. SLUTSATSER	72
LITTERATUR	74

1. Inledning

I Sydösterbottens skogar har man sedan 1970-talet, med hjälp av bioindikatorer följt med vilka påverkningar luftföroreningar har på vegetationen. Bioindikatormetoden fokuserar på förändringar i miljön, förändringar i struktur, verksamhet, kemiska sammansättning eller grundämneshalter. De första bioindikatoruppföljningen förverkligades i Kristinestads omgivning åren 1972-1973 samt Kasköområdet åren 1975-1976 (Kauppi och Mikkonen 1975, Kauppi bl.a. 1977). Uppföljningen har upprepats åren 1982-1983, 1989-1990, 1993 och 2000. I de här bioindikatorundersökningarna har man evaluerat tallens epifyta lavar, blåslavens grundämneshalter, tallarnas och granarnas barrförlust samt gran- och tallbarren grundämneshalter. Den här undersökningen förverkligades som en del av uppföljningen av luftkvaliteten inom området för Västra Finlands miljöcentral. I undersökningen evaluerades luftföroreningars inverkan på barrträdens epifyta lavar och vitalitet samt grundämneshalter i barrträdens barr.

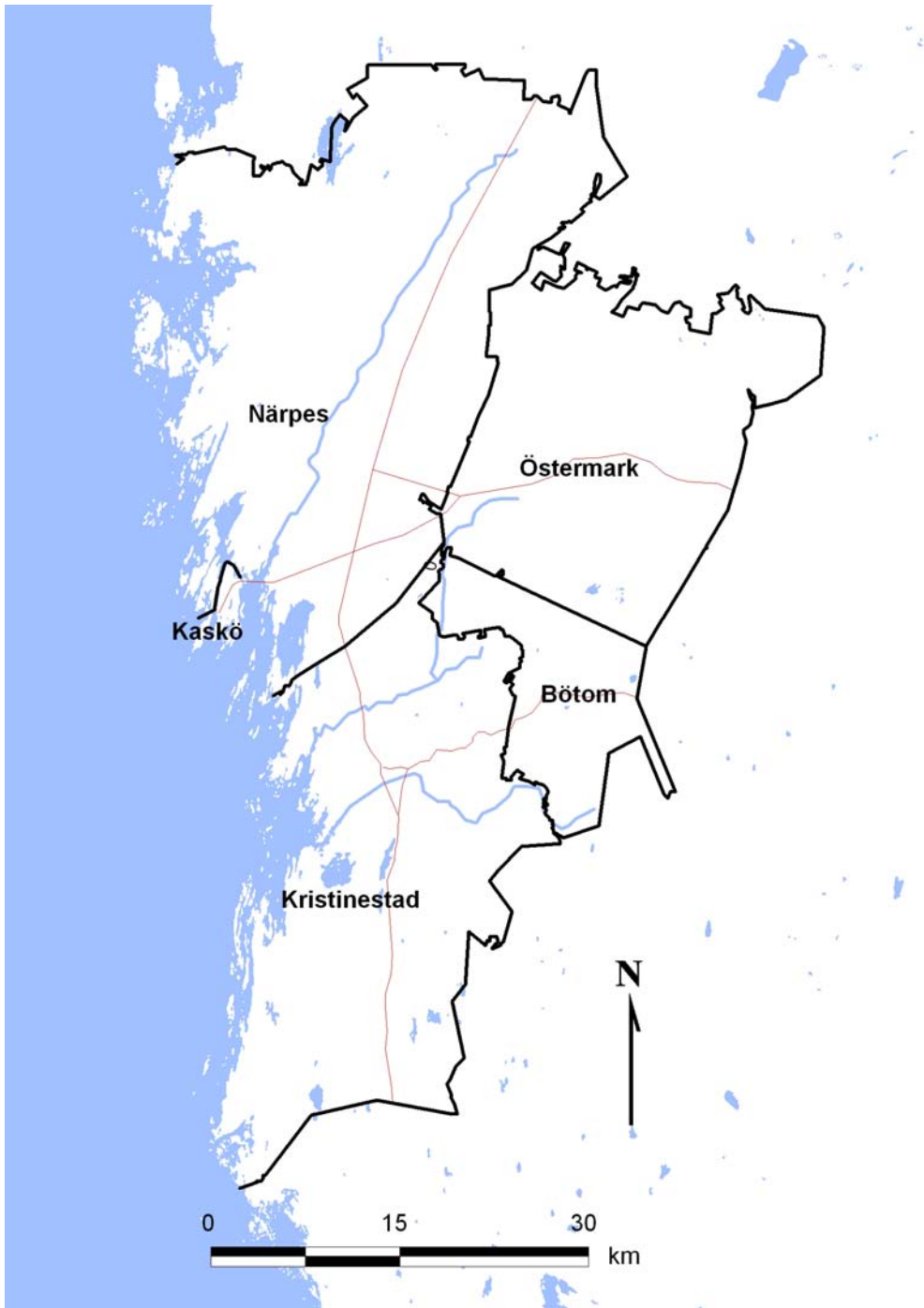
Bioindikatoruppföljningen förverkligades i Sydösterbotten på 22 provytor med tallbestånd och 20 provytor med granbestånd. De erhållna resultaten jämfördes med resultaten från åren 1993 och 2000. Föroreningarnas inverkan på indikatorerna visar sig oftast under en längre tidsperiod, varför bioindikatormetoden är utmärkt för att beskriva trenden av förändringar i luftkvaliteten. Många bioindikatorarter reagerar långsamt på de belastningar föroreningar orsakar och de förändringar som sker i de olika belastningsskedena, en kortfristig belastning kan ha långvariga inverknings på bioindikatorarterna. Vad som även inverkar på att föroreningseffekten kommer till uttryck, är åtskilliga naturliga faktorer som antingen kan buffra eller förstärka den. Följaktligen kan inte en enskild bioindikator skildra hela provytan och en enskild provyta kan inte skildra hela uppföljningsområdet (Jussila och Ojanen 2002).

Beställare av uppföljningen är de kommuner i Sydösterbotten som deltog i uppföljningen, Bötom, Kaskö, Kristinestad, Närpes och Östermark. Miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylä universitet förverkligade uppföljningen. De som deltog i uppföljningens fältarbete var forskningstekniker Tuomo Ellonen och forskningsassistenterna Jukka Huttunen, Kirsi Järvisalo, Tommi Koukka, Emmi Lehtonen, Sari Leinonen, Terhi Lylyjärvi och Teemu Oittinen. Forskarna Irene Huuskonen, Mika Laita, Toni Keskitalo samt forskningspraktikant Emmi Lehtonen analyserade uppföljningsmaterialet samt sammanställde uppföljningsrapporten. Barrproven behandlades och analyserades i miljöforskningsinstitutets laboratorium vid Jyväskylä Universitet.

2. Uppföljningsområde

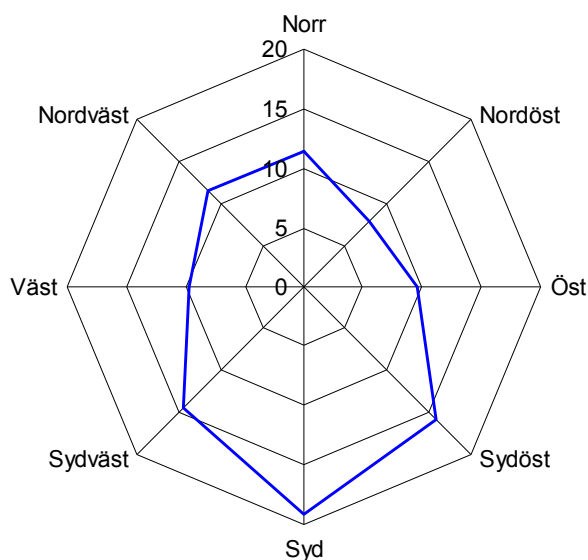
2.1 Allmän beskrivning

I Finlands geobotaniska områdesindelning ligger Sydösterbotten i Södra Österbottens zon (Kalliola 1973, senare Kuusipalo 1996). Kännetecknande för naturen på detta område är havet, som jämnar ut temperaturväxlingen och förtunnar snötäcket. Typiskt för Sydösterbotten är att jordmånen har ett 1–3 m tjockt moräntäcke, backlera, som anhopas på grus- och sandsedimenten (Västra Finlands miljöcentral 2007). I Sydösterbotten finns det även rikligt med finfördelade lerjordar, av vilka en del innehåller sulfid, sk. alunjordar. Sydösterbottens jordmån innehåller rikligt med tungmetaller och lite fosfor (Björklund m.m. 1996). Torvmark finns främst i uppföljningsområdets östra delar. (Geologiska forskningscentralen 2007.) Områdets berggrund består främst av glimmerskiffer och migmatit (Geologiska forskningscentralen 1999). (Figur 1.)



Figur 1. Karta över uppföljningsområdet.

I Kristinestad var sydliga vindar dominerande år 2006 (Bergman 2008). Under sommaren påverkar sjö- och landbrisen vindens riktning vid kusten: under dagen blåser det från havet när marken värms upp, och på natten från landet ut mot havet. (Figur 2.)

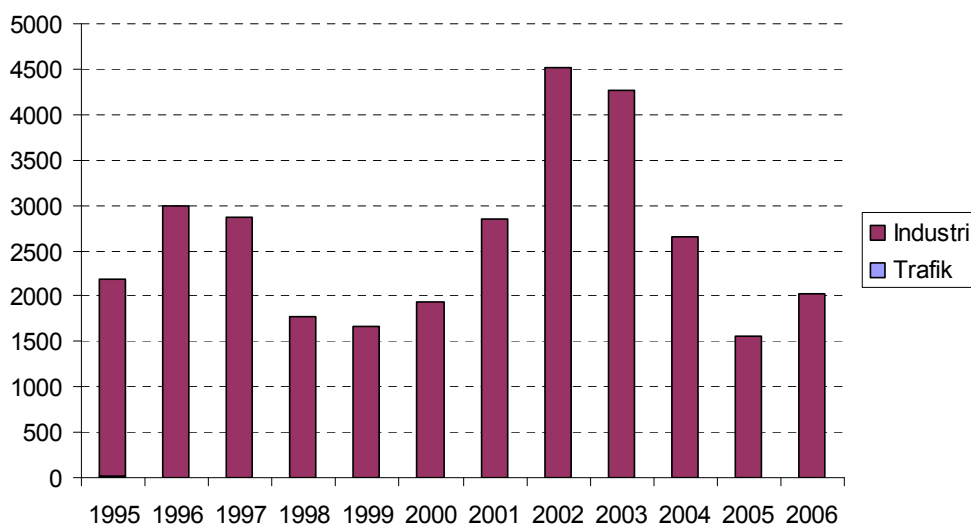


Figur 2. De dominerande vindriktningarna i Kristinestad år 2006 (Bergman 2008).

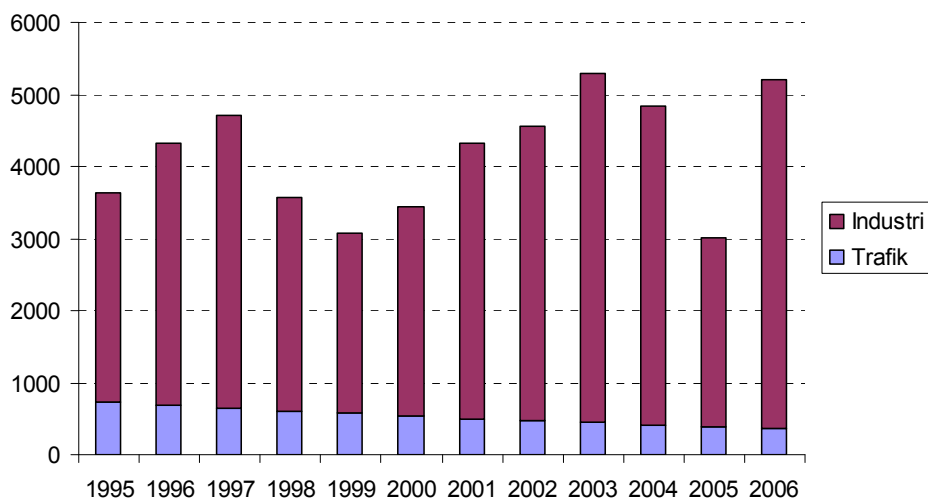
2.2 Luftkvaliteten på uppföljningsområdet

2.2.1 Emissioner i Sydösterbotten åren 1995-2006

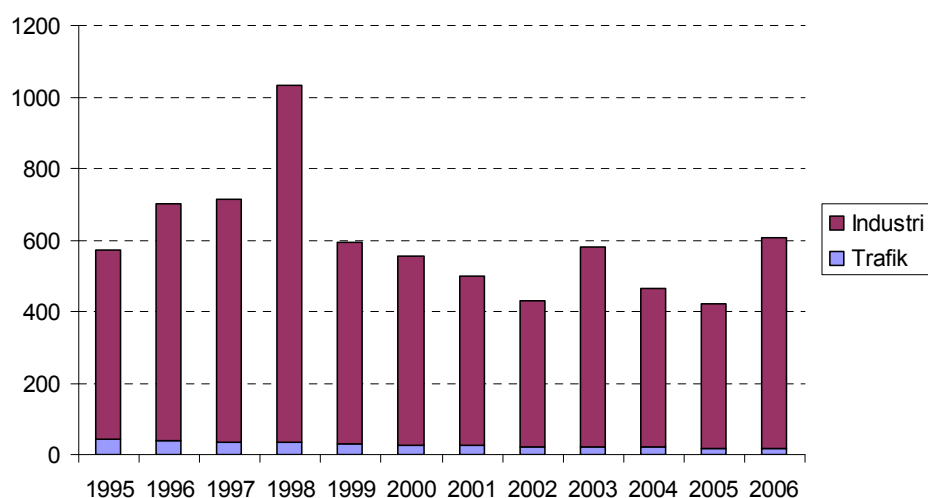
Svavelemissionerna i Sydösterbotten har varierat mycket under tidsperioden 1995–2006. De största svavelutsläppen på området uppstod åren 2002 och 2003. Trafikens andel i svavelemissionerna var väldigt liten i Sydösterbotten. (Figur 5.) Emissionsmängderna från åren 1996, 2001 och 2006 samt industrins och trafikens andel finns kommunvist presenterade i tabellerna 1 och 2. Största delen av Sydösterbottens svaveldioxid- och kväveoxidemissioner producerade kraftverket PVO-Lämpövoima Ab i Kristinestad, största producenten av partikelemissioner var Metsä-Botnia Ab:s anläggning i Kaskö. Växthusen producerar huvuddelen av emissionerna i Närpes, och speciellt anmärkningsvärt är växthusens andel i partikelemissionerna. I figurerna 3–5 samt i tabell 1 uppskattas växthusens emissioner att vara i samma storleksklass åren före 1999, som år 1999. (Kuntavahti 2008; Nylund 2007; ProAgria 2007.)



Figur 3. Svaveldioxidutsläppens utveckling (ton/år) i Sydösterbotten åren 1995-2006.



Figur 4. Kväveoxidutsläppens utveckling (NO_x som NO₂) (i ton/år) i Sydösterbotten åren 1995-2006.



Figur 5. Partikelutsläppens utveckling (ton/år) i Sydösterbotten åren 1995-2006.

Tabell 1. Emissioner från anmälningsskyldiga industrianläggningar på uppföljningsområdet, kommunvist indelade, samt de emissioner växthusen producerade (ton/år) åren 1996, 2001 och 2006. (Kuntavahti 2008; Nylund 2007; ProAgria 2007.)

	Svaveloxid			Kväveoxider			Partiklar		
	1996	2001	2006	1996	2001	2006	1996	2001	2006
Kaskö	258	784	397	701	897	1125	457	275	311
Kristinestad	2196	1513	1094	2600	2595	3382	76	61	150
Närpes	516	521	525	314	317	319	122	124	124
Östermark	23	24	6	13	14	15	5	12	4
<i>sammanlagt</i>	<i>4989</i>	<i>4843</i>	<i>4028</i>	<i>5624</i>	<i>5825</i>	<i>6847</i>	<i>2656</i>	<i>2473</i>	<i>2595</i>

Tabell 2. Avgasemissionerna från trafiken på uppföljningsområdet kommunvist indelat under åren 1996-2006. Emissionerna är kalkylerade med LIISA 2006-systemets koefficienter från emissionsmängden för år 2006 (LIISA 2006).

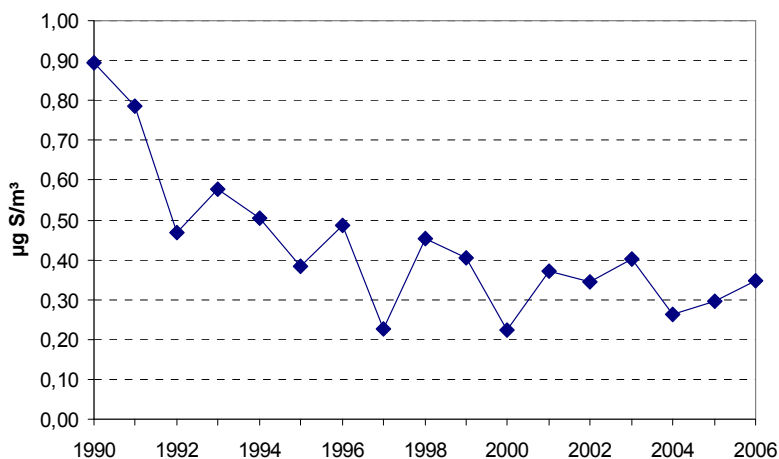
	Svaveloxid			Kväveoxider			Partiklar		
	1996	2001	2006	1996	2001	2006	1996	2001	2006
Bötom	0,34	0,06	0,02	28	21	15	1,8	1,2	0,8
Kaskö	0,19	0,04	0,01	15	11	8	0,9	0,6	0,4
Kristinestad	2,47	0,47	0,15	219	160	115	12,1	7,8	5,4
Närpes	3,38	0,65	0,20	298	219	157	16,8	10,8	7,5
Östermark	1,46	0,28	0,09	125	92	66	7,7	4,9	3,4
<i>sammanlagt</i>	<i>7,84</i>	<i>1,50</i>	<i>0,47</i>	<i>684</i>	<i>502</i>	<i>360</i>	<i>39,2</i>	<i>25,3</i>	<i>17,6</i>

2.2.2 Luftkvaliteten på de nationella bakgrundsstationerna

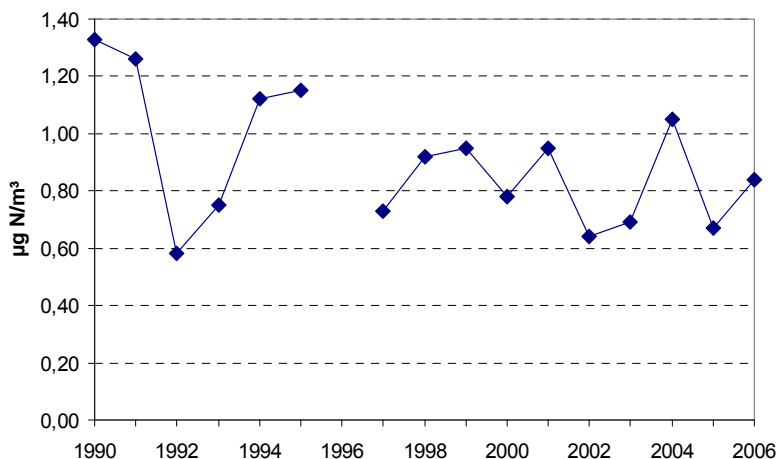
Nästan alla halter av anmärkningsvärda luftföroeningar har vid Meteorologiska institutets bakgrundsstationer minskat radikalt sedan början av 1980-talet. Minskningen fortsätter även in på 1990-talet, dock långsammare i södra Finland (Kulmala mm. 1998). I figurerna 6-7 presenteras gashalternas årsmedeltal för åren 1990-2006 vid Etseris bakgrundsstation och i figurerna 8-10 presenteras årsmängden av stoftnedfall för nitrat- och ammoniumkväve samt sulfatsvavel vid Etseris och Karlös bakgrundsstationer samt på lokala mätstationer i Kristinestad (Kristinestad och Bötombergens mätstationer) och Närpes (Norrnäs och Vidmossens mätstationer)(Nylund 2008). Vid Karlö har man mätt stoftnedfall sedan år 1995 (Salmi 2007); uppgifterna från lokala mätstationer är från år 1994–2002.

Vid Etseris bakgrundsstation har årsmängden för stoftnedfall haft en minskande trend under åren 1996-2006. Stoftnedfallet av sulfatsvavel har minskat i snabbare takt än nedfallet för kvävejoner. Vid Karlös bakgrundstation har endast årsmängden av stoftnedfall för sulfatsvavel haft en märkbar trend och den har varit långsamt avtagande. (Salmi 2007.)

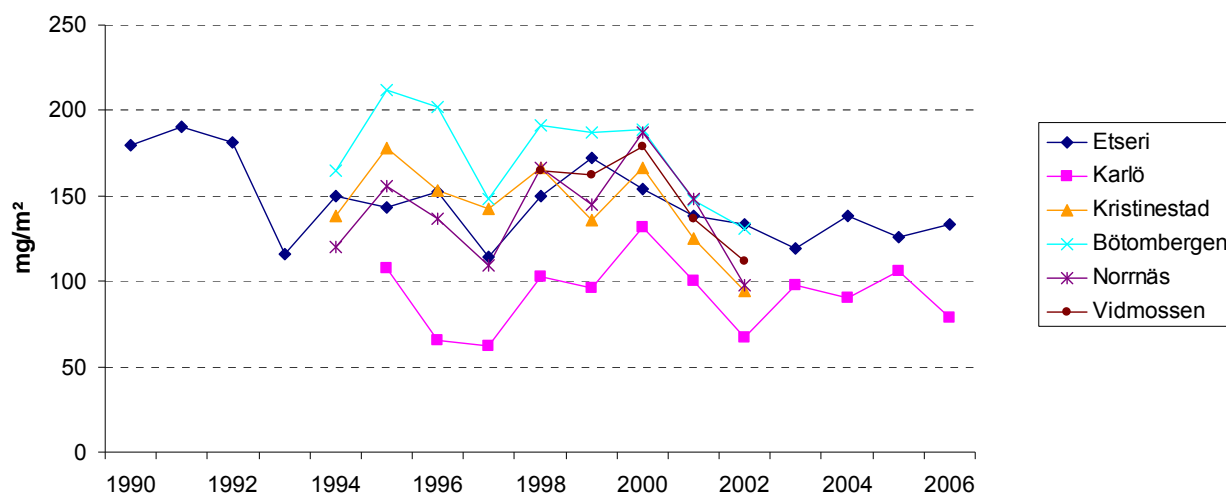
För nitratkvävet och ammoniumkvävet årsnedfall kunde det inte observeras en lika tydlig trend som för sulfatsvavlets årsnedfall, vilket har varit nedgående på alla mätstationer. På mätstationerna i Kristinestad och Vidmossen kunde det observeras en årlig variation i ammoniumkvävet årsnedfall. Årsnedfallen på de lokala mätstationerna var för alla föreningar i huvudregel högre än på bakgrundsstationerna i Etseri och Karlö.



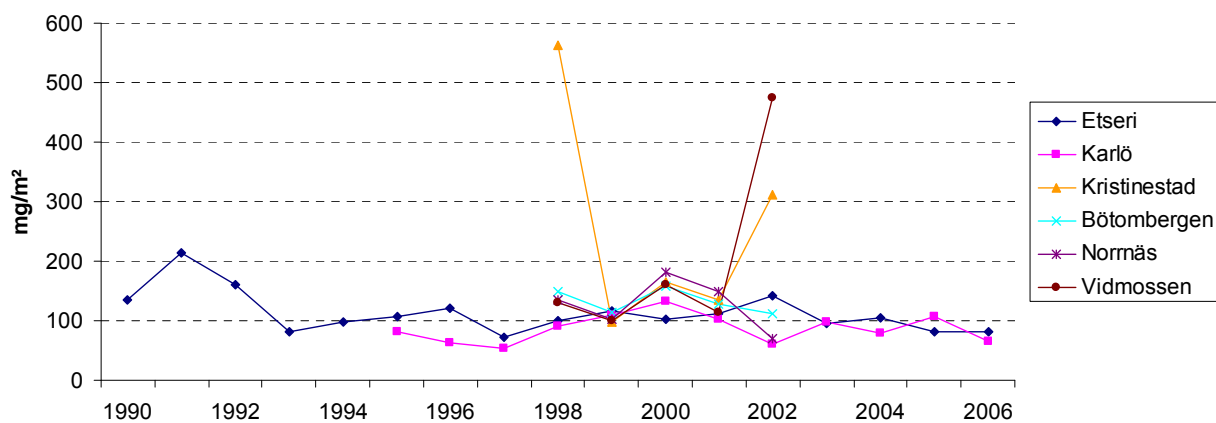
Figur 6. Halten av svaveldioxid som svavel ($\mu\text{g S/m}^3$) i luften, årsmedeltalet vid Etseris bakgrundsstation under åren 1990-2006 (Salmi 2007).



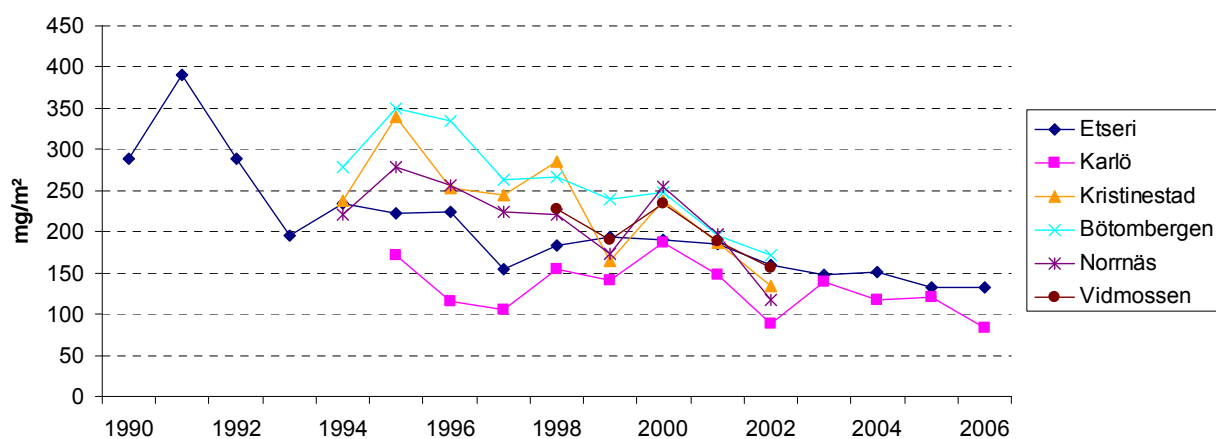
Figur 7. Halten av kvävedioxid som kväve ($\mu\text{g N/m}^3$) i luften, årsmedeltalet vid Etseris bakgrundsstation åren 1990-2006 (Salmi 2007).



Figur 8. Årsnedfallet av nitratkväve (NO_3^- -N mg/m^2) vid Etseris och Karlös bakgrundsstationer som uppehålls av Meteorologiska institutet samt vid lokala mätstationer i Kristinestad (Kristinestad och Bötombergen) och Närpes (Normäs och Vidmossen) åren 1990-2006 (Nylund 2007; Nylund 2008).



Figur 9. Årsnedfallet av ammoniumkväve (NH_4^+ -N mg/m^2) vid Etseris och Karlös bakgrundsstationer som uppehålls av Meteorologiska institutet samt vid lokala mätstationer i Kristinestad (Kristinestad och Bötombergen) och Närpes (Normäs och Vidmossen) åren 1990-2006 (Nylund 2007; Nylund 2008).



Figur 10. Årsnedfallet av sulfatsvavel (SO_4^{2-} -S mg/m^2) vid Etseris och Karlös bakgrundsstationer som uppehålls av Meteorologiska institutet samt vid lokala mätstationer i Kristinestad (Kristinestad och Bötombergen) och Närpes (Normäs och Vidmossen) åren 1990-2006 (Nylund 2007; Nylund 2008).

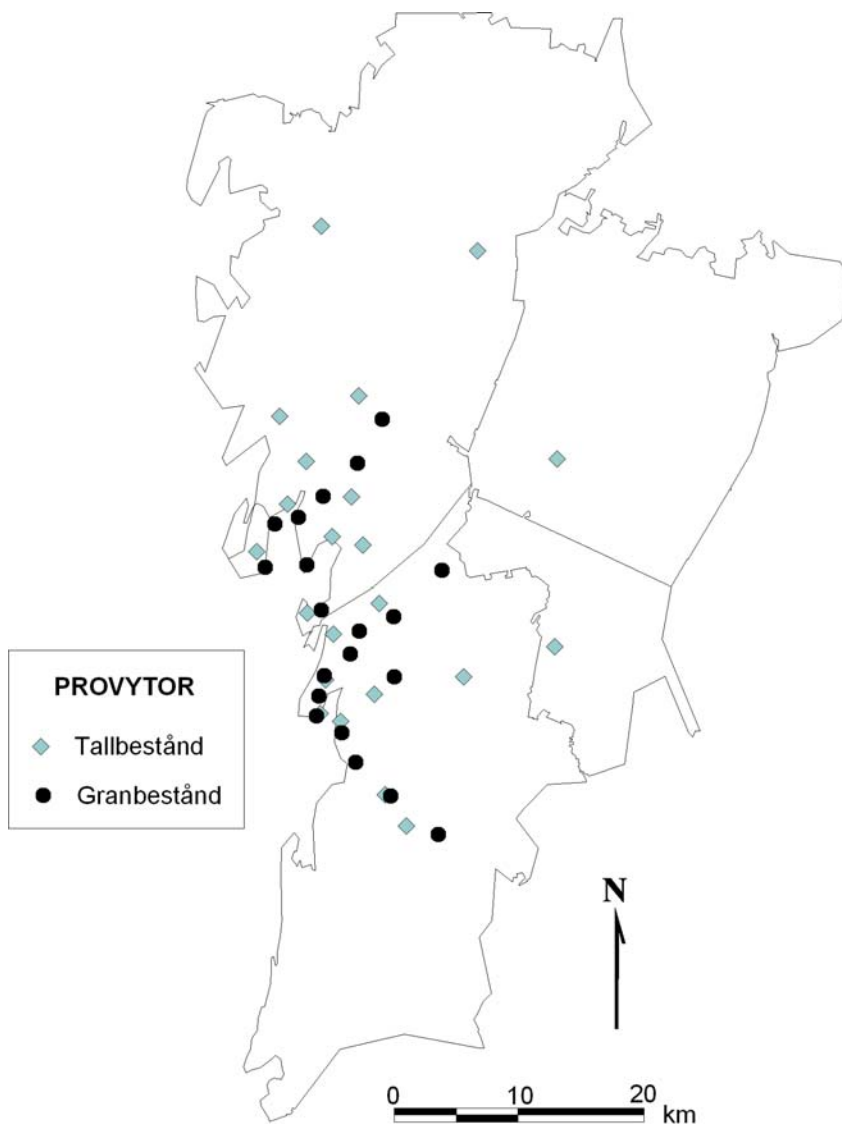
3. Material och metoder

3.1 Uppföljningsområde och provytor

Uppföljningen utfördes på 22 provytor med tallbestånd och 20 provytor med granbestånd. Provytorernas kommunvisa uppdelning är presenterade i tabell 3. Nätverket av provytor är tätare i Kristinestads norra delar och i södra delarna av Närpes (figur 11). 6 provytor med tallbestånd och 8 provytor med granbestånd var man tvungna inrätta på nytt på grund av hyggen, byggande eller andra orsaker som gjort att de gamla försvunnit. Jämfört med 1993 års uppföljning har 16 provytor med tallbestånd förblivit de samma. De nya områdena grundades på platser som var bättre lämpade för lavkartering. Enligt de kvalifikationskriterier presenterade i standard SFS 5670 (Bioindikation. Luftvård. Lavkartering.) för provytor med tallbestånd är skogens ålder, täthet och undervegetation mera relevant. De här faktorerna inverkar på förekomsten av epifyta lavar som växer på tallar i skogar med gynnsamma ljusförhållanden.

Vid val av nya uppföljningsskogar försökte man undvika områden där kanteffekten var väsentlig eller där avvikande mikroklimat, som påverkar lavarnas växtförhållanden, dominerade (t.ex. dödisgropar eller solslutningar) samt områden som nyligen bearbetats, t.ex. skogsgallring, inom de tre närmaste åren. Provträden valdes på basen av kriterierna, att diametern skulle vara åtminstone 20 cm och stammarna grenfria upp till tre meters höjd. De träd som hade buskar eller plantor växande runt stammen godkändes inte för karteringen. Optimala provytor, på basen av valkriterierna, ligger på torftiga eller torra torvmarker där undervegetationen är låg och skogen gles.

Provytorernas läge fastställdes med hjälp av GPS-mottagare, därtill fyllde man i terrängen i ett observationsformulär, anvisningar om hur man återfinner provytan och en ritning över var provträden är belägna. Lavkarteringar gjordes på fem träd och vitaliteten evaluerades på tio träd. Provträden märktes med en vit prick nere vid roten; vid roten av det 1:sta provträdet målades två prickar. När nya områden grundades numrerades träden från det första trädet mot norr och sedan cirkulerande motsols. På provytorna fastställdes skogstyp och trädbeståndets utvecklingsklass, stamträdens bottenyta fastställdes med hjälp av relaskop, och trädens höjd och ålder fastställdes visuellt.



Figur 11. Provytornas läge.

Tabell 3. Antal provytor kommunvist.

Kommun	Provytor med tallbestånd	Provytor med granbestånd
Bötom	1	
Kaskö	1	1
Kristinestad	9	11
Närpes	10	8
Östermark	1	
sammanlagt	22	20

Största delen av provytorerna med tallbestånd fanns på torftiga torvmarker i skog av VT-typ (lingontyp). 4 provytor fanns på torvmark som är lika näringsrik som frisk mo i skog av MT-typ (blåbärstyp) och 3 provytor på torra torvmarker i skog av CT-typ (ljungtyp). Medelåldern för trädbeståndet på alla provytor var 117 år, och största delen av provytorerna placerades i åldersklassen 110-119 år. Trädbeståndens genomsnittliga bottenyta var 17 m² och granarnas medeldiameter var 30 cm. Största delen av provytorerna placerades i utvecklingsklassen mogen. Stamträdens medelhöjd var 17 m, och den största höjdklassen som togs med i uppföljningen var 15-19 m. Den dominerande trädarten på provytorerna var tall, och på den största delen av provytorerna var tallen också det enda dominerande trädet. (Tabell 4.)

Tabell 4. Kännetecken som beskriver provtytor med tallbestånd.

Kännetecken				Kännetecken				
		antal	%			antal	%	
Skogstyp	OMT	0	0 %	Provträdens genomsnittsålder	under 60	0	0 %	
	MT	4	18 %		60-79	1	5 %	
	VT	15	68 %		80-99	7	32 %	
	CT	3	14 %		100-119	8	36 %	
	CIT	0	0 %		120 eller äldre	6	27 %	
	annan	0	0 %					
Trädbeståndets bottenyta (m ² /ha)	under 10	2	9 %	Provträdens genomsnittliga diameter (cm)	under 25	1	5 %	
	10-14	7	32 %		25-29	13	59 %	
	15-19	7	32 %		30-34	5	23 %	
	20-24	5	23 %		35 eller mera	3	14 %	
	25-29	1	5 %					
	30 eller större	0	0 %					
Utvecklingsklass	mogen	17	77 %	Stamträdens höjd (m)	under 10	1	5 %	
	grövre gallringsbes tånd	5	23 %		10-14	6	27 %	
	ung	0	0 %		15-19	12	55 %	
					20 eller högre	3	14 %	
1. stamart	tall	22	100 %	2. stamart	gran	8	36 %	
					björk	4	18 %	
					-	10	45 %	

Av provtytor med granbestånd befann sig största delen på torra torvmarker av skogstyp MT. Därtill fanns det 8 områden i skog av OMT-typ (harsyra-blåbärstyp) på torvmark som är lika näringsrik som lundartad mo, och ett område på torr torvmark i skog av VT-typ. Granarnas medelålder på provtytorna var 78 år, och största delen av provtytorna var i åldersklassen 60-79 år. Medeltalet av trädbeståndets bottenyta var 29 m² och granarnas medeldiameter var 27 cm. Största delen av provtytorna hörde till utvecklingsklassen grövre gallringsbestånd. De dominerande trädens medelhöjd var 17 m, och den största höjdklassen som togs med i observationen var 15-19 m. Den dominerande arten på provtytorna var gran förutom på ett område, på största delen av provtytorna var björk eller tall som andra dominerande art. (Tabell 5.)

Tabell 5. Kännetecken för provtytor med granbestånd.

Kännetecken				Kännetecken			
		antal	%			antal	%
Skogstyp	OMT	8	40 %	Provträdens genomsnittsålder	under 60	2	10 %
	MT	11	55 %		60-79	11	55 %
	VT	1	5 %		80-99	7	35 %
Trädbeståndets bottenyta (m ² /ha)	15-19	1	5 %	Provträdens genomsnittliga diameter (cm)	under 25	50	42 %
	20-24	6	30 %		25-29	41	34 %
	25-29	4	20 %		30-34	23	19 %
	30 eller större	9	45 %		35 eller mera	6	5 %
Utvecklingsklass	mogen	2	10 %	Stamträdens höjd (m)	10-14	6	30 %
	grövre gallringsbestånd	15	75 %		15-19	13	65 %
	ung	3	15 %		20 eller högre	1	5 %
1. stamart	gran	19	95 %	2. stamart	gran	1	5 %
	tall	1	5 %		björk	9	45 %
					tall	9	45 %
					asp	1	5 %

3.2 Uppföljningsmetoder

3.2.1 Undersökningsgrupp och tidpunkt för terrängarbete

Arbetsgruppen för terrängstudierna under sommaren bestod av forskningstekniker Tuomo Ellonen från miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylä Universitet, forskare Irene Huuskonen samt forskningsassistenter Kirsi Järvisalo, Terhi Lylyjärvi samt Teemu Oittinen. Uppföljningens lavkartering och observationer på trädbeståndet gjordes under tiden 7.8.2006-17.8.2006. Barrproven insamlades under perioden 1.2-5.4.2007. De som samlade in barrproven var Jukka Huttunen, Kirsi Järvisalo, Tommi Koukka, Emmi Lehkonen och Sari Leinonen.

3.2.2 Barrträdens barrförlust eller bedömning av tallkronornas utglesning

Barrträdens barrförlust ger inte särskilt uttryck för inverkningarna av luftföroreningar, utan beskriver i första hand trädets allmänna vitalitet. Trädets växtplats, ålder, klimatförhållanden, svampsjukdomar, insekter och andra skadefaktorer påverkar trädets barrförlust. Föroreningarnas belastning tillsammans med dessa faktorer kan leda till en större barrförlust än vad som normalt skulle påträffas i en ren livsmiljö (Jussila m.m. 1999). I mera omfattande studier med vidsträckt område har man funnit en korrelation mellan barrträdens barrförlust och den belastning som föroreningar orsakar (Salemaa m.m. 1991).

Vid bedömningen av barrförlusten ansågs de träd som hade en barrförlust över 20 % som utglesade. När träd hade en barrförlust mindre än 20 %, ansågs det bero på den naturliga barrväxlingen. På tallen förekommer barrförlusten ofta ojämnt, så att det på trädet kan finnas enstaka grenar med större barrförlust än andra. På de träd som har en stor barrförlust, är utglesningen av trädkronan vanligtvis jämn (figur 12). Även antalet barrårgångar beskriver trädets vitalitet och vanligtvis gäller att när barrförlusten ökar, minskar antalet barrårgångar i motsvarande grad.

På områden med belastning av föroreningar är barrträdens barrförlust ett mycket lokalt fenomen. Vid uppföljning av luftkvaliteten med hjälp av bioindikatorer i huvudstadsregionen konstaterades att medeltalet av barrförlusten på provytor med tallbestånd endast representerade området ifråga, för generaliseringen av resultaten var mindre än 0,3 km (Partanen och Veijola 1996). Även om barrförlusten som indikator för luftkvaliteten är dålig, är den ändå en tydlig mätare för trädets generella välmående. Därtill är bedömningen av barrförlust som metod lätt och snabb att utföra och den används mycket internationellt i övervakningen av vitaliteten i skogar.

Tallarnas barrförlust

Tallarnas kronutglesning eller barrförlust bedömdes enligt Skogsforskningsinstitutets bedömningsdirektiv (Lindgren och Salemaa 1999). Observationerna gjordes på tio träd per provyta, genom att med kikare titta på träden från olika håll på ett avstånd som motsvarade trädets höjd, och trädets barmängd jämfördes med vad ett friskt träd på samma växtplats kunde tänkas ha. Bedömningen av trädets barrförlust antecknades som procent, och därtill bedömdes färgförändringar (gul- eller brunaktiga) på en skala från 1 till 3, i vilken klass 1 hade 1-5 % av barren färgförändringar, i klass 2 hade 6-10 % av barren färgförändringar och i klass 3 hade över 10 % av barren färgförändringar. Egentligen anses ett träd ha färgförändringar först när över 10 % av trädets barmängd har färgförändringar. Barrens färgförändringar orsakas av underskott av näring, insektskador (t.ex. barkborren), svampar (t.ex. tallskytte, gråbarrsjuka på tall och tallens rotticka) samt abiotiska faktorer som t.ex. vårtorka. Även svavel- och kväve-emissioner kan orsaka färgförändringar (Skadegörare 2003).



Figur 12. Olika skeden av tallarnas kronutglesning (ingen barrförlust, lindrig barrförlust, uppenbar barrförlust).

Granarnas barrförlust

Vid bedömningen av granens barrförlust är granens grentyp relevant (borstgran, plattgran och kamgran). Granens procentuella barrförlust evaluerades på den levande trädkronan, två tredjedelar från toppen. Därtill evaluerades antalet sekundära grenar som korrelerar med barrförlusten och grenkragens kalhet, räknat från kronan, vid det 7. och 12. kvistvarvet. Kalhet innebär att barr saknas från grenkragen, och den kala grenkragen bedöms som en del av hela grenens längd. Sekundära grenar däremot, ersätter de förlorade barren vid trädets åldrande (Lindgren och Salemaa 1999). De uppkommer på grenens övre del på kvistögat och utvecklas vanligtvis flera år efter primärskottens uppkomst. Mängden av sekundära grenar har konstaterats öka på belastade områden som en följd av barrförlusten orsakad av luftföroreningar (Niskanen och Kuitunen 1991).

Felkällor och tillförlitlighet vid bedömning av barrförlust

Bedömning av kronans kondition är alltid subjektiv och faktorer som påverkar bedömningsresultaten är till exempel de felkällor som orsakas av skogens täthet, väderförhållanden och ljuset. (Salemaa m.m. 1993). Oberoende av subjektiviteten är bedömningen av barrförlusten användbar och en relativt snabb metod för att bedöma trädens vitalitet. Avvikelserna på grund av metodens subjektivitet kan minskas genom att utbilda bedömarna samt jämföra så många faktorer som möjligt som påverkar bedömningsresultaten (bedömare, träd, bedömningsriktning). De faktorer som minskar jämförligheten mellan olika studier är bl.a. skillnader mellan bedömarna, trädens olika ålder och storleksfördelning samt olika växtplatser.

I en jämförelse av Skogsforskningsinstitutets bedömare fastställdes det, att på 90 % av enskilda träd bedöms barrförlusten med en felmarginal av en barrförlustklass ($\pm 10\%$). I de här jämförelserna har det inte fastställts statistiska skillnader mellan olika bedömare vid bedömningen av träden till de olika klasserna för barrminskningen (Salemaa m.m. 1993).

I en jämförelse av bedömningsnivån för miljöforskningsinstitutets bioindikatorbedömare vid Jyväskylä universitet, placerades år 1994 95 % av de bedömda träden inom ramen för felmarginalen av en klass för barrförlust, och skillnaderna i indelningen av provträden i olika klasser för barrförlust var små utan statistisk relevans. Medelvärdet för bedömarna av barrförlust på tallar var mindre än en procent högre än medelvärdet för Skogsforskningsinstitutets bedömare, och inte heller varierade medelvärdena statistiskt från varandra (Niskanen 1995).

Bedömningsnivån sommaren 1996 ansågs motsvara nivån för Skogsforskningsinstitutets bedömare (Niskanen m.m. 1996). I terränggruppen från miljöforskningsinstitutet sommaren 2000 var värdena för barrförlusten i de första testerna i medeltal 8 % mindre än nivån för Metlas bedömare, även om den inre fördelningen i gruppen var liten (Lindgren 2000). Senare under samma sommar skilde sig inte terränggruppens värden statistiskt från varandra enligt Metlas Hannu Rantanens bedömning (Lindgren 2000).

För att minska felkällorna vid bedömningen av barrförlust ordnades en veckas lång utbildningsperiod för terränggruppen våren 2006 och bedömningsnivån testades innan terrängarbetet påbörjades. Med hjälp av Skogsforskningsinstitutets bedömningsträd testades bedömningsnivån för miljöforskningsinstitutets bedömare år 2007. Härvid motsvarade en av medlemmarna för miljöforskningsinstitutets terränggrupp Skogsforskningsinstitutets bedömningar väl och bedömningarna för två av medlemmarna var en aning högre än Skogsforskningsinstitutets bedömningar (Lindgren 2007).

3.2.3 Kartering av barrträdens epifyta lavar

Lavar består av en klorofyllfri svampdel och en assimilerande algdel, som lever i symbios. De har god framgång i näringsfattiga och torra livsmiljöer, där de högre växterna inte överlever. Lavar växer som flercelliga växtkroppar med lös struktur, utan skyddande ytcellsikt och utan klyvöppningar. Lavar tar upp näring och vatten direkt från luften, regnvattnet eller stamavrinningen. Det här gör att lavarna är speciellt känsliga för luftföroreningar. Exponeringen sker i huvudsak så att föroreningarna fäster sig på de proteiner i cellväggarna som finns på svampdelen. Under vintern, när det vanligtvis finns mera föroreningar i luften, täcks inte stamlavarna av snötäcket, och under mildare väderförhållanden kan deras cellverksamhet aktiveras.

Lavar beskriver luftföroreningarnas inverkan individuellt som synbara morfologiska eller kemiska förändringar, förändringar i lavfloran och förändringar i lavarernas täckningsgrad (Lodenius m.m. 2002). Den morfologiska förändringen evaluerades i den här uppföljningen med blåslavens (*Hypogymnia physodes*) skadeklass samt lavfloras allmänna skadeklass. Förändringar i lavfloras artsammansättning och täckningsgrad avser helt enkelt en minskning av de känsliga arterna och senare försvinnande från trädens stammar.

Lavarerna reagerar olika på luftföroreningar. En del är känsliga och är de första som försvinner på belastade områden, medan andra är mera toleranta och kan ockupera det lediga livsrummet. En del arter drar även nytta av belastningen (tabell 6). Blåslaven är en mycket bra indikator för luftföroreningar, eftersom den kan motstå även höga föroreningshalter, men indikerar dem genom morfologiska förändringar. Det har även påvisats att blåslaven kan dra nytta av luftföroreningar till en viss belastningsnivå (Anttonen 1990). Förekomsten av vissa arter påverkas förutom av artens känslighet för föroreningar även av naturliga miljöförhållanden, varför arternas indikatorvärden är olika (tabell 7).

De förändringar i lavarna och lavfloran, som luftföroreningar orsakar, kan ske snabbt, speciellt vid höga föroreningshalter. Vanligtvis syns effekterna flera år efter att belastningen minskat, eftersom lavarna växer långsamt och effekterna kan föras vidare genom växtunderlaget (Jussila m.m. 1999). Den viktigaste luftföroreningen som påverkar lavar är svaveldioxid, men även kväveföreningar inverkar samt alkaliska emissioner, som speciellt förändrar det för stamlavar typiskt sura växtunderlaget till mera basiskt.

Tabell 6. De undersökta lavarerna och deras känslighet för svaveldioxid (Kuusinen m.m. 1990).

Sensitivitet	Art (vet.)	Art (svenskt namn)
Uthållig, nyttoanvändare	<i>Algae + Scoliciosporum</i>	algtäcke
	<i>Hypcenyomyce scalaris</i>	flarnlav
Tämligen uthållig	<i>Hypogymnia physodes</i>	blåslav
	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	stocklav
	<i>Cetraria chlorophylla</i>	brämlav
	<i>Vulpicida pinastri</i>	granlav
Tämligen sensitiv	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	vedlav
	<i>Parmeliopsis aluerites</i>	blodlav
	<i>Platismatia glauca</i>	näverlav
	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	gälllav
	<i>Parmelia sulcata</i>	skrynkellav
Sensitiva	<i>Bryoria sp.</i>	tagellav
	<i>Usnea sp.</i>	skägglav

Tabell 7. SFS 5670 standardens lavararter som indikatorer av luftkvaliteten. Indikatorvärdets klassificering: +++ god, ++ måttlig, + liten, - dålig. Antalet åtföljande arter har beräknats på basen av materialet från bioindikatorstudien i Nyland och Östra-Nyland år 2000 (Niskanen m.m. 2001).

Blåslav (*Hypogymnia physodes*) +++



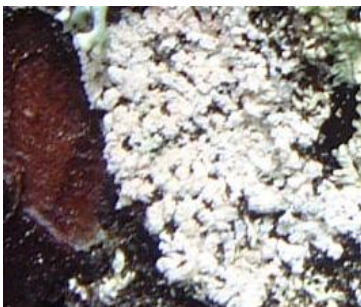
Blåslaven är den mest uthålliga och allmänna laven bland bioindikatorarterna, och den tål flest luftföroreningar. Blåslavens förekomstfrekvens eller täckningsgrad minskar först på svårt belastade områden. Blåslaven är en bra indikator för luftkvaliteten, eftersom även skador på blåflikarna beskriver belastningen av luftföroreningar. Antalet åtföljande arter är 3,93.

Stocklav (*Parmeliopsis ambigua*) +++



Även stocklaven tål mycket bra luftföroreningar och dess förekomstfrekvens följer belastningszonerna för luftföroreningarna. Stocklaven trivs bäst i täta fuktiga skogar (Pihlström & Myllyvirta 1995). Stocklaven är mycket allmän, tål luftföroreningar och är en bra indikatorart. Antalet åtföljande arter är 4,02.

Vedlav och klilav (*Parmeliopsis hyperopta* & *Imshaugia aleurites*) +++



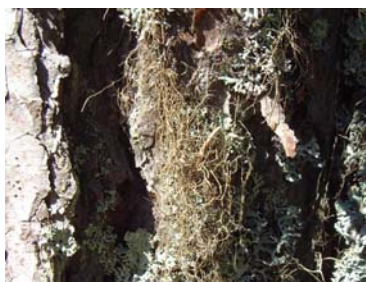
Vedlav och klilav placeras på tredje plats i skalan av uthållighet. Den här placeringen lämpar sig vanligtvis bra för dessa arters förekomstfrekvens i den regionala indelningen, eftersom arterna har en mindre förekomstfrekvens än de två tidigare nämnda och förekommer mera sällan på belastade områden jämfört med blåslaven och stocklaven. Vedlav och klilav tål luftföroreningar, är bra indikatorarter, men som dock föredrar torra och ljusa talledungar på klippor. Antalet åtföljande arter är 4,49.

Flarnlav (*Hypocenomyce scalaris*) ++



Flarnlav växer naturligt på gamla tallstammar. Den kan även dra nytta av luftföroreningar och förekomsten ökar när belastningen av luftföroreningar ökar. Flarnlaven är en rätt bra positiv indikator för luftföroreningar, dess förekomst beskriver närmast effekten av den övergödning som kvävenedfallet har. Antalet åtföljande arter är 4,84.

Tagellav (*Bryoria* sp.) +++



Tagellavar har i medeltal högst antal åtföljande arter, vilket indikerar deras känslighet för luftföroreningar. Tagellavarnas förekomstfrekvens följer vanligtvis belastningsnivån för luftföroreningar och tagellavarnas längd kan användas som kännetecken för att beskriva belastningen. Tagellavar är bra indikatorer för luftföroreningar. Antalet åtföljande arter är 5,12.

Skägglav (*Usnea* sp.) +++



Skägglavens förekomstfrekvens varierar med belastningen av luftföroreningar på samma sätt som tagellavarna. Antalet åtföljande arter är rätt många precis som hos tagellaven, vilket påvisar lavarternas känslighet för luftföroreningar. Skägglavarnas längd kan även användas som kännetecken för att beskriva belastningen. Närheten till stränder gynnar skägglavarnas förekomst, och därför är dess indikatorvärde måttlig. Antalet åtföljande arter är 5,12.

Näverlav (*Platismatia glauca*) ++



Näverlaven är på basen av antalet åtföljande arter en relativt känslig indikatorart och dess förekomstfrekvens är i allmänhet logisk: arten saknas på belastade områden och förekommer rikligt på rena områden. Näverlaven är känslig för luftföroreningar, men dess naturliga förekomst kan ändå variera mycket, och därför är dess indikatorvärde måttlig. Antalet åtföljande arter är 4,51.

Granlav (*Vulpicida pinastri*) +



Förekomsten av granlav är ofta väldigt slumpmässig, den kan förekomma på mycket belastade områden men å andra sidan saknas på bakgrundsområden. Den naturliga förekomsten av granlav varierar mycket, men luftföroreningarna kan möjligtvis påverka dess förekomst. Granlavens indikatorvärde som indikator för luftkvaliteten är ändå låg. Antalet åtföljande arter är 4,39.

Brämlav (*Cetraria chlorophylla*) –



Av de 12 indikatorarterna är brämlaven en av de mest sällsynta. Dess förekomst varierar ofta slumpmässigt och den kan hittas på mycket belastade områden. Som indikator för luftkvaliteten är brämlaven dålig. Antalet åtföljande arter är 5,10.

Gälllav (*Pseudevernia furfuracea*) ++



Gälllav är en mycket allmän lavart på tallstammar. På basen av medelantalet av åtföljande arter kan gällaven anses vara känslig för luftföroreningar, och dess regionala förekomstfrekvens motsvarar ofta belastningsfördelningen av luftföroreningar. Luftföroreningar orsakar tydliga förändringar på gällavens bålflikar. Närheten till stränder gynnar förekomsten av gälllav, eftersom den trivs i ljusa, torra talldungar på klippor. Som indikator är den måttlig. Antalet åtföljande arter är 4,41.

Skrynkellav (*Parmelia sulcata*) +



Som lavart påträffas skrynkellaven sällan på tallstammar. Skrynkellaven är en lavart som drar nytta av näringsämnen och förekommer främst t.ex. i närheten av områden med kalkdamm. Skrynkellaven lämpar sig bra som indikator för kalkdamm. Generellt är skrynkellaven så sällsynt, att dess indikatorvärde förblir låg. Antalet åtföljande arter är 4,27.

Grönalg och trädgrönelav (*Algae & Scoliciosporum*) +++



Vid en växande mängd av kvävednedfall ökar mattan av grönalger alltså är den en positiv indikator för luftföroreningar. Grönalgen och trädgrönelaven är bra indikatorer för kvävebelastningen. Antalet åtföljande arter är 3,98.

Lavkartering på tallar

Förekomsten av 12 lavararter studerades på tallstammarna i enlighet med anvisningarna i standard SFS 5670 men utökades genom att studera lavarnas riklighet med en treskalig klassificering (tabell 8). På varje provyta fanns det 5 provträd, och tallarnas lavflora studerades på 50-200 cm höjd. Blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen bedömdes med en femskalig klassificering med en precision av en halv skadeklass (tabeller 9 och 10, figur 16). Förekomstfrekvensen beräknades med ett rutnätverk på schablon för blåslav och tagellav (*Bryoria* sp.), på 1,2 m höjd på den öst-nordöstra sidan och väst-sydvästra sidan av provträdet.

Tabell 8. Klassificering av lavarnas riklighet. Algtäcket (*Algae & Scoliciosporum*) och flarnlaven (*Hypocenomyce scalaris*) är klassificerade enligt täckningsgrad (%), andra arter på basen av antalet båfllikar.

Klass	Antal, båfllikar, st.	Täckningsgrad, %
1	1 - 2	< 5
2	2 - 7	5 - 49
3	> 7	≥ 50

Tabell 9. Skadeklassificering (SFS 5670) för blåslaven (*Hypogymnia physodes*).

Skadeklass	Synliga förändringar
I normal	lavarna friska eller nästan friska
II lindrig skada	lindrigt förtvinade, lindriga färgförändringar
III tydlig skada	lavarna är förtvinade, grönskiftande eller mörknade eller bådadera
IV svår skada	lavarna är små, skrynkliga, grönskiftande eller mörknande eller båda
V död eller saknas	



I = frisk II = lindrig skada III = tydlig skada IV = svår skada V = död eller saknas

Figur 13. Skadeklassificering av blåslaven (*Hypogymnia physodes*).

Tabell 10. Allmän skadeklassificering (SFS 5670).

Allmänna skadeklass	Synliga förändringar
I normal	alla arters utseende och växt oförändrade
II lindrig skada	buskartade lindrigt tvinnade, bladartade normala
III tydlig skada	buskartade små, bladartade skadade
IV svår skada	buskartade saknas, bladartade allvarligt skadade
V död eller saknas	även bladartade saknas, algtäcke kan förekomma

På varje provyta beräknades IAP-indexet (Index of Atmospheric Purity, index som beskriver luftens renhet), som beskriver lavvegetationen på provytan (LeBlanc och DeSloover 1970). Med hjälp av IAP-index kan olika lavars förekomstfrekvens presenteras med ett siffervärde, där man har tagit i beaktande de olika arternas känslighet för luftföroreningar. Ett högt indexvärde antyder en riklig lavflora och därmed bra luftkvalitet, ett lågt indexvärde får områden där lavfloran minskat (tabell 11). Indexet beräknades för varje provyta enligt följande:

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

Q = medelantalet av åtföljande arter för varje lavart (se tabell 7)

f = den relativa förekomstfrekvensen för arten på provytan (0-1)

n = antalet lavarter (10)

IAP-indexet är beräknat genom att använda de 10 indikatorarterna uppräknade i standard SFS 5670. I beräkningen lämnades flarnlaven (*Hypocenomyce scalaris*) och alger samt trädgrönelaven (*Algae & Scoliciosporum* sp.) bort, eftersom de drar nytta av belastningen.

Antalet åtföljande arter som används i beräkningen varierar i olika undersökningar, och därför är en jämförelse på basen av IAP-indexen oftast inte möjlig. Antalet åtföljande arter i den här studien (tabell 7) beräknades på basen av materialet från Nylands och Östra Nylands

bioindikatorstudie från år 2000 som utfördes på 6230 tallar (Niskanen m.m. 2001). I mängden av varje arts åtföljande art har flarnlav, alg och trädgrönelav tagits i beaktande.

Tabell 11. Klassificering av lavsamhällen på basen av IAP-index.

IAP-index	Beskrivning av lavfloran
> 3	artsammansättningen av lavar motsvarar den på bakgrundsområdet, med finns de allmänt känsliga arterna
2 - 3	små förändringar i artsammansättningen, generellt saknas känsliga arter
1 - 2	artsammansättningen har minskat, de känsliga arterna kan förekomma på enstaka träd
0,5 - 1	artsammansättningen har minskat tydligt, generellt saknas de känsliga arterna, arter som drar nytta luftföroreningar förekommer vanligtvis på stammarna
< 0,5	lavöken eller nästan lavöken

För varje provträd och -yta beräknades artmängden för de lavar som lider skada av luftföroreningar. Vid beräkningen av artmängden för ett specifikt område eller träd togs inte de arter som drar nytta av föroreningarna, flarnlav samt alg och trädgrönelav, i beaktande, då var artmängden högst 10 på varje provträd eller provyta. På rena bakgrundsområden påträffas det vanligtvis fler lavararter än på belastade områden. Lavfloran kan även klassificeras på basen av artmängd (tabell 12).

Tabell 12. Klassificering av lavfloran på basen av artmängd.

Artmängd	Beskrivning av artmängden
0 - 1	väldigt tydlig minskning
2 - 3	tydlig minskning
4 - 5	minskning
6 - 7	lindrig minskning
≥ 8	normal mängd i artsammansättningen

På basen av blåslavens förekomstfrekvens beräknades blåslavens relativa täckningsgrad för varje provträd. Blåslaven är en art som tål luftföroreningar, och den överlever även på sådana områden var känsliga arter inte överlever. Därför är den ofta en stark konkurrent till att ta över växtplatser från andra arter – visserligen tål blåslaven belastning endast till en viss nivå, därefter minskar täckningsgraden (jmf. Niskanen m.m. 2003 och Niskanen m.m. 1996).

Lavkartering på granar

Lavkartering på granar är inte lika entydig som på tallar. På granen växer bl.a. vägglavar, som är svåra att identifiera. På granar karteras endast blåslavens riklighet, algförekomst och den allmänna lavförekomsten. Den allmänna lavförekomsten motsvarar ändå inte lavkarteringen på tall som indikatorer för luftkvaliteten (Jussila m.m. 1999). Granens lavar undersöktes enskilt på stammen, kvistar och rotstammen. På alla provträd undersöktes blåslavens, algens samt andra lavars förekomst enligt klassificeringen 0-3 (tabell 13).

Tabell 13. Bedömningsgrunder för granens lavar.

Värde	På stammar och kvistar	Vid roten
0	förekommer inte alls	förekommer inte alls
1	liten förekomst	täckningsgrad 1-10 %
2	mättlig förekomst	täckningsgrad 11-50 %
3	riklig förekomst	täckningsgrad > 50%

Felkällor och tillförlitlighet vid lavkartering

På tillförlitligheten av resultaten från lavkarteringen inverkar speciellt karterarens artkännedom samt erfarenhet i uppföljningar med bioindikatorer. Att känna till de 12 indikatorarterna presenterade i standard SFS 5670 räcker inte, eftersom man lätt blandar ihop arterna om artkännedomen är knapp. Luftföroreningar kan orsaka märkbara förändringar i lavarnas utseende, och därför räcker det inte kunskapsmässigt till att man känner igen lavarnas naturliga utseende.

Registreringen av förekomsten av de olika lavarerna kan variera mellan olika karterare. På grund av algtäcken och tillväxttempo är kartering av flarnlav speciellt besvärligt. Algtäcket kan förekomma som små grönskiftande plättar. Om barken är våt, kan det även vara svårt att urskilja algtäcket. Blåslaven växer som enskilda 1 mm stora fjäll. Detta fjälltäcke kan nästan vara homogent, lätt att upptäcka på barken, eller som torftiga nästan enskilda fjäll. Angående *Parmelia* släktet har bara de med tydligt synbara båflikar registrerats, gula och ljusa finmjöliga växttyper som finns på barken registreras inte. På grund av de tidigare nämnda orsakerna är felkällorna många vid bedömningen av förekomst och karteringen av epifyter, speciellt när man jämför de olika lavarernas resultat.

Vid subjektiv bedömning, som baserar sig på evaluering och klassificering av synbara skador på lavar, kan variationer i resultaten uppkomma på grund av skillnaden mellan olika karterare. För att minska dessa felkällor skolades terränggruppen och bedömningsnivån blev densamma för karterarna med hjälp av tester före terrängperiodens början.

I utredningen (Palojärvi m.m. 2005a) som miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylä universitet gjorde på felkällor vid bedömning av tallens epifyta lavar och blåslavens skador konstaterades, att värdena för blåslavens skador inte skilde sig statistiskt märkbart mellan karterarnas egna bedömningsgångar, mellan olika karterares observationer fanns det några statistiskt märkbara skillnader. Vid blåslavens relativa täckningsgrad konstaterades några statistiskt märkbara skillnader samt skillnader mellan karterarnas egna mätningar men även mellan olika karterare, också vid bedömningarna av lavtäcken. Vid evaluering av algtäcken var lavobservationerna osäkra. Värdena för förekomsten av algtäcken på provytorna avvek på områden där algtäcken förekom på tallstammarna som små grönskiftande plättar. När man avvek från algtäcken till observationer på blåslaven kunde inga skillnader i bedömningen konstateras. (Tabell 14.)

Tabell 14. Lavobservationernas mätningprecision med en 95 % tillförlitlighetsintervall.

	OBSERVATIONSPRECISION	SKILLNAD I RESULTATEN
<i>Skador på blåslaven</i>		
Skillnaden mellan en karterares värden	3 - 12 %	0,1 - 0,2 skadeklass
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	10 - 16 %	0,2 - 0,4 skadeklass
<i>Antal lavar</i>		
Skillnaden mellan en karterares värden	11 - 23 %	0,9 - 1,6 arter
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	0 - 5 %	0 - 0,9 arter
<i>Blåslavens täckningsgrad</i>		
Skillnaden mellan en karterares värden	34 - 42 %	3,3 - 3,0 %-enhet
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	11 - 22 %	0,7 - 4,9 %-enhet

3.2.4 Insamling av barrprov och analysering av grundämneshalterna

Genom att fastställa barrrens grundämneshalter försöker man utreda regionala skillnader i belastningen av luftburna föroreningar. Föroreningar samlas i barren samt i barrrens ytceller genom att sugas upp via rotsystemet, och en del av nedfallet blir kvar på barrrens yta utan att tas upp (Jussila m.m. 1999). Kraftiga regn sänker grundämneshalten i barren; på belastade områden kan svavelhalten sjunka med till och med 30-50 % (Huttunen 1982). Den näring som sköljs ner från kronan är det torra nedfall som landat på barren eller bladcellerna (Helmisaari 1993). Även barrrens ålder kan inverka på de uppmätta halterna, eftersom när barren åldras kan halten av lätta eller relativt lätta transportabla näringsämnen (N, S, Mg, K, P, Zn, Cu, Fe, B) reduceras, och halten av dåligt transportabla ämnen (Ca, Mn) öka. Rörliga näringsämnen förflyttas från gamla barr till nya, speciellt då trädet lider brist på näring (Merilä m.m. 1996). På de belastade områdena är situationen dock annorlunda, speciellt för svavel, eftersom svavelhalten ofta ökar när barren åldras. (Nieminen m.m. 1993, Helmisaari 1993.) I den här uppföljningen undersöktes halterna för tall- och granbarrrens primära näringsämnen samt grundämnen, kväve (N), fosfor (P) och kalium (K), av de sekundära näringsämnena undersöktes kalcium (Ca), magnesium (Mg) och svavel (S), av spårämnen undersöktes bor (B), mangan (Mn), järn (Fe), koppar (Cu) och zink (Zn). Därtill utreddes barrrens krom- (Cr), kadmium- (Cd) och nickelhalter (Ni). Grundämneshalten i tallbarr analyserades på den andra årgången, och i granbarr på både den första och den andra årgången.

Barrens grundämneshalt beskriver den relativa belastningen, eftersom en del av grundämnena har sitt ursprung från markens naturliga näringskällor (Jussila m.m. 1999). Grundämneshalten beskriver även näringsrelationen, möjlig brist eller giftigt höga halter. Av de undersökta grundämnena beskriver speciellt svavel och kväve den belastning som luftföroreningar orsakar. Den naturliga växlingen av näringshalter i barren är stor, eftersom halterna påverkas av ett flertal faktorer. (Jussila m.m. 1999.) Entydiga riktvärden för barrrens grundämneshalter är svåra att ge, eftersom riktvärdena varierar mellan olika källor (jmf. Reinikainen m.m.1998). I tabellerna 15-17 presenteras riktvärden från olika källor, som beskriver barrrens grundämneshalter på träd med normal näringsbalans. Värdena varierar beroende på källan, och beskriver inte de skadliga halterna korrekt. På grund av detta, skall det vid bedömning av näringsbalansen tas i beaktande bl.a. skogstyp och andra faktorer som inverkar på näringsinnehållet. I tabell 15 presenteras riktvärdena för näringshalter i tallbarr på torra och torftiga moar (VT-typ och CT-typ), i tabell 16 presenteras riktvärdena för näringshalter samt kännetecknen för dem som tagits från material från olika källor i skog på momark (tall och gran) samt i tabell 17 presenteras FN:s riktvärden för Mellaneuropas skogar som Europas ekonomikommission angivit för grundämneshalter. Jämfört med de finska riktvärdena är Europas riktvärden högre, och på grund av olikheter i väderförhållanden kan de inte anpassas till den här uppföljningen.

Normalhalten av kväve i tallar anses vara ca. 11 g/kg, och vid lägre halter anses trädet ha kvävebrist (Jukka 1988). Normalhalten av svavel i barrträd på bakgrundsområden anses vara 900 mg/kg torrsubstans, när det på belastade områden i södra Finland kan vara 1500 mg/kg (Jussila 1999). För trädens tillväxt anses en svavelhalt på 900-1200 mg/kg vara lämplig (Reinikainen m.m. 1998).

Tabell 15. Riktvärden för tallbarrrens näringshalt på torftiga eller torra momarker. Inom parentes är halterna för frisk mo och lundartad momark presenterade. (Jukka 1988.)

Näringstillstånd	kväve g/kg	fosfor mg/kg	kalium mg/kg	bor mg/kg
Låg	< 11 (< 12)	< 1200 (< 1400)	< 3500	< 5
tillräcklig	11 - 13,9	1200 - 1449 (1400 - 1599)	3500 - 3900	5 - 7,9
lämplig	≥ 14	≥ 1450 (≥ 1600)	≥ 4000	≥ 8

Tabell 16. Nödvändiga värden vid tolkning av barranalyser för skog på momark (enligt Reinikainen m.m. 1998, Brække 1995, Mälkönen 1991 och Raitio 1994).

	Stor brist	Lämplig (optimal)	Medium	Minimum	Maksimum
N %	1,1 - 1,3	1,5 - 2,1	1,23	0,74	2,25
P g/kg	0,8 - 1,2	1,4 - 1,8	1,46 - 1,52	0,98	3
K g/kg	3,0 - 4,1	5,0 - 7,0	4,82 - 4,87	3,1	8
Ca g/kg	1,0 - 2,1	över 3,0	1,85 - 2,28	1,14	4,24
Mg g/kg	0,3 - 0,7	0,5 - 1,0	0,99 - 1,07	0,52	1,48
S g/kg	0,5 - 0,9	över 0,9	0,94	0,66	1,42
B mg/kg	under 4	över 8,0	12,1	3,6	27,6
Cu mg/kg	1,9 - 3,0	Inget optimalt värde	2,6 - 3,2	0,8	5,9
Zn mg/kg	under 5,0	Inget optimalt värde	40 - 46	25,5	61
Mn mg/kg	under 7,0	Inget optimalt värde	409 - 555	157	767
Fe mg/kg	27 - 30	Inget optimalt värde	46,4	24,3	148

Tabell 17. FN:s/ECE:s klassificeringsvärden för grundämneshalter i tallbarr..

Klassgräns	N g/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg g/kg	S mg/kg
Minimivärde	12	1000	3500	1500	600	1100
Maximivärde	17	2000	10 000	4000	1500	1800

Insamling och analysering av barrprov

Barrproven insamlades enligt standard SFS 5669 under vintern 2007 från de provtytor som användes vid kartering av lavar och barrförlust, samma 10 provträd användes. Barrproven skall insamlas under trädens viloperiod, eftersom under växtperioden varierar grundämneshalterna mycket (t.ex. Raitio och Merilä 1998). Från varje provträd skars 3-4 kvistar från olika sidor av trädet på 8-12 meters höjd. Proverna packades i plastpåsar, som förvarades nedfrysta tills proverna skulle förbehandlas. Den andra barrrängingen separerades från proverna (årsgång från år 2005), de torkades i papperspåsar 40°C temperatur i en vecka. De torra barren maldes till en homogen massa och löstes upp med hjälp av salpetersyra i en apparatur där vätförbränningen sker med hjälp av mikrovågor. De avsvalnade proverna spädades ut med vatten och centrifugerades. Barrprovets grundämneshalter, förutom kväve, fastställdes med hjälp av ICP-OES apparatur (Jobin-Yvon Ultima 2) i enlighet med standard SFS 5781. Kvävehalterna fastställdes med en CNS-analysator (Thermo Finnigan FlashEA 1112) på de lufttorkade proverna. För att fastställa kvalitetssäkring av mätningarna för grundämnen användes förutom parallellmätningar även laboratoriets interna kontrollprov samt certifierade referensmaterial (NIST SRM 1575, tallbarr och BCR CRM 101, granbarr).

Felkällor och tillförlitlighet vid kartering av barrrens grundämneshalter

Miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylä universitet undersökte år 2004 felkällor i samband med insamling av barrproven och analysering. Metodens mätningsprecision, som behandlar felkällor för både provtagning och analysering, var för svavelhalten i medeltal $\pm 5\%$, och för kvävehalten $\pm 7\%$. Som sämst var mätningsprecisionen på verkningsområdet från en stor punktkälla, för svavel $\pm 14\%$ och för kväve $\pm 12\%$ (tabell 18). För att minska mätosäkerheten för provtagningen togs proverna från olika sidor av trädet, så att man i blandprovet får barr från föroreningskällans sida samt från läsidan. Vid upprepning av metoden observerades det inte några statistiskt anmärkningsvärda skillnader mellan undersökningarna (se Palojärvi m.m. 2005b). I studien från

år 1995 bedömdes karteringens mätningprecision för barrens svavelhalt att vara $\pm 7 \%$ (Niskanen 1995) och vid upprepning av metoden $\pm 14 \%$ (tabell 18) (Niskanen m.m. 1996).

Vid karteringen av barrens svavel- och kvävehalt försämrades precisionen i metoden som användes, speciellt vid sådana situationer då halternas variationsbredd var liten och väderförhållandena påverkade halterna. Genom att ta prov från samma träd under olika år, fås en bättre bild av förändringar i halterna på provytorna. Den mätosäkerhet och de bestämningsgränser som uppkommer i samband med laboratorieanalyser för de specificerade grundämneshalterna finns presenterade i tabell 19.

Tabell 18. Medelvärde av mätningprecisionen för svavel och kväve i de olika evalueringarna av mätningprecisionen som gjorts under olika år med en 95 % konfidensintervall. År 1995 var mängden av träd på provytorna 5 i stället för de 10 som användes år 2004.

		Medeltalet av mätningprecision	Sämsta mätningprecision
Svavel	2004	$\pm 5 \%$	$\pm 14 \%$
	1995	$\pm 7 \%$	
Kväve	2004	$\pm 7 \%$	$\pm 12 \%$

Tabell 19. Metoder, bestämningsgränser och mätosäkerhet som användes vid analyseringen av barrens grundämneshalter.

GRUNDÄMNE	METOD	BESTÄMNINGSGRÄNS mg/kg	MÄTOSÄKERHET
Al	ICP-OES	5	5-15 mg/kg ± 3 mg/kg > 15 mg/kg $\pm 20 \%$
As	ICP-MS	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm 0,03$ mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm 20 \%$
B	ICP-OES	1	1-3 mg/kg $\pm 0,6$ mg/kg > 3 mg/kg $\pm 20 \%$
Ca	ICP-OES	10	10-40 mg/kg ± 6 mg/kg > 40 mg/kg $\pm 15 \%$
Cd	ICP-MS	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm 0,03$ mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm 20 \%$
Co	ICP-MS	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm 0,06$ mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm 20 \%$
Cr	ICP-MS	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm 0,06$ mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm 20 \%$
Cu	ICP-OES	1	1-4 mg/kg $\pm 0,6$ mg/kg > 4 mg/kg $\pm 15 \%$
Fe	ICP-OES	3	3-20 mg/kg ± 2 mg/kg > 20 mg/kg $\pm 10 \%$
Hg	CVAAS	0,01	20 %
K	ICP-OES	30	30-150 mg/kg ± 15 mg/kg > 150 mg/kg $\pm 10 \%$
Mg	ICP-OES	10	10-50 mg/kg ± 5 mg/kg > 50 mg/kg $\pm 10 \%$
Mn	ICP-OES	0,2	0,2-0,7 mg/kg $\pm 0,1$ mg/kg > 0,7 mg/kg $\pm 5 \%$
Na	ICP-OES	30	30-100 mg/kg ± 15 mg/kg > 100 mg/kg $\pm 15 \%$
Ni	ICP-MS	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm 0,06$ mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm 20 \%$
P	ICP-OES	10	10-50 mg/kg ± 5 mg/kg > 50 mg/kg $\pm 10 \%$
Pb	ICP-MS	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm 0,03$ mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm 20 \%$
S	ICP-OES	15	15-80 mg/kg ± 8 mg/kg > 80 mg/kg $\pm 10 \%$
V	ICP-MS	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm 0,06$ mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm 20 \%$
Zn	ICP-OES	1	1-5 mg/kg ± 1 mg/kg > 5 mg/kg $\pm 20 \%$

3.2.5 Geoinformationsmetoder

Vid bearbetningen av geoinformationsmaterialet, utarbetningen och visualiseringen tillämpades programvarorna MapInfo 8.0 och MapViewer 5. Zonkartorna i resultatsektionen utarbetades med programvaran Surfer 8. Zonkartorna interpolerades med kriging-metoden. Kriging-metoden beräknar värdet för okända punkter genom att fokusera på de närmaste kända punkternas värde, men fokuseringen baserar sig inte endast på avståndet mellan punkterna eller de förutspådda positionerna, utan även på kända punkters spatiala ordning och deras värden. Vid användandet av kriging-metoden upptäcktes den spatiala autokorrelationens inverkan, desto närmare varandra områden ligger, desto mera påminner de om varandra angående vissa företeelser. (Polojärvi 2007.)

Vid granskningen av zonkartor skall det tas i beaktande att interpoleringen alltid är en generalisering, vars noggrannhet påverkas framför allt av punkternas mängd och täthet. Följaktligen kan resultaten från interpoleringen anses vara tillförlitliga på de områden där kända punkter (provytor) ligger nära varandra, men i interpoleringsresultaten från glesa nätverk är osäkerhetsfaktorerna betydligt flera. När nätverket av provytor är glest, påverkar resultatet från en enskild provyta hela det vidsträckta området betydligt mera än om nätverket av provytor är tätt. Därför skall man vid granskningen av Sydösterbottens framställda zonkartor ta i beaktande interpoleringens felkällor i uppföljningsområdets norra och södra delar, där nätverket av provytor är glest.

Som material för grundkartorna användes kartmaterialen från AffectoGenimap Finland Oy (tillstånd L706/08).

4. Resultat

4.1 Barrträdens vitalitet

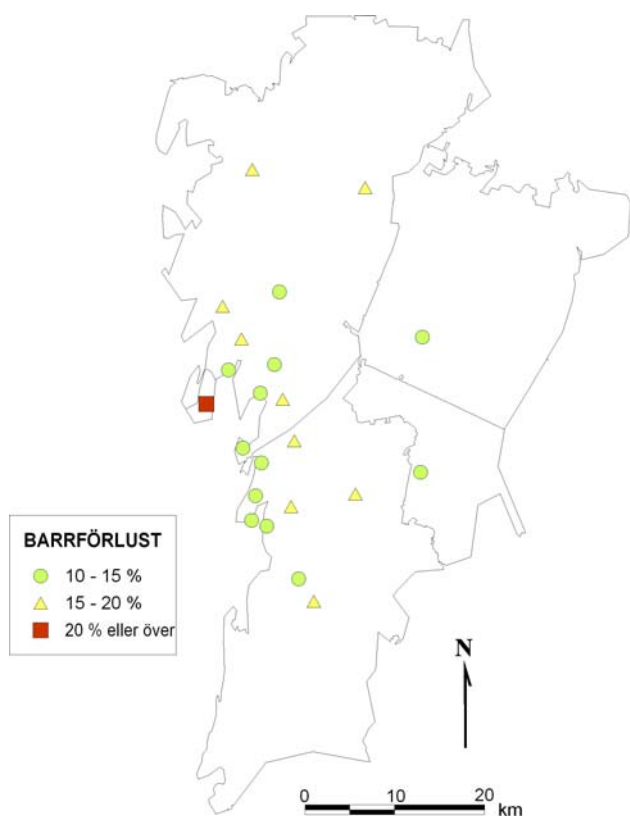
4.1.1 Tallens barrförlust

Tallens trädspecifika barrförlust beskrivna med variabler och storleksvariabler presenteras i tabell 20. Tallarnas genomsnittliga barrutglesningsgrad på hela undersökningsområdet var 15,4 % och mängden av trädens genomsnittliga barrårgångar var 3,5. De genomsnittliga färgförändringarna var 1,5 (variationsintervall 0-3).

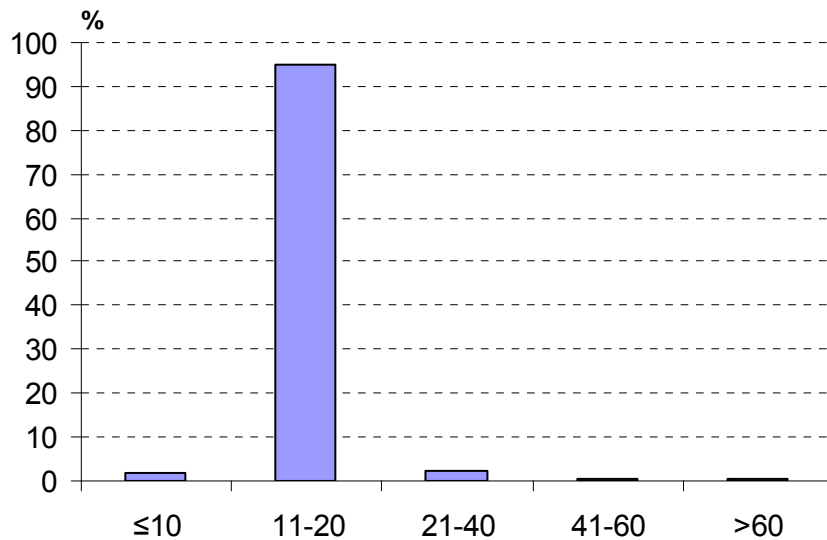
Tabell 20. Tallens barrförlust och antal barrårgångar samt trädens storlek på undersökningsområdet. N = provträdens mängd (de tal som beskriver höjden är beräknade områdesvis på höjdvärden från de dominerande träden).

<i>n</i> = 220	Medeltal	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
Barrförlust (%)	15,4	10	80	5,70
Barrårgångar	3,5	3	5	0,43
Färgförändring	1,5	0	3	1,08
Höjd (m)	17,2	10	23	3,23
Diameter (cm)	29,7	13,7	49,3	6,12

Träd med en kronutglesning över 20 % var sällsynta i Sydösterbotten: endast ett område hade en genomsnittlig barrförlust över detta värde. Detta område fanns i Kaskö (figur 14). En fördelning i tallarnas utglesning orsakad av belastningen från luftföroreningar, kunde inte observeras på uppföljningsområdet. Det fanns 7 träd vars kronutglesning var över 20 %, vilket är 3 % av alla studerade träd. (Figur 15.) Den överlägset största delen av träden (95 %) placerades i barrförlustklassen 11-20 %.

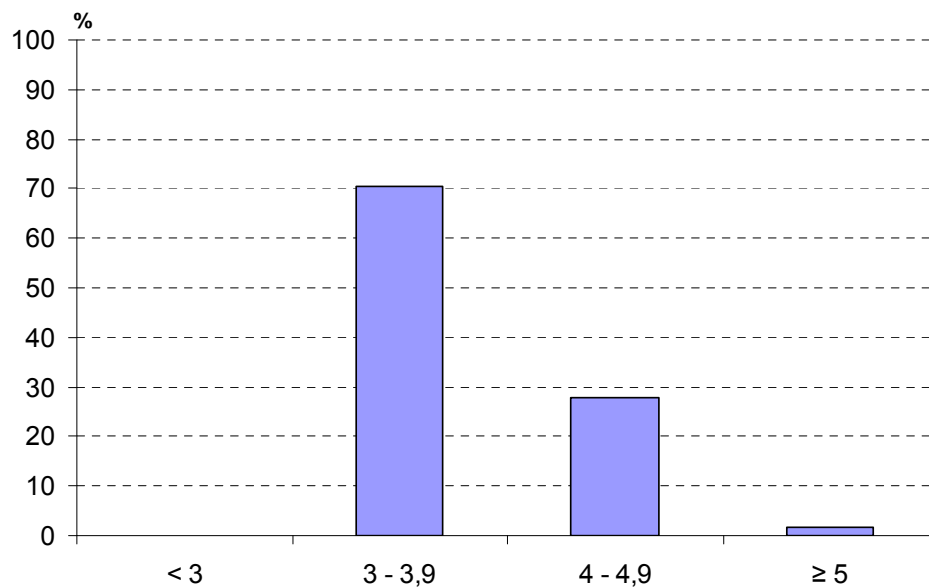


Figur 14. Tallarnas barrförlust på undersökningsområdet år 2006 (medelvärde på varje provyta).

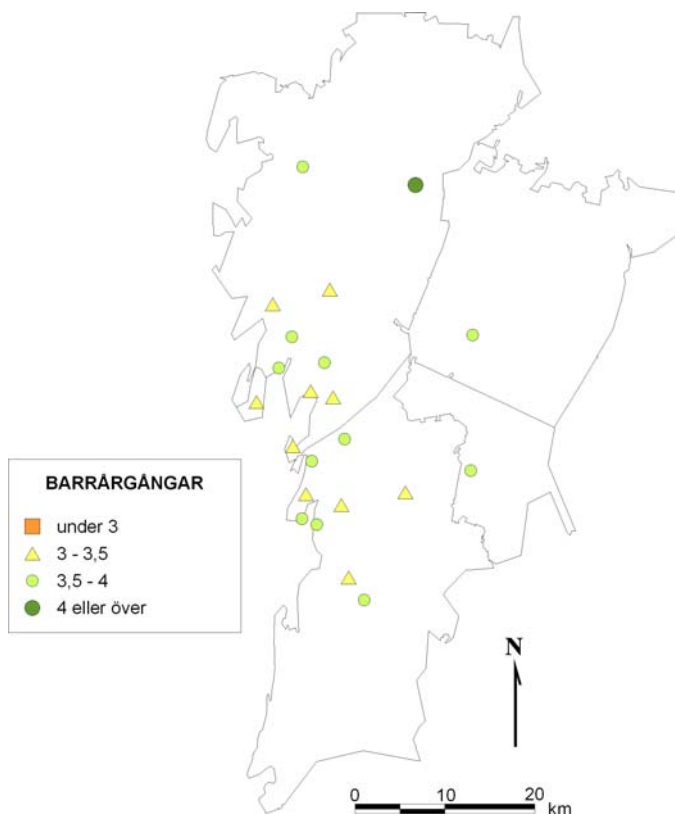


Figur 15. Fördelning av tallarna i barrförlustklasser i Sydösterbotten. N = 220.

Största delen (70 %) av provtallarna hade 3-3,9 barrårgångar, vilket är en normal mängd för södra Finlands tallar. (Lindgren och Salemaa 2000.) Inte en enda tall hade mindre än 3 barrårgångar. (Figur 16.) I mängden av barrårgångar observerades inga regionala variationer (figur 17).



Figur 16. Fördelning av tallarna i barrårgångsklasser i Sydösterbotten. N = 220.



Figur 17. Medeltalet av barrårgångar på provytorna år 2006.

Färgförändringar upptäcktes på 70 % av alla studerade tallar. Den mest allmänna skadeklassen var 5-10 %, i vilken 58 % av alla observationer av färgförändringar placerades. Antalet träd med väsentliga färgförändringar (över 10 % av barmassan har färgförändringar) var på uppföljningsområdet 37 stammar, eller 24 % av alla observerade färgförändringar och 17 % av alla studerade träd. Den relativt höga andelen provträd med färgförändringar kan bero på den torra, som dominerade under sommaren när uppföljningen utfördes. Vid torra tappar träden de äldre barrårgångarna tidigare än vanligt.

Insekt- och svampskador upptäcktes på fem trädstammar av de studerade träden. Filtrost upptäcktes på 4 träd och skador orsakade av mörghorn (Tomicus sp.) på 1 träd.

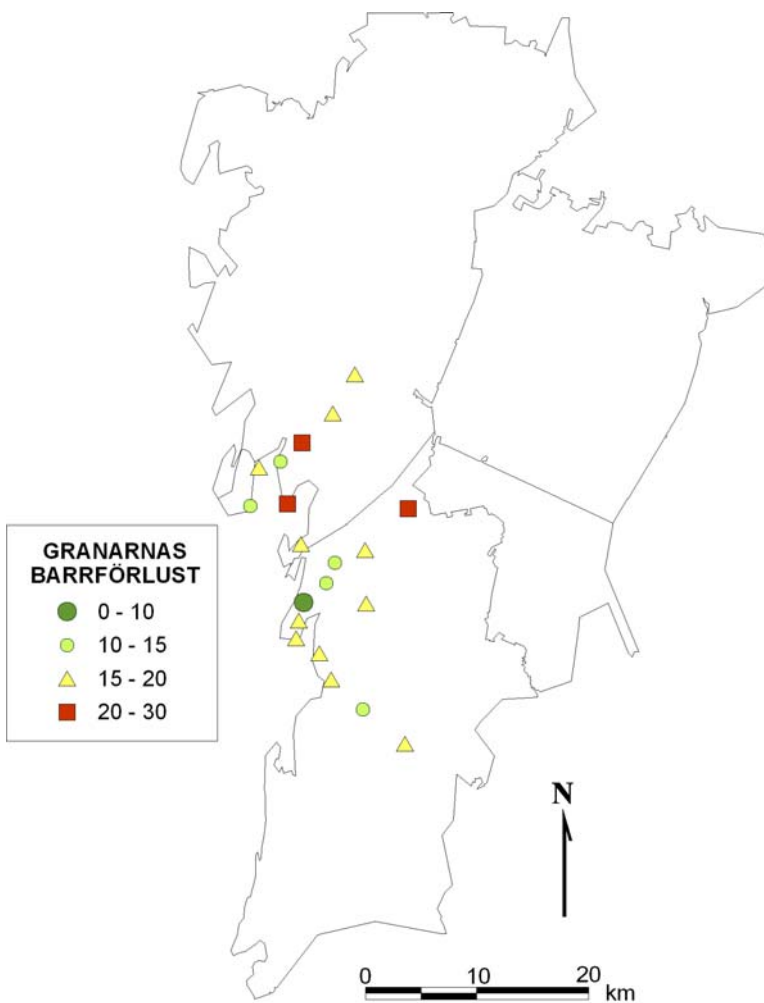
4.1.2 Granarnas barrförlust

Granarnas trädspecifika barrförlust beskrivna med variabler och storleksvariabler presenteras i tabell 21. Medelvärdet av granarnas barrförlust var i Sydösterbotten 16 %. Kvistrotens utglesning var vanligare vid det 12. kvistvarvet än vid det 7. kvistvarvet. Den genomsnittliga andelen av sekundärgrenar var 1,6 (variationsintervall 0-3).

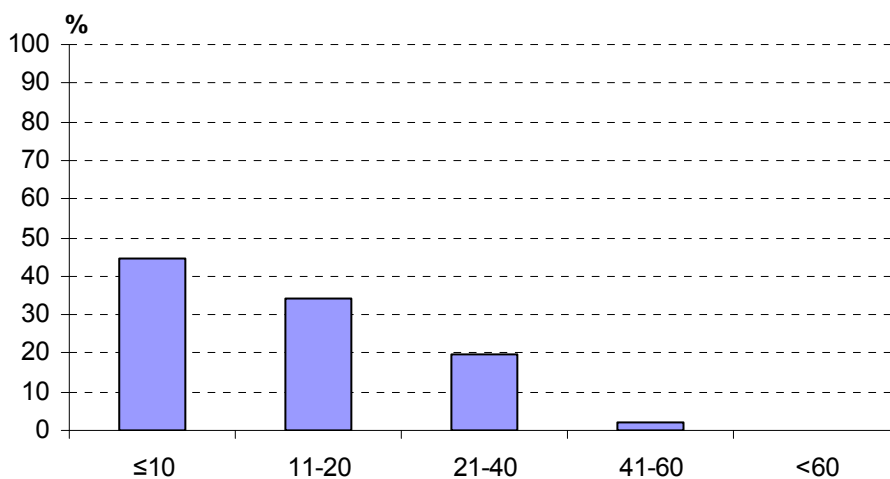
Tabell 21. Granarnas barrförlust, kvistrotens utglesning, andel av sekundärgrenar samt trädens storlek på undersökningsområdet. N = antalet av provträd. De tal som beskriver höjden är beräknade områdesvis på höjdvärden från de dominerande träden.

<i>n</i> = 200	Medeltal	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
Barrförlust (%)	16,1	0	55	10,3
Höjd (m)	16,9	12	25	3,0
Diameter (cm)	27	18	39	4,6
Kvistrotens utglesning vid 7. (%)	2,0	0	40	5,6
Kvistrotens utglesning vid 12. (%)	17	0	60	11
Sekundärgrenar	1,6	0	3	0,74

I fördelningen av granens barrförlust kunde inga regionala variationer upptäckas. Granarna var på tre provytor skadade. (Figur 18.) Av granarna placerades största delen (45 %) i barrförlustklassen 0-10 %. Mängden av granar med kronutglesning var 22 % av de studerade träden. (Figur 19.)



Figur 18. Granarnas barrförlust på undersökningsområdet år 2006 (medelvärde områdesvist). N = 200.



Figur 19. Fördelning av granarna i barrförlustklasser i Sydösterbotten. N = 200.

4.2 Tallens stamlavar

Tallarnas lavsamhällen beskrivna med variablernas medeltal, extrema värden och standardavvikelse presenteras i tabell 22. Det genomsnittliga IAP-indexet på undersökningsområdet var 2,5, vilket indikerar lindriga förändringar i lavfloran. Områdesvis i Sydösterbotten var det genomsnittliga antalet 7,3 för de lavararter som tar skada av luftföroreningar och den trädspecifika artmängden var 5,6, med andra ord var lavfloran i Sydösterbotten lindrigt utarmad. Den allmänna skadeklassens medelvärde (2,2) var en aning högre än medelvärdet för blåslavens skadeklass (1,9). Både blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen för artsammansättningen av lavar, beskriver de lindriga skador luftföroreningar orsakat. Medeltalet för blåslavens täckningsgrad på uppföljningsområdet var 8,3 %, och alger upptäcktes i medeltal på 3 av 5 provträd.

Tabell 22. Luftrenhetsindex för tallens stamlavar, områdesspecifik och trädspecifik artmängd, blåslavens täckningsgrad och algens frekvens. Vid beräkningen av artmängden togs inte algen och flarnlaven i beaktande.

<i>n</i> = 22	Medeltal	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
Luftrenhetsindex	2,5	0,8	3,4	0,70
Artmängd / provyta	7,3	2	9	1,75
Artmängd / träd	5,6	2	9	1,74
Allmänna skadeklass	2,2	1	4,1	0,67
Blåslavens skadeklass	1,9	1,2	3,7	0,52
Blåslavens täckningsgrad (%)	8,3	0,2	36,4	8,29
Algens riklighet	3,0	0	5	1,99

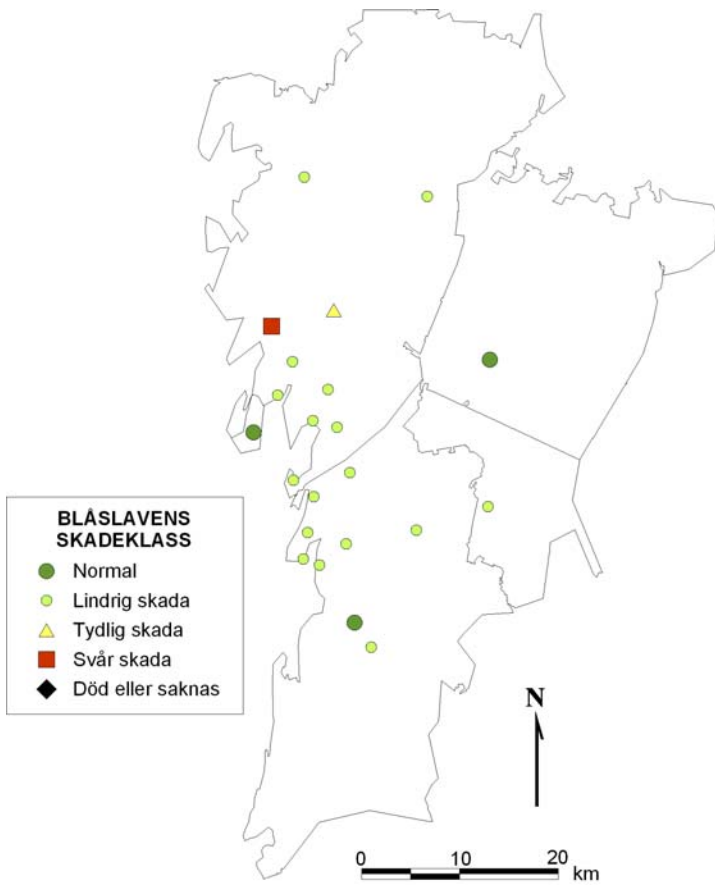
4.2.1 Blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen

Blåslavens skador var svåra på ett område i Tjårlax i Närpes, och tydliga skador upptäcktes på ett område i Närpes centrum. Blåslavens skador var lindriga på 17 provytor och friska blåslavar växte på tre provytor. (Figur 20.)

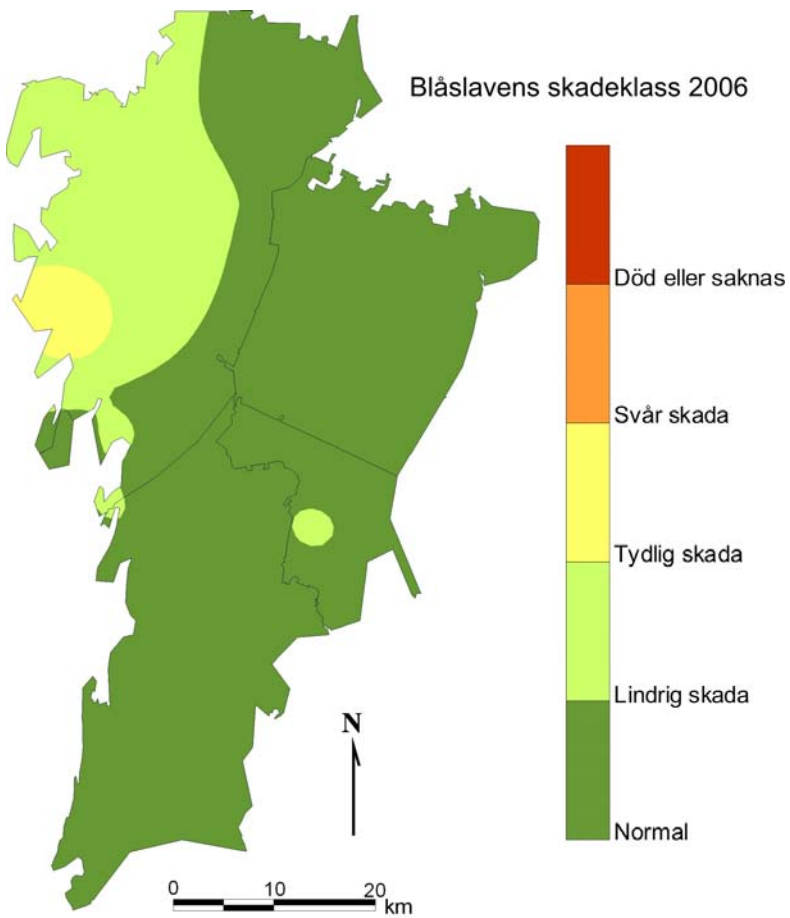
Zonen med friskt växande blåslavar täckte uppföljningsområdets södra och östra delar. En zon med lindrigt skadade blåslavar fanns på uppföljningsområdets norra del och i Närpes västra del fanns ett till ytan litet område med svårt skadade blåslavar. (Figur 21.)

Den allmänna skadeklassen var på en provyta i Sydösterbotten svårt skadad. Denna provyta fanns i Tjårlax i Närpes, där även blåslaven var svårt skadad. Tydliga skador på stamlavarna observerades på 7 områden. Skadorna på stamlavarna var lindriga på 12 områden och stamlavarna var friska på två provytor i Kristinestad. (Figur 22.)

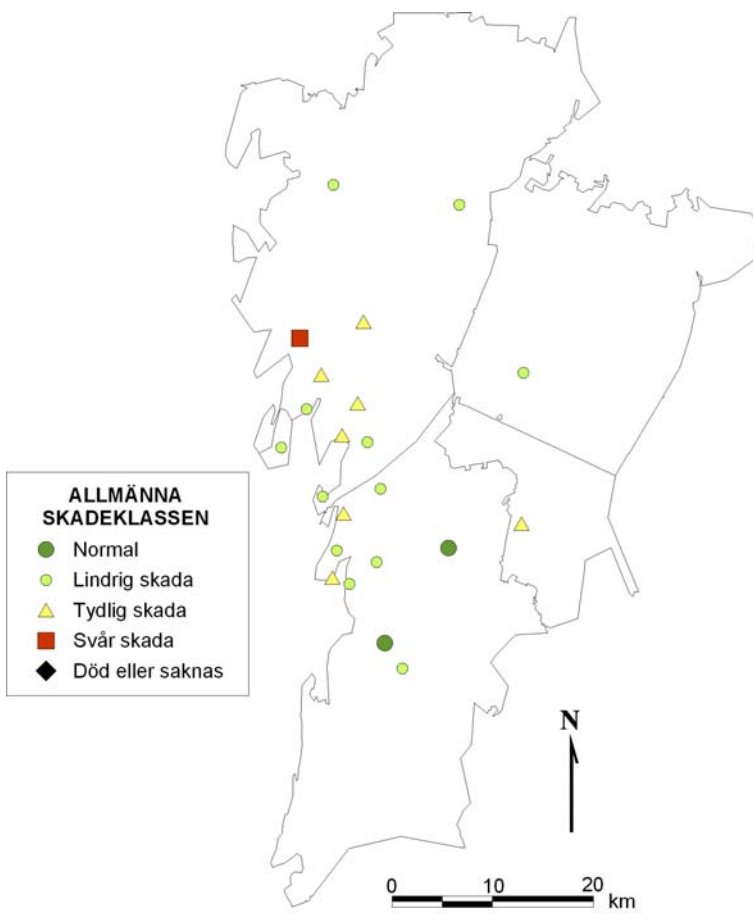
På basen av den allmänna skadeklassen för stamlavarna hörde uppföljningsområdets nordöstra och mellersta delar till zonen med friska stamlavar. Största delen av uppföljningsområdet hörde till zonen med lindrigt skadade stamlavar. Zonen med tydligt skadade stamlavar fanns främst i västra delarna av Närpes, där zonen med tydligt skadade blåslavar även fanns. (Figur 23.)



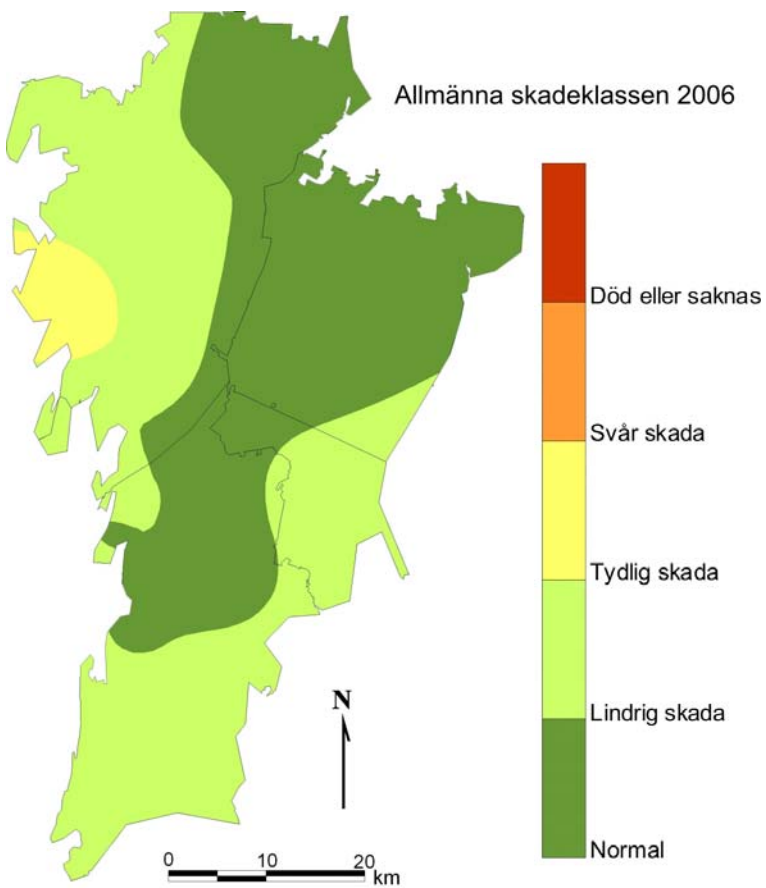
Figur 20. Blåslavens skadeklass på uppföljningsområdet år 2006.



Figur 21. Zoner som beskriver blåslavens skadeklass år 2006.



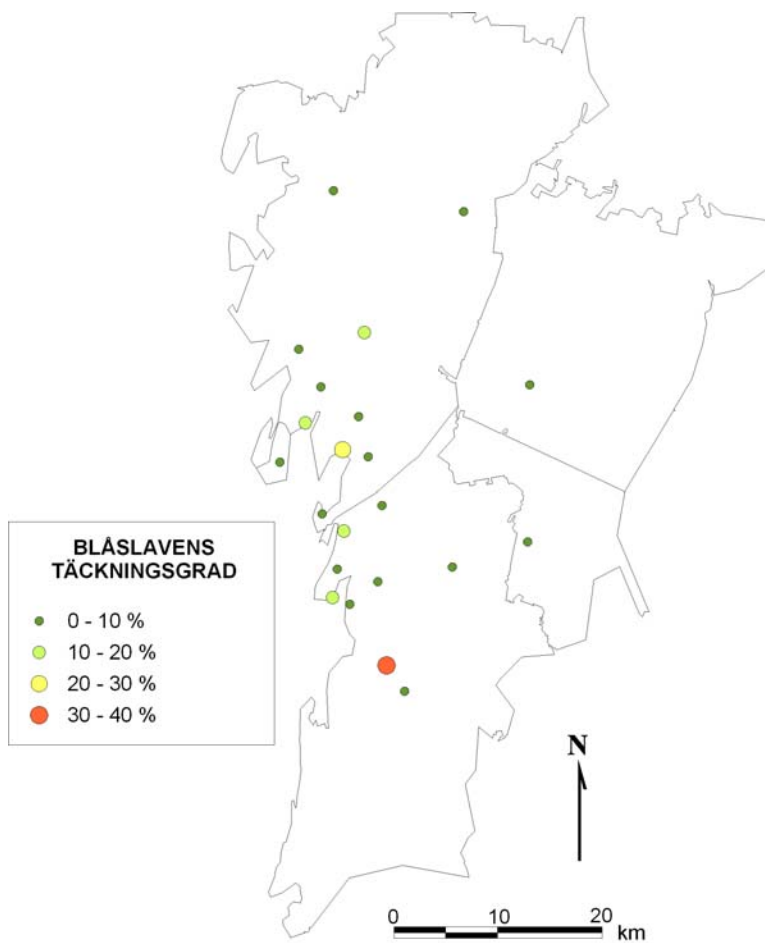
Figur 22. Allmänna skadeklassen på undersökningsområdet år 2006.



Figur 23. Zoner som beskriver den allmänna skadeklassen på uppföljningsområdet år 2006.

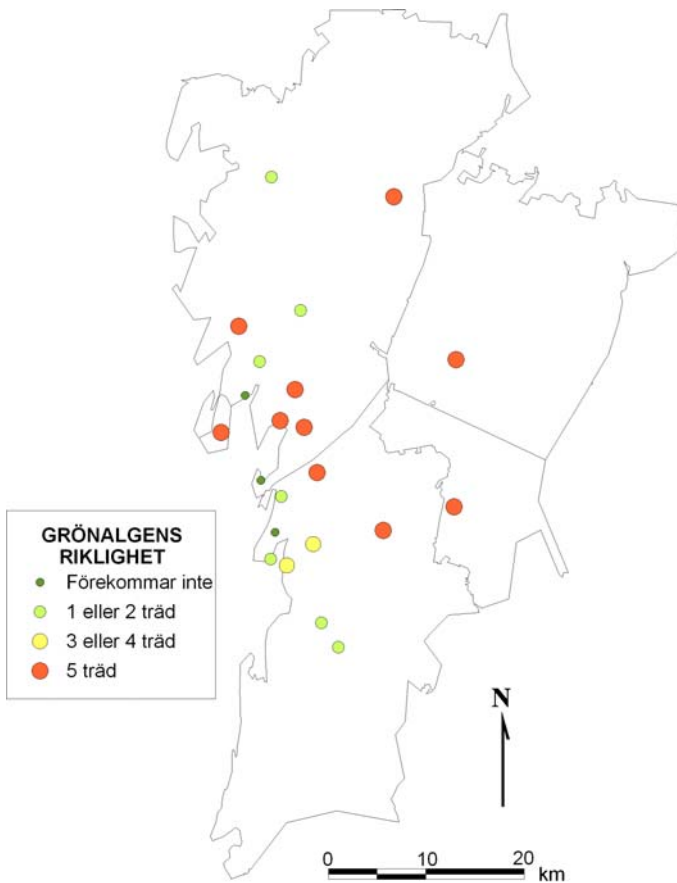
4.2.2 Blåslavens täckningsgrad och algens riklighet

I Sydösterbotten var blåslavens täckningsgrad 30 % eller högre på ett område i Kristinestad. På de flesta provytorna (73 %) var blåslavens täckningsgrad mindre än 10 %. (Figur 24.)



Figur 24. Blåslavens genomsnittliga täckningsgrad på de studerade tallstammarna år 2006.

Grönalgens riklighet bedömdes enligt förekomstfrekvens (0-5) på provytorna. I Sydösterbotten var den riklighetsklass som beskriver grönalgens riklighet störst, på de provytor där grönalg observerades på alla provträd (46 % av provytorna). (Figur 25.)

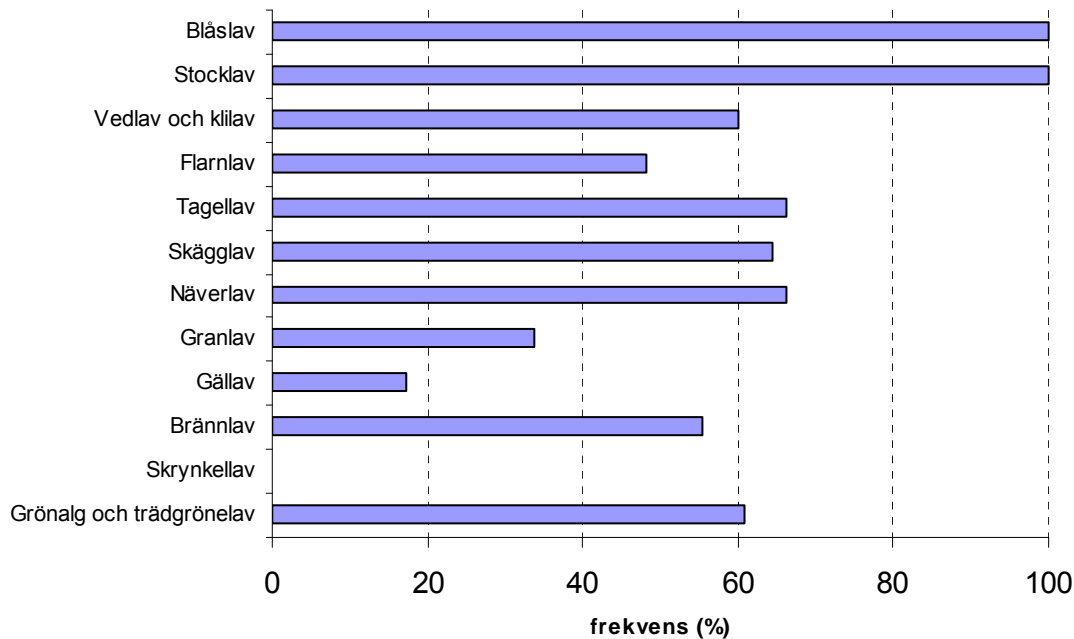


Figur 25. Grönalgens riklighet på uppföljningsområdet år 2006.

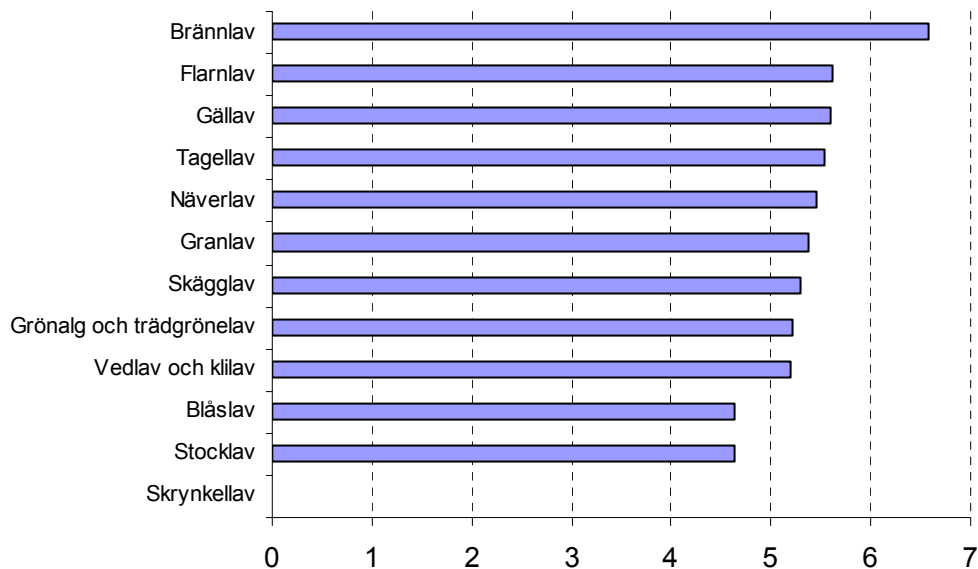
4.2.3 Artmängden

Av de studerade lavarerna i Sydösterbotten var blåslaven och stocklaven de mest allmänna (båda fanns på alla studerade stammar). De följande mest allmänna arterna var näverlav, tagellav (båda på 66 % av stammarna) och skägglavar (på 65 % av stammarna). Alg och trädgrönelav observerades på 61 % av alla studerade stammar och ved- och klilav på 60 %. Gällav observerades på 55 % av stammarna, flarnlav på 48 %, granlav på 34 % och brämlav på 17 %. Skrynkellav observerades inte alls i Sydösterbotten. (Figur 26.)

De studerade arterna hade i medeltal 4,9 åtföljande arter. Mängden åtföljande arter beskriver till en viss mån lavarernas känslighet för luftföroreningar på så sätt, att ju fler åtföljande arter en art har, desto känsligare är den som indikator. Det är dock anmärkningsvärt, att mängden åtföljande arter i sig inte beskriver artens känslighet för luftföroreningar, som framgår i tabell 6 på s. 13. Vid beräkningen av antalet åtföljande arter togs inte flarnlaven, grönalgen och trädgrönelaven i beaktande, eftersom de är arter som drar nytta av den belastning luftföroreningar förorsakar. På basen av åtföljande arter som studerades hör brämlav (6,6 åtföljande arter), flarnlav (5,6 åtföljande arter), gällav (5,6 åtföljande arter) och skägglavar (5,5 åtföljande arter) till de mera känsliga arterna för luftföroreningar. Resultatet för flarnlaven motsvarar inte helt artens förmodade uthållighet, vilket borde antyda en mindre mängd åtföljande arter (arten förekommer ensam på de områden, där de andra arterna har försvunnit). Resultatet kan förklaras med, att flarnlaven speciellt trivs på gamla tallstammar med sköldbark, och så är den inte en art som endast finns på belastade områden. I Sydösterbotten var medelåldern för provträden hög, och eftersom artmängden på provytorna var ganska stor på hela uppföljningsområdet, kunde inte en situation som beskrevs tidigare uppkomma, där flarnlaven skulle förekomma ensam eller bara med ett fåtal åtföljande arter. (Figur 27.)



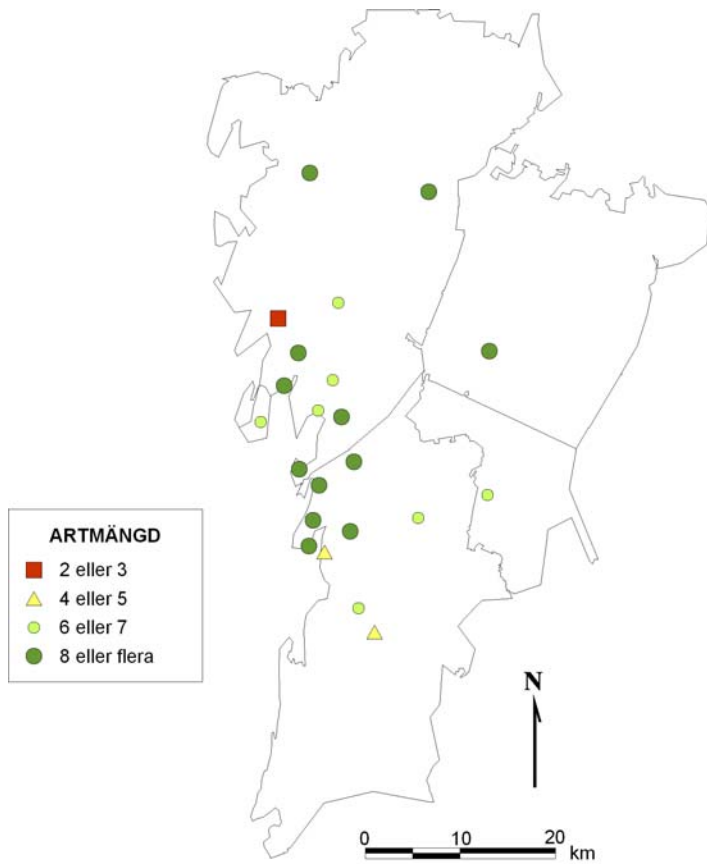
Figur 26. Förekomstfrekvens för tallens stamlavar på uppföljningsområdet. N = 110.



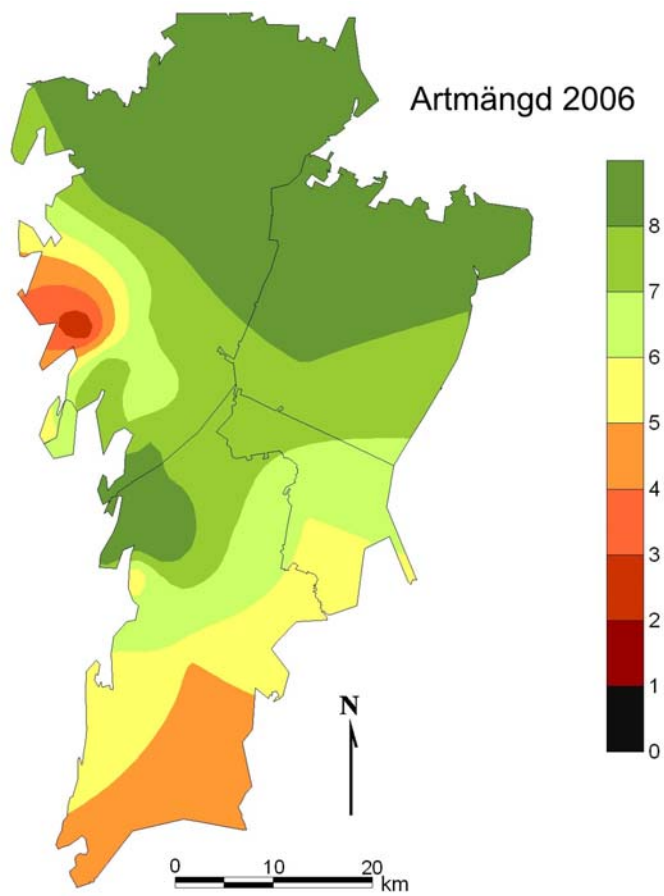
Figur 27. Medelantalet av åtföljande arter på de studerade stammarna. N = 110.

Vid beräkningen av antalet lavararter tog man i beaktande endast de 10 lavararter som tar skada av luftföroreningar. Flarnlav, grönalg och trädgrönelav togs inte med i beräkningen. På uppföljningsområdet upptäcktes en provyta med ett tydligt utarmat lavbestånd. På provytan fanns endast 2 lavararter som tar skada av luftföroreningar. Denna provyta fanns i Tjårlax i Närpes. Utarmade områden, på vilka man upptäckte 4 eller 5 lavararter som tar skada av luftföroreningar, var på undersökningsområdet 2. De här provytorna fanns i Kristinestad. Sammanlagt 12 provytor upptäcktes på olika håll i uppföljningsområdet som motsvarade bakgrunds-nivån (8 eller fler arter) för artmängder. (Figur 28.)

Ett område med utarmat lavbestånd fanns i västra delen av Närpes. En zon som indikerar ett utarmat lavbestånd bildades även i uppföljningsområdets södra del, men i det här områdets södra del fanns inga provytor, varför resultatens interpolation inte är helt tillförlitlig. Vid gränsen mellan Närpes och Kristinestad och i undersökningsområdets norra delar uppkom zoner som motsvarade bakgrunds-nivån för artmängden. (Figur 29.)



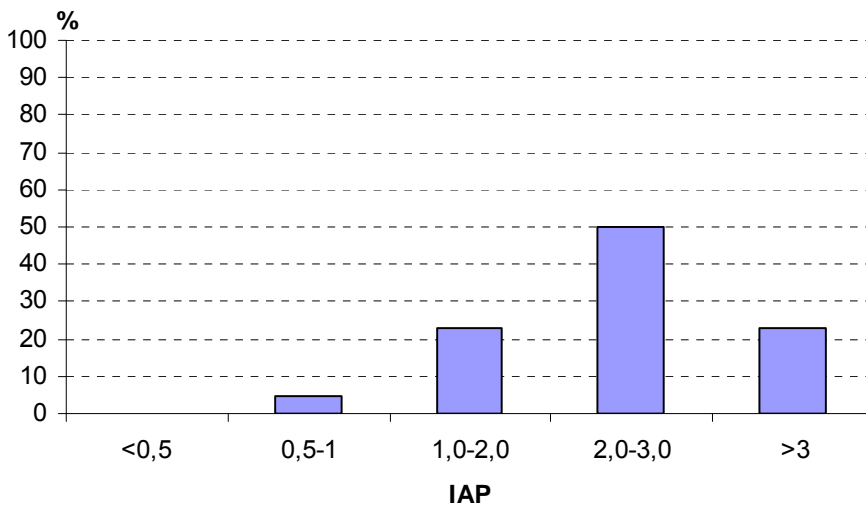
Figur 28. Antalet lavararter som tar skada av luftföroreningar på provvytorna år 2006.



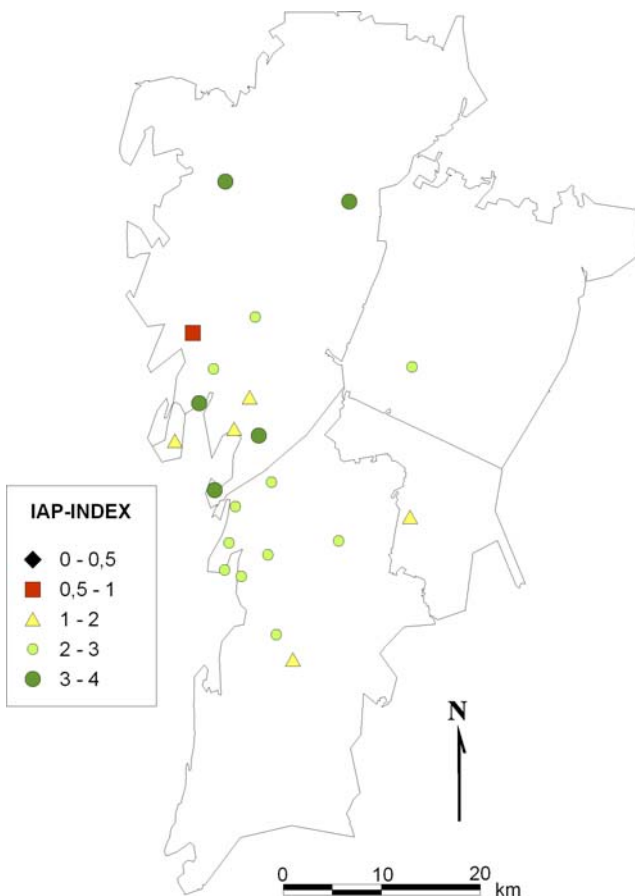
Figur 29. En beskrivning i zoner av artmängden för de arter som tar skada av luftföroreningar på uppföljningsområdet år 2006.

4.2.4 IAP-index

Luftrenhetsindexet på provytorna är högt, när det förekommer rikligt med arter som tar skada av luftföroreningar och på motsvarande sätt lågt, när förekomsten av arter som tar skada av luftföroreningar är fåtalig eller obefintlig (se st. 3.2.3 och tabell 11). De flesta provytorna i Sydösterbotten placerades i IAP-indexklassen 2-3, vilket beskriver lindriga förändringar i lavsamhällen förorsakade av luftföroreningar (figur 30). Det sämsta värdet för IAP-indexet var 0,8 (tydligt utarmat lavsamhälle) och fanns på ett område i Sydösterbotten nämligen i Närpes. På basen av IAP-indexen fanns det på uppföljningsområdet fem provytor i Närpes som motsvarade bakgrundsnivån. (Figur 31.)

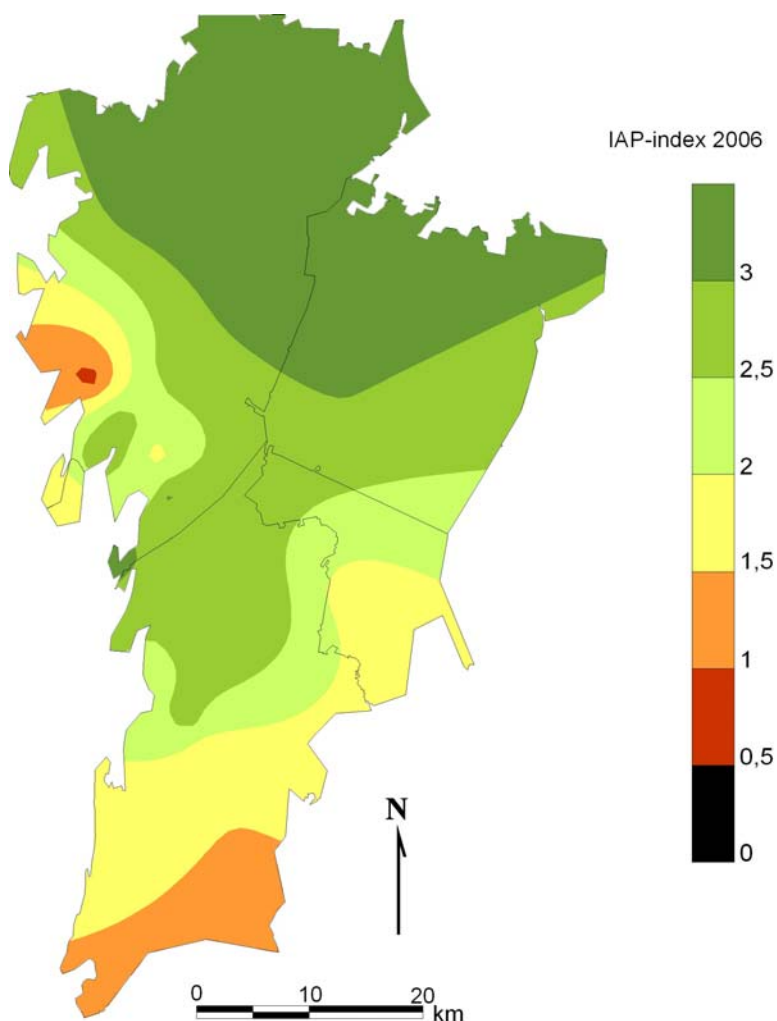


Figur 30. IAP-indexets frekvens på uppföljningsområdet år 2006.



Figur 31. IAP-index på uppföljningsområdet år 2006.

Den mest vidsträckta zonen för IAP-indexvärde som motsvarar bakgrundsnivån beträffande belastningen från luftföroreningar fanns på uppföljningsområdets norra del. Zoner med lågt IAP-indexvärde fanns i Närpes västra del och i södra delen av Kristinestad. (Figur 32.)



Figur 32. Zoner som beskriver IAP-indexet på uppföljningsområdet år 2006.

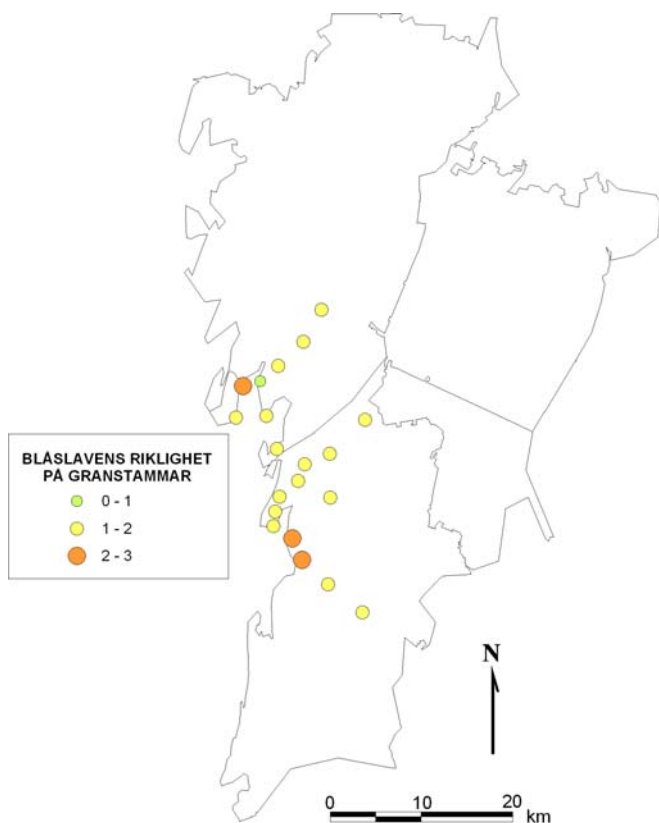
4.3 Granens stamlavar

I tabell 23 finns riklighetsklasserna för granens lavar på Sydösterbottens uppföljningsområde presenterade. Av de studerade arterna eller artgrupperna förekom blåslaven mest allmänt. Alg förekom mest på granarnas rotända, andra lavararter på grenarna.

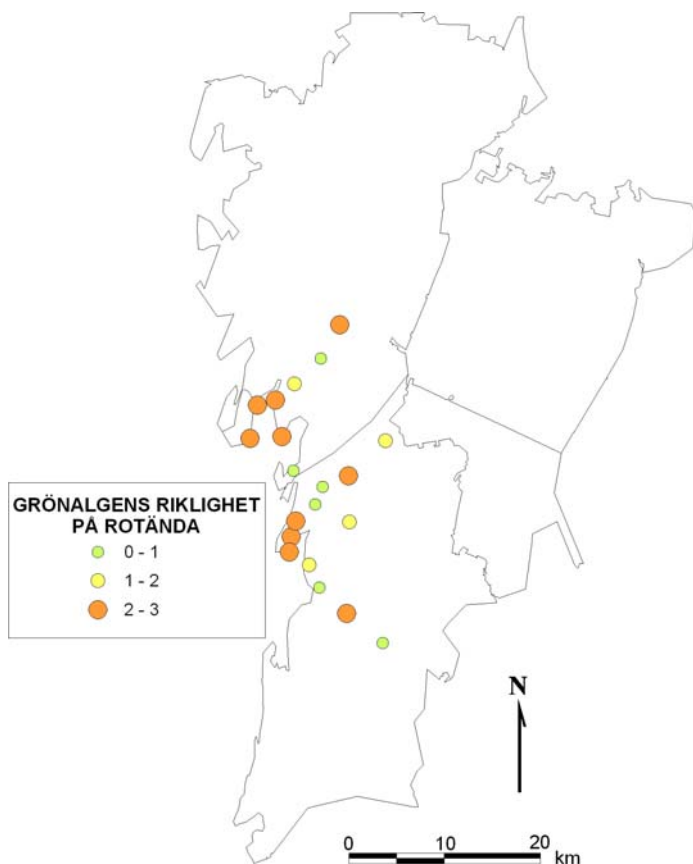
Tabell 23. Riklighetsklasser för granens stamlavar från olika sidor av trädets. N = mängden av provytor.

<i>n</i> = 20	medeltal	minimum	maximum	standardavvikelse
Blåslav/stam	1,3	0,8	2	0,36
Blåslav/grenar	1,7	1	2	0,38
Blåslav/rot	1,1	0,4	1,8	0,28
Alg/stam	0,9	0	2,6	0,83
Alg/grenar	1,0	0	3	0,89
Alg/rot	1,7	0	3	1,06
Annan/stam	0,2	0	1	0,32
Annan/grenar	1,9	0,2	3	0,79
Annan/rot	0,9	0	2,4	0,58

Blåslaven förekom mera allmänt på granstammar på fyra provytor i närheten av kusten. Alg förekom rikligt på granens rotända på de flesta provytor. (Figurerna 33 och 34.)



Figur 33. Blåslavens riklighet på granstammar år 2006.



Figur 34. Grönalgens riklighet på granarnas rotända år 2006.

4.4 Barrens grundämneshalter

4.4.1 Tallbarrens grundämneshalter

I tabell 24 presenteras barrens genomsnittliga grundämneshalter, minimum och maximum värdena samt standardavvikelse i Sydösterbotten.

Tabell 24. Barrens genomsnittliga grundämneshalter, minimum och maximum värdena samt standardavvikelse.

n = 22	S mg/kg	N g/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	B mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Ni mg/kg
medeltal	1011	15,1	1463	4396	3447	892	16	604	63	2,2	49	0,14	0,12	0,52
minimum	898	13,2	1322	3830	2508	774	12	351	50	1,9	39	0,08	0,08	0,33
maximum	1172	18,5	1745	4951	4542	1029	20	847	121	2,8	61	0,30	0,19	0,91
standard- avvikelse	69,03	1,59	101	343	443	73	2,14	146	17	0,25	5,32	0,06	0,03	0,14

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga svavelhalten i barren 1011 mg/kg. Barrens normala svavelhalt anses vara 900 mg/kg. Svavelhalterna var något högre vid undersökningsområdets västra delar i närheten av kusten jämfört med inlandet. Svavelhalten var som högst (1172 mg/kg) i Pjelas i Närpes. (Figur 35.)

Den genomsnittliga kvävehalten i barren var 15,1 g/kg. Kvävehalten var inte under bristgränsen på någon provyta. Inga regionala variationer kunde upptäckas i kvävehalterna. (Figur 36.)

Den genomsnittliga fosforhalten var 1463 mg/kg. Brist på fosfor kunde inte upptäckas på någon provyta. Den högsta fosforhalten påträffades i Pjelas i Närpes där även den högsta svavelhalten uppmättes. (Figur 37.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga kaliumhalten 4396 mg/kg. Den optimala kaliumhalten i barr anses vara över 4000 mg/kg eller över 5000 mg/kg beroende på källa (Jukka 1988, jmf. Tabell 15). Kaliumhalten var under 4000 mg/kg vid tre provytor i Kristinestad och i Närpes. (Figur 38.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga kalciumhalten 3447 mg/kg. Den högsta kalciumhalten (över 4542 mg/kg) påträffades på provytan i Pjelas i Närpes. Halter under 2000 mg/kg påträffades inte. (Figur 39.)

Den genomsnittliga magnesiumhalten i barren var 892 mg/kg. Magnesiumhalten var inte under bristgränsen på en enda provyta. (Figur 40.)

På undersökningsområdet var den genomsnittliga borhalten i barren 16 mg/kg. Med tanke på skogens tillväxt är en lämplig borhalt i barren över 8 mg/kg, och borhalterna var över denna på alla provytor. (Figur 41.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga manganhalten 604 mg/kg. Ganska höga halter, över 800 mg/kg, påträffades på två provytor. (Figur 42.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga järnhalten i barren 65 mg/kg. Största delen av provytorna hade en järnhalt lägre än 60 mg/kg. (Figur 43.)

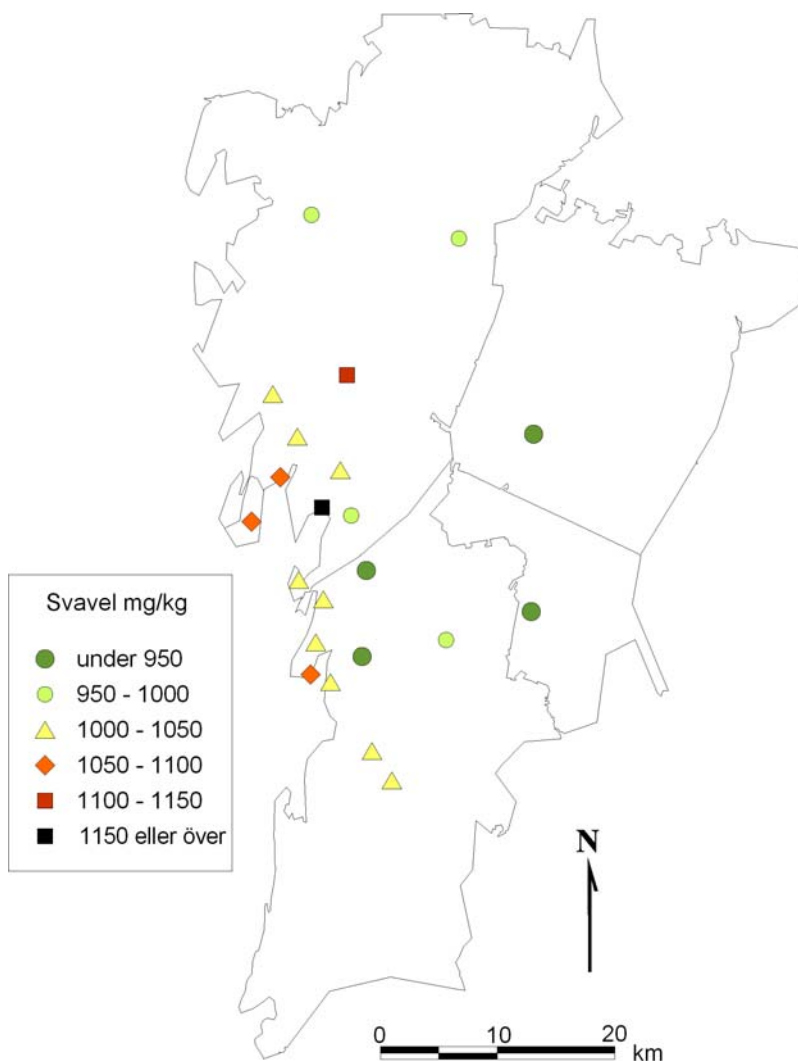
På uppföljningsområdet var den genomsnittliga kopparhalten i barren 2,2 mg/kg. Kopparhalterna var relativt låga på hela uppföljningsområdet. (Figur 44.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga zinkhalten i barren 49 mg/kg. De högsta zinkhalterna i barren påträffades på provytor nära kusten. (Figur 45.)

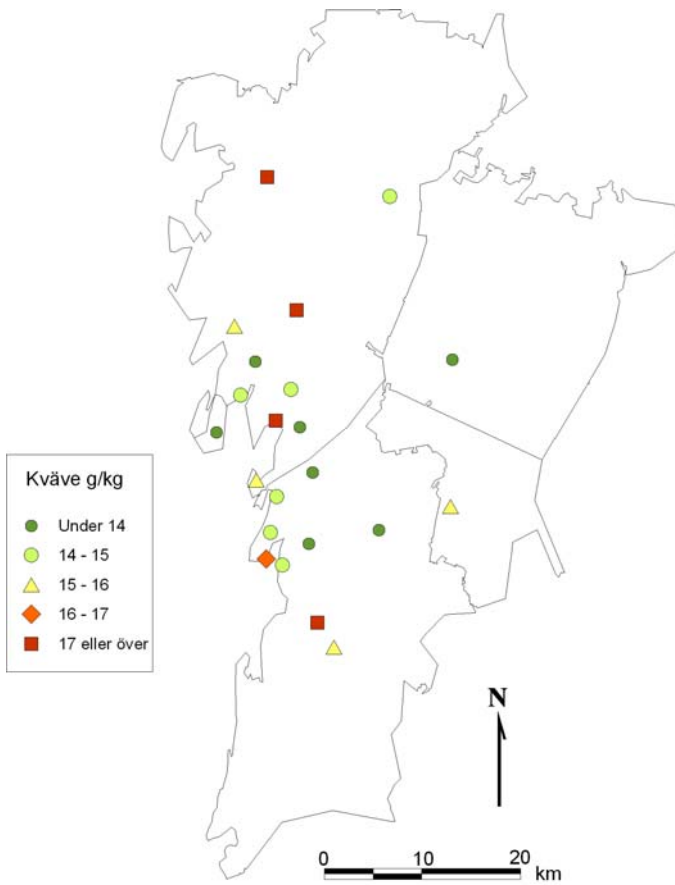
På uppföljningsområdet var den genomsnittliga kromhalten 0,14 mg/kg. Den högsta kromhalten (0,30 mg/kg) påträffades i Kristinestad, på provytan nära Lappfjärd. (Figur 46.)

På uppföljningsområdet var den genomsnittliga kadmiumhalten i barren 0,12 mg/kg. De högsta kadmiumhalterna fanns i undersökningsområdets västra delar. (Figur 47.)

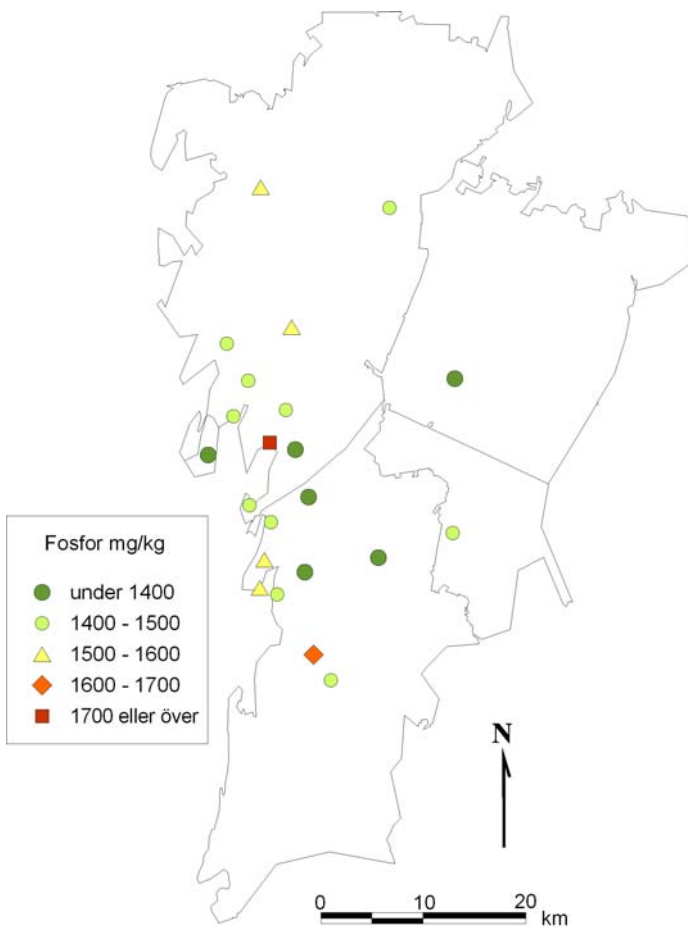
På uppföljningsområdet var den genomsnittliga nickelhalten i barren 0,5 mg/kg. De högsta nickelhalterna fanns på båda sidor om gränsen mellan Kristinestad och Närpes. (Figur 48.)



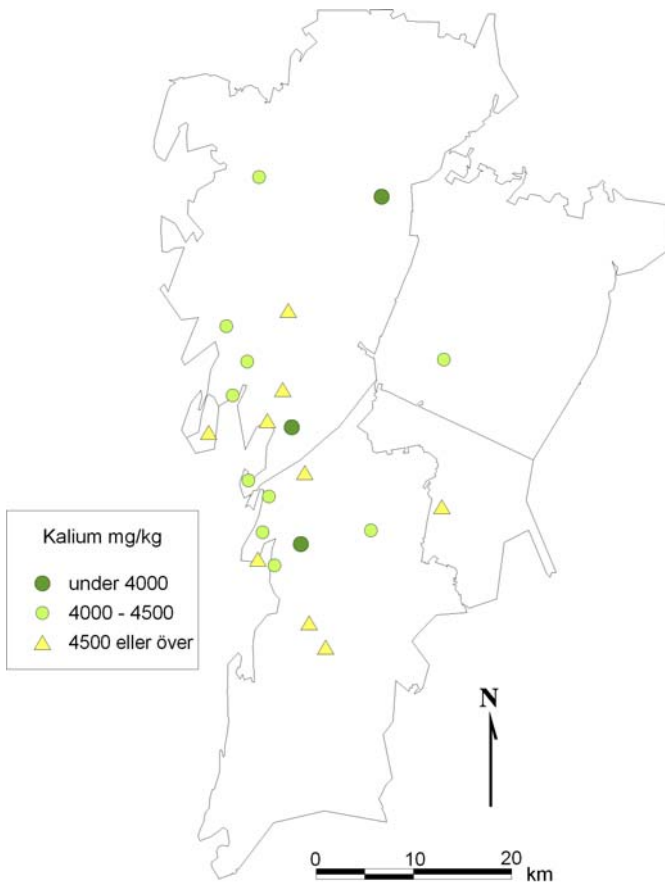
Figur 35. Tallbarrens, andra årgången, svavelhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



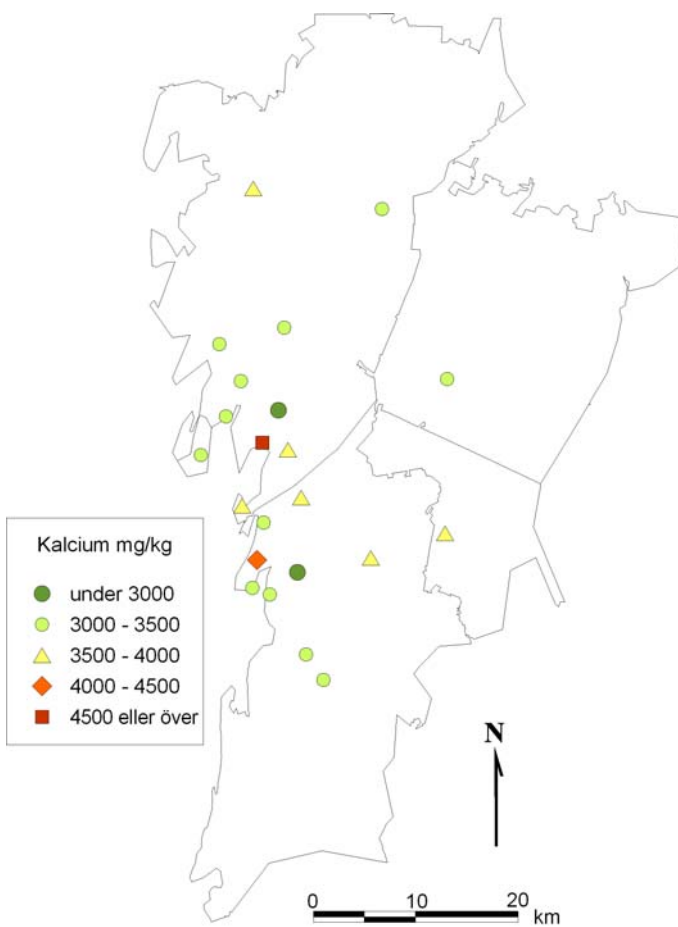
Figur 36. Tallbarrens, andra årgången, kvävehalt g/kg vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



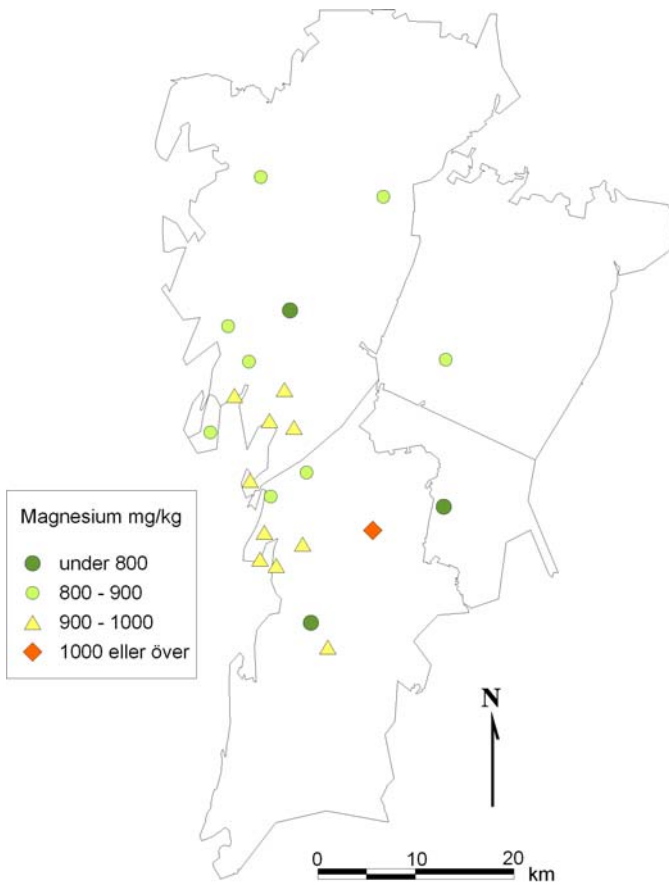
Figur 37. Tallbarrens, andra årgången, fosforhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



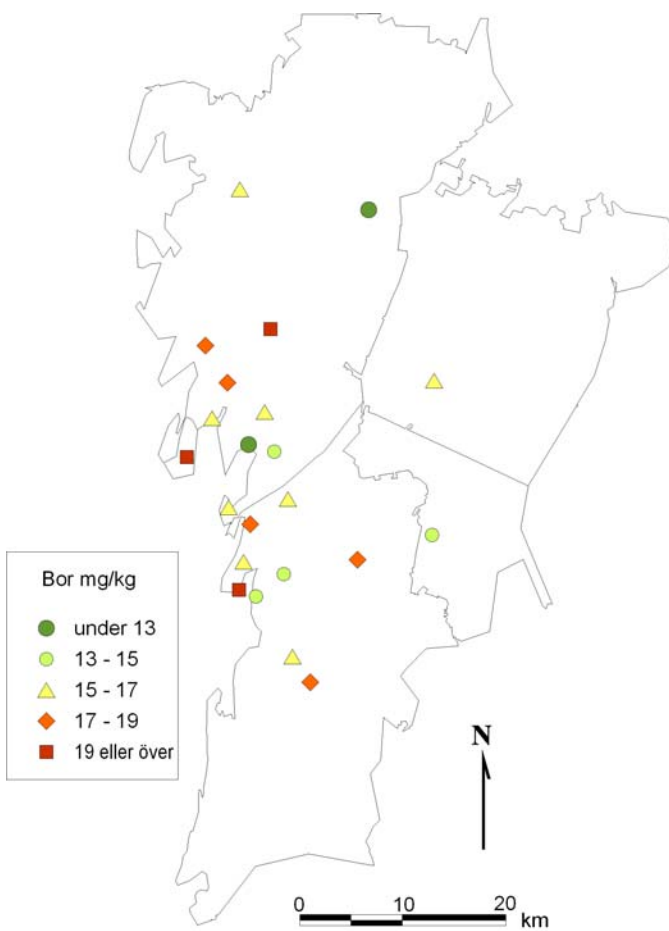
Figur 38. Tallbarrens, andra årgången, kaliumhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



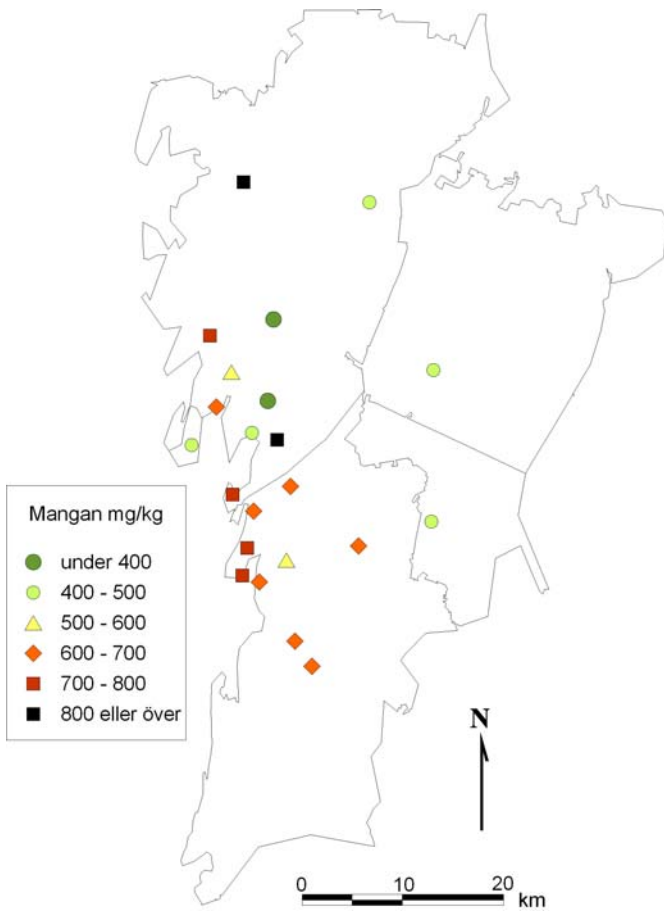
Figur 39. Tallbarrens, andra årgången, kalciumhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



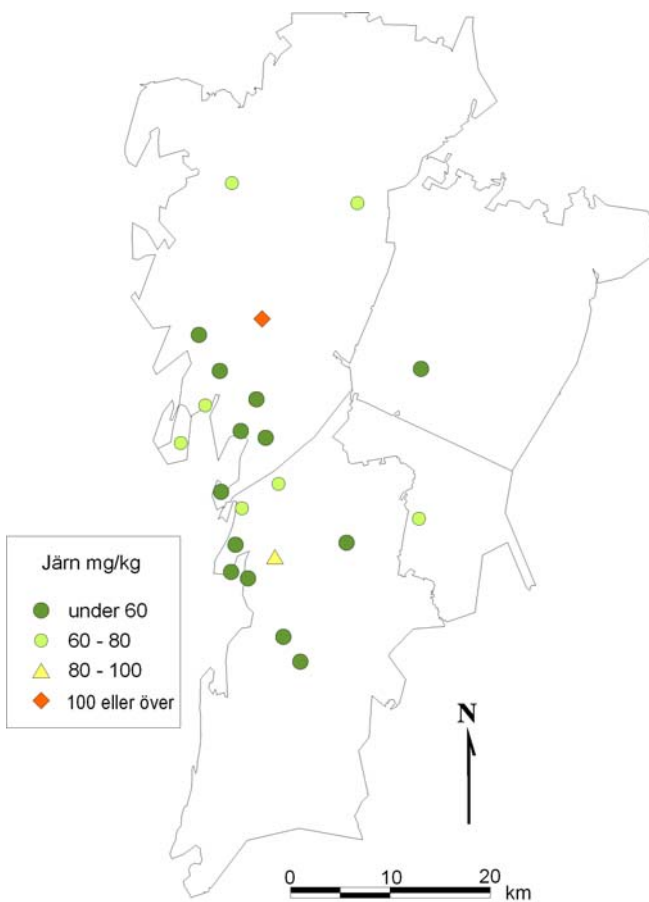
Figur 40. Tallbarrens, andra årgången, magnesiumhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



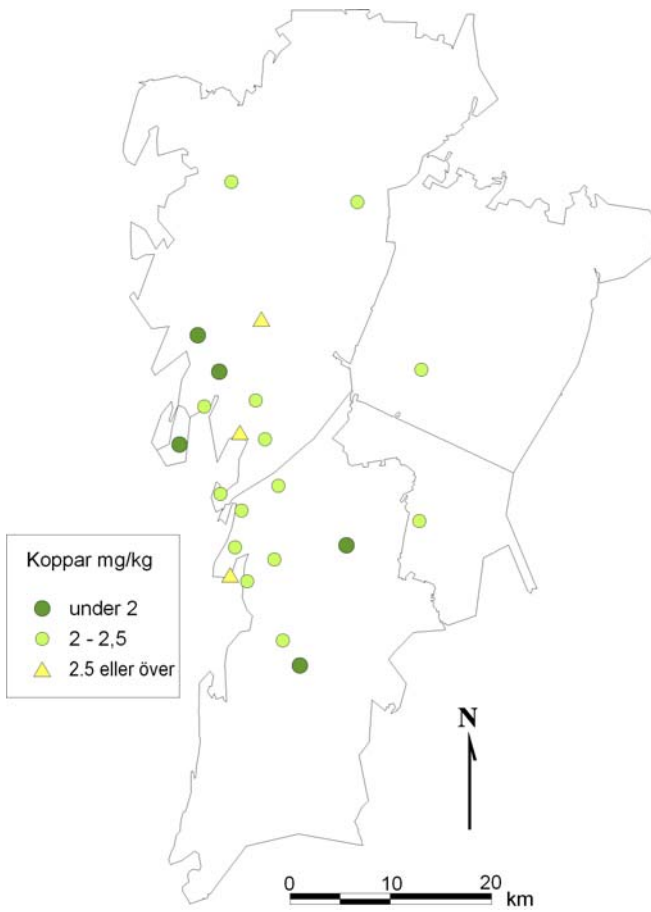
Figur 41. Tallbarrens, andra årgången, borhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



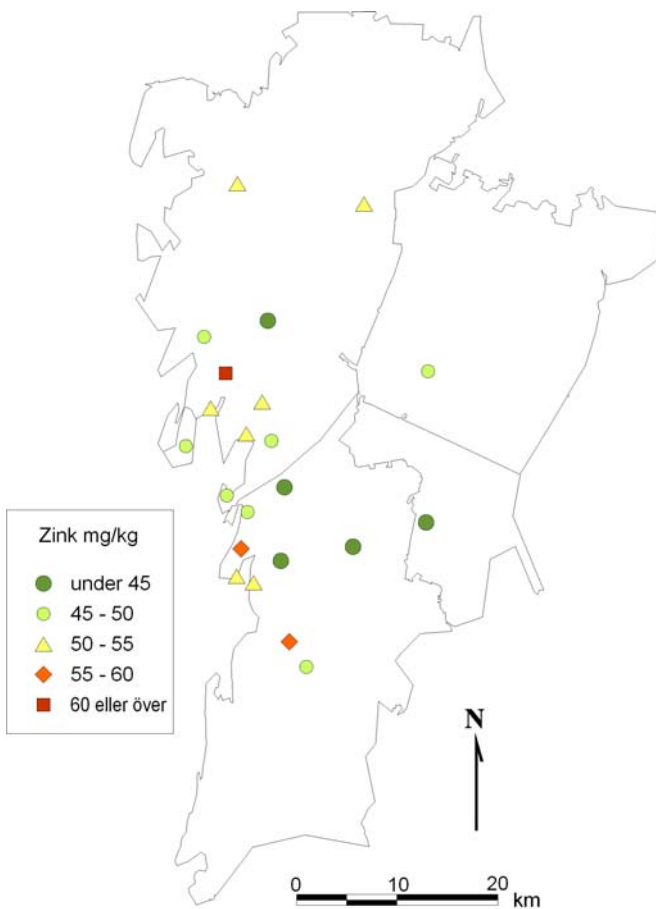
Figur 42. Tallbarrens, andra årgången, manganhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



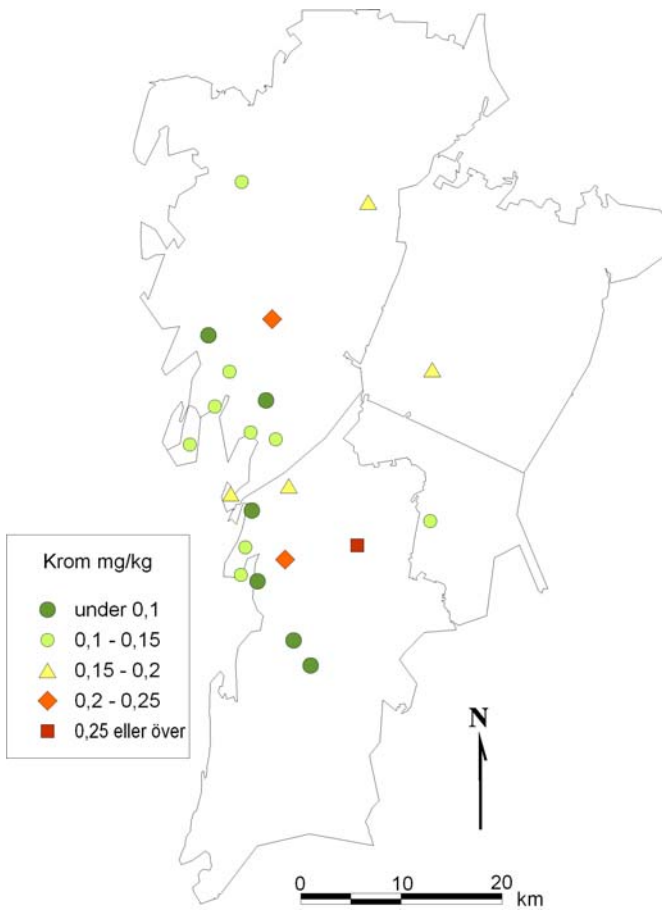
Figur 43. Tallbarrens, andra årgången, järnhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



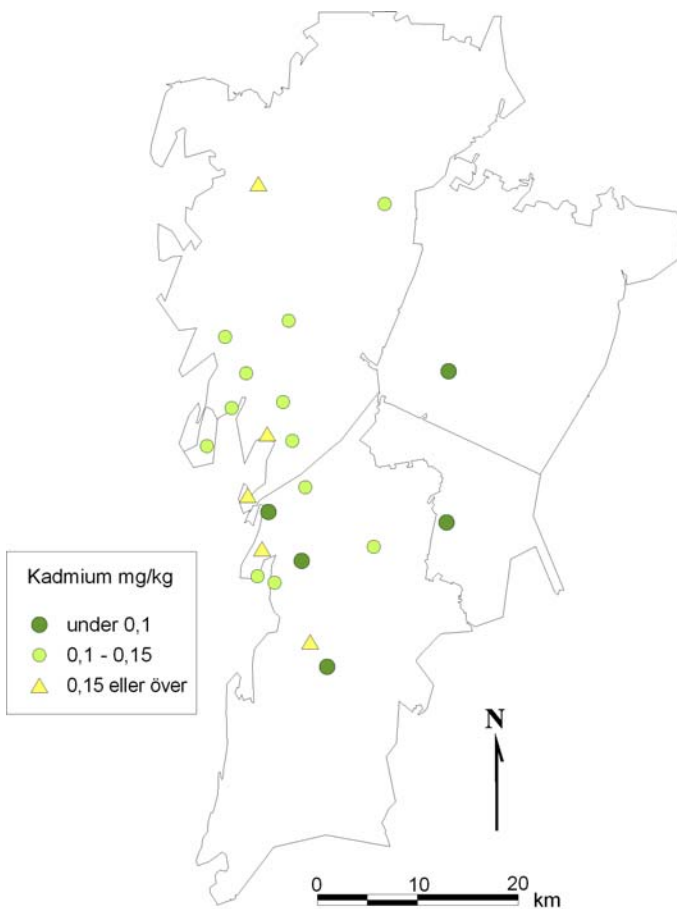
Figur 44. Tallbarrens, andra årgången, kopparhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



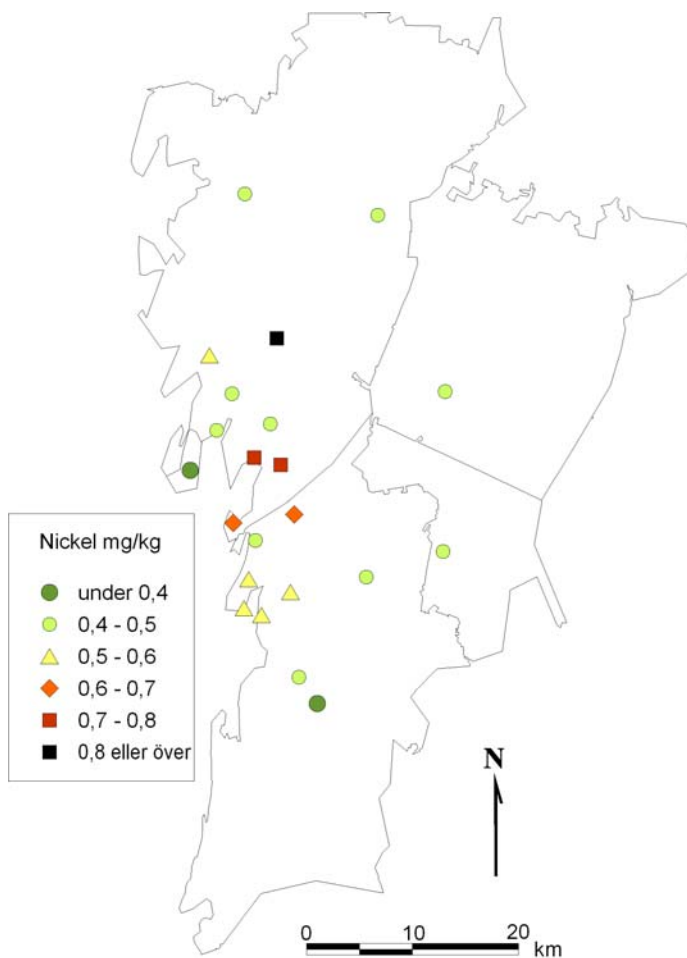
Figur 45. Tallbarrens, andra årgången, zinkhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



Figur 46. Tallbarrens, andra årgången, kromhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



Figur 47. Tallbarrens, andra årgången, kadmiumhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



Figur 48. Tallbarrens, andra årgången, nickelhalt (mg/kg) vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.

4.4.2 Granbarrens grundämneshalter

I tabell 25 presenteras de genomsnittliga grundämneshalterna i granbarren, minimum och maximum värdena samt standardavvikelse. Analyserna gjordes både på granens yngsta barrårgång samt på den ett år äldre barrårgången.

Tabell 25. De genomsnittliga grundämneshalterna i granbarren, minimum och maximum värdena samt standardavvikelse. C = yngsta årgången (2006), C+1 = ett år äldre barrårgång (2005).

n = 20		S mg/kg	N g/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	B mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Ni mg/kg
C	Medeltal	847	13,0	1711	7183	3369	1074	13	468	26	2,2	36	0,031	0,027	2,5
	Minimum	755	10,4	1190	5933	2134	929	10	135	21	1,7	26	0,025	0,025	0,7
	Maximum	1079	15,7	2150	9235	4087	1240	17	778	38	2,8	45	0,066	0,065	4,9
	Standardavvikelse	80	1,29	228	805	558	97	2,24	167	4,25	0,27	4,84	0,014	0,009	1,36
C+1	Medeltal	853	12,6	1364	5415	4426	970	15	499	29	1,9	35	0,033	0,025	1,8
	Minimum	720	10,1	880	4571	2590	830	11	119	22	1,5	21	0,025	0,025	0,5
	Maximum	1263	16,0	1832	6166	6702	1124	21	943	38	2,4	63	0,060	0,025	4,3
	Standardavvikelse	120	1,38	256	519	997	91	2,99	220	4,43	0,29	9,76	0,014	3,56E-18	1,19

Den genomsnittliga svavelhalten i barren var något lägre i den första barrårgången jämfört med den andra barrårgången. Svavel är ett lätttröligt näringsämne, vars koncentration minskar på obelastade områden när barren åldras, men på belastade områden kan situationen vara den motsatta (Nieminen 1993, Helmisaari 1993). Skillnaden i svavelhalten på de yngre och den ett år äldre barrårgången var ändå liten, och inga slutsatser angående belastningsnivån kan dras. Svavelhalten var högre på linjen österut från Kaskö. (Figur 49.)

Kvävehalterna var något högre i den yngre barrårgången än i den andra barrårgången. Kvävehalten i den yngre barrårgången var på 12 provtytor på en försvarlig nivå med tanke på skogens tillväxt, i den andra barrårgången på 14 provtytor. (Figur 50.)

Fosforhalten var i den yngre barrårgången högre än i den andra barrårgången. Fosforhalten var på fem provtytor låg i den andra barrårgången (under 1100 mg/kg). (Figur 51.)

Kaliumhalten var i den yngre barrårgången högre än i den andra årgången. Med tanke på skogens tillväxt var kaliumhalterna tillfredsställande på alla provtytor. (Figur 52.)

Kalcium är ett lätttrörligt näringsämne, och dess koncentration var högre i den andra barrårgången än i den första barrårgången. Med tanke på skogens tillväxt var kalciumhalten tillfredsställande på alla provtytor. (Figur 53.)

Magnesiumhalten var högre i den första barrårgången jämfört med den andra barrårgången. Med tanke på skogens tillväxt var magnesiumhalterna tillfredsställande på alla provtytor. (Figur 54.)

Bor är ett näringsämne som är lätttrörlig eller relativt lätttrörlig, men dess koncentration i barren hade ändå ökat en aning i samband med att barren åldras. Det här indikerar att träden inte lider av borbrist. I havsvattnet finns det rikligt med bor, vilket kan påverka barrrens borhalt, men borhalten var inte högre på områden nära kusten jämfört med inlandet. (Figur 55.)

Mangan är inte lätttrörligt, och dess koncentration i andra barrårgången var högre än i den första barrårgången. Med tanke på skogens tillväxt var manganhalten tillfredsställande på alla provtytor. (Figur 56.)

Järn är ett näringsämne som är lätttrörlig eller relativt lätttrörlig, men dess koncentration var dock något högre i den andra barrårgången jämfört med den första barrårgången. Detta indikerar, att med tanke på skogens tillväxt var järnhalten tillfredsställande. (Figur 57.)

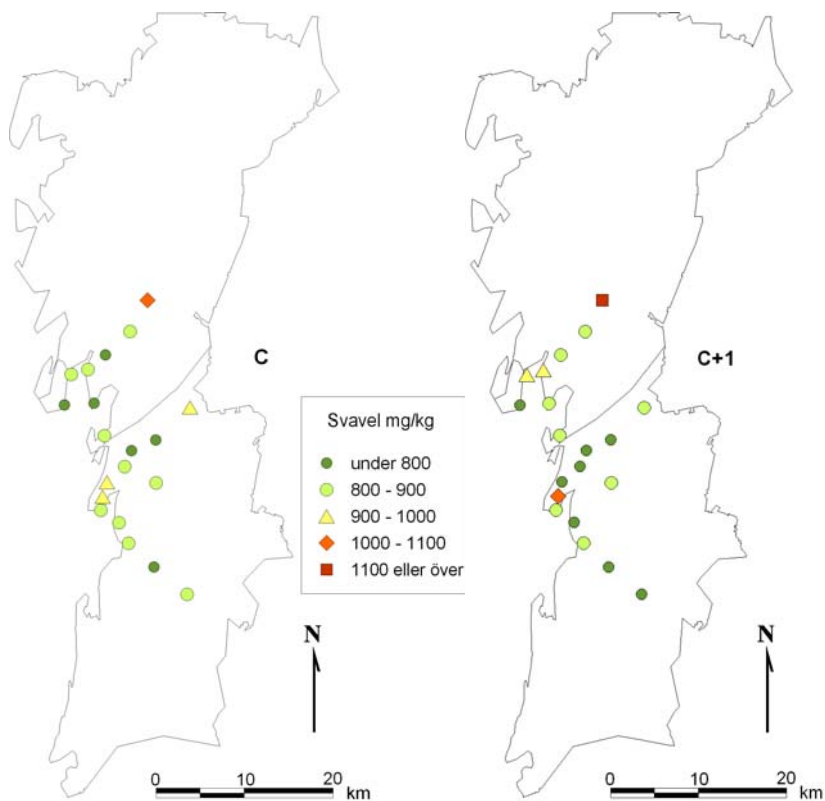
Kopparhalten var högre i den första barrårgången än i den andra barrårgången, vilket indikerar en brist på koppar. Kopparhalten var på alla provtytor lägre än den optimala halten. (Figur 58.)

Zinkhalterna var i medeltal något högre i den andra barrårgången jämfört med den första barrårgången. Zinkhalten i den andra barrårgången var under den optimala halten på tre provtytor. (Figur 59.)

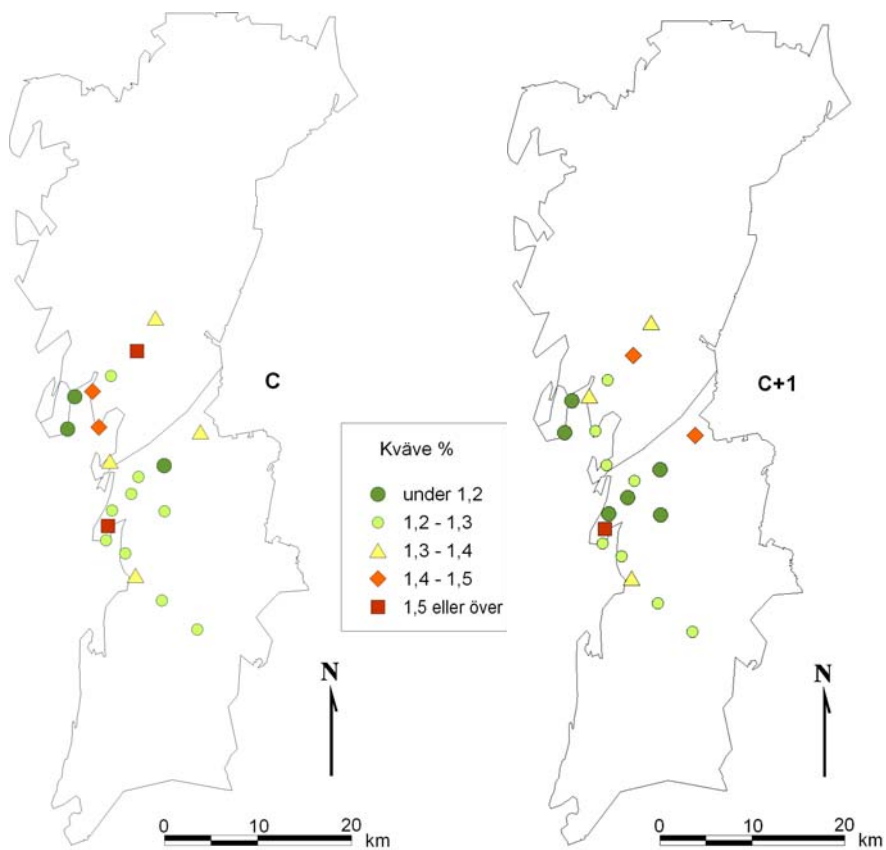
Kromhalten var på största delen av provtytorna under bedömningsgränsen 0,05 mg/kg både i den första och den andra barrårgången. Den genomsnittliga kromhalten var något högre i den andra barrårgången jämfört med den första barrårgången. (Figur 60.)

Kadmiumhalten låg under bedömningsgränsen 0,05 mg/kg för varje prov från andra årets barrårgång. Endast på en provyta översteg kadmiumhalten i den första barrårgången bedömningsgränsen. (Figur 61.)

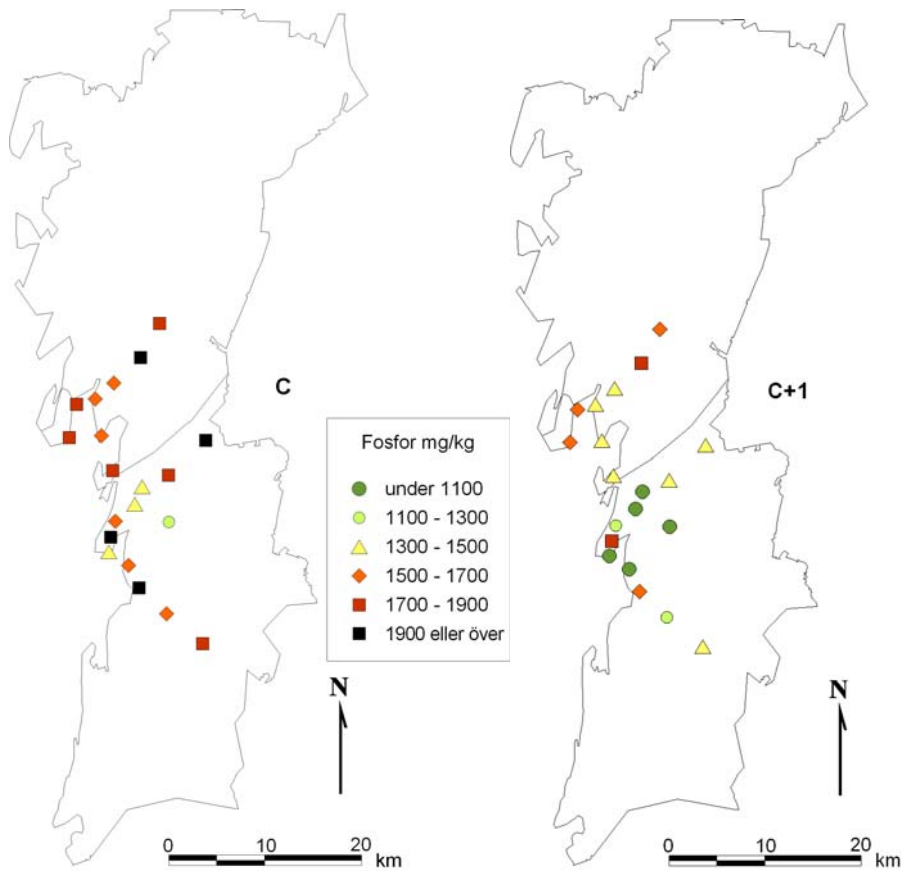
Nickelhalten var i den andra barrårgången lägre än i den första barrårgången. (Figur 62.)



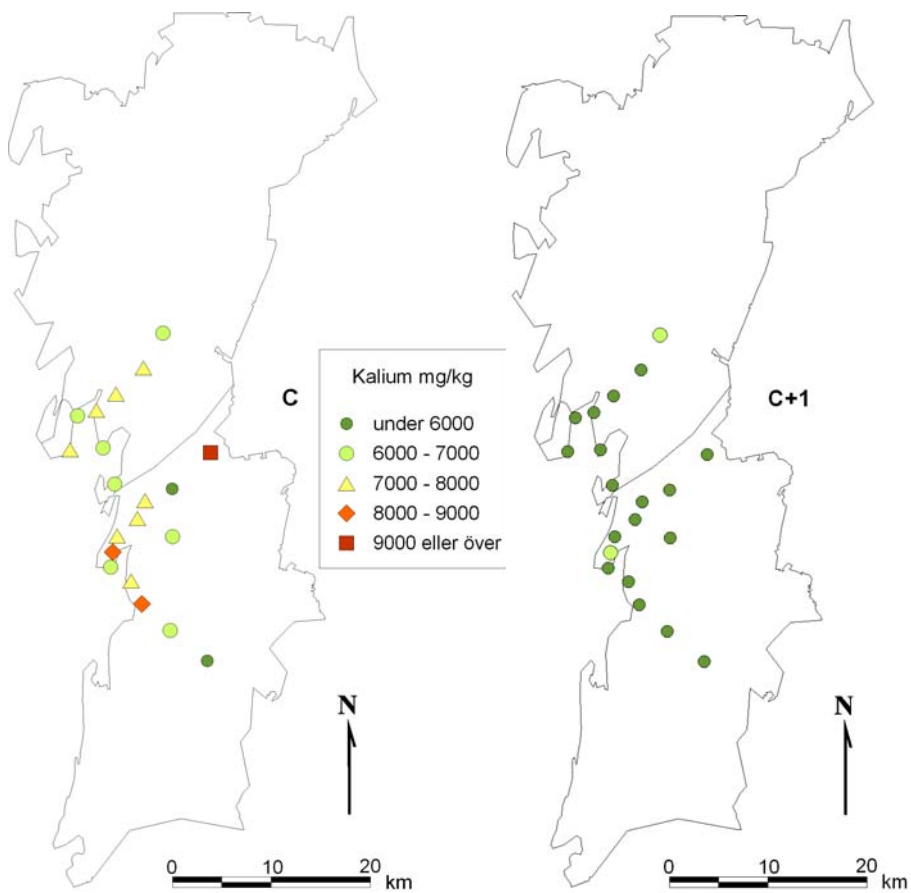
Figur 49. Svavelhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



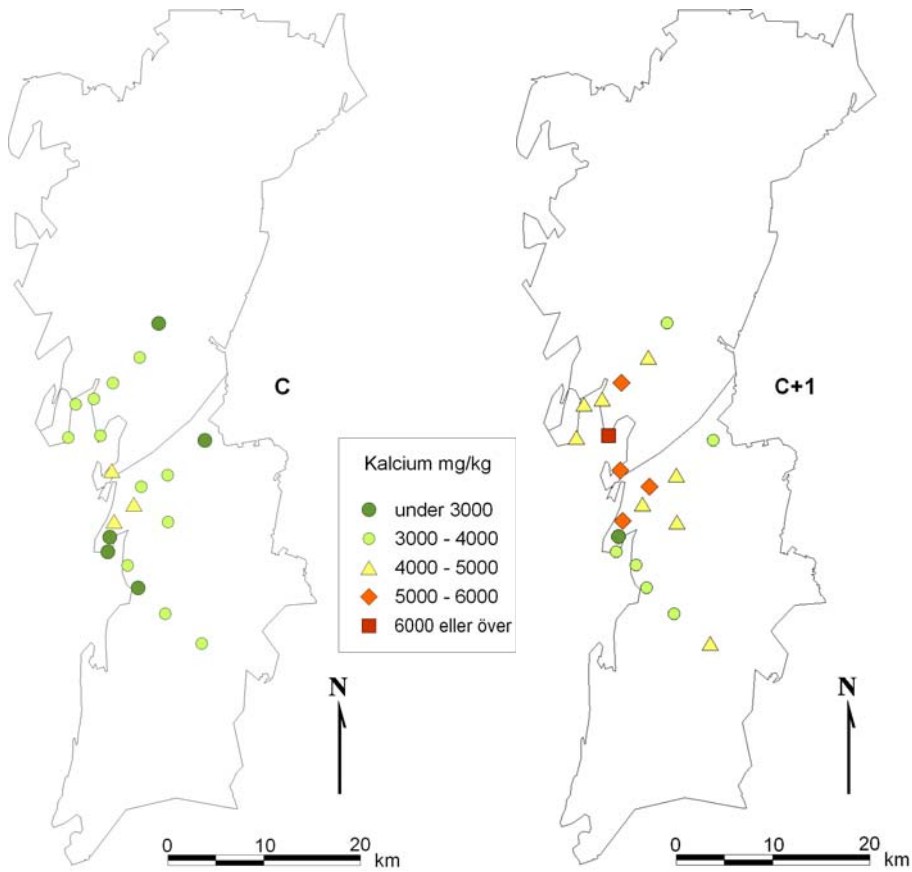
Figur 50. Kvävehalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



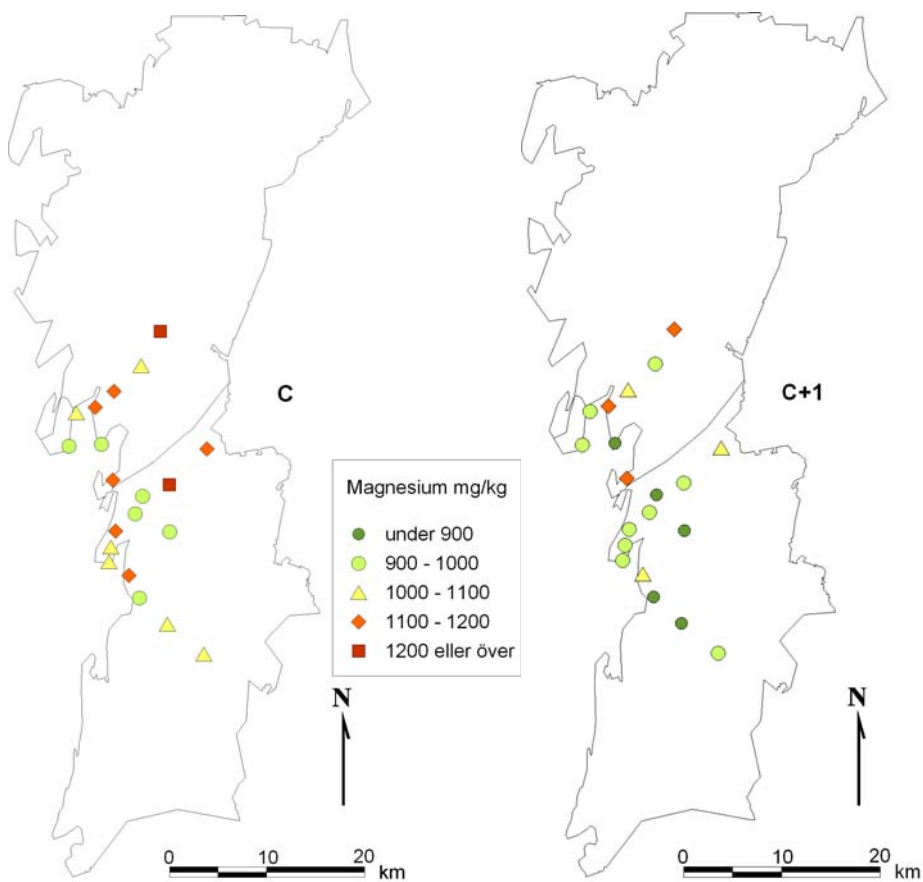
Figur 51. Fosforhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



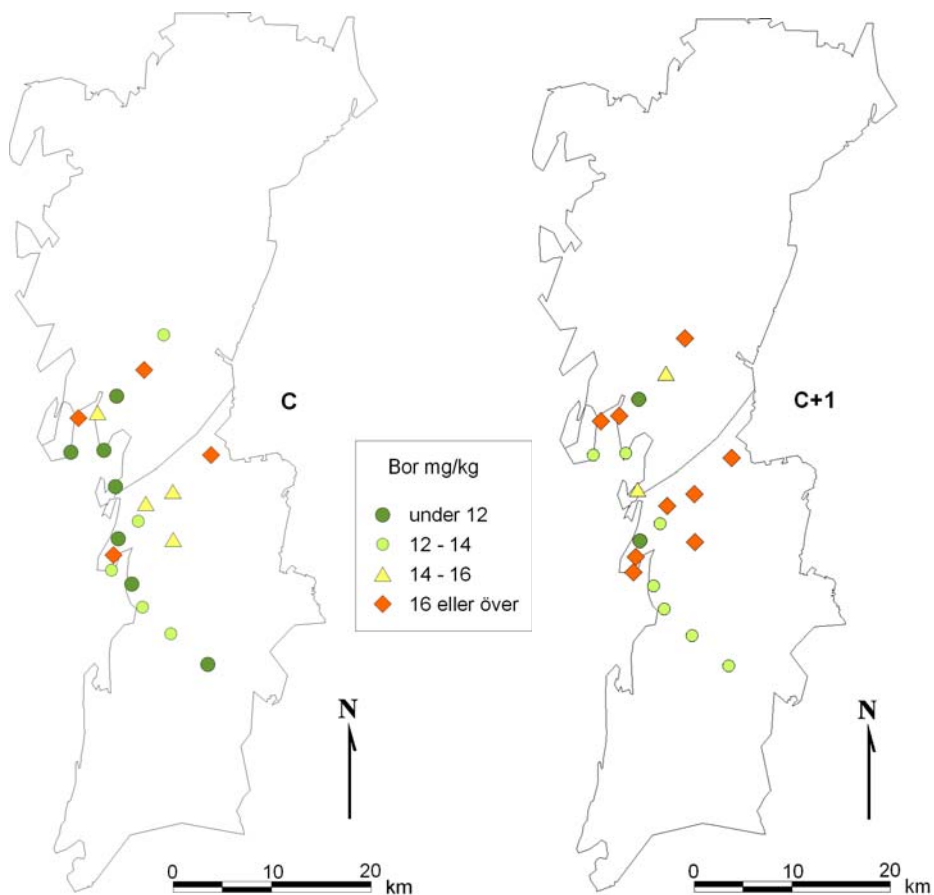
Figur 52. Kaliumhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



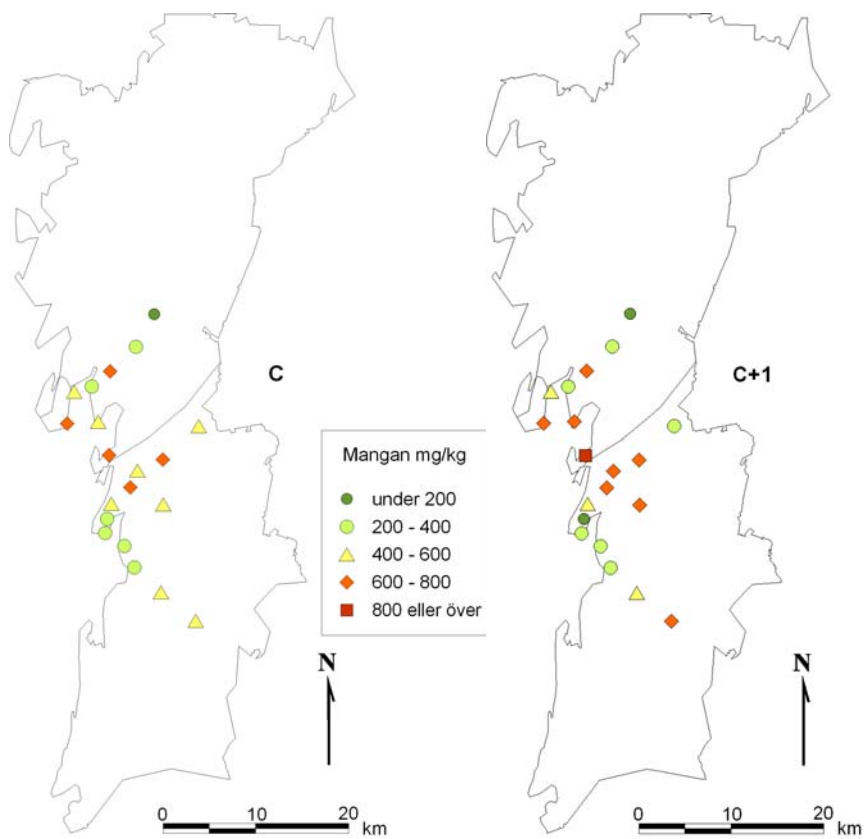
Figur 53. Kalciumhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



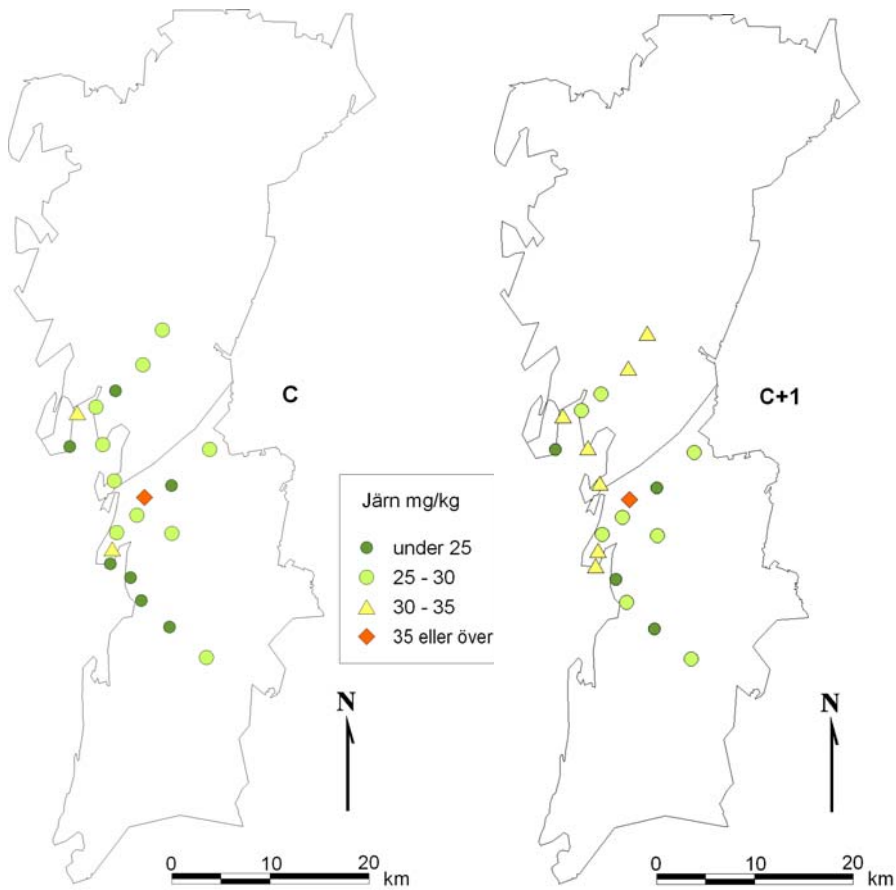
Figur 54. Magnesiumhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



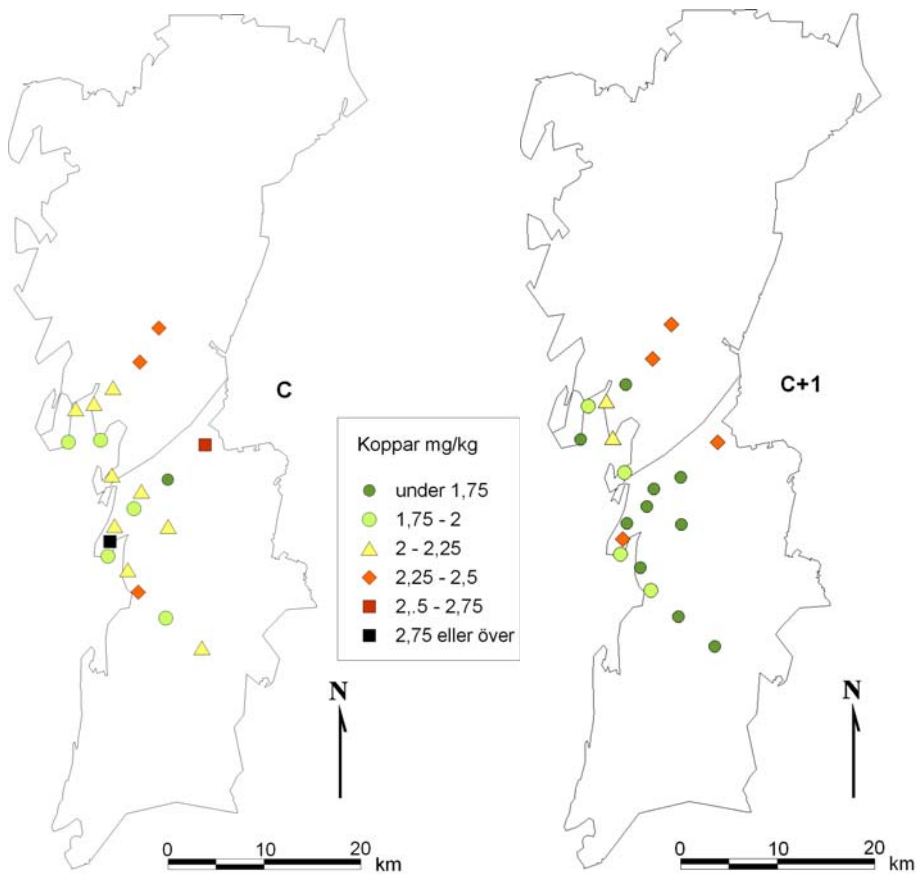
Figur 55. Borhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



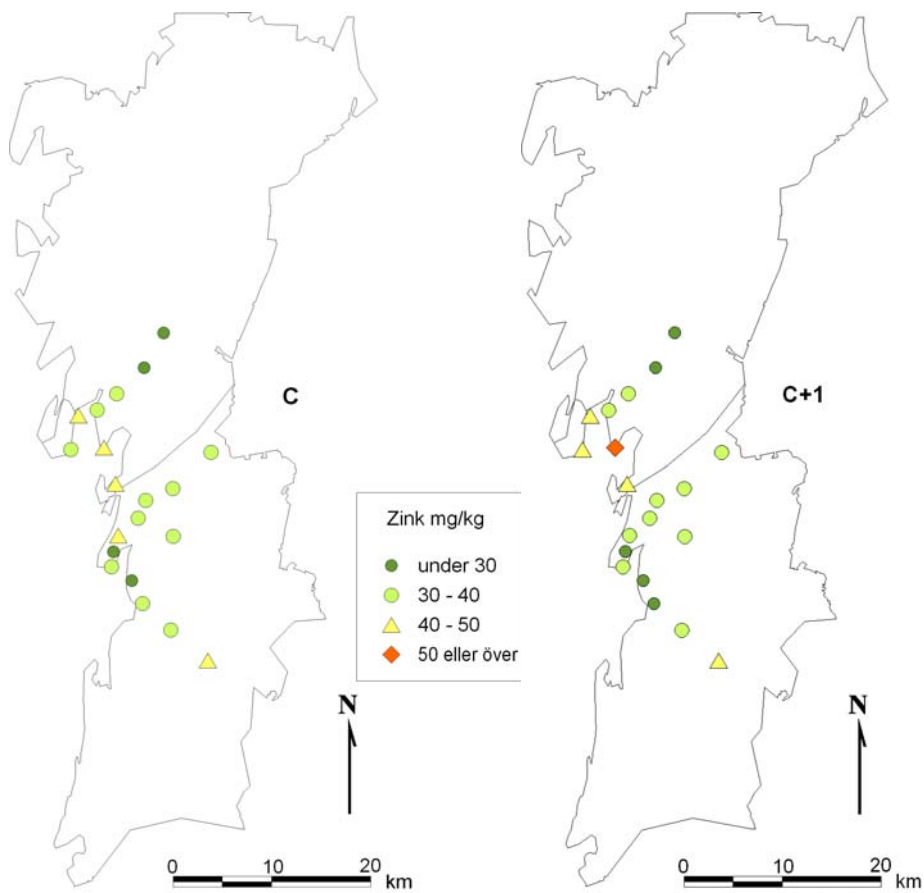
Figur 56. Manganhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provytor.



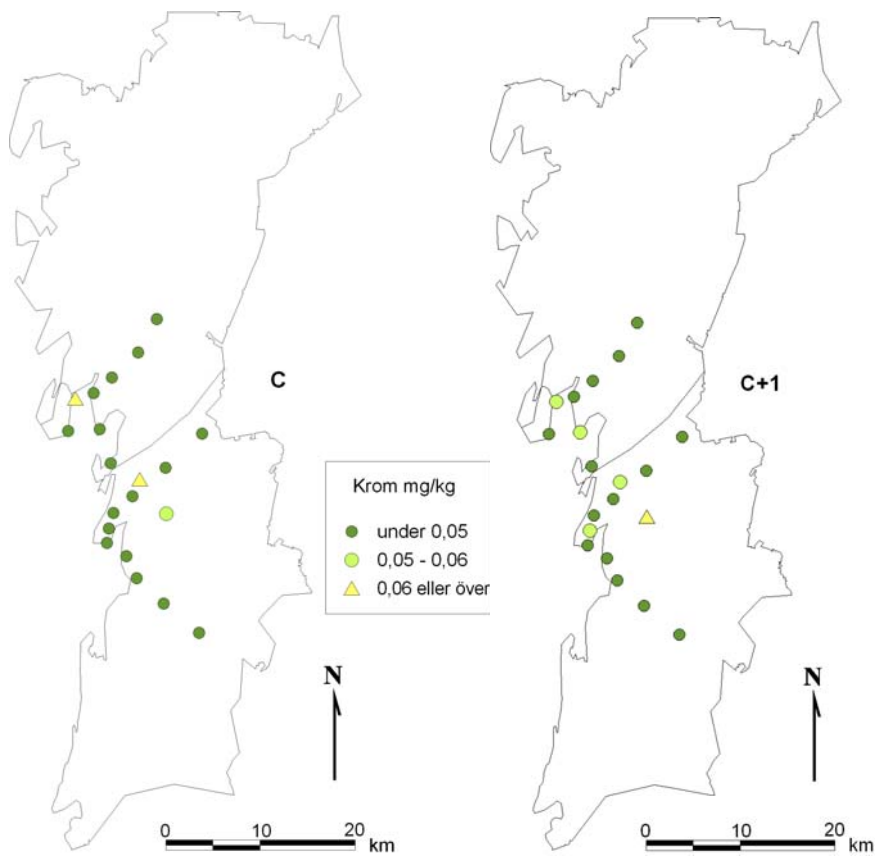
Figur 57. Järnhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



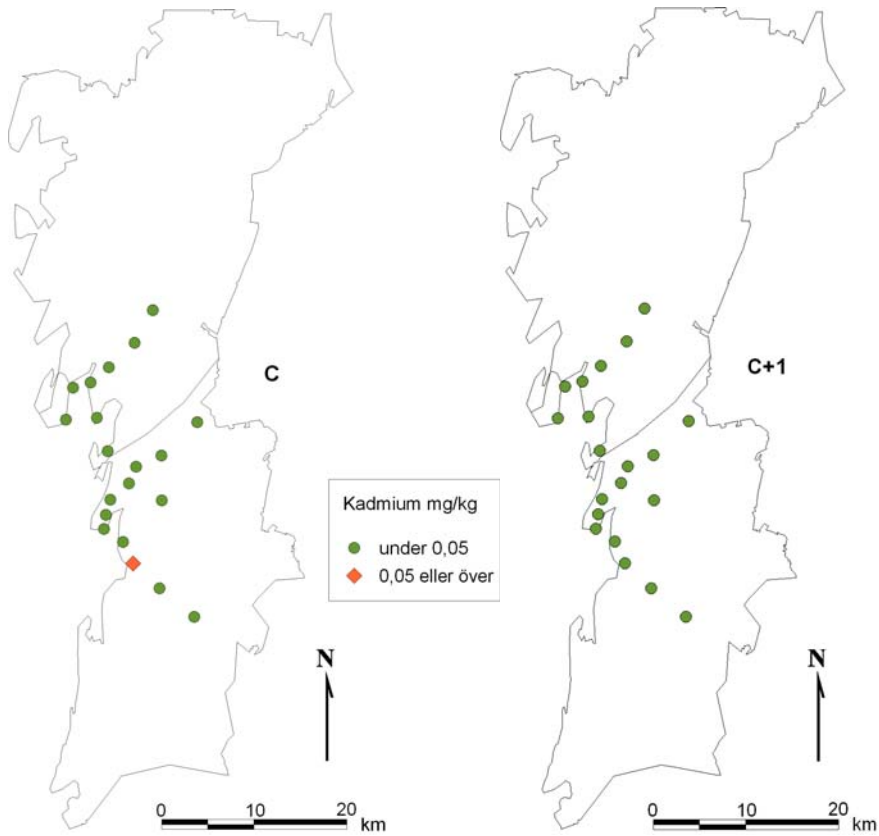
Figur 58. Kopparhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



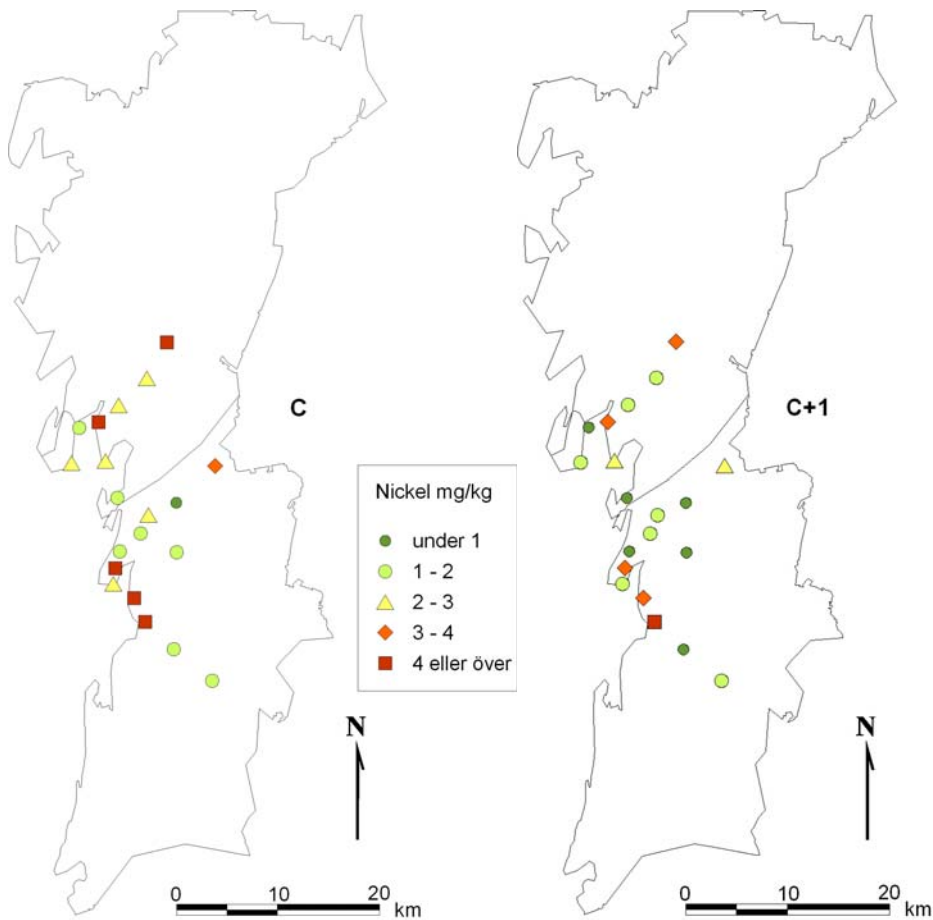
Figur 59. Zinkhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



Figur 60. Kromhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



Figur 61. Kadmiumhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.



Figur 62. Nickelhalten i första (C) och andra barrårgången (C+1) i granar under vintern 2007 på Sydösterbottens provvitor.

5. Resultat och granskning av dem

5.1 Bakgrundsvariablernas inverkan och beroendeförhållandet mellan variablerna

Bakgrundsvariabler är sådana variabler som i sig själva inte beskriver luftkvaliteten, men som kan påverka de variabler som beskriver luftkvaliteten. Bakgrundsvariabler är till exempel skogstyp, trädens ålder, diameter, skogens utvecklingsgrad och bottenyta. De här variablerna iakttas på alla provtytor. I några bioindikatoruppföljningar för luftkvaliteten (t.ex. Haahla m.m. 2006a och Niskanen 2003b) har man undersökt bakgrundsvariablernas inverkan på de undersökta variablerna med hjälp av Kruskall-Wallis variansanalys och upptäckt att bakgrundsvariablerna har inverkan på de egentliga variablerna.

I den här undersökningen indelas bakgrundsvariablerna i klasser och skillnaderna i klassernas genomsnittliga nyckeltal granskades med envägs variansanalys (ANOVA), t-test av oberoende urval och deras motsvarighet utan parametrar, Kruskall-Wallis variansanalys samt Mann-Whitneys U-tester. För att de parametriska testernas hypoteser skulle uppfyllas, gjordes för variabeln vid behov en $\log_{10}(X+1)$ omvandling, kvadratrotsumvandling eller potensomvandling. De klassificerade variabler som användes var skogstyp, skogens utvecklingsgrad och skogens lämplighet för undersökningen. I statistiska utvärderingar skall man ta i beaktande att provtytorna fördelas ojämnt i de klasser som baserades på bakgrundsvariablerna.

Det här kan å sin sida minska tillförlitligheten i den statistiska utvärderingen av bakgrundsvariablernas inverkan. Resultaten kan speciellt påverkas av fel som uppkommer när de parametriska testernas bakgrundsantaganden inte stämmer överens, vilket påverkar testernas relevansnivå och hållbarhet. Om till exempel både provmängden och provens varians skiljer sig gruppvis, ökar risken för att göra första typklassens misstag, dvs. att förkasta nollhypotesen även om den är sann (Ranta m.m. 1989).

Bakgrundsvariablerna hade inga statistiskt relevanta inverknings på undersökningens variabler på provtytor med tallbestånd. Nästan relevanta ($p < 0,05$) inverknings upptäcktes på en del variabler (tabell 26).

Tabell 26.. De statistiska analysernas teststorheter och deras relevansnivå (p) för variabler undersökta på basen av bakgrundsvariabler. Nästan anmärkningsvärd ($p < 0,05$) relevans är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen relevant ($p < 0,001$) med tre (***)

Undersökt variabel	Skogstyp				Utvecklingsklass				Lämplighet			
	ANOVA		Kruskal-Wallis		T-test		Kruskal-Wallis		T-test		Mann-Whitney	
	Test-variabel	p	Test-variabel	p	Test-variabel	p	Test-variabel	p	Test-variabel	p	Test-variabel	p
Barråtgångar	0,207	0,815			-0,608	0,550			1,503	0,148		
Barrförlust			0,124	0,940			22,5	0,120			23,0	0,300
Färgförändring			0,723	0,697	-0,723	0,478			-1,122	0,275		
Blåslavens skadeklass	0,062	0,940					41,5	0,940			26,0	0,434
Allmänna skadeklass	1,315	0,292			-0,019	0,985			-0,095	0,925		
Artmängden			5,369	0,068			36,5	0,649			31,5	0,712
Luftrenhetsindex			6,598	0,037*	-0,547	0,591					32,0	0,774
Blåslavens skadeklass	0,345	0,713			-0,081	0,936			-1,694	0,106		
Algens riklighet			2,084	0,353			33,0	0,493			32,0	0,774
N g/kg			1,628	0,443	-0,006	0,995					9,0	0,019*
S mg/kg	0,641	0,538					35,5	0,595	-1,186	0,250		

På provtytor med granbestånd hade bakgrundsvariablerna statistiskt relevanta påverknings på en del av undersökningens variabler (tabell 27). I det material som var indelat enligt skogstyp,

upptäcktes det att skillnader mellan olika skogstyper gav olikheter i förekomsten av lavar på grangrenar och kvävehalterna i granbarren.

Andra lavararter var mera frekventa på grangrenar i skogar av blåbärstyp (MT) än i skogar av harsyra-blåbärstyp (OMT). Detta kan bero på att i frodiga skogar av OMT-typ är trädbeståndet tätare och därför skogens skuggning större, vilket kan minska lavarnas livsmöjligheter. Granbarrens kvävehalter var högre i skogar av OMT-typ än i skogar av MT-typ. Kväve är vissa växters huvudnäring, därför är det väntat, att frodiga skogar av OMT-typ har en högre kvävehalt i barren. Provytans lämplighet hade inverkan på andra lavararters riklighet på granens rotända. Andra lavararter på granens rotända var mera frekventa i skogar som klassificerats som välmående än i skogar som klassificerats som tillfredsställande. Klassificeringen av provytornas lämplighet baserar sig speciellt på hur området lämpar sig för lavarnas förekomst, därför var det väntat att andra lavararters förekomst var mera frekventa i de skogar som klassificerats som välmående.

Tabell 27. De statistiska analysernas teststorheter och deras relevansnivå (p) för variabler undersökta på basen av bakgrundsvariabler på provytor med granbestånd. Nästan anmärkningsvärd ($p < 0,05$) relevans är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och synnerligen relevant ($p < 0,001$) med tre (***). *HypPhys* = blåslav.

Undersökt variabel	Skogstyp		Utvecklingsklass				Lämplighet					
	Test-variabel	p	Mann-Whitney Test-variabel	p	ANOVA Test-variabel	p	Kruskal-Wallis Test-variabel	p	T-test Test-variabel	p	Mann-Whitney Test-variabel	p
Rotändans utglesning 7.	-0,698	0,495			1,467	0,258			1,606	0,126		
Rotändans utglesning 12.	-2,051	0,056			4,813	0,022*			1,284	0,215		
Sekundärgrenar	-1,156	0,264			1,175	0,333			2,001	0,061		
Barrförlust	-2,444	0,026*			1,170	0,334			1,600	0,127		
Alg på stammen			16,5	0,020*	0,283	0,757					12,5	0,2
<i>HypPhys</i> på stammen			44,0	1,000	0,682	0,519					13,0	0,216
Andra på stammen			24,0	0,109			20,5	0,824			16,5	0,358
Alg på grenar	2,133	0,048*			2,147	0,147			-1,430	0,170		
<i>HypPhys</i> på grenar			26,5	0,152			16	0,498			16,5	0,358
Andra på grenar	-3,317	0,004**			0,207	0,815			0,796	0,437		
Alg på rotändan			20,5	0,051			10,5	0,164			10,5	0,118
<i>HypPhys</i> på rotändan			32,5	0,351			19	0,738			18,0	0,479
Andra på rotändan	-2,267	0,037*					3,5	0,017*			0,0	0,002**
N g/kg	4,939	0,000***					17,5	0,574	-1,448	0,165		
S mg/kg	2,653	0,0167*			0,160	0,854			-2,436	0,025*		

Beroendeförhållandet mellan variablerna granskades med hjälp av Spearmans rangkorrelation. I granskningen av provytor med tall- och granbestånd upptäcktes en statistiskt relevant korrelation mellan flera variabler (tabeller 28 och 29). Korrelation mindre än 0,3 anses vanligtvis inte som relevant. På provytorna med tallbestånd upptäcktes starka samband mellan indikatorvariablernas IAP-index och artmängden samt mellan den allmänna skadeklassen och blåslavens skadeklass. IAP-indexet beräknas på basen av artmängden, så därför var ett samband mellan de här variablerna väntat. Sambandet mellan den allmänna skadeklassen och blåslavens skadeklass var även väntat, ty båda mäter samma sak, alltså lavarternas skador. Ett positivt beroendeförhållande upptäcktes mellan algförekomst och trädbeståndets bottenyta samt mellan trädens ålder och diameter.

Statistiskt relevanta beroendeförhållanden på provytor med granbestånd upptäcktes mellan rotändans utglesning och barrförlusten samt mellan sekundärgrenarna och barrförlusten. Även

mellan rotändans utglesning på det sjunde kvistvarvet och sekundärgrenarna upptäcktes ett positivt beroendeförhållande. Följaktligen beskriver alla de uppmätta kronvariablerna på granen samma fenomen, alltså trädets vitalitet.

Sambandet mellan granarnas algförekomst på trädets olika delar var starkt, alltså algförekomst på en del av trädet ökar sannolikheten för att hitta alg på andra delar av trädet. Algförekomsten på olika delar av trädet har en negativ korrelation med de andra lavarternas riklighet på rotändan och grenar: desto större algförekomst på olika delar av trädet, desto färre lavarter finns det på rotändan och grenar. Det här beroendeförhållandet var väntat, eftersom alg är en positiv indikator för luftkvaliteten medan andra lavarter tar skada av luftföroreningar. Mellan blåslavens riklighet och algförekomsten kunde man inte upptäcka ett beroendeförhållande. Andra lavarternas riklighet på granens stam och grenar hade stark korrelation. Av de variabler som beskriver lavarter var det bara de som beskrev lavarternas riklighet som korrelerade med de variabler som beskriver kronans kondition alltså utglesning på sekundärgrenar och rotändan vid det 7. kvistvarvet. Skogsbeståndets ålder korrelerade avsevärt med skogsbeståndets höjd, utglesning på rotändan vid olika kvistvarv samt med barrförlusten, vilket förstärker antagandet att kronvariablerna i fråga beskriver trädets vitalitet.

Mellan granbarrens svavel- och kvävehalter och barrförlusten upptäcktes ett signifikant negativt beroendeförhållande. Även en negativ korrelation upptäcktes mellan barrens svavelhalt och utglesning av rotändan vid det 12. kvistvarvet. Det här indikerar att svavel och kväve inte har en negativ inverkan på granens vitalitet i Sydösterbottens skogar. Även starka korrelationer upptäcktes mellan de variabler som beskriver lavarterna och barrens svavel- och kvävehalter. Kvävehalter har negativ korrelation med rikligheten av andra lavarter som förekommer på grenar och med blåslavens riklighet, och svavelhalter har en negativ korrelation med andra lavarternas riklighet som förekommer på rotändan. De här korrelationerna beskriver att kväve och speciellt svavel är luftföroreningar som har avsevärd inverkan på de lavarter som tar skada av luftföroreningar. Positiv korrelation upptäcktes även mellan barrens svavelhalt och algförekomsten på stammen.

Tabell 28. Spearmans korrelationskoefficient mellan variablerna på provytor med tallbestånd. Nästan relevant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket relevant ($p < 0,001$) med tre (***)

	Botten- yta	Trädens höjd	Trädens ålder	Trädens diameter	Barr- gångar	Barr- förlust	Färg- föränd- ring	Blåsla- vens täck- ningsgrad	Blåsla- vens skade- klass	Allmän skade- klass	Artmängd	IAP	Alg	Kväve g/kg
Trädens höjd	-0,252	1												
Trädens ålder	-0,27	-0,131	1											
Trädens diameter	-0,271	0,117	0,582**	1										
Barrgångar	-0,22	0,323	0,246	0,23	1									
Barrförlust	0,295	-0,236	0,365	-0,079	-0,273	1								
Färgförändring	0,279	-0,318	-0,01	-0,391	-0,275	-0,043	1							
Blåslavens täckningsgrad	-0,017	0,157	-0,371	0,045	-0,031	-0,510*	0,194	1						
Blåslavens skadeklass	-0,374	0,377	-0,147	0,244	-0,146	-0,151	-0,323	-0,184	1					
Allmän skadeklass	-0,293	0,536*	-0,246	0,231	0,058	-0,011	-0,445*	-0,048	0,613**	1				
Artmängd	0,058	-0,234	-0,214	-0,326	0,023	-0,108	0,279	-0,068	0,122	-0,18	1			
IAP	0,056	-0,237	-0,148	-0,308	0,024	-0,133	0,256	-0,063	0,089	-0,418	0,816**	1		
Alg	0,613**	0,049	0,284	0,128	-0,001	0,414	-0,225	-0,249	-0,144	0,084	-0,397	-0,327	1	
Kväve g/kg	-0,324	0,513*	-0,440*	-0,061	-0,072	-0,405	-0,09	0,408	0,434*	0,439*	-0,128	-0,193	-0,332	1
Svavel mg/kg	-0,450*	0,153	-0,432*	0,079	-0,304	-0,245	-0,229	0,269	0,179	0,378	-0,294	-0,35	-0,379	0,524*

Tabell 29. Spearmans korrelationskoefficient mellan variablerna på provytor med granbestånd. Nästan relevant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket relevant ($p < 0,001$) med tre (***)

	Botten- yta	Trädens ålder	Trädens höjd	Trädens diameter	Rotändans utglesning 7.	Rotändans utglesning 12.	Sekundär- grenar	Barr- förlust	Alg på stammen	HypPhys på stammen	Andra på stammen	Alg på grenar	HypPhys på grenar	Andra på grenar	Alg på rotända	HypPhys på rotända	Andra på rotända	Svavel g/kg
Trädens ålder	0,069	1																
Trädens höjd	0,168	0,653**	1															
Trädens diameter	-0,151	0,219	0,247	1														
Rotändans utglesning 7.	-0,193	0,703**	0,429	0,449	1													
Rotändans utglesning 12.	-0,224	0,666**	0,394	-0,329	0,511*	1												
Sekundärgrenar	-0,144	0,520*	0,319	-0,113	0,614**	0,359	1											
Barrförlust	0,02	0,809**	0,518*	-0,336	0,676**	0,840**	0,591**	1										
Alg på stammen	0,288	-0,036	0,27	-0,007	-0,09	0,004	-0,237	-0,039	1									
HypPhys på stammen	-0,083	-0,359	-0,424	0,036	-0,152	-0,074	-0,256	-0,151	-0,024	1								
Andra på stammen	-0,22	0,158	-0,067	-0,141	0,593**	0,326	0,572**	0,421	-0,128	0,039	1							
Alg på grenar	0,335	-0,036	0,446*	0,218	-0,005	-0,019	-0,175	0,014	0,915**	0,025	-0,098	1						
HypPhys på grenar	-0,004	0,004	-0,127	-0,018	0,011	-0,12	0,016	0,104	-0,092	0,412	0,134	-0,046	1					
Andra på grenar	-0,375	0,229	0,029	-0,137	0,447*	0,362	0,349	0,434	-0,644**	0,091	0,591**	-0,540*	0,176	1				
Alg på rotända	0,371	-0,244	0,210	0,154	-0,106	-0,142	-0,326	-0,129	0,862**	0,193	-0,132	0,931**	0,046	-0,554*	1			
HypPhys på rotända	0,057	-0,323	-0,320	-0,429	-0,147	-0,083	0,19	-0,019	-0,065	0,425	0,166	-0,058	0,121	0,044	0,06	1		
Andra på rotända	-0,321	0,375	-0,139	0,094	0,229	0,413	0,36	0,319	-0,589**	-0,105	0,29	-0,664**	0,03	0,396	-0,739**	-0,109	1	
Svavel g/kg	0,146	-0,338	-0,056	0,378	-0,401	-0,576**	-0,428	-0,673**	0,199	-0,028	-0,713**	0,189	-0,368	-0,605**	0,235	-0,241	-0,506*	1
Kväve mg/kg	0,097	-0,524*	-0,258	0,217	-0,421	-0,465*	-0,414	-0,571**	0,548*	0,256	-0,179	0,514*	0,116	-0,554*	0,590**	-0,015	-0,573**	0,503*

Mellan tallbarrens grundämneshalter upptäcktes några betydande korrelationer (tabell 30), men mellan granbarrens grundämneshalter upptäcktes flera betydande korrelationer (tabell 31). För tallarnas del korrelerade barrens fosforhalt med svavel- och kvävehalterna och barrens zinkhalt med kadmiumhalten. Korrelationen mellan fosfor, svavel och kväve kan förklaras med att de alla är huvudnäringar som växter behöver. Mellan barrförlusten och barrårgångarna samt mellan de uppmätta grundämneshalterna kunde det inte fastställas någon betydande korrelation.

Mellan granbarrens grundämneshalter i den första årgången och den andra årgången fanns en betydande korrelation i kväve, bor-, fosfor-, magnesium-, mangan-, nickel-, järn-, svavel- och zinkhalterna. Andra starka och statistiskt betydande korrelationer är till exempel korrelationen mellan barrårgångens mangan- och zinkhalter, andra barrårgångens koppar- och svavelhalter och andra barrårgångens kalcium- och manganhalter samt den negativa korrelationen mellan den första årgångens svavelhalter. Det här indikerar att granarna i Sydösterbotten till en viss del skulle dra nytta av kväve- och svavelbelastningen.

Tabell 30. Spearmans korrelationskoefficient mellan grundämneshalterna på provytor med tallbestånd. Nästan relevant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket relevant ($p < 0,001$) med tre (***).

	Barrårgångar	Barrförlust	N g/kg	B mg/kg	Cd mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	P mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	S mg/kg
Barrförlust	-0,273	1													
N g/kg	-0,072	-0,405	1												
B mg/kg	-0,064	0,136	-0,062	1											
Cd mg/kg	-0,455*	0,035	0,202	-0,035	1										
K mg/kg	0,006	-0,205	0,421	0,391	0,021	1									
Ca mg/kg	-0,277	-0,231	0,352	-0,371	0,476*	0,003	1								
P mg/kg	-0,115	-0,530*	0,855**	0,076	0,385	0,442*	0,369	1							
Cr mg/kg	-0,185	-0,014	-0,269	-0,334	0,045	-0,309	0,24	-0,374	1						
Cu mg/kg	0,058	-0,503*	0,402	-0,333	-0,204	0,147	0,194	0,317	0,351	1					
Mg mg/kg	0,113	-0,074	-0,326	-0,283	0,061	-0,404	0,129	-0,19	0,124	-0,01	1				
Mn mg/kg	0,024	0,013	0,12	-0,038	0,229	-0,439*	0,441*	0,071	-0,086	-0,167	0,298	1			
Ni mg/kg	-0,365	-0,275	0,247	-0,293	0,163	0,069	0,39	0,226	0,339	0,493*	0,043	0,009	1		
Fe mg/kg	-0,014	-0,115	0,119	-0,225	-0,304	-0,049	-0,027	-0,041	0,432*	0,477*	-0,441*	-0,348	0,112	1	
S mg/kg	-0,304	-0,245	0,524*	0,421	0,372	0,367	0,107	0,693**	-0,451*	-0,071	-0,144	-0,083	0,088	-0,119	1
Zn mg/kg	0,221	-0,17	0,174	-0,077	0,541**	0,018	0,004	0,455*	-0,429*	-0,039	0,089	0,068	-0,233	-0,272	0,236

Tabell 31. Spearmans korrelationskoefficient mellan grundämneshalterna på provytor med granbestånd. Exponentindexet 1 anger den första barrårgången och exponentindexet 2 den andra barrårgången. Nästan relevant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), relevant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket relevant ($p < 0,001$) med tre (***)

	Barrför- lust	N g/kg (C)	B mg/kg (C)	Cd mg/kg (C)	K mg/kg (C)	Ca mg/kg (C)	P mg/kg (C)	Cr mg/kg (C)	Cu mg/kg (C)	Mg mg/kg (C)	Mn mg/kg (C)	Ni mg/kg (C)	Fe mg/kg (C)	S mg/kg (C)
N g/kg (C)	-0,673**	1												
B mg/kg (C)	-0,138	0,401	1											
Cd mg/kg (C)	-0,32	0,1	0,06	1										
K mg/kg (C)	-0,336	0,352	0,247	0,298	1									
Ca mg/kg (C)	0,079	-0,246	-0,427	-0,259	-0,123	1								
P mg/kg (C)	-0,055	0,197	0,268	0,338	0,179	-0,337	1							
Cr mg/kg (C)	0,219	-0,371	0,322	-0,096	0,005	0,099	-0,346	1						
Cu mg/kg (C)	-0,378	0,441	0,507*	0,259	0,550*	-0,439	0,513*	0,046	1					
Mg mg/kg (C)	-0,123	0,05	0,056	-0,298	-0,023	-0,045	0,153	-0,394	0,092	1				
Mn mg/kg (C)	0,551*	-0,599**	-0,395	-0,298	-0,326	0,678**	-0,158	0,198	-0,567**	-0,161	1			
Ni mg/kg (C)	-0,537*	0,601**	0,156	0,338	0,603**	-0,43	0,215	-0,336	0,478*	0,156	-0,777**	1		
Fe mg/kg (C)	-0,351	0,373	0,486*	-0,139	0,347	0,056	0,024	0,448*	0,535*	-0,212	-0,251	0,214	1	
S mg/kg (C)	-0,571**	0,503*	0,453*	0,02	0,423	-0,281	0,29	-0,148	0,609**	0,367	-0,457*	0,472*	0,519*	1
Zn mg/kg (C)	0,259	-0,355	-0,418	-0,139	-0,223	0,540*	-0,153	0,244	-0,302	-0,217	0,507*	-0,415	0,095	-0,251
N g/kg (C+1)	-0,494*	0,807**	0,389	0,179	0,426	-0,412	0,429	-0,285	0,654**	0,159	-0,750**	0,729**	0,371	0,417
B mg/kg (C+1)	-0,026	0,168	0,738**	-0,298	-0,093	-0,337	0,069	0,464*	0,153	0,116	-0,153	-0,047	0,481*	0,338
K mg/kg (C+1)	-0,208	0,385	0,186	-0,02	0,438	-0,208	0,421	-0,017	0,448*	0,053	-0,344	0,589**	0,483*	0,394
Ca mg/kg (C+1)	0,092	-0,211	-0,531*	-0,298	-0,152	0,893**	-0,417	0,145	-0,486*	-0,215	0,591**	-0,344	0,053	-0,418
P mg/kg (C+1)	-0,141	0,153	0,197	0,219	-0,077	-0,233	0,856**	-0,252	0,325	0,101	-0,155	0,195	0,137	0,28
Cr mg/kg (C+1)	0,028	-0,069	0,332	-0,131	0,047	0,012	-0,249	0,804**	0,042	-0,508*	0,047	-0,146	0,559*	-0,089
Cu mg/kg (C+1)	-0,497*	0,779**	0,565**	0,139	0,367	-0,417	0,328	0,01	0,493*	-0,018	-0,589**	0,614**	0,534*	0,565**
Mg mg/kg (C+1)	-0,184	0,201	-0,018	-0,378	-0,063	0,069	0,086	-0,373	0,096	0,821**	-0,035	0,211	-0,075	0,409
Mn mg/kg (C+1)	0,488*	-0,434	-0,534*	-0,298	-0,338	0,726**	-0,185	0,087	-0,617**	-0,278	0,901**	-0,636**	-0,209	-0,603**
Ni mg/kg (C+1)	-0,498*	0,601**	0,155	0,378	0,537*	-0,490*	0,301	-0,336	0,535*	0,072	-0,776**	0,974**	0,244	0,435
Fe mg/kg (C+1)	-0,358	0,363	0,371	-0,219	0,039	0,017	-0,125	0,467*	0,238	-0,2	-0,183	0,156	0,832**	0,349
S mg/kg (C+1)	-0,602**	0,649**	0,409	-0,02	0,162	-0,341	0,224	-0,051	0,352	0,221	-0,574**	0,550*	0,445*	0,701**
Zn mg/kg (C+1)	0,362	-0,484*	-0,516*	-0,219	-0,352	0,711**	-0,208	0,259	-0,477*	-0,308	0,710**	-0,466*	0,008	-0,394

	Zn mg/kg (C)	N g/kg (C+1)	B mg/kg (C+1)	K mg/kg (C+1)	Ca mg/kg (C+1)	P mg/kg (C+1)	Cr mg/kg (C+1)	Cu mg/kg (C+1)	Mg mg/kg (C+1)	Mn mg/kg (C+1)	Ni mg/kg (C+1)	Fe mg/kg (C+1)	S mg/kg (C+1)
Zn mg/kg (C)	1												
N g/kg (C+1)	-0,305	1											
B mg/kg (C+1)	-0,179	0,104	1										
K mg/kg (C+1)	-0,209	0,641**	0,197	1									
Ca mg/kg (C+1)	0,513*	-0,376	-0,304	-0,165	1								
P mg/kg (C+1)	-0,183	0,35	0,183	0,547*	-0,269	1							
Cr mg/kg (C+1)	0,229	-0,073	0,538*	0,148	0,128	-0,089	1						
Cu mg/kg (C+1)	-0,226	0,761**	0,496*	0,615**	-0,32	0,349	0,229	1					
Mg mg/kg (C+1)	-0,086	0,161	0,156	0,095	-0,039	0,054	-0,445*	0,098	1				
Mn mg/kg (C+1)	0,618**	-0,580**	-0,239	-0,281	0,764**	-0,162	0,091	-0,477*	-0,083	1			
Ni mg/kg (C+1)	-0,447*	0,753**	-0,036	0,647**	-0,383	0,302	-0,128	0,624**	0,152	-0,620**	1		
Fe mg/kg (C+1)	0,122	0,31	0,617**	0,433	0,126	0,117	0,589**	0,609**	0,026	-0,089	0,188	1	
S mg/kg (C+1)	-0,177	0,635**	0,469*	0,585**	-0,314	0,397	0,158	0,847**	0,28	-0,549*	0,520*	0,576**	1
Zn mg/kg (C+1)	0,830**	-0,520*	-0,202	-0,206	0,755**	-0,086	0,243	-0,37	-0,065	0,815**	-0,475*	0,102	-0,304

5.2 Jämförelse med tidigare utförda uppföljningar i Sydösterbotten

I det här kapitlet jämförs resultaten från åren 2006-2007 med resultaten från undersökningarna utförda åren 1993 och 2000. Vid jämförelse av skillnader mellan åren måste det tas i beaktande, att resultaten från åren 1993 och 2000 berör endast det gamla undersökningsområdet (Kaskö, Kristinestad och Närpes), som utvidgades år 2006 med områden i Östermark och Bötom. Förutom i zonkartorna har man i jämförelsen tagit med endast de provytor som förblivit desamma.

5.2.1 Granens barrförlust

Granens genomsnittliga barrförlust på oförändrade provytor för åren 2000 och 2006 är presenterade i tabell 32. Barrförlusten har varit på samma nivå från år 2000 till år 2006, men granarnas kronutglesning har minskat: 34 % av de undersökta granarna bedömdes som utglesade år 2000 och 18 % motsvarande år 2006.

Tabell 32. Granens genomsnittliga barrförlust på oförändrade provytor åren 2000 och 2006.

n = 12	Medeltal	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
2000	15,7	7,5	22	4,29
2006	15,1	6,2	19	3,73

5.2.2 Tallens stamlavar

De indikatorer som beskriver tallens stamlavar finns presenterade i tabell 33. I jämförelsen har man endast tagit med oförändrade provytor. IAP-indexet är beräknat på nytt för varje undersökningsår genom att använda samma mängd av åtföljande arter som år 2006. Speciellt vid områdesspecifika jämförelser av artmängden skall man ta i beaktande att år 2000 utfördes lavkarteringen på tio träd, medan år 1993 och 2006 utfördes den på fem träd. Det här kan höja den områdesspecifika artmängden för år 2000. Vid jämförelse av skadeklass skall man ta i beaktande att år 1993 och 2000 evaluerades skadeklassen med en skadeklass mellanrum, medan år 2006 evaluerades de med en halv skadeklass mellanrum.

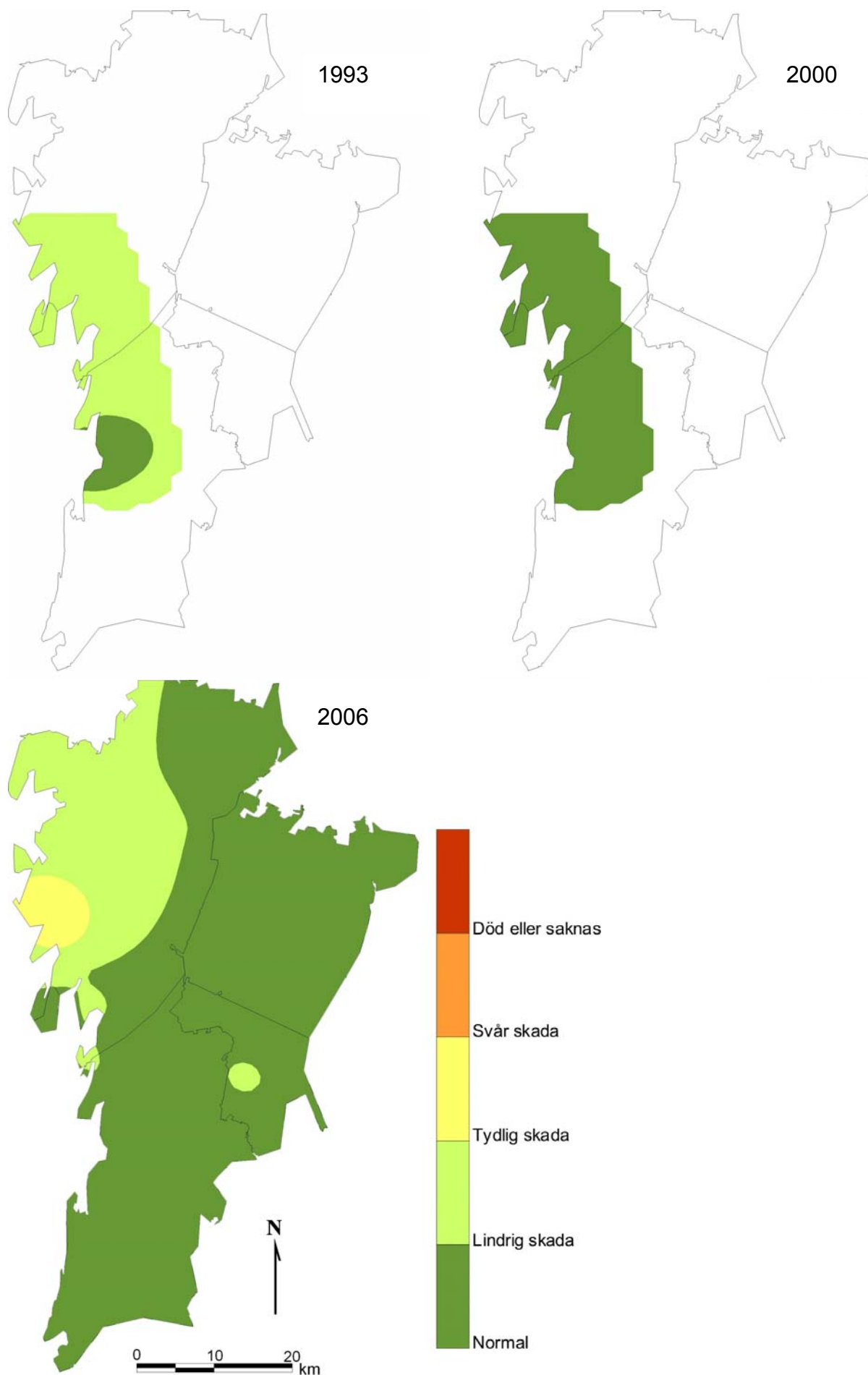
Det genomsnittliga värdet för IAP-indexet steg en aning från år 1993 till år 2000, men sjönk åter år 2006 till samma nivå som för år 1993. Den trädspecifika artmängden på undersökningsområdet minskade från år 2000 till år 2006. Den områdesspecifika artmängden har något så när förblivit på samma nivå från år 1993 till år 2006. Blåslavens täckningsgrad minskade från år 1993 till år 2000, och var år 2006 på samma nivå som år 2000. Grönalgen var mera frekvent år 2006 än år 1993. Den allmänna skadeklassen förbättrades märkbart från år 1993 till år 2000, och år 2006 var den någonstans emellan de tidigare åren. Utvecklingen för blåslavens skadeklass följde utvecklingen för den allmänna skadeklassen.

Tabell 33. Luftrenhetsindexet (IAP) för tallens stamlavar, trädspecifika och områdesspecifika artmängd, blåslavens täckningsgrad, grönalgens riklighet och blåslavens skadeklass på provytor i Sydösterbotten åren 1993, 2000 och 2006. De områden som förblivit desamma under åren 1993 till 2006 togs med i jämförelsen.

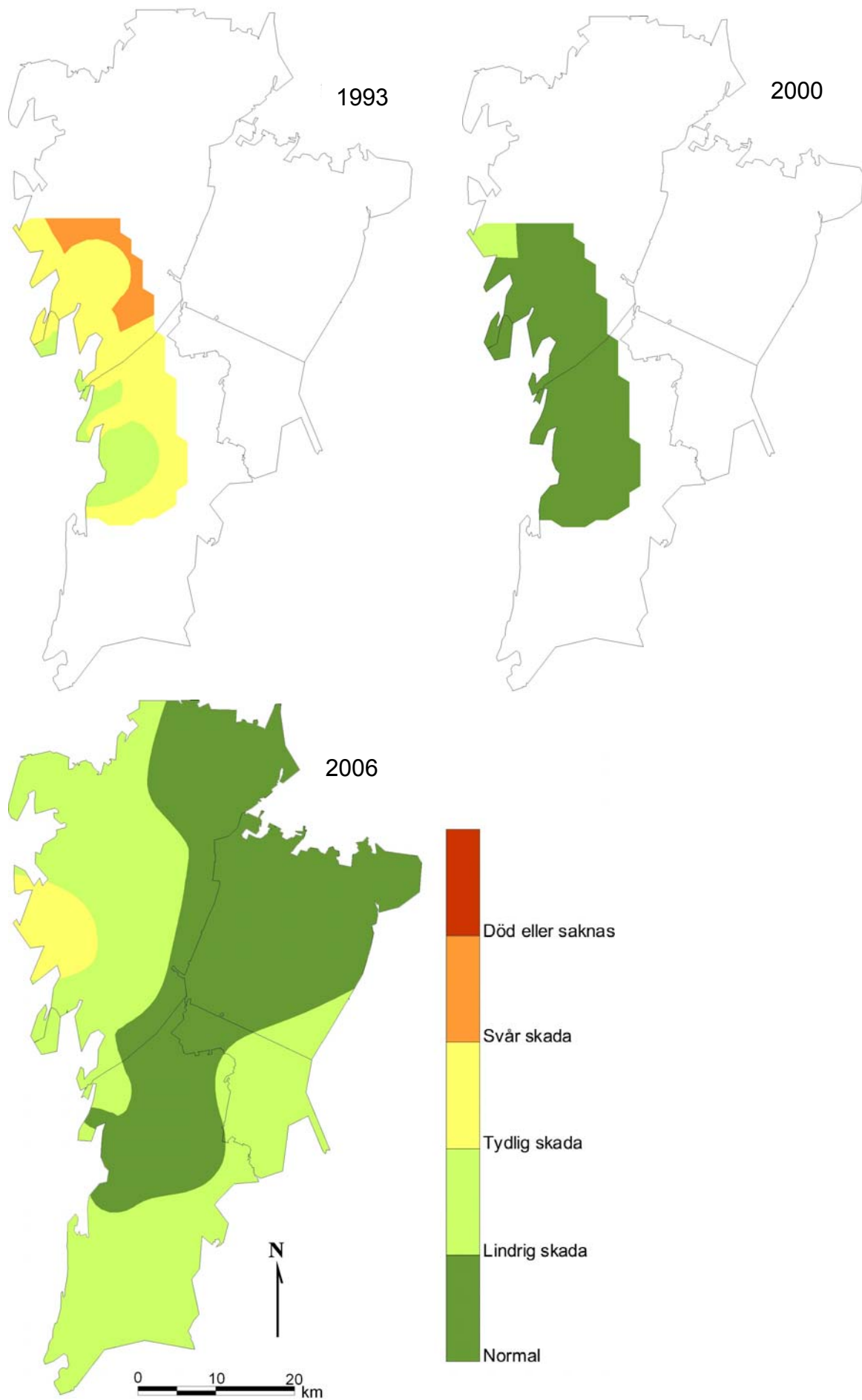
	Medeltal	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
1993, n = 10				
IAP	2,4	1,2	3,0	0,59
Artmängd/provyta	7,3	4	10	1,57
Blåslavens täckningsgrad (%)	9,8	2	23	6,51
Grönalg/riklighet	2,0	0	5	1,89
Allmän skadeklass	3,3	3	4	0,48
Blåslavens skadeklass	2,3	2	3	0,48
2000, n = 10				
IAP	2,8	2	3,5	0,39
Artmängd/träd	6,2	3	9	1,20
Artmängd/provyta	8,3	6	9	1,06
Blåslavens täckningsgrad (%)	6,0	1,3	14,4	4,11
Allmän skadeklass	1,5	1	2	0,53
Blåslavens skadeklass	1,3	1	2	0,48
2006, n = 10				
IAP	2,3	1	3,45	0,79
Artmängd/träd	5,2	2	8	1,87
Artmängd/provyta	7,0	2	9	2,26
Blåslavens täckningsgrad (%)	6,0	0,2	17,1	5,51
Grönalg/riklighet	3,1	0	5	2,18
Allmän skadeklass	2,3	1,5	4,1	0,77
Blåslavens skadeklass	2,0	1,4	3,7	0,65

Största delen av undersökningsområdet hörde år 1993 till zonen för lindriga skador på blåslaven. År 2000 hörde hela undersökningsområdet till zonen för friska blåslavar. År 2006 hörde södra delen av undersökningsområdet till zonen för friska blåslavar och den norra delen till zonen för lindriga skador på blåslavar. Ett litet område som hörde till zonen för tydliga skador på blåslavar hade formats i undersökningsområdets västra del. (Figur 63.)

På basen av den allmänna skadeklassen hörde största delen av undersökningsområdet år 1993 till zonen för avsevärda skador. År 2000 hörde hela undersökningsområdet förutom det norra hörnet till den friska zonen av den allmänna skadeklassen. År 2006 hörde undersökningsområdets östra och mellersta delar till den friska zonen medan undersökningsområdets norra och södra delar till zonen för lindrigt skadade. Ett ganska litet område i undersökningsområdets västra del hörde till zonen för tydligt skadade. (Figur 64.)

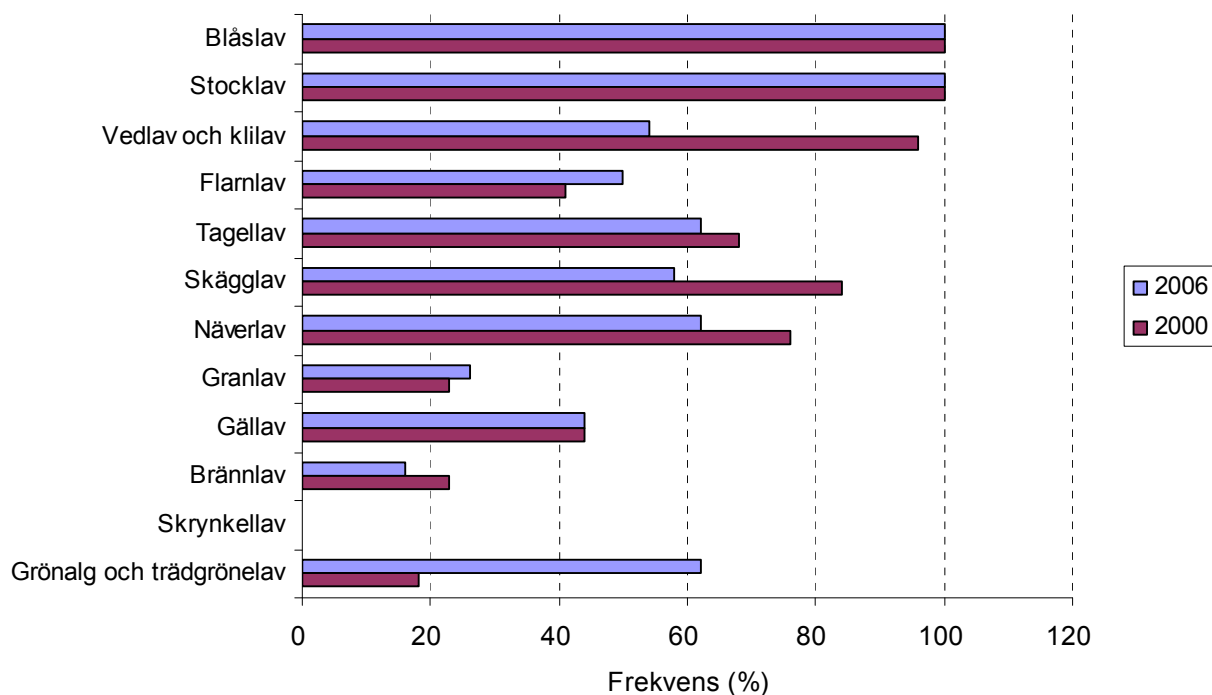


Figur 63. Zonerna för blåslavens skadeklass på undersökningsområdet åren 1993, 2000 och 2006.



Figur 64. Zonerna för den allmänna skadeklassen på undersökningsområdet åren 1993 och 2006.

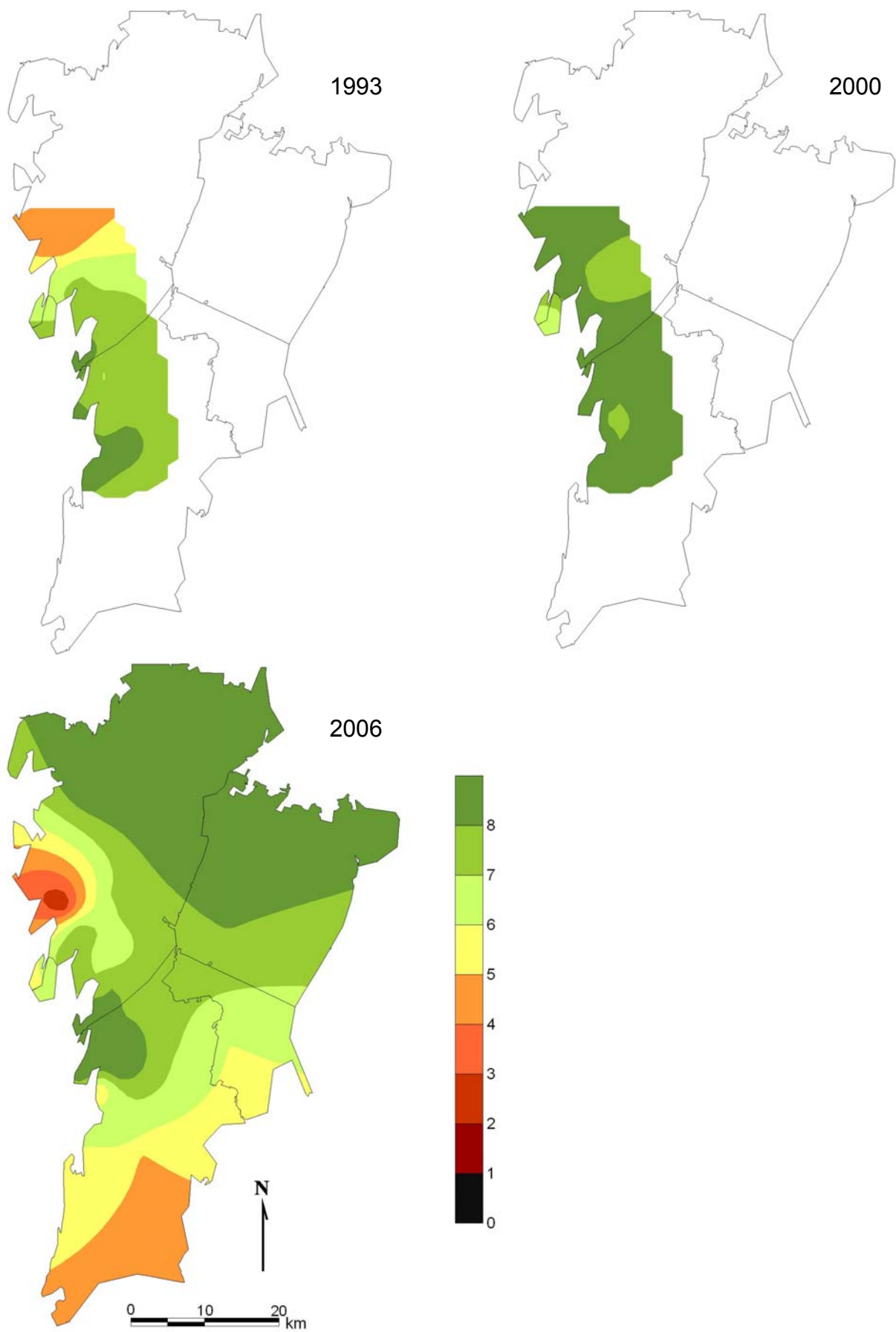
Förändringarna i de olika lavarernas förekomstfrekvens från år 2000 till 2006 är presenterade i figur 65. Vid beräkningen av frekvenserna har provytor som förblivit desamma tagits med, men mängden av provträd var dubbelt fler år 2000 än år 2006, vilket orsakar felkällor i jämförelsen. Blåslav och klilav observerades på alla provträd, under båda åren. Vedlavens och klilavens förekomstfrekvenser hade minskat kraftigt. Även tagellavarnas, skägglavarnas och näverlavens förekomstfrekvenser hade minskat. Däremot hade flarnlavens och alg och trädgrönelavens förekomstfrekvenser ökat. Gällavens förekomstfrekvens har förblivit på samma nivå. Stocklavens förekomstfrekvens hade ökat en aning, och brämlavens minskat. Skrynkellav kunde inte upptäckas på något av provträden som togs med i jämförelsen under någonda åren.



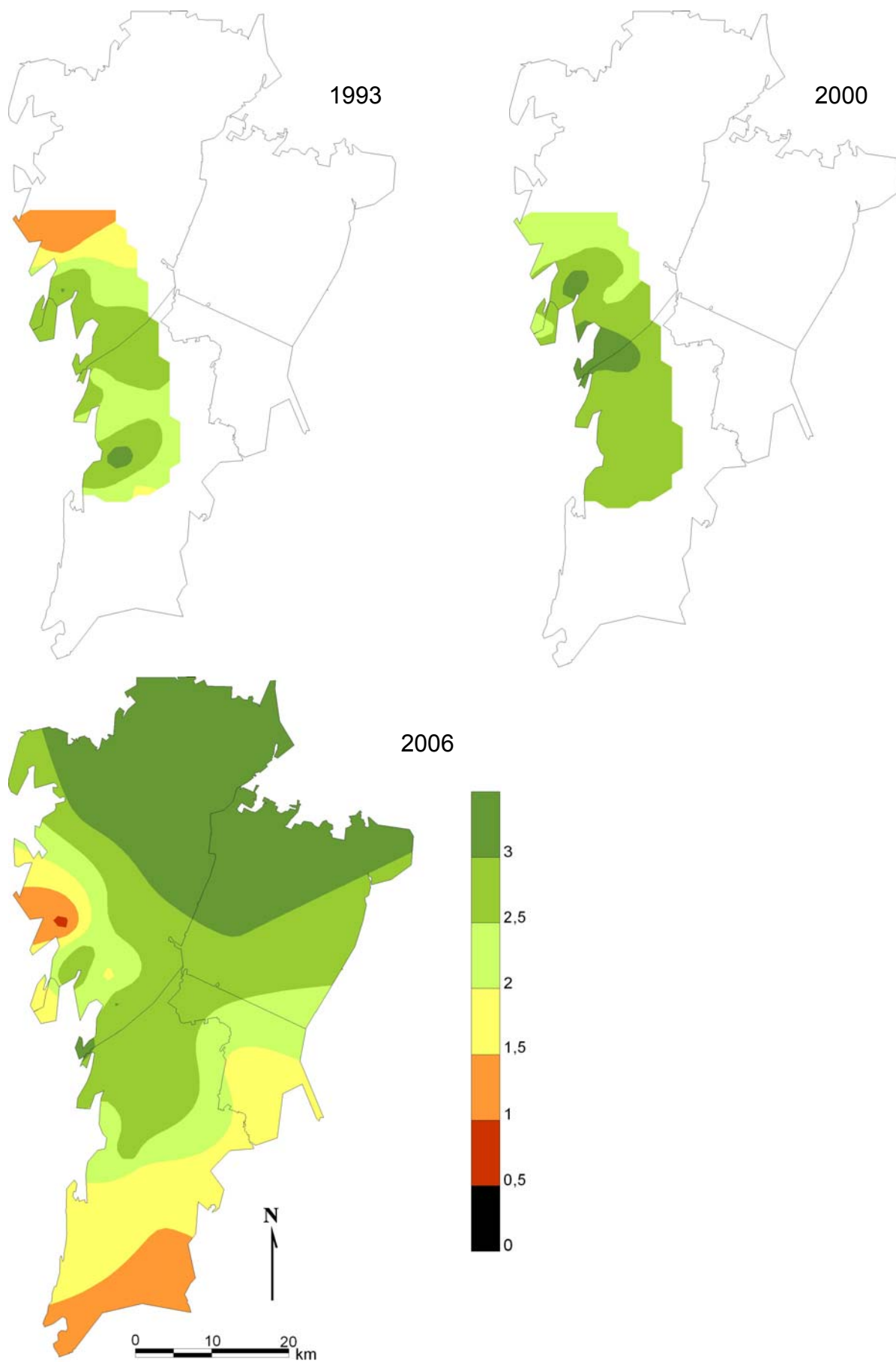
Figur 65. Lavarernas förekomstfrekvenser på undersökningsområdet åren 2000 och 2006. $N(2000) = 100$ och $N(2006) = 50$.

Av de arter som tar skada av luftföroreningar påminner den områdesspecifika fördelningen av artmängder om varandra åren 1993 och 2006, men år 2000 hörde nästan hela uppföljningsområdet till samma zon som bakgrundsområden med hänseende på artmängden av lavar som tar skada av luftföroreningar. Orsaken till att resultaten från år 2000 skiljer sig från de andra åren beror förmodligen på mängden av provträd, år 2000 undersöktes lavarnas förekomst på tio provträd medan år 1993 och 2006 användes fem provträd. (Figur 66.)

På basen av IAP-indexet fördelas de områden som tar skada av luftföroreningar på samma vis som de evaluerade zonerna på basen av artmängden. Precis som för artmängden skiljer sig även IAP-indexet för år 2000 från de andra åren med tanke på de bättre indexvärdena. År 2006 var värdet för zonen av IAP-indexet i Kaskö lägre än för andra undersökningsår. (Figur 67.)



Figur 66. Mängden av arter som tar skada av luftföroreningar på provytorna åren 1993, 2000 och 2006.



Figur 67. IAP-index på undersökningsområdet åren 1993, 2000 och 2006.

5.2.3 Barrens grundämnesshalt

I tabell 34 jämförs tallbarrens grundämnesshalt från 1993, 2000 och 2006. I tabell 35 jämförs granbarrens grundämnesshalt från åren 2000 och 2006. I jämförelsen användes de områden som förblivit desamma.

Tallbarrens kväve-, svavel-, kalium-, bor-, fosfor- och kopparhalter hade tydligt ökat. Halterna av kalcium, mangan och järn hade dock minskat. Förändringarna i halterna av magnesium och zink var ganska obetydliga.

Tabell 34. Tallbarrens grundämnesshalter i området för Sydösterbotten åren 1993 och 2006. I jämförelsen användes de provtytor som förblivit desamma.

n = 10	N g/kg	S mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	Mn mg/kg	B mg/kg	P mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg
1993											
Medeltal	12,9	946	3550	895	4150	789	12,8	1390	1,9	62,4	48,1
Minimum	11	830	2700	710	3900	410	11,0	1200	1,70	52	41
Maximum	14	1000	4600	990	4400	1000	16	1600	2,1	80	58
Standardavvikelse	1,10	46,5	606	81,7	165	206	1,48	129	0,13	8,93	4,75
2006											
Medeltal	14,7	1009	3430	905	4400	652	16,8	1450	2,2	56,2	49,3
Minimum	14	930	2500	800	3900	360	14,0	1300	1,90	50	43
Maximum	17	1100	4300	990	5000	820	19	1600	2,6	63	56
Standardavvikelse	1,06	53,4	457	64,5	316	154	1,75	85	0,22	4,24	3,97

Granbarrens kväve-, svavel-, kalcium-, magnesium-, mangan-, bor-, fosfor-, krom-, koppar-, nickel-, järn- och zinkhalter hade minskat i både den yngre och den andra barrårgången jämfört med halterna år 2000. Endast kaliumhalterna hade ökat, och enbart i den yngre barrårgången. Den mest tydliga minskningen i granbarren fanns i kromhalterna.

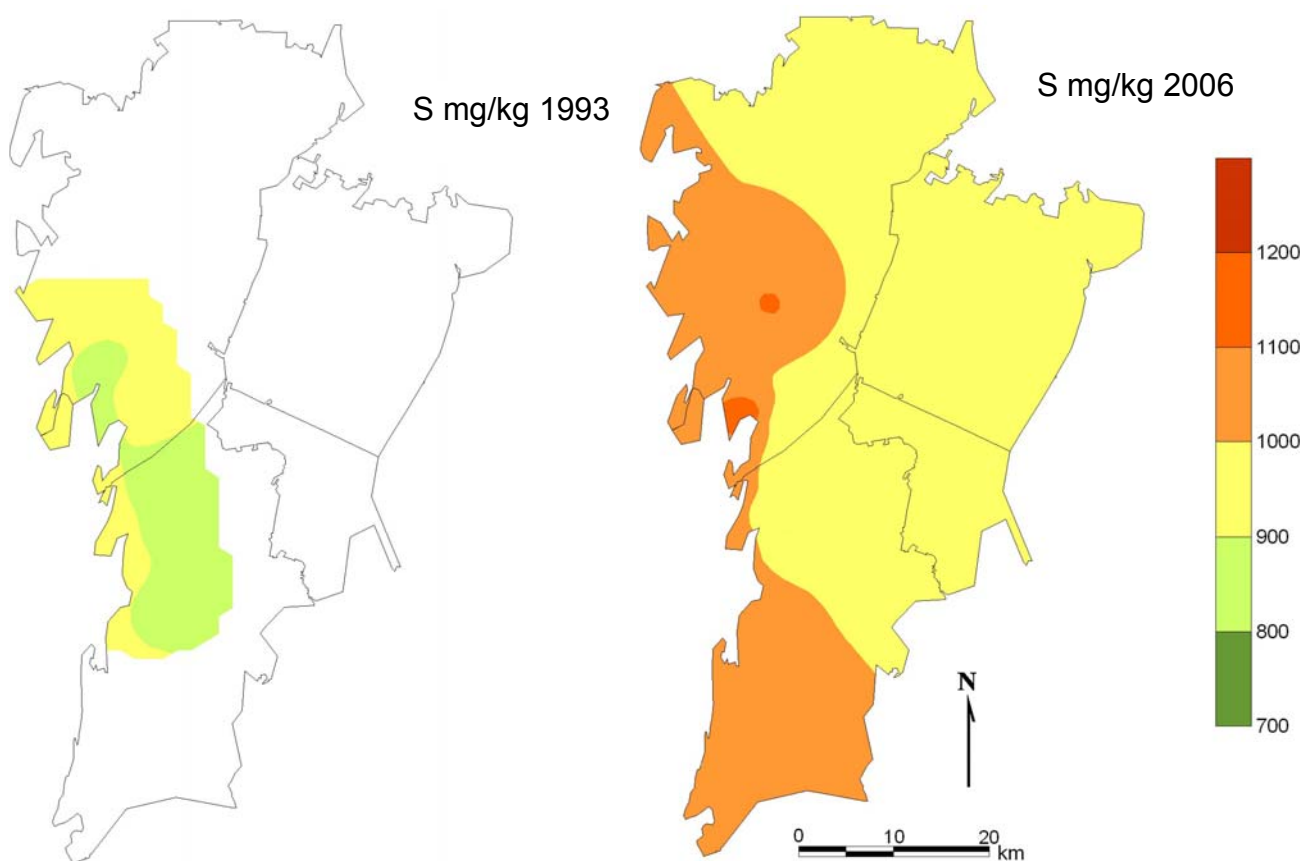
Tabell 35. Granbarrens grundämnesshalt i den yngre och andra barrårgången för området i Sydösterbotten åren 2000 och 2006. I jämförelsen användes de provtytor som förblivit desamma.

n = 12	N g/kg	S mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	Mn mg/kg	B mg/kg	P mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg
2000													
1. barrårgång													
Medeltal	14,2	1028	4458	1292	7208	521	17,7	1858	0,907	2,6	2,9	29,3	38,1
Minimum	13	950	3100	1100	6600	180	13,0	1400	0,240	2,2	1,1	22	30
Maximum	16	1200	5700	1500	8000	1000	22,0	2400	1,600	3	5,4	35	49
Standardavvikelse	1,03	78,64	824	108	429	242	2,64	300	0,507	0,29	1,37	3,17	5,42
2. barrårgång													
Medeltal	13,6	992,5	6558	1104	5792	709	18,3	1558	0,912	2,4	2,3	33,7	36,25
Minimum	11	880	4500	950	4900	220	11,0	1100	0,030	2	0,94	26	24
Maximum	16	1200	8200	1200	6900	1400	27,0	2100	1,900	3,3	4,58	43	49
Standardavvikelse	1,56	95	1319	62	518	371	4,44	297	0,511	0,39	1,18	4,64	7,81

Tabell 35 fortsätter.

n = 12	N g/kg	S mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	Mn mg/kg	B mg/kg	P mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg
2006													
1. barrårgång													
Medeltal	13,4	878	3167	1083	7450	417	14,1	1742	0,031	2,2	2,8	26,7	34,8
Minimum	12	760	2100	930	6500	140	10,0	1200	0,025	1,9	1,1	22	26
Maximum	16	1100	4000	1200	9200	780	17,0	2200	0,065	2,8	4,9	34	42
Standardavvikelse	1,31	90	605	102	835	181	2,07	284	0,014	0,30	1,46	3,45	4,63
2. barrårgång													
Medeltal	13,1	900,0	4017	963	5558	401	16,2	1373	0,033	2,0	2,1	29,3	31,4
Minimum	11	770	2600	830	4700	120	12,0	880	0,025	1,6	0,8	22	21
Maximum	16	1300	5100	1100	6200	680	21,0	1800	0,060	2,4	4,3	35	44
Standardavvikelse	1,44	144	802	100	540	187	3,21	289	0,015	0,28	1,31	3,87	6,69

Ökningen i tallbarrens svavelhalt syns på zonkartorna för svavelhalten. När barrens svavelhalt på hela undersökningsområdet år 1993 var under 1000 mg/kg, var svavelhalterna år 2006 över 1000 mg/kg på ett vidsträckt område. Zonen med svavelhalter under 1000 mg/kg täckte undersökningsområdets östra del år 2006.



Figur 68. Tallbarrens svavelhalt (mg/kg) i Sydösterbotten åren 1993 och 2006.

5.3 Jämförelse med undersökningar utförda i andra delar av Finland

5.3.1 Tallens barrförlust

Tallens barrförlust var i Sydösterbotten på samma nivå som undersökningar utförda i andra delar av Finland. Andelen av undersökta träd med kronutglesning var mindre än på något annat jämförbart område.

Tabell 36. Den genomsnittliga mängden av tallens barrförlust och kronutglesning (barrförlust > 20 %) för bioindikatoruppföljningar för luftkvaliteten utförda i olika delar av Finland. I de resultat som är märkta med en stjärna (*) utfördes bedömningen helt eller delvis utanför växtperioden i juli-augusti, då den yngre barrgången fanns i träden och den äldsta ännu inte fallit bort. Resultaten från andra områden är från källorna Laita m.m. 2008a, Laita m.m. 2008b, Laita m.m. 2008c, Laita m.m. 2008d, Laita m.m. 2007, Haahla m.m. 2006a, Haahla m.m. 2006b, Niskanen m.m. 2003b.

Område	n	Uppföljningsår	Genomsnittliga barrförlust, %	Andel utglesade träd, %
Hela Västra Finland*	3968	2006	14	6
Sydösterbotten*	220	2006	15	3
Karleby*	1210	2006	14	7
Jakobstad*	1059	2006	13	7
Seinäjäki*	889	2006	14	5
Vasa*	590	2006	12	6
Åbotrakten*	725	2005	15	10
Sörre Karelen*	1200	2005	15	14
Mellersta Finland	4920	2005	14	8
Kotka	1244	2002	18	25

5.3.2 Granens barrförlust

Granens genomsnittliga barrförlust på områden i Sydösterbotten var det lägsta av alla jämförda områden. Även mängden av kronutglesade träd var på områden i Sydösterbotten den lägsta av alla jämförda områden.

Tabell 37. Granens genomsnittliga barrförlust och kronutglesning för bioindikatoruppföljningar utförda i olika delar av Finland. Resultaten från andra områden är från källorna Laita m.m. 2008e, Laita m.m. 2007, Jussila 1997, Niskanen m.m. 1996, Niskanen och Witick 1992.

Område	Uppföljningsår	N	Medeltal	Minimum	Maximum	Andel utglesade träd, %
Sydösterbotten	2006	200	16	0	55	22
Nystad region	2006	90	20	5	60	32
Åbotrakten	2005	310	24	10	75	47
Björneborg-Harjavalta och Norra Satakunta	1996	130	19	5	45	32
Helsingfors regionen	1996	500	21	8	34	55
Borgå trakten	1990	115	24	5	45	64

5.3.3 Tallens stamlavar

I tabell 38 jämförs kännetecknen för variablerna av tallarnas stamlavar på området i Sydösterbotten, andra områden för Västra Finlands miljöcentral samt för bioindikatoruppföljningar utförda i andra delar av Finland. Av de jämförda provytorna växte den friskaste blåslaven vid sidan av Sydösterbotten på områdena i Vasa. Den allmänna skadeklassen var bättre i Sydösterbotten än på jämförelseområdena, och den trädspecifika artmängden var störst i Sydösterbotten av alla jämförelseområden.

Tabell 38. Variabler som beskriver tallens stamlavar för bioindikatoruppföljningar på området i västra Finland år 2006 samt undersökningar utförda i andra delar av Finland. Resultaten från källorna Laita m.m. 2008a, Laita m.m. 2008b, Laita m.m. 2008c, Laita m.m. 2008d, Laita m.m. 2008e, Laita m.m. 2007, Haahla m.m. 2006a, Polojärvi m.m. 2005c, Haahla 2006b.

Område	n	Uppföljningsår	Blåslavens skadeklass	Allmänna skadeklass	Artmängd / träd
Hela Västra Finland	398	2006	2,1	3,0	4,1
Sydösterbotten	22	2006	1,9	2,2	5,6
Karleby	121	2006	2,0	3,2	4,3
Jakobstad	106	2006	2,3	3,4	2,8
Seinäjäki	90	2006	2,0	2,6	4,9
Vasa	59	2006	1,9	2,5	4,4
Nystad regionen	103	2004	2,1		5,1
Åbotrakten	145	2005	2,2		3,6
Mellersta Finland	492	2005	2,0		
Nyland	776	2004	2,1		
Sörre Karelen	240	2005	2,3		

5.3.4 Barrens grundämneshalter

I tabell 39 jämförs tallbarrens grundämneshalter på området i Sydösterbotten, området för Västra Finlands miljöcentral, andra områden i Västra-Finland, hela Finland (ICP Forests) samt bioindikatoruppföljningar utförda i andra delar av Finland. I tabell 40 jämförs granbarrens grundämneshalter i båda årgångar med grundämneshalterna från det riksomfattande materialet (ICP Forests).

Tallbarrens kväve- och borhalt var på samma nivå som för andra områden inom västra Finland och högre än det riksomfattande materialet. Kadmiumhalterna var på samma nivå som västra Finlands genomsnittliga och lägre än Nylands. Kaliumhalterna var lägre än i västra Finland eller i det riksomfattande materialet. Kalciumhalterna var högre än i västra Finland eller i det riksomfattande materialet. Fosforhalterna var något lägre än det genomsnittliga för västra Finland, men högre än i det riksomfattande materialet. Barrens kromhalter var på samma nivå som det genomsnittliga för västra Finland. Kopparhalterna var lägre än det genomsnittliga för västra Finland och på samma nivå som i det riksomfattande materialet. Magnesiumhalterna var högre än det genomsnittliga i västra Finland och på samma nivå som i det riksomfattande materialet. Manganhalterna var högre än det genomsnittliga för västra Finland och lägre än i det riksomfattande materialet. Järnhalterna var lägre än det genomsnittliga för västra Finland och högre än i det riksomfattande materialet. Svavelhalterna var på samma nivå som det genomsnittliga för västra Finland och högre än i det riksomfattande materialet. Zinkhalterna var på samma nivå som det genomsnittliga för västra Finland och på samma nivå som i det riksomfattande materialet.

Tabell 39. Tallbarrens grundämneshalter i bioindikatoruppföljningen för områden i västra Finland år 2002 samt undersökningar utförda i andra delar av Finland. Resultaten härstammar från källorna Laita m.m. 2008a, Laita m.m. 2008b, Laita m.m. 2008c, Laita m.m. 2008d, Laita m.m. 2008e, Merilä 2007, Laita m.m. 2007, Haahla m.m. 2006a, Polojärvi m.m. 2005c, Jussila 1997.

Område	n	Forsk- ningsår	N g/kg	B mg/kg	Cd mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	P mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	S mg/kg	Zn mg/kg
Hela Västra Finland	398	2007	14,9	16,6	0,12	5200	3300	1500	0,15	2,5	840	490	0,51	75	1000	51
Sydösterbotten	22	2007	15,1	16,2	0,12	4396	3447	1463	0,14	2,2	892	604	0,52	63	1011	49
Karleby	121	2007	14,5	16,1	0,17	5457	3331	1505	0,11	3,0	830	536	0,63	105	1018	61
Jakobstad	106	2007	15,0	17,0	0,10	5481	3322	1570	0,20	2,2	794	448	0,42	51	1022	46
Seinäjäki	90	2007	15,2	15,4	0,08	4697	3218	1461	0,13	2,2	879	413	0,41	68	971	45
Vasa	59	2007	15,3	19,3	0,12	5254	3475	1527	0,16	2,4	880	519	0,60	74	1037	51
Nystad regionen	103	2007	15,7	19,0		5077	3524	1531	0,095	2,6	887	564	0,47	58	1088	52
ICP Forests	65	1995- 2003	11,7	10,3		4580	3080	1310		2,2	890	667		40	860	48
Åbotrakten	145	2006	15,6			5600	4400				1000	650			1100	
Mellersta Finland	197	2006	15,5	18,1		5700	4800	1600			1000				1110	
Nyland (tätorter)	221	2005	13,6	20,5	0,2	5900	2800	1500	0,2	3,3	1200	419	1,7	54	1079	48
Björneborg- Harjavalta (belastade)	175	1997	12,4			5080	3530	1320		8,4	850	633		68	975	43

Granbarrens svavelhalt var på samma nivå som i det riksomfattande materialet (ICP Forests). Kväve-, fosfor-, kalium- och borhalterna var högre än i det riksomfattande materialet, och kalcium-, magnesium- och manganhalterna var lägre än i det riksomfattande materialet. Vid jämförelse av grundämneshalterna, var svavelhalterna i andra årgången av granbarr i Sydösterbotten år 2006 på samma nivå som i Kvarkenområdet år 1992. År 2006 var kväve- och kaliumhalterna högre i Sydösterbotten än i Kvarkenområdet år 1992; fosfor- och magnesiumhalterna var på samma nivå och kalcium- och manganhalterna var lägre. År 1992 observerades kväve- och fosforbrist i granskogarna i Sydösterbotten, och på en del provytor var kväve- och fosforhalterna i granbarren låga även år 2006. I jämförelse med de nationella medelvärdena var kväve- och fosforhalterna på en normal nivå. (Tabell 40.)

Tabell 40. Granbarrens grundämneshalt i den yngre och i andra barrårgången på området i Sydösterbotten samt i det riksomfattande materialet (ICP Forests; Merilä 2007).

Område	Barrårgång	n	Forkningsår	S mg/kg	N g/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	B mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg
Sydösterbotten	C	20	2006	847	13	1711	7183	3369	1074	13	468	26	2,2	36
	C+1			853	12,6	1364	5415	4426	970	15	499	29	1,9	35
Kvarken	C+1	16	1992	850	10,2	1350	4990	5420	960	-	750	-	-	-
ICP Forests	C	56	1995-2003	840	11,8	1600	6650	3670	1140	11,3	673	26,1	2	33,8
	C+1			830	10,8	1310	4990	6410	1050	12,4	1037	30,6	1,7	37

6. Slutsatser

I Sydösterbotten undersöktes luftföroreningarnas inverkan på tallens och granens stamlavar, tallens och granens vitalitet samt på tall- och granbarrens grundämneshalter. De erhållna resultaten jämfördes med resultaten från tidigare uppföljningsår samt med resultaten från bioindikatoruppföljningar utförda i andra delar av Finland.

Luftföroreningarna i regionen Sydösterbotten härstammar främst från industrierna i Kaskö och Kristinestad samt från växthusens värmecentraler i Närpes. Belastningen från trafiken är i Sydösterbotten relativt liten jämfört med belastningen från industrin. Sedan år 1995 har det i Sydösterbotten inte skett några avsevärda förändringar i utsläppsnivåerna av de övervakade luftföroreningarna.

Ingen områdesspecifik variation kunde upptäckas för tallens eller granens barrförlust. Av 22 provytor med tallbestånd var en utglesad, och av 20 provytor med granbestånd var tre utglesade. Av tallarna klassificerades endast 3 % som utglesade och av granarna 22 %. Jämfört med den observerade barrförlusten i andra delar av Finland var barrförlusten i Sydösterbotten låg både i genomsnitt och i avseende på andelen utglesade granar och tallar. Granens barrförlust har förblivit på samma nivå som år 2000, men antalet utglesade granar har minskat avsevärt.

De variabler som beskriver tallens stamlavar indikerar lindriga förändringar förorsakade av luftföroreningar. Förändringarna koncentreras dock inte speciellt till tätorter eller till närheten av industriell verksamhet. Vid jämförelse av lavvariablerna under åren kan en liknande trend upptäckas: lavvariablerna förbättrades från år 1993 till år 2000, men försämrades år 2006 till nästan samma nivå som år 1993. Blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen var år 2006 någonstans mellan år 1993 och år 2000 skadeklass. Tagellavar, skägglavar och näverlav, som alla tar skada av luftföroreningar, var frekventa på uppföljningsområdet, men deras förekomstfrekvens hade minskat sedan år 2000. Förekomstfrekvensen för de arter, som har nytta av luftföroreningar, flarnlav och alg och trädgrönelav, hade däremot ökat. Alger påträffades på provytorna i genomsnitt på fler träd än tidigare. Ändå var t.ex. flarnlavens mängd av åtföljande arter rätt hög på uppföljningsområdet, vilket kan indikera att flarnlavens förekomst i Sydösterbotten inte koncentreras till belastade områden, utan förekommer tillsammans med arter som är känsliga för luftföroreningar på relativt rena områden. Flarnlav trivs speciellt bra på gamla tallstammar med sköldbark, och provträdens medelålder var relativt hög (117 år) i Sydösterbotten.

Raitio och Kärkkäinen (2002) fastställde på basen av resultaten från år 2002, att belastningen från luftföroreningarna inte överskrider den kritiska gränsen för förekomsten av känsliga lavar, och trots lavflorans degeneration tycktes inte denna gräns heller överskridas år 2006. På basen av både IAP-index, som beskriver den känsliga lavflorans förekomst, och artmängden på de enskilda provytorna, är största delen av provytorna med hänsyn till lavfloran högst lindrigt utarmade. På basen av artmängden motsvarade största delen av provytorna bakgrundsområdena med tanke på belastningen orsakad av luftföroreningarna. Precis som år 2000, kan man på basen av resultaten från år 2006 fastställa, att luftföroreningarna troligtvis inte hade stor inverkan på de observerade variationerna i lavfloran.

Vid tolkning av resultaten skall man beakta, att nätverket av provytor var glest i uppföljningsområdets ytterkanter och det fanns få provytor i de västra och norra delarna av Närpes. Sydliga vindar dominerar på uppföljningsområdet, varför det kan vara nödvändigt att i framtida uppföljningar grunda nya provytor norr om Kaskö och Kristinestad samt i de västra och norra delarna av Närpes. Tjälax provyta ligger i de västra delarna av Närpes och avståndet till de största utsläppskällorna är mindre än 10 km. Området ligger i den dominerande vindriktningen, vilket kan förklara den låga artmängden, blåslavens höga skadeklass och den allmänna

skadeklassens höga värden. Eftersom det inte finns fler provytor i samma riktning, kan slutsatsen inte bekräftas.

Tallbarrens svavelhalter var över 1000 mg/kg i uppföljningsområdets västra delar, och lägre än detta i de östra delarna. Granbarrens svavelhalter var däremot relativt höga på den nordöstra linjen från Kaskö, liksom år 2000. Tallbarrens svavelhalter hade ökat sedan år 1993, däremot hade granbarrens svavelhalter minskat sedan år 2000. Jämfört med andra områden var tallens svavelhalt i Sydösterbotten på samma nivå som i västra Finland, men högre än i det riksomfattande materialet. Granbarrens svavelhalter var på samma nivå som i det riksomfattande materialet. För de andra grundämnena kan det konstateras, att största delen av variationerna i barrens grundämneshalter förmodligen orsakas av naturliga faktorer, närmast jordmånens näringshalter. Förutom kalium var tallbarrens grundämneshalter på en tillräcklig nivå med tanke på näringsbalansen, kaliums genomsnittliga koncentration var även lägre än i det riksomfattande materialet. Av granens näringshalter i den andra barrårgången var kväve-, fosfor-, koppar- och zinkhalterna lägre än optimalvärdet på provytorna. Granens kadmium- och kromhalter var mycket låga. Nästan alla grundämneshalter i granbarren hade minskat jämfört med år 2000.

De bedömda indikatorerna i Sydösterbotten beskriver sannolikt lika mycket naturliga variationsfaktorer som effekter av luftföroreningar. Av de använda indikatorerna i Sydösterbotten har tallens stamlavflora och barrens svavelhalt vanligtvis det bästa indikatorvärdet. Det förefaller uppenbart att lavfloran påverkas lika mycket av naturliga faktorer som av luftföroreningarna. Det skall dock beaktas att nätverket av provytor är glest vid uppföljningsområdets kanter. I framtida uppföljningar skall det kompletteras med provytor speciellt i de västra och norra delarna av Närpes, som ligger i den dominerande vindriktningen från utsläppskällorna. Artsamhället hade minskat något från år 2000 och var nu i nästan samma tillstånd som år 1993, men ännu var lavsamhället i Sydösterbotten ett av de friskare, om man jämför kännetecknen som beskriver artsamhället i Sydösterbotten med de undersökningar som utförts i andra delar av Finland.

Litteratur

- Anttonen, T. (1990). Laskeuman ravinteiden vaikutus sormipaisukarvejäkälän (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) kasvuun. Kuopion yliopisto, ekologisen ympäristöhygienian laitos. Opinnäyte.
- Bergman, T. (2008). Vinddistribution i Kristinestad 2005-2007. Skriftligt meddelande 2/2008.
- Björklund, A., Edén, P., Mattson, L. och Sjöström, J. (1996). Berg och jord. I verket Raitio, H. (redig.) Granskogarnas hälsotillstånd i Kvarckenregionen. Kvarckenrådet, Jyväskylä. ISBN 951-53-0624-8.
- Brække, F. (1994). Diagnostiske grenseverdier for næringsselementer i gran-og furunåler. Aktuelt fra skogforsk 15/94. 11 s.
- Geologiska forskningscentralen (1999). Suomen kallioperä 1:5 000 000. <http://www.gtk.fi/kartoitus/kalliopera/kpkartta5milj.html>. Läst 11/2007.
- Geologiska forskningscentralen (2007). Geokartta-service. <http://geokartta.gtk.fi/>.
- Haahla, A., Polojärvi, K., Niskanen, I., Laita, M. och Ellonen, T. (2006a). Keski-Suomen maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2005-2006. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 162. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-39-2546-3.
- Haahla, A., Niskanen, I., Polojärvi, K. och Ellonen, T. (2006b). Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2006. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 161. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-40-1270-4.
- Halonen, P., Hyvärinen, M. och Kauppi, M. (1990). Kristiinankaupungin höyryvoimalaitosten ympäristötutkimus, kasvillisuuden tila vuonna 1989. Tutkimusraportti. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.
- Helmisaari, H-S. (1993). Metsikön ja puun ravinnekierto. I verket Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkela, H. och Nieminen, T. (redig.). Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 446. Gummerus, Jyväskylä. ISBN 951-40-1270-4. S. 44-48.
- Huttunen, S. (1982). Some experience on standardized monitoring of urban pollution in forest ecosystems. I verket Steubing, L. och Jäger, H.-J. (redig.). Monitoring of air pollutants by plants. Junk publisher, The Hague. ISBN 906193947X. S. 155-161.
- Jukka, L. (1988). Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. Samerka, Vaasa. ISBN 951-9176-34-9.
- Jussila, I. (1997). Porin-Harjavallan ja Pohjois-Satakunnan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 1996-1997. Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus. Sykesarja B 12. ISBN 951-29-1075-6.
- Jussila, I. och Ojanen, M. (2002). Turun seudun ja Paraisten alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 2000-2001. Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus. Sykesarja B 14. ISBN 951-29-2262-2.
- Jussila, I., Joensuu, E. och Laiho, P. (1999). Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöopas 59. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Edita, Helsinki. ISBN 1238-8602.
- Kalliola, R. (1973). Suomen kasvimaantiede. WSOY, Porvoo.
- Kauppi, M. och Mikkonen, A. (1975). Kristiinankaupungin höyryvoimalaitoksen ympäristötutkimus, perustilanne vuosina 1972-1974. Tutkimusraportti. Oulun yliopisto ja Pohjolan Voima Oy.
- Kauppi, M., Mikkonen, A. och Kauppi, A. (1977). Kaskisten sulfaattiselluloosatehtaan ympäristötutkimus, perustilanne vuosina 1975-1976. Tutkimusraportti. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.
- Kauppi, M. och Mikkonen, A. (1984a). Kaskisten sulfaattiselluloosatehtaan ympäristötutkimus, kasvillisuuden tila vuosina 1982-1983. Tutkimusraportti. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.

- Kauppi, M. och Mikkonen, A. (1984b). Kristiinankaupungin höyryvoimalaitoksen ympäristötutkimus, kasvillisuuden tila vuosina 1982-1983. Tutkimusraportti. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos ja Pohjolan Voima Oy.
- Kulmala, A., Leinonen, L., Ruoho-Airola, T., Salmi, T., & Waldén, J. (1998). Air Quality Trends in Finland. Ilmanlaatumittauksia, Air Quality Measurements. Ilmatieteen laitos, Helsinki. ISBN-951-697-488-0.
- Kuntavahti (2008). Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä.
- Kuusinen, K., Mikkola, K. och Jukola-Sulonen, E.-L. (1990). Epiphytic lichens on conifers in the 1960s to 1980s in Finland. I verket Kauppi, P., Anttila, P. och Kenttämies, K. (redig.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin. ISBN 3-540-52213-1. S. 397-420.
- Kuusipalo, J. (1996). Suomen metsätyypit. Kirjayhtymä, Rauma.
- Laaksovirta, K. och Olkkonen, H. (1977). Epiphytic lichen vegetation and element contents of *Hypogymnia physodes* and pine needles examined as indicator of air pollution at Kokkola, W. Finland. *Annales Botanici Fennici* 14: 112-130.
- Laita, M., Huuskonen, I., Haahla, A., Polojärvi, K., och Ellonen, T. (2007). Turun seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2005-2006. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 163.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T. ja Lehtonen, E. (2008a). Seinäjoen seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 165. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T. och Lehtonen, E. (2008b). Bioindikatoruppföljning av luftkvaliteten i Karlebynejden åren 2006-2007. Miljöforskningsinstitutets meddelanden 171. Jyväskylä universitet, Miljöforskningsinstitut.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T. och Lehtonen, E. (2008c). Bioindikatoruppföljning av luftkvaliteten i Jakobstadsnejden åren 2006-2007. Miljöforskningsinstitutets meddelanden 172. Jyväskylä universitet, Miljöforskningsinstitut.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T. och Lehtonen, E. (2008d). Bioindikatoruppföljning av luftkvaliteten i Vasaregionen åren 2006-2007. Miljöforskningsinstitutets meddelanden 174. Jyväskylä universitet, Miljöforskningsinstitut.
- Laita, M., Huuskonen, I., Keskitalo, T., Lehtonen, E. och Ellonen, T. (2008e). Vakka-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 164. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus.
- LeBlanc, F. och J. DeSloover (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.
- LIISA 2006 -kalkylsystem (2007). <http://lipasto.vtt.fi/lipasto/liisa/kunnat2.htm>. (11/2007).
- Lindgren, M. och Salemaa, M. (1999). Metsäpuiden elinvoimaisuuden arviointi. Vuotuisen seurannan (ICP level 1) ja ympäristön yhdennetyn seurannan koealat 1999. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindgren, M. och Salemaa, M. (2000). Metsäpuiden elinvoimaisuuden arviointi. Vuotuisen seurannan (ICP level I) ja ympäristön yhdennetyn seurannan koealat 2000. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindgren, M. (2000). Mätäkipenmäen testimännikön arviointitulokset. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. Utlåtande 15.6.2000.
- Lindgren, M. (2001). Uusinta-arvioinnin (5.7.2000) tulokset Mätäkipenmäen testimänniköstä. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. Utlåtande 6.7.2001.
- Lindgren, M. (2007). Mätäkipenmäen testimännikön tulokset. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. Utlåtande 21.6.2007.
- Lodenius, M., Manninen, S., Nieminen, T., Raiskinen, H., Ranta, P. och R. Willamo (2002). Bioindikaattorit. Ympäristönsuojelun opetusmonisteita N:o 21. Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. ISSN 1456-8284.
- Länsi-Suomen ympäristökeskus (2007). Maaperä ja pohjavedet Länsi-Suomessa. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=2620&lan=fi>. 12/2007.

- Merilä, P., Raitio, H., Walheim, M. (1996). Granskogarnas näringstillstånd. I verket Raitio, H. (redig.) Granskogarnas hälsotillstånd i Kvarckenregionen. Kvarckenrådet, Jyväskylä. ISBN 951-53-0624-8.
- Merilä, P. (2007). Needle chemistry on the intensive monitoring plots 1995-2003. I verket Merilä, P., Kilponen, T. och Derome, J. (2007). Forest condition monitoring in Finland – National report 2002–2005. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 45.
- Metsätuho-opas (2003). Metsäntutkimuslaitos. <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/index.htm>. Päivitetty 3.9.2003.
- Mälkönen, E. (1991). Maa- ja neulanalyysin käyttökelpoisuus metsänhoitotoimenpiteiden suunnittelussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. Joensuun tutkimusasema. 52-61.
- Nieminen, T., Raitio, H. och Salemaa, M. (1993). Neulasten kemiallinen koostumus elinvoimatunnuksena. I verket Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkeliä, H. och Nieminen, T. (redig.). Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446, Helsinki. Gummerus, Jyväskylä. ISBN 951-40-1270-4. S. 92-96.
- Niskanen, I. (1995). Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1994. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:11. ISSN 0357-5454.
- Niskanen, I. och Kuitunen, M. (1991). Ilmansuojelu. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen opetusmoniste 58.
- Niskanen, I. och Witick, A. (1992). Porvoon seudun metsien bioindikaattoriseuranta 1991-1992. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus.
- Niskanen, I., Veijola, H. och Ellonen, T. (1996). Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1996. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996: 17.
- Niskanen, I., Ellonen, T. & Witick, A. (1998). Kokkolan seudun ilman laadun bioindikaattoritutkimus vuonna 1997. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskus. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 150.
- Niskanen, I., Ellonen, T. och Nousiainen, O. (2001). Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2000 ja 2001. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Alueelliset ympäristöjulkaisut 238. ISBN 952-11-0999-8.
- Niskanen, I., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. och Laitakari, V. (2003a). Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 156.
- Niskanen, I., Polojärvi, K., Haahla, A. och Laitakari, V. (2003b). Kotkan kaupungin ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2002. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 155. ISBN 951-39-1438-0.
- Nylund, M. (2007). Skriftligt meddelande 11/2007.
- Partanen, P. och Veijola, H. (1996). Bioindikaattoriseurannan tilastollinen arviointi. YTV, Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996:18. ISSN 0357-5454.
- Pihlström, M. och Myllyvirta, T. (1995). Ilman epäpuhtauksien leviämisen- ja vaikutustutkimus Itä-Uudellamaalla, Lahden seudulla, Mikkelin läänissä och Joutsassa 1994-1995. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry, Porvoo. Tutkimusraportti.
- Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. och Ellonen, T. (2005a). Mittaustarkkuus mäntyjen runkojäkälistön ja sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioiden havainnoinnissa. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus. Tutkimusraportti 89/2005.
- Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. och Ellonen, T. (2005b). Mittaustarkkuus männyn neulasten rikki- ja typpipitoisuuksien kartoittamisessa. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimus-keskus. Tutkimusraportti 64/2005.
- Polojärvi, K., Niskanen, I., Haahla, A. och Ellonen, T. (2005c). Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan maakuntien alueen ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuosina 2004 ja 2005. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Alueelliset ympäristöjulkaisut 385.
- Polojärvi, K. (2007). Ympäristön mallinnus luonnonmaantieteessä. Ilmanlaadun mallintaminen. Kurssimoniste, Joensuun yliopisto.
- ProAgria Österbottens Svenska Lantbrukssällskap ry (2007).

- Raitio, H. (1994). Kangasmetsien ravinnetila neulasanalyysin valossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527. 25-34.
- Raitio, H. (1995). Bioindikationsundersökning i Sydösterbotten 1993. Forskningsrapport. Skogsforskningsinstitutet, Parkano forskningsstation.
- Raitio, H. (2002). Ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta Suupohjan alueella vuonna 2000. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.
- Raitio, H. och Merilä, P. (1998). Seasonal variation in the size and composition of Scots pine and Norway spruce needles in different weather conditions. European programme for the intensive monitoring of forest ecosystems / Level II, Finland. Pilot study, technical report. The Finnish forest research institute, Parkano.
- Ranta, E., Rita, H. och Kouki, J. (1989). Biometria. Helsinki, Yliopistopaino, ISBN 951-570-032-9. 569 s.
- Reinikainen, A., Veijalainen, H. och Nousiainen, H. (1998). Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688. ISBN 951-40-1629-7.
- Salemaa, M., Jukola-Sulonen, E.-L. och M. Lindgren (1991). Forest condition in Finland 1986-1990. *Silva Fennica* 25 (3): 147-175.
- Salemaa, M., Jukola-Sulonen, E.-L., Nieminen, T. och P. Nöjd (1993). Latvustunnukset ja puun kasvu elinvoimaisuuden ilmentäjänä. I verkety Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkilä, H. och T. Nieminen (redig.). *Metsäluonto ja ilmansaasteet*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446. Helsinki, Gummerus. ISBN 951-40-1270-4. S. 75-92.
- Salmi, T. (2007). Eri yhdisteiden pitoisuuksia tausta-aseilla. Ilmatieteen laitos. Skriftligt meddelande 11/2007.
- SFS 5669. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Havupuiden neulasten kokonaisrikkipitoisuus. Näytteenotto, esikäsittely ja tulosten esittäminen. (1990). Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 5670. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Jäkäläkartoitus. (1990). Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 5781. Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Havupuiden neulasten rikkipitoisuuden määrittäminen ICP-emissiometrillä. (1994). Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- Wunderground (2007). <http://www.wunderground.com>.



Jyväskylän yliopisto
Ympäristöntutkimuskeskus

Jyväskylä universitet
Miljöforskningsinstitut

University of Jyväskylä
Institute for Environmental Research

PL 35 (YAD), 40014 Jyväskylän yliopisto
<http://www.jyu.fi/ymtk>