

Chemische voedingstoestand van grove den in twee proefvlakken van het bosvitaliteitsmeetnet

Geert Sioen, Peter Roskams, Gerrit Genouw, Pieter Verschelde

INBO.R.2008.54

Auteurs:

Geert Sioen, Peter Roskams, Gerrit Genouw, Pieter Verschelde
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Geraardsbergen
Gaverstraat 4, 9500 Geraardsbergen
www.inbo.be

e-mail:

geert.sioen@inbo.be
peter.roskams@inbo.be
gerrit.genouw@inbo.be
pieter.verschelde@inbo.be

Wijze van citeren:

Sioen, G.; Roskams, P.; Genouw, G.; Verschelde, P. (2008). Chemische voedingstoestand van grove den in twee proefvlakken van het bosvitaliteitsmeetnet. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2008 (54). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2008/3241/383**INBO.R.2008.54****ISSN: 1782-9054****Verantwoordelijke uitgever:**

Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid.

Foto cover:

Grove den, geselecteerd voor chemische analyse van de naalden (boom G4)
Bosvitaliteitsmeetnet, proefvlak nr. 202, Sint-Laureins (september 2008)

Trefwoorden:

bosvitaliteitsmeetnet, level I, gezondheidstoestand, monitoring, kroonconditie, bladverlies, naaldanalyse
Keywords: level I, forest health, monitoring, crown condition, defoliation, analysis of needles

Het bosvitaliteitsmeetnet en de jaarlijkse bosvitaliteitsinventaris kaderen in het ICP-Forests programma van de Verenigde Naties en het Life+ programma van de EU (FutMon). Het onderzoek wordt gefinancierd door de Vlaamse overheid en de Europese Commissie.

© 2008, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek



Chemische voedingstoestand van grove den in twee proefvlakken van het bosvitaliteitsmeetnet

G. Sioen, P. Roskams, G. Genouw, P. Verschelde

INBO.R.2008.54

Dankwoord

Hartelijk dank aan de collega's die hielpen bij dit onderzoek:

- de technici en deskundigen M. Pieters, K. Vervaet, K. Willems en L. De Geest voor de staalname en de staalvoorbereiding
- de laboranten A. Capiou, E. Mencke, N. Roosens en A. Verhelst voor de analyses
- N. De Groof voor de vormgeving

Tevens met dank aan het Agentschap voor Natuur en Bos voor de verkregen informatie over het proefvlak in Beerse (P. Engels en J. Peeters).

English abstract

In the Level I survey two plots with Scots pine (*Pinus sylvestris*) were selected for chemical analysis of the needles. One plot is situated in a private forest in Sint-Laureins (East-Flanders), in a pheasant farm. In this plot from 2006 on dying shoots were observed on the trees. Five damaged and five undamaged trees were selected for needle analysis. Also five reference trees outside the pheasant farm were selected. The Level I plot in Beerse (Antwerp) is situated in a public forest. This plot is part of the international 16 x 16 km grid. During the summer months a light needle discoloration on the youngest needles was observed. The two youngest needle sets of five trees with discoloration were sampled.

The needle analysis in Sint-Laureins confirms that there is a high nitrogen content in the needles. The average nitrogen concentration in the needles amounts to 2.4% in undamaged trees, 2.6% in damaged trees and 2.0% in reference trees. There is a significant difference between damaged trees and reference trees. In the pheasantry the nitrogen concentration of damaged trees is higher compared to undamaged trees, but the difference is not significant. Not only nitrogen (N), but also the concentration of phosphorus (P), potassium (K) and sulphur (S) is higher in comparison with needles of reference trees outside the pheasant farm. High nitrogen concentration raises the sensitivity for infestation by *Sphaeropsis sapinea*.

In Beerse there is an indication of significant lower concentrations in the youngest needles for iron (Fe), lead (Pb), aluminium (Al), chromium (Cr) and zinc (Zn). Concentrations are clearly higher for nickel (Ni), potassium (K) and phosphorus (P). The iron concentration of the youngest needles fluctuates between 67 mg/kg and 115 mg/kg. In the youngest needles the concentration of calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na) and manganese (Mn) are higher compared to Level II plots in Flanders (Brasschaat, Maasmechelen). Also nickel (Ni), lead (Pb), zinc (Zn) and cadmium (Cd) concentrations are high in comparison with these Level II plots. According to Bergmann (1993) a visible iron deficiency is typical for acid soils with a relatively high concentration of metals such as Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn. Some of these concentrations are high in the Level I plot. The same author mentions the importance of the Fe/Mn ratio. When Mn-concentration in the needles is higher than 300 ppm, there is a higher chance of disturbance of the iron uptake. The mean concentration of manganese in the youngest needles amounts to 356 mg/kg. The yellowing of the needles is possibly the consequence of a lower iron concentration in the youngest needles in combination with a higher uptake of other elements like zinc, manganese,... The older needles show no discoloration. The low iron concentration is not causing a bad crown condition. Iron is, however, an important element for chlorophyll production. Since the older needles show no signs of deficiency, tree growth is hardly influenced.

Inhoud

Dankwoord.....	2
English abstract.....	3
1 Inleiding.....	5
2 Beschrijving van de proefvlakken.....	6
2.1 Sint-Laureins (proefvlak n° 202).....	6
2.2 Beerse (proefvlak n° 602).....	6
3 Methodiek.....	8
3.1 Kroonbeoordeling	8
3.2 Bodem- en strooiselanalyse.....	8
3.3 Naaldstaalname.....	8
3.3.1 Sint-Laureins	8
3.3.2 Beerse	9
3.4 Naaldanalyse	10
4 Resultaten Sint-Laureins	11
4.1 Kroontoestand.....	11
4.2 Groei	12
4.3 Bodem en strooisel	13
4.4 Naaldgewicht	14
4.5 Naaldanalyse	16
4.6 Bespreking resultaten naaldanalyse.....	18
5 Resultaten Beerse	23
5.1 Kroontoestand.....	23
5.2 Groei	26
5.3 Bodem en strooisel	28
5.4 Naaldgewicht	29
5.5 Naaldanalyse	30
5.6 Bespreking resultaten naaldanalyse.....	32
6 Besluit	36
Literatuurlijst.....	37
Lijst van figuren.....	38
Lijst van tabellen.....	39

1 Inleiding

Het bosvitaliteitsmeetnet telt in Vlaanderen 72 proefvlakken. Jaarlijks wordt tijdens de zomermaanden de kroontoestand van de bomen in deze proefvlakken beoordeeld. Het percentage bladeren of naalden dat verkleuring vertoont, is één van de kenmerken die opgevolgd worden. Wegens een hoog aandeel bomen met naaldverkleuring en/of scheutsterfte, werden twee proefvlakken met grove den (*Pinus sylvestris*) geselecteerd voor een chemische naaldanalyse.

Er werd verondersteld dat een nutriëntentekort of een nutriëntenonevenwicht aan de basis lag van de bleekgroene tot gele naaldverkleuring in het bosvitaliteitsproefvlak in Beerse (provincie Antwerpen). In 2007 werd in dit proefvlak een dunning aangeduid. Van vijf gemerkte bomen werden naaldstalen genomen. Aan de hand van de resultaten van de chemische analyse werd gezocht naar de oorzaak van de verkleuring.

In het proefvlak in Sint-Laureins (Oost-Vlaanderen) werd bruinverkleuring van de naalden en scheutsterfte waargenomen. Enkele jaren na de inrichting van het proefvlak werd het bos omheind om er een fazantenkweekplaats aan te leggen. Omdat het proefvlak sindsdien in een intensieve fazantenkwekerij ligt, werd verondersteld dat de voedingsstoffenbalans van de bomen uit evenwicht raakt. Een bodemanalyse, uitgevoerd in 2004, wees ondermeer op een verhoogd stikstofaanbod. Omdat er in de fazantenkwekerij meer stikstof in de bodem aanwezig is, was het interessant om na te gaan of dit verhoogd stikstofaanbod ook in de naalden teruggevonden kon worden. De bomen in het proefvlak vertonen een slechte kroonconditie. Niet alleen abiotische factoren (zoals bemesting, droogte) kunnen de slechte gezondheidstoestand veroorzaakt hebben, maar ook biotische factoren (schimmelinfectie door bv. *Sphaeropsis sapinea*, schorskeveraantasting,...).



Figuur 1 Kwijnende grove dennen in Sint-Laureins

2 Beschrijving van de proefvlakken

2.1 Sint-Laureins (proefvlak n° 202)

Het proefvlak ligt in een klein naaldbos, middenin agrarisch gebied. Alle genummerde bomen zijn grove dennen jonger dan 60 jaar. De gemiddelde diameter van de genummerde bomen bedroeg 20 cm in 2005.

Het proefvlak werd in 1987 ingericht. In de loop van de jaren '90 werd het privé-bos omheind en als fazantenkwekerij ingericht. Op verschillende plaatsen staan voederbakken en waterbakjes. Door het groot aantal fazanten is er een hoge nutriënteninput en een ernstige verstoring van de vegetatie. Een strooisellaag ontbreekt. Er is maar een beperkt deel van het bos dat niet voor fazantenkweek gebruikt wordt.

De struiklaag wordt door gewone vlier gedomineerd. Andere soorten zijn wilde lijsterbes, gewone esdoorn en tamme kastanje. De kruidlaag bestaat uit soorten die typisch zijn voor verstoorde bodems: zwarte nachtschade, melganzevoet, perzikkruid, kleine brandnetel,...

Een normaal bosbeheer ontbreekt. Bij storm breken af en toe kroontoppen of volledige bomen. Sedert 1987 moesten verschillende bomen uit de steekproef van het bosvitaliteitsmeetnet vervangen worden, ondermeer door stormschade en sterfte.

2.2 Beerse (proefvlak n° 602)

Het dennenproefvlak in dit gemeentebos (naam: Smalbroek, eigenaar: gemeente Lille) werd in 1987 ingericht.

Dit proefvlak maakt deel uit van het Europese bosvitaliteitsmeetnet, dat op basis van een internationaal 16x16 km grid opgezet werd. De gegevens van de kroonbeoordelingen worden jaarlijks aan het ICP Forests gerapporteerd (www.icp-forests.org). In dit proefvlak werd meer onderzoek verricht, o.a. naar bodemfauna, inventarisatie dennenaaltje,... In 1993 werden voor het eerst bodem- en strooiselstalen geanalyseerd. Herhalingen van deze metingen gebeurden in het kader van het bodemfauna-project en in 2003-2004. In 2006 werden metingen in het kader van het Europese Biosoil-project uitgevoerd. Er werd een analyse van de vegetatie uitgevoerd (incl. mossen), inventarisatie van dood hout, beschrijving van het bodemprofiel,...

Het perceel werd in 1945 met grove dennen beplant. Het bos is nu rijk aan loofboomsoorten. In de struiklaag groeit o.a. zomereik, wilde lijsterbes, ruwe en zachte berk, sporkehout en Amerikaanse vogelkers. De Amerikaanse vogelkers wordt bestreden. De kruidlaag bestaat uit braam, pijpenstrootje, brede stekelvaren, bochtige smele,...

Het bestand wordt regelmatig gedund. In de loop van de inventarisatieperiode werd meer dan de helft van de steekproefbomen vervangen (na kapping of mechanische schade, onderdrukking,...). In het bestand werd storm- en sneeuwschade waargenomen. Sterfte werd bij de genummerde steekproefbomen niet vastgesteld. In het bestand komen wel afgestorven dennen voor, ondermeer enkele bomen die een tijd opgevolgd werden in het kader van het onderzoek naar de dennennematode (of dennenaaltje, *Bursaphelenchus xylophilus*).

Volgens het voorgesteld beheerplan is in het dienstjaar 2010 een dunningskap en een zoomsgewijze kap voorzien. Dunningskappen zijn verder voorzien tijdens het dienstjaar 2018 en 2026. Facultatieve kappen zijn voorzien tijdens de dienstjaren 2014 en 2022.

Voor dienstjaar 2008 was een dunning voorzien in bestand 1a, het bestand met het bosvitaliteitsproefvlak. De dunning, die uitgevoerd werd in het voorjaar van 2008, nam de voorstellen van het bosbeheerplan in acht. Een directe omvorming is niet voorzien in het beheerplan. Bij het aanduiden van de te kappen bomen werd wel rekening gehouden met de aanwezige loofboomsoorten.

In de "Westrand" (langs de weilanden) is een mantel voorzien met een breedte van 5 meter. Om deze bosrandontwikkeling te stimuleren werd een sterke dunning van grove den in deze rand uitgevoerd en wordt een deel van de opslag afgezet. De loofbomen kunnen in deze zoom verder als hakhout beheerd worden.



Figuur 2 Proefvlak met grove den in Beerse (Smallbroek)

3 Methodiek

3.1 Kroonbeoordeling

De naaldbezetting van 24 genummerde dennen wordt met behulp van een verrekijker geschat. De methode is gebaseerd op de internationale methode, beschreven in de 'Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests' van ICP Forests (zie INBO.R.2007.5).

Er worden ook extra kroon- en stamparameters beoordeeld zoals verkleuring, harsuitvloeï, scheuren, schade door exploitatie, aantasting door insecten, schimmelinfectie,... Op het ogenblik van de kroonbeoordeling wordt de stamomtrek op een hoogte van 1,3 m gemeten. Deze metingen gebeuren jaarlijks. Wanneer een boom verdwijnt, wordt een vervanger aangeduid.

3.2 Bodem- en strooiselanalyse

In de winterperiode 2003-2004 werden alle proefvlakken in het bosvitaliteitsmeetnet bemonsterd. De staalname gebeurde in Sint-Laureins op 22 januari 2004. In Beerse werden de stalen op 16 maart 2004 verzameld. De analyse gebeurde in de loop van 2004 in het bodemlabo van het INBO.

De staalname en de analyse gebeurden in overeenkomst met de ICP Forests Manual 'Sampling and Analysis of Soils'. Hierbij werden zowel organische als minerale bodemlagen bemonsterd. De bemonstering gebeurde op vaste dieptes:

- Organische lagen: L-laag en F+H-laag
- Minerale lagen: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-80 cm

In het kader van het project 'Biosoil' werden in de loop van 2006 extra analyses in de internationale proefvlakken uitgevoerd. Het veldwerk in Beerse werd eind juni 2006 uitgevoerd.

3.3 Naaldstaalname

3.3.1 Sint-Laureins

Er werden 15 niet-genummerde dennen geselecteerd. Het naaldmateriaal is dus afkomstig van bomen die niet tot de steekproef van de bosvitaliteitsinventaris behoren.

Er werden vijf niet-beschadigde dominante dennen geselecteerd (groep "G"). Deze vertoonden weinig of geen aantasting (geen bruine naalden), geen stambeschadiging en geen andere mechanische schade, zoals afgekraakte takken in de kroon.

Daarnaast werden vijf beschadigde bomen aangeduid (groep "B"). Deze bomen vertoonden aantasting (bruine naalden), al dan niet gecombineerd met mechanische schade. Bij de naaldstaalname werden geen scheuten met bruine naalden bemonsterd.

Er werden ook vijf referentiebomen geselecteerd (groep "R"). Deze bomen groeien buiten de omheining, dus net buiten de fazantenkweekplaats. De bomen situeren zich net voorbij de toegangspoort van het bos.

Van de afzonderlijke bomen werden op 14/11/2006 naaldstalen uit het bovenste derde van de kroon genomen. Er werden vrijstaande takken bemonsterd, dus geen takken in de

schaduw van andere bomen of takken. De boomtop en de jongste takkrans werden niet bemonsterd. De bemonstering gebeurde met de takschaar.

De naalden werden op 16/11/2006 geplukt en na wassen (afspoelen van mogelijke uitwerpselen) gedurende vier dagen bij 40°C in de droogstoof gedroogd. Alleen de jongste naaldjaargang werd voor analyse bewaard. Van de 15 bomen werden telkens 100 naaldparen geplukt en afzonderlijk gewogen. Voor de analyse werd nog een extra hoeveelheid naalden gedroogd.

Er werden drie mengmonsters gemaakt (van 5 beschadigde, 5 niet-beschadigde en 5 referentiebomen). Daarnaast werden nog eens 15 individuele monsters vermalen en voor stikstofanalyse aan het labo bezorgd.

3.3.2 Beerse

In het dennenbestand behoren 24 genummerde bomen tot het bosvitaliteitsmeetnet. In de loop van 2006 werden negen van deze steekproefbomen geschalmd. Van deze geschalmd steekproefbomen werden vijf bomen voor analyse geselecteerd. De bomen werden in oktober 2007 verkocht. Het vellen van de bomen werd tot het voorjaar van 2008 uitgesteld. De voorkeur voor de staalname ging naar het najaar en daarom werden de bomen nog voor de velling bemonsterd.

Verschillende bomen vertoonden in de zomer van 2007 opvallende naaldverkleuring. De geschalmd bomen die verkleuring vertoonden waren de grove dennen met nummers 1, 2, 7, 9 en 12. Het verzamelen van takken en scheuten van deze bomen gebeurde op 13 december 2007 met behulp van een boomkatapult en touw. De bomen waren te hoog om met de stokschaar te bemonsteren.

De naaldpluk gebeurde op 14/12/2007. Van de vijf steekproefbomen werden telkens de twee jongste naaldjaargangen afzonderlijk geplukt. Van beide naaldjaargangen werden 100 naaldparen afzonderlijk gewogen en gedroogd (zonder wassen). Er werd telkens extra materiaal in afzonderlijke bakjes voor de analyse gedroogd. De naalden werden op 20/12/2007 uit de droogstoof (40°C) gehaald en voor een tweede keer gewogen. Daarna werden de monsters vermalen en geanalyseerd.

Bij het plukken van de naalden werden een aantal opmerkingen genoteerd:

Boom 1: geen derde naaldjaargang

Boom 2: forse scheuten, weinig naalden aan de derde naaldjaargang

Boom 7: jongste naalden bleekgroen en kort, *Sphaeropsis*-aantasting op de scheuten, dode twijgen

Boom 9: vitale scheuten, lange naalden, tweede naaldjaargang volledig maar met licht vergeelde naaldtoppen

Boom 12: vitale scheuten, lange naalden, bijna geen verkleuring, tweede naaldjaargang onvolledig (weinig naalden bemonsterd), geen derde naaldjaargang

3.4 Naaldanalyse

De naaldstalen werden geanalyseerd in het bodemlaboratorium van het INBO. De staalname en de analyse gebeurde in overeenkomst met de ICP Forests Manual 'Sampling and Analysis of Needles and Leaves'. De mengmonsters uit Sint-Laureins werden op 10/01/2007 geanalyseerd. De stikstofanalyse op de individuele bomen werd enkele weken later uitgevoerd (februari-maart 2007). De analyse van de naalden uit Beerse gebeurde in de periode januari-maart 2008.

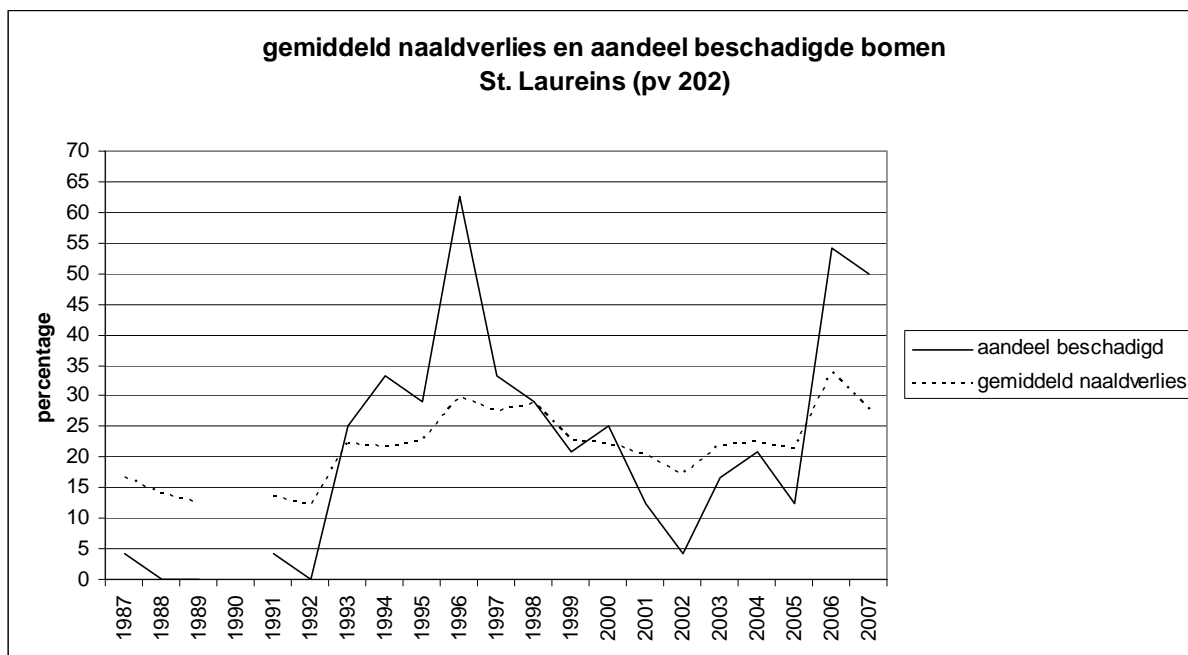


Figuur 3 Dominantie van melganzevoet (l) en zwarte nachtschade (r) in Sint-Laureins

4 Resultaten Sint-Laureins

4.1 Kroontoestand

In Sint-Laureins nam het aandeel beschadigde bomen in de periode 1993-1996 opvallend toe. Daarna volgde een verbetering van de kroontoestand maar in 2006 en 2007 werd opnieuw een zwakkere kroonconditie waargenomen. De figuur geeft het jaarlijks gemiddeld naaldverlies van alle steekproefbomen weer. Ook het aandeel beschadigde bomen is op het jaarlijks totaal (24 bomen) gebaseerd.



Figuur 4 Gemiddeld naaldverlies en percentage beschadigde steekproefbomen van het bosvitaliteitsmeetnet in Sint-Laureins (n = 24 steekproefbomen/jaar)

Tijdens de zomer, volgend op de naaldstaalname, werden ook de bemonsterde bomen beoordeeld.

Het netto-naaldverlies van de niet-beschadigde bomen varieerde in 2007 van 15% tot 25%. Bij de beschadigde bomen varieerde het naaldverlies van 25% tot 35% (boom B1 werd in 2007 niet als beschadigd beschouwd).

De referentiebomen buiten de omheining vertoonden een betere kroontoestand dan de beschadigde bomen binnen de fazantenkwekerij. Het naaldverlies varieerde van 15% tot 25%. Aangezien deze bomen minder dode scheuten vertoonden, hadden zij ook een betere kroonconditie dan de niet-beschadigde bomen binnen de omheining.

Het gemiddeld naaldverlies van de niet-beschadigde bomen bedroeg in 2007 19,0%. Het naaldverlies van de beschadigde bomen bedroeg 31,3%. Het naaldverlies van de referentiebomen bedroeg gemiddeld 21,0%.

Tabel 1 Resultaten van de kroonbeoordelingen in Sint-Laureins (2007)

	boom	netto-naaldverlies (%)	aantasting <i>Sphaeropsis</i>	dode scheuten
niet beschadigd	G1	15	x	x
	G2	25	x	x
	G3	15	x	x
	G4	20	x	x
	G5	20	x	x
beschadigd	B1	25	x	x
	B2	35	x	x
	B4	30	x	x
	B5	35	x	x
referentie	R1	15	o	x
	R2	20	x	x
	R3	25	o	o
	R4	25	o	o
	R5	20	o	o

x = waargenomen, o = niet waargenomen; boom B3 werd in 2007 niet beoordeeld (niet teruggevonden)

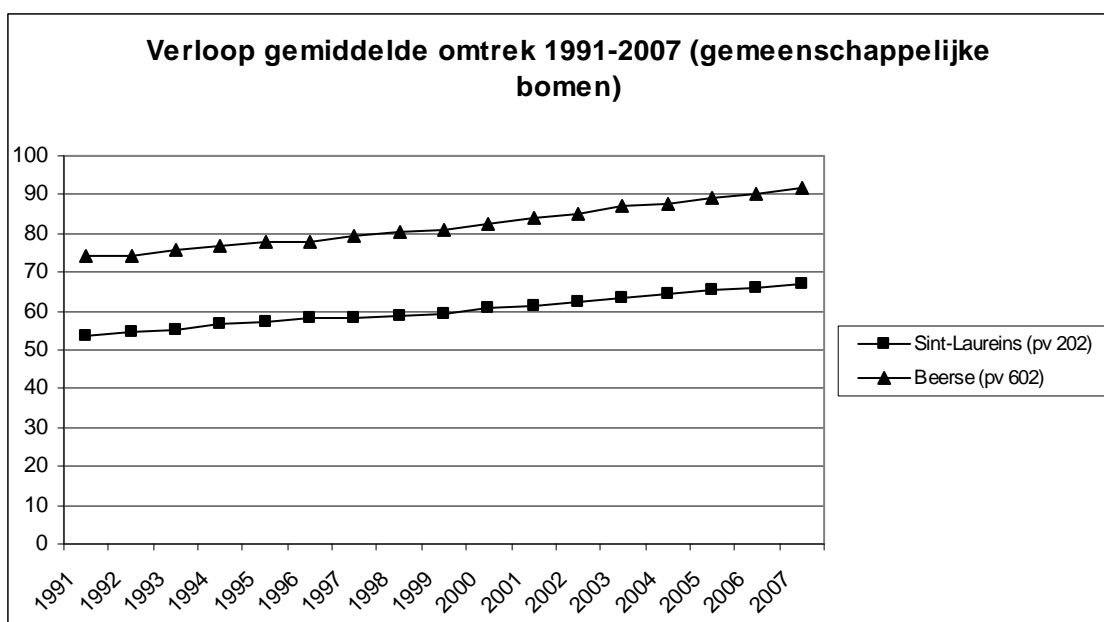
Opmerkingen op de opnameformulieren van de bosvitaliteitsinventaris:

- 1989: verkleuring – vergeling (droogte?)
- 1992: aantasting dennenscheerder
- 1993: verschillende bomen met bruine naalden (jongste naalden)
- 2006: *Sphaeropsis*-infectie, stormschade, dennenscheerder, droogte (bladverlies vlier)
- 2007: bijna alle bomen met scheutsterfte, stormschade, exploitatieschade

4.2 Groei

De omtrek van de genummerde bomen wordt sedert 1991 jaarlijks gemeten. In 2007 waren 14 van de 24 steekproefbomen nog dezelfde als in de originele steekproef van 1991 (=gemeenschappelijke steekproefbomen).

Verdwenen bomen of afgestorven bomen zijn niet in de berekening van de gemiddelde omtrek opgenomen. De gemiddelde omtrek van de 14 gemeenschappelijke bomen evolueerde van 53,4 cm in 1991 naar 67,0 cm in 2007.



Figuur 5 Gemiddelde omtrek (in cm) van de gemeenschappelijke steekproefbomen in de proefvlakken Sint-Laureins (n = 14) en Beerse (n = 13) in de periode 1991-2007

4.3 Bodem en strooisel

De strooisellaag werd in het proefvlak in Sint-Laureins niet bemonsterd. Door de aanwezige fazanten was er te weinig materiaal om een monster te kunnen nemen.

Door de jarenlange bemesting is de bovenste bodemlaag aangerijkt met voedingselementen. De concentraties aan stikstof, calcium, magnesium, kalium en mangaan zijn het hoogst in de bovenste 5 cm van de minerale bodem. Daaronder nemen de concentraties af. Vanaf een diepte van 10 cm is er een minder sterke afname. Door de extra input aan kationen is de basenverzadiging in dit proefvlak zeer hoog.

De bodemserie in het grove dennenbestand is Zap: zeer droge gronden op zand.

Tabel 2 Chemische samenstelling van de minerale bodemlagen in Sint-Laureins

Laag	Mod-N g/kg	OC g/kg	C/N -	ExchCa cmol(+)/kg	ExchMg cmol(+)/kg	ExchK cmol(+)/kg	ExchNa cmol(+)/kg	ExchAl cmol(+)/kg	ExchFe cmol(+)/kg	ExchMn cmol(+)/kg	Vrije H+ cmol(+)/kg	CEC (BaCl2) cmol(+)/kg	Ex_Bc cmol(+)/kg	BS %
M05	3,9	94	24	7,36	1,66	0,78	0,19	0,08	0,03	0,07	0,71	10,88	9,80	90
M51	1,7	30	18	2,01	0,33	0,49	0,10	0,55	0,08	0,01	0,78	4,36	2,83	65
M12	0,8	16	19	0,62	0,13	0,28	0,06	0,87	0,05	0,01	0,64	2,66	1,03	39
M24	0,7	12	16	0,40	0,09	0,24	0,06	0,81	0,01	0,01	0,25	1,87	0,73	39
M48	0,5	10	21	0,37	0,08	0,20	0,05	1,11	0,01	0,01	0,14	1,97	0,65	33

M05: minerale laag 0-5 cm, M51: minerale laag 5-10 cm, M12: minerale laag 10-20 cm, M24: minerale laag 20-40 cm, M48: minerale laag 40-80 cm

Tabel 3 Chemische samenstelling van de bodem in Sint-Laureins (berekende data voor de bodemlaag 0-20 cm)

C	7594 g/m ²
N	372 g/m ²
C/N	20
Exch - Ca	48,7 keq/ha
Exch - Mg	10,1 keq/ha
Exch - K	10,0 keq/ha

Tabel 4 Chemische eigenschappen van de bodem in Sint-Laureins (berekende data voor de bodemlaag 0-50 cm)

pH-CaCl ₂	3,6
pH-H ₂ O	4,1
cCEC	2,8 meq/100g
Ex-Bc	1,4 meq/100g
Ex-Al	0,8 meq/100 g
Ex-rest	0,5 meq/100 g
%C	1,8 %
basenverzadiging	52,0 %

4.4 Naaldgewicht

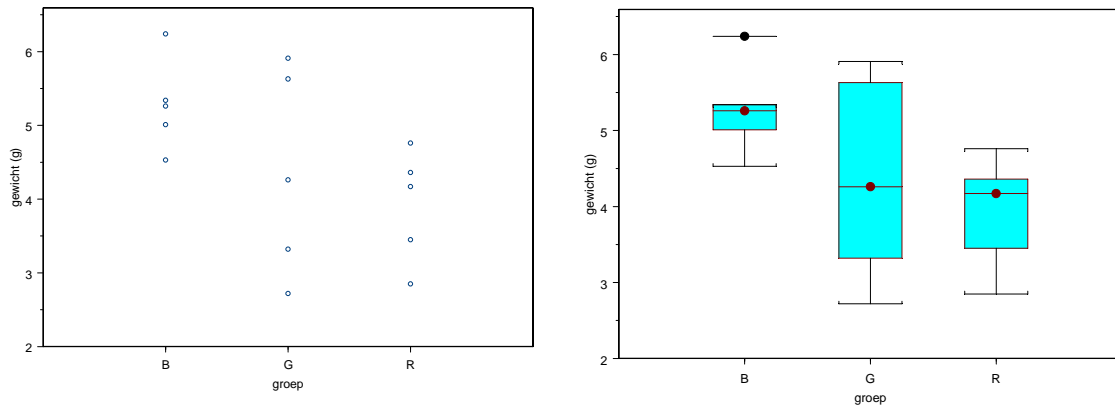
Het gewicht van 100 naaldparen van de jongste naaldjaargang varieert in Sint-Laureins tussen 2,7 g en 6,2 g (40°C DS).

Tabel 5 Drooggewicht van 200 naalden in Sint-Laureins (40°C)

	boom	gewicht (g)
Jongste naaldjaargang (NJ0)	G1	3,32
	G2	5,63
	G3	2,72
	G4	5,91
	G5	4,26
	B1	4,53
	B2	5,01
	B3	5,34
	B4	6,24
	B5	5,26
	R1	4,17
	R2	2,85
	R3	4,76
	R4	3,45
	R5	4,36

Het gewicht van 200 naalden verschilt van groep tot groep. Het gemiddeld gewicht van 200 naalden bedraagt 3,9 g bij de referentiebomen (SE Mean = 0,34); 4,4 g bij de niet-beschadigde bomen (SE Mean = 0,62) en 5,3 g bij de beschadigde bomen (SE Mean = 0,28).

Het naaldgewicht is een maat voor de lengte van de naalden. Uit ANOVA blijkt dat er geen significante verschillen tussen de groepen zijn. Door het klein aantal meetwaarden per groep is het moeilijk om beduidende verschillen te kunnen aantonen.



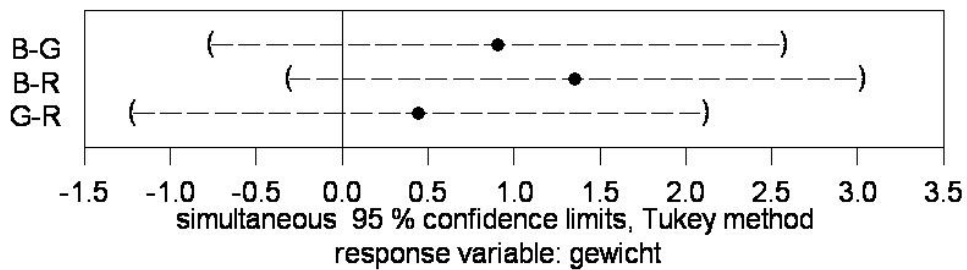
Figuur 6 Scatterplot en boxplot van de naaldgewichten in Sint-Laureins per groep (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen), gewicht in gram

95 % simultaneous confidence intervals for specified linear combinations, by the Tukey method

critical point: 2.6679
response variable: gewicht

*intervals excluding 0 are flagged by '*****'*

	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>
<i>B-G</i>	0.908	0.624	-0.757	2.57
<i>B-R</i>	1.360	0.624	-0.307	3.02
<i>G-R</i>	0.450	0.624	-1.220	2.12



Figuur 7 ANOVA van de naaldgewichten in Sint-Laureins (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen)

4.5 Naaldanalyse

Uit de resultaten van de mengmonsters (tabel 6) blijkt een verhoogd percentage stikstof in de naalden van de dennen in de fazantenkwekerij. Om de verschillen tussen beschadigde en niet-beschadigde bomen beter te kunnen bestuderen, werden van de 15 bemonsterde bomen afzonderlijk naaldstalen geanalyseerd. De stikstofanalyses op de afzonderlijke bomen wezen het volgende uit (tabel 7):

- Het percentage stikstof in de naalden (bij 105°C) bedraagt gemiddeld 2,4% bij de niet-beschadigde bomen; 2,6% bij de beschadigde bomen en 2,0% bij de referentiebomen (zonder extra nutriënteninput via fazantenmest).
- Het stikstofgehalte ligt gemiddeld het hoogst in de naalden van de beschadigde bomen. Ook de naalden van de niet-beschadigde bomen die in het fazantenproefvlak liggen, hebben een hoger stikstofgehalte in vergelijking met de referentiebomen. De spreiding op de resultaten is echter vrij groot bij de niet-beschadigde bomen (groep G).

Tabel 6 Analyseresultaten naaldstalen Sint-Laureins - mengmonsters van de jongste naaldjaargang (105°C DS)

St. Laureins		N %105°C	Na mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	S mg/kg	P mg/kg
niet beschadigd	M241	2,68	257,8	9762,6	4640,1	982,3	1915,6	2411,3
beschadigd	M242	2,68	255,4	10877,2	4510,5	922,6	1869,2	2216,2
referentie	M243	2,17	668,6	8481,7	5216,3	1000,7	1619,6	2033,8

M241: mengstaal van niet-beschadigde bomen

M242: mengstaal van beschadigde bomen

M243: mengstaal van referentiebomen

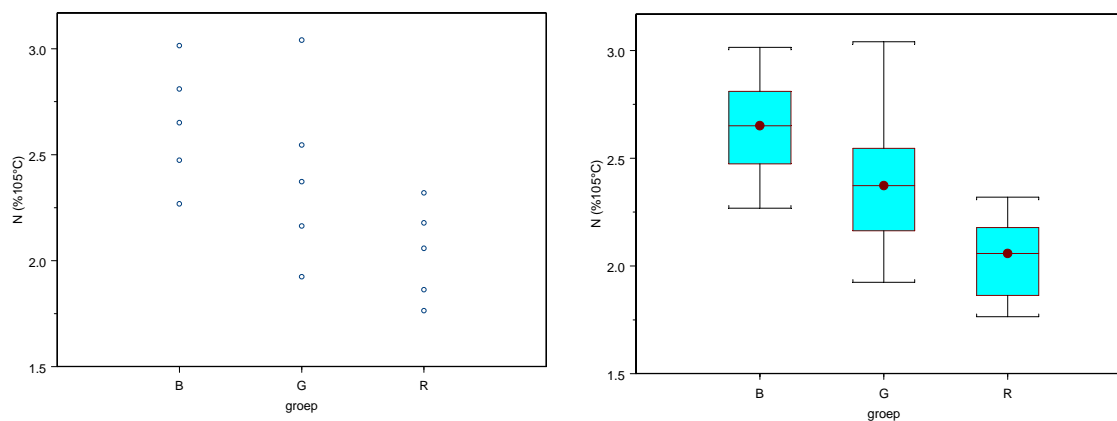
Tabel 7 Analyseresultaten voor stikstof bij de afzonderlijke bomen in Sint-Laureins (105°C DS)

StaalCode	StaalCode	Matrix	N	N	N
Aanvrager	Labo		kjeldahl	kjeldahl	standard
-	-	-	%105°C	gemiddeld	error
				berekend	(SE Mean)
G1	A/07/503	naald	2,37	2,41	0,19
G2	A/07/504	naald	3,04		
G3	A/07/505	naald	2,16		
G4	A/07/506	naald	1,92		
G5	A/07/507	naald	2,55		
B1	A/07/508	naald	2,81	2,64	0,13
B2	A/07/509	naald	2,65		
B3	A/07/510	naald	2,47		
B4	A/07/511	naald	3,01		
B5	A/07/512	naald	2,27		
R1	A/07/513	naald	1,86	2,04	0,10
R2	A/07/514	naald	2,18		
R3	A/07/515	naald	1,76		
R4	A/07/516	naald	2,06		
R5	A/07/517	naald	2,32		

G1 t.e.m. G5: niet-beschadigde bomen

B1 t.e.m. B5: beschadigde bomen

R1 t.e.m. R5: referentiebomen



Figuur 8 Scatterplot en boxplot van de stikstofgehalten per groep in Sint-Laureins (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen)

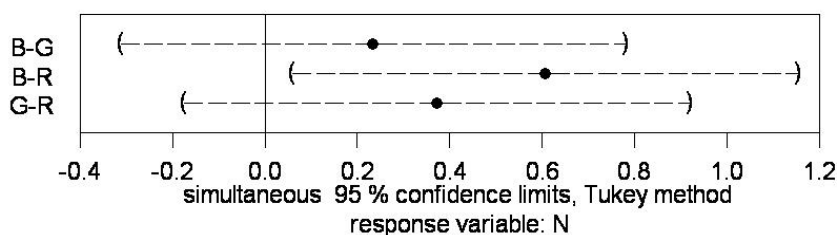
Variatie-analyse (ANOVA) geeft aan dat er een significant verschil is tussen de beschadigde bomen en de referentiebomen. Het stikstofgehalte in de beschadigde bomen varieert van 2,27% tot 3,01%. Bij de referentiebomen schommelt het stikstofgehalte tussen 1,76% en 2,32%.

In de fazantenkwekerij kan er geen verschil in stikstofgehalte aangetoond worden tussen de beschadigde bomen en de niet-beschadigde bomen. De beschadigde bomen hebben gemiddeld een hoger stikstofgehalte in de naalden, maar het verschil is niet beduidend.

*95 % simultaneous confidence intervals for specified linear combinations, by the Tukey method
critical point: 2.6679
response variable: N*

*intervals excluding 0 are flagged by '****'*

	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound
B-G	0.234	0.205	-0.3110	0.780
B-R	0.607	0.205	0.0614	1.150 ****
G-R	0.373	0.205	-0.1730	0.918



Figuur 9 ANOVA - Tukey Method: verschil tussen stikstofgehalten van dennennaalden in Sint-Laureins: B (beschadigd), G (niet-beschadigd) en R (referentie) + betrouwbaarheidsinterval op dit verschil (0-waarde ligt niet in het betrouwbaarheidsinterval)

4.6 Bespreking resultaten naaldanalyse

Op de mengmonsters (3 x 5 bomen) werden de concentraties van de basiselementen N, Na, K, Ca, Mg, S en P bepaald. De resultaten liggen bij de beschadigde en de niet-beschadigde bomen dicht bij elkaar. De analyseresultaten van de referentiebomen buiten de omheining onderscheiden zich duidelijker (tabel 6).

De stikstof- en fosforgehalten liggen lager buiten de omheining. De bomen binnen de omheining nemen de extra nutriënten op uit de fazantenmest. Uit de afzonderlijke testen op het stikstofgehalte in de naalden blijkt geen verschil tussen beschadigde en niet-beschadigde bomen. Het stikstofgehalte is in beide groepen duidelijk hoger dan bij de referentiebomen. Het fosforgehalte verschilt ongeveer 200 à 400 mg/kg (105°C DS).

Ook het zwavel- en kaliumgehalte ligt lager in de referentienaalden. Dit kan eveneens aan de kippenmest te wijten zijn, want mest bevat ondermeer N, P, K, Mg en S (Hanegraaf, 2001).

Uit de resultaten blijken op de bemeste plaatsen verhoogde concentraties van N, P, K en S in de naalden voor te komen. Dit is niet het geval voor magnesium. De referentiebomen buiten de kweekplaats bevatten meer natrium, calcium en magnesium.

Wellicht is het verhoogde aanbod en de verhoogde opname van stikstof, fosfor, kalium en zwavel de oorzaak van een beperktere opname van andere elementen. Het calciumgehalte is nog steeds hoog in vergelijking met literatuurgegevens, maar het magnesiumgehalte blijkt 'slechts' voldoende. De relatief ongunstige situatie voor Mg is in overeenstemming met de resultaten van de naaldanalyses bij grove den in de proefvlakken van het Level II meetnet (Brasschaat, Maasmechelen), waar de Mg-gehalten eveneens als 'laag' tot 'voldoende' werden geapprecieerd (zie verder).

Tabel 8 Criteria voor de beoordeling van analyseresultaten op basis van nutriëntgehalten van naalden bij grove den (Van den Burg, 1995)

	gehalten in de droge stof (g/kg)				
	N	P	K	Ca	Mg
hoog	> 18	> 1.7	> 7.0		> 1.0
voldoende	14 - 18	1.4 - 1.7	5.0 - 7.0	≥ 1.5	0.7 - 1.0
laag	< 14	< 1.4	< 5.0	< 1.5	< 0.7

Het nutriëntengehalte wordt voor alle elementen minstens als voldoende aanzien, maar de verhouding tussen de elementen is wel uit balans.

Een vergelijking met de waarden die door Van den Burg voor naaldboomsoorten worden voorgeschreven, toont aan dat de fosfor- en kaliumconcentratie in verhouding tot de stikstofconcentratie in de naalden overal voldoende is. Een mogelijk probleem vormt de stikstof-magnesiumverhouding. In vergelijking met de stikstofconcentratie is er te weinig magnesium. Symptomen van magnesiumgebrek zoals naaldvergeling, werden de laatste jaren tijdens de kroonbeoordelingen niet vastgesteld.

Tabel 9 Waarderingschema voor elementverhoudingen in halfjarige naalden ten opzichte van N (= 100) bij naaldboomsoorten (Van den Burg, 1988)

	N	P	K	Mg
optimaal	100	≥ 10 (7-16)	≥ 50 - 100	≥ 10
voldoende	100	5 - 10	25 - 50	5 - 10
onvoldoende	100	< 5	< 25	< 5

Tabel 10 Omgerekende resultaten van de naaldanalyse in St. Laureins (105°C DS), bij N = 100 (analyseresultaten mengmonsters)

	N	P	K	Mg
niet-beschadigd	100	9,0	36,4	3,7
beschadigd	100	8,3	40,6	3,4
referentie	100	9,4	39,1	4,6

De verhouding K/Mg is overal hoog. Ook dit kan bij sommige boomsoorten magnesiumgebrek veroorzaken. De K/Ca-verhouding is bij alle groepen optimaal.

Tabel 11 Waardering van de kationenquotiënten K/Mg en K/Ca in halfjarige naalden (Van den Burg, 1995)

	K/Mg
zeer hoog	> 12*
hoog	7 à 9 - 12**
normaal	1 - 7 à 9

*: bij de meeste soorten Mg-gebrek

** : bij sommige soorten Mg-gebrek

	K/Ca
optimaal	3.5 - 1.0
voldoende	1.0 - 0.5*
laag	< 0.5

*: bij sommige soorten K-gebrek

Tabel 12 Kationenquotiënten op basis van de naaldanalyseresultaten in St. Laureins (105°C DS), resultaten mengmonsters van de jongste naaldjaargang

dennen (groep)	K/Ca	K/Mg
niet-beschadigd	2,1	9,9
beschadigd	2,4	11,8
referentie	1,6	8,5

Vergelijking met analyseresultaten Level II (meetnet intensieve monitoring bosecosysteem)

Omdat de bodemeigenschappen verschillend zijn, moet een vergelijking van de naaldanalyseresultaten met andere proefvlakken met de nodige voorzichtigheid gebeuren.

Het Level II meetnet voor de intensieve monitoring van het bosecosysteem telt twee proefvlakken met grove dennen. In Brasschaat en Maasmechelen zijn de standplaatskenmerken verschillend van die in Sint-Laureins. Er is in de proefvlakken van het Level II meetnet minder verstoring in vergelijking met het plot in Sint-Laureins.

Alle gehalten blijken in Sint-Laureins hoger te liggen in vergelijking met de resultaten uit de Level II plots. Ook de referentiebomen, die minder beïnvloed worden door de fazantenkweek, blijken voor bijna alle elementen hogere concentraties in de naalden te bevatten. Oorzaak is wellicht de chemisch rijkere bodem in vergelijking met de Kempen.

In 2003 en 2005 werden in de Level II proefvlakken N-gehalten van 2,1% tot 2,3% aangetroffen. Dit ligt in de lijn van de resultaten van de referentiebomen. De bomen binnen de fazantenkweekplaats hebben een hoger N-gehalte.

In het verleden bleek in de Level II proefvlakken de N/Mg verhouding eveneens uit balans, met een onvoldoende Mg-gehalte ten opzichte van de stikstofinhoud (Van Den Berge, 1992). Ook recentere analyseresultaten in interne rapporten van het INBO wijzen in die richting (Level II - P. Roskams).

Hoge K/Mg-verhoudingen worden ook in de Level II proefvlakken waargenomen (Van Den Berge, 1992).

Tabel 13 Naaldanalyseresultaten uit het meetnet voor de intensieve monitoring van het bosecosysteem (Level II, proefvlakken Brasschaat en Maasmechelen, jongste naalden) - 105°C DS

proefvlak	jaar	N mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	S mg/kg	P mg/kg
Brasschaat	2003	22912,5	104,9	6320,7	2665,4	876,9	1530,7	1437,3
	2005	23142,2	25,3	7299,8	3103,1	841,1	1580,0	1513,9
Maasmechelen	2003	20876,3	47,3	6765,7	3455,8	752,3	1316,0	1628,8
	2005	21066,0	49,5	8105,9	3750,9	709,7	1414,3	1851,4

Vergelijking met data internationaal Level I meetnet en Forest Foliar Expert Panel

Tot slot kunnen de resultaten vergeleken worden met de resultaten uit het internationaal Level I meetnet. 90% van de blad-/naaldmonsters hebben een percentage stikstof in de naalden dat tussen 0,9% en 1,8% ligt. Dit toont nogmaals aan dat de naaldmonsters in Sint-Laureins een zeer hoog stikstofgehalte bevatten. Alle waarden boven 1,7% worden op Europees niveau als hoog beschouwd (tabel 14).

De volgende waarden bevatten de 5%-95% range voor analyseresultaten van grove den in Level 1 (internationaal). 5% van de laagste resultaten en 5% van de hoogste resultaten werden weggelaten:

- N (mg/g): 8,79-18,30
- S (mg/g): 0,80-1,86
- P (mg/g): 0,85-2,14
- Ca (mg/g): 1,62-6,33
- Mg (mg/g): 0,69-2,31
- K (mg/g): 3,78-7,70

De gehalten in Sint-Laureins zijn ook hoog wat fosfor en calcium betreft (tabel 6, tabel 14). Dit is niet verwonderlijk want kippenmest is rijk aan nitraat, fosfaat en calcium.

De analyseresultaten voor zwavel zijn alleen hoog binnen de omheining. Waar geen fazanten lopen, is er minder zwavel in de naalden.

De kaliumgehalten benaderen de bovengrens (tabel 6, tabel 14). De concentraties in de naalden van de beschadigde bomen liggen daar zelfs boven.

Ook hier blijken de magnesiumgehalten het laagst. In alle groepen ligt het magnesiumgehalte tussen de onder- en de bovengrens.

Tabel 14 Klassificatiewaarden voor naaldanalyseresultaten van grove den, volgens het ICP - Forest Foliar Expert Panel (3^o en 5^o meeting)

Klasse	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
1	≤ 12.0	≤ 1.1	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 0.6	≤ 3.5
2	>12.0-17.0	>1.1 - 1.8	>1.0-2.0	>1.5 - 4.0	>0.6 - 1.5	>3.5-10.0
3	> 17.0	> 1.8	> 2.0	> 4.0	> 1.5	>10.0

Klasse 1 = lower value, klasse 3 = upper value

Bemesting, droogtestress en *Sphaeropsis*-infectie

De schimmel *Sphaeropsis sapinea* veroorzaakt scheutsterfte bij grove den en Corsicaanse den. De scheutsterfte gaat ook gepaard met harsuitvloei. Vergeling van de naaldtoppen, een kenmerk van o.a. magnesiumgebrek, werd in het proefvlak Sint-Laureins nog niet vastgesteld. Bruine verkleuring van de naalden en scheutsterfte, o.a. door *Sphaeropsis*-infectie kwam de laatste jaren wel voor. Verschillende bronnen melden dat een verhoogde stikstofinput de gevoeligheid voor *Sphaeropsis*-infectie verhoogt. Bij de kroonbeoordeling in 2007 bleek alvast dat de referentiebomen buiten de omheining minder twijg- en taksterkte vertoonden. In principe is grove den minder gevoelig voor *Sphaeropsis*-aantasting dan Corsicaanse den (Dua, 1986). Verder onderzoek zou kunnen uitwijzen of hier nog andere biotische factoren scheut- en taksterfte veroorzaken.

In het verleden was er mogelijk verkleuring ten gevolge van droogte. Droogteverschijnselen werden ook bij de loofboomsoorten in het proefvlak opgemerkt. In de zomer van 2006 was er vervroegde bladval bij gewone vlier. Het ontbreken van een strooisellaag zorgt er voor dat de bodem 's zomers vlugger uitdroogt.

Uit potproeven bleek in het verleden dat droogte, bemesting en *Sphaeropsis*-infectie met elkaar in relatie staan. Bemesting met ammoniumsulfaat leidde tot verstoring van de mineralenverhouding in de naalden en een opvallende verlaging van de vochtspanning in de planten (Schütz, 1991). *Sphaeropsis sapinea* profiteerde twee maal van de bemesting. Enerzijds door de toegevoegde stikstof en anderzijds door de toegenomen droogtestress. De planten werden door overbemesting gevoeliger voor droogte en *Sphaeropsis*.

Zowel de stikstofovermaat als de droogte kunnen de infectie door *Sphaeropsis sapinea* verergeren. In principe kan elke verzwakkende factor de gevoeligheid voor *Sphaeropsis*-infectie verhogen (de Kam, 1985). De bemesting op de droge zandbodem in Sint-Laureins maakt de bomen dus extra gevoelig voor deze schimmelinfectie.

Overbemesting leidt ook tot minder vorstresistentie en afname van mycorrhizerende schimmels. De afname van deze 'zwamwortels' geeft opnieuw aanleiding tot droogtestress.



Figuur 10 Infectie door *Sphaeropsis sapinea* bij grove den in Sint-Laureins: de jongste scheuten verkleuren bruin

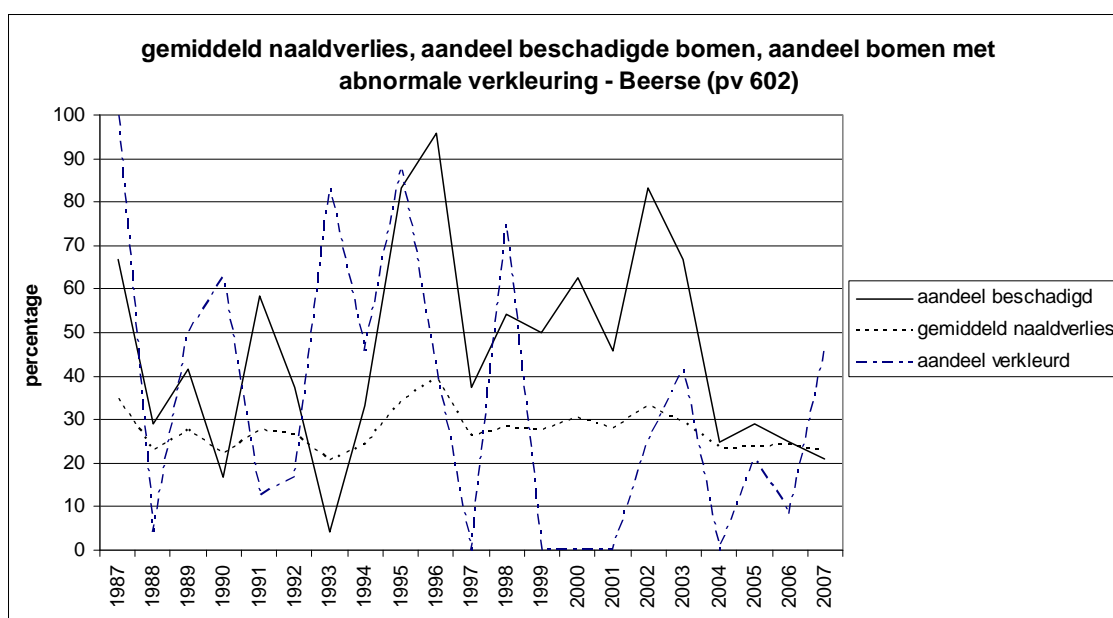
5 Resultaten Beerse

5.1 Kroontoestand

De dennen in Beerse vertoonden jarenlang een slechte naaldbezetting. Bovendien werd in dit proefvlak geregeld abnormale naaldverkleuring waargenomen. Een boom is abnormaal verkleurd wanneer meer dan 10% van de kroon verkleuring vertoont. De naaldverkleuring werd reeds aan het eind van de jaren tachtig en bij het begin van de jaren negentig opgemerkt.

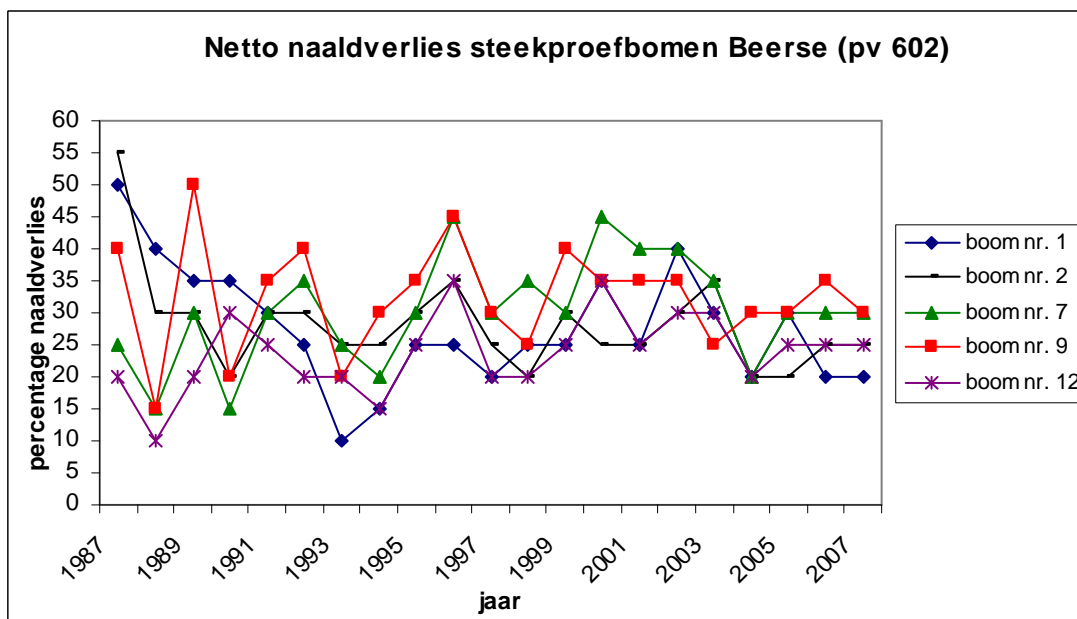
In de periode 1995-2003 was bijna jaarlijks meer dan de helft van de bomen beschadigd. De laatste jaren is er een duidelijke verbetering van de naaldbezetting vastgesteld.

Het aandeel bomen met verkleuring varieert van jaar tot jaar. Vooral in de periode 1987-1998 waren er verschillende jaren met een hoog aandeel bomen met abnormale verkleuring.



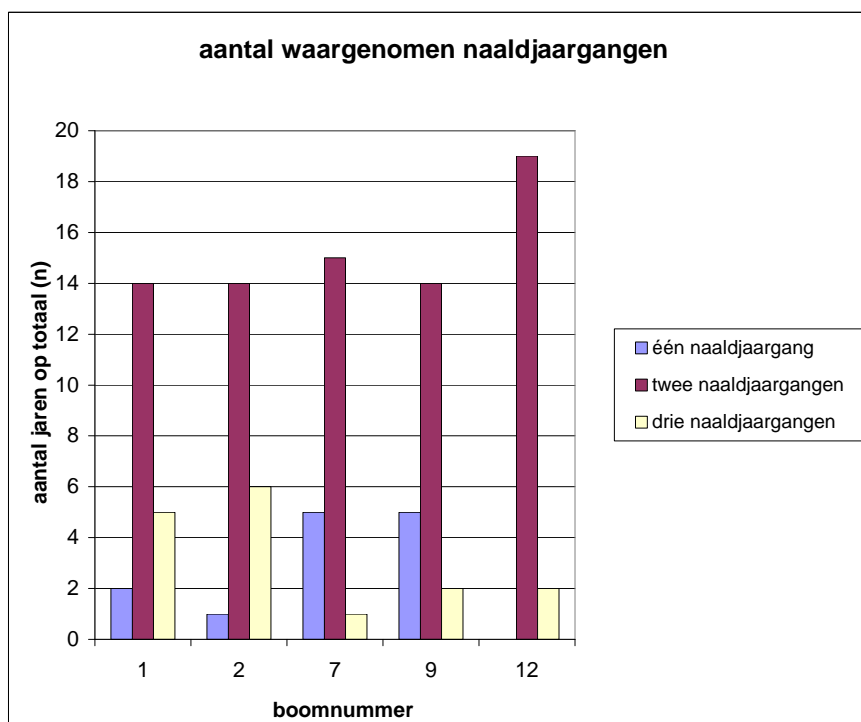
Figuur 11 Gemiddeld naaldverlies, percentage beschadigde steekproefbomen en percentage bomen met abnormale verkleuring in Beerse (N = 24 steekproefbomen/jaar)

Aan het verloop van het netto-naaldverlies van de bomen die bemonsterd werden voor de naaldanalyse is te zien dat de kroontoestand van bomen 7 en 9 slechter is dan die van de overige bomen. De laatste vier jaar ligt het netto naaldverlies van boom 9 het hoogst. Ook boom 7 toont de laatste drie jaar een hoger naaldverlies dan de bomen 2 en 12.



Figuur 1 Netto-naaldverlies van de bemonsterde steekproefbomen in Beerse gedurende de periode 1987-2007

Het aantal waargenomen naaldjaargangen is meestal twee. Tijdens de 21 inventarisatiejaren werden slechts zelden drie naaldjaargangen aan de bomen genoteerd.



Figuur 2 Frequentie van het aantal waargenomen naaldjaargangen (1, 2 of 3) bij de steekproefbomen 1,2,7, 9 en 12 in Beerse (periode 1987-2007)

Tabel 15 Resultaten van de kroonbeoordeling in Beerse (2007)

boom	netto-naaldverlies (%)	verkleuring (%)	aantasting <i>Sphaeropsis</i>	dode scheuten/twijgen	andere
1	20	1-10%	x	x	harsuitvloeï
2	25	21-40%	o	o	
7	30	11-20%	x	x	harsuitvloeï
9	30	11-20%	o	x	
12	25	11-20%	o	o	stamschade

x = waargenomen, o = niet waargenomen

Opmerkingen op de opnameformulieren van de bosvitaliteitsinventaris:

- 1987: geelgroene verkleuring (boom 1)
- 1989: verkleurde scheuten, soms vergeling vanaf de naaldtop, meestal echter vanaf de naaldbasis, verkleuring o.a. aan bomen 1, 2, 7, 9 en 12.
- 1990: geelachtig groene verkleuring van de jongste naalden (boom 1, 2, 7, 9)
- 1991: *Sphaeropsis* op enkele bomen (o.a. boom 1, 2)
- 1992: vergeling jongste naalden (aan de naaldbasis, o.a. bij boom 2)
- 1993: verkleuring (vooral tweede naaldjaargang - schimmelaantasting)
- 2002: vergeling aan jongste naalden, geleidelijke overgang van geel naar groen (o.a. boom 2, 12), storm- en sneeuwshade
- 2003: zeer lichte verkleuring (o.a. boom 2)
- 2005: jongste naaldjaargang dikwijls lichtgroen tot geelachtig (o.a. boom 1, 2)
- 2006: jongste naalden bleekgroen, *Sphaeropsis*-infectie (o.a. boom 1, 9)
- 2007: jongste naaldjaargang lichtgroen (o.a. boom 1, 2, 7, 9, 12), *Sphaeropsis*-infectie (o.a. boom 1, 7), exploitatieschade (boom 12)

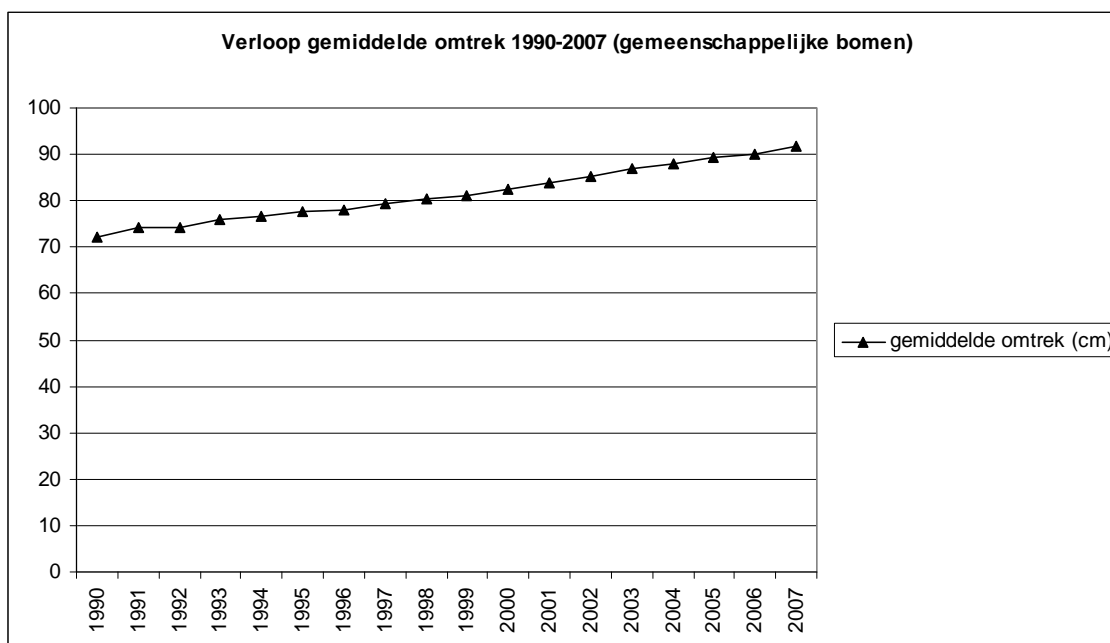


Figuur 14 Verkleuring van de jongste naaldjaargang in Beerse (juli 2007)

5.2 Groei

De omtrek van de genummerde bomen wordt sedert 1990 tijdens de kroonbeoordelingen genoteerd. Van 1990 tot 2007 waren er 13 steekproefbomen die jaarlijks opgemeten werden. Afgestorven bomen of bomen die gekapt werden, zijn niet in de berekening van de gemiddelde omtrek opgenomen.

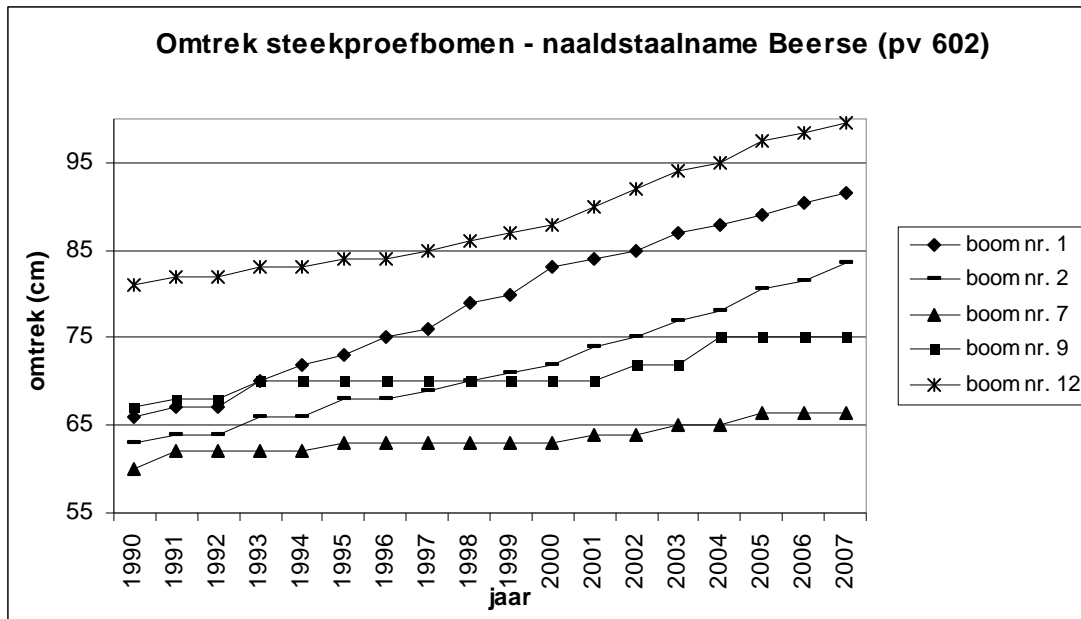
In Beerse hadden de gemeenschappelijke steekproefbomen in 1990 een gemiddelde omtrek van 72,2 cm. In 2007 was de gemiddelde omtrek 91,6 cm.



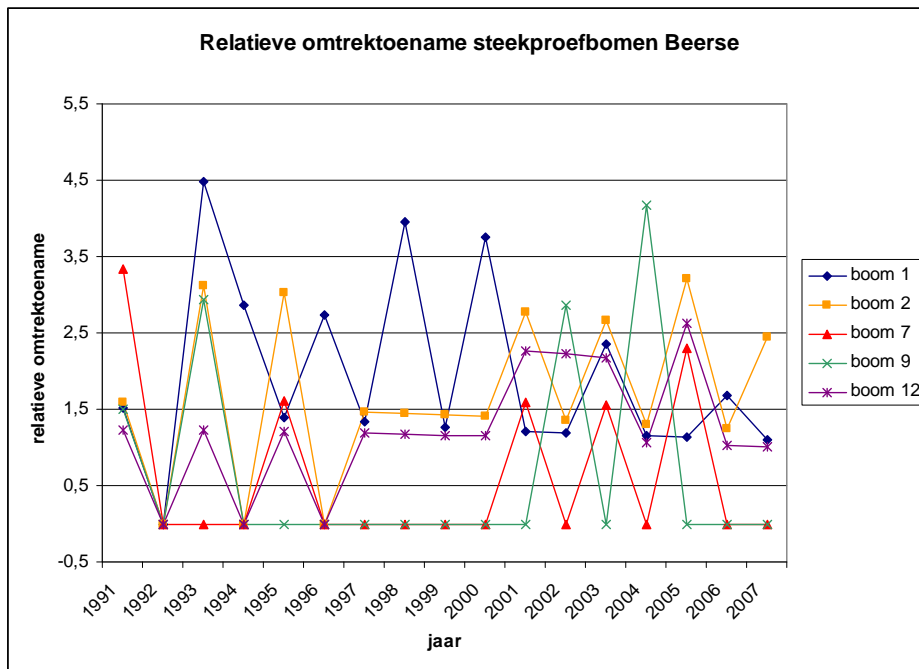
Figuur 15 Gemiddelde omtrek van de gemeenschappelijke steekproefbomen in Beerse (n = 13) in de periode 1990-2007

De vijf bomen die in 2007 bemonsterd werden, vertonen een verschillende omtrekaanwas. De steekproefbomen 1, 2 en 12 vertonen een betere groei dan de bomen 7 en 9 (figuur 16). Ook uit de relatieve omtrektoename (omtrekaanwas/omtrek * 100) blijkt de zwakke groei van bomen 7 en 9, vooral in de jaren '90. In het najaar van 1999 werd een dunning uitgevoerd. Vanaf 2001 werd een herstel van de omtrekgroei waargenomen (figuur 17). De groei van de bomen 9 en 7 viel echter vanaf 2005-2006 weer volledig stil.

Boom 7 vertoonde bij het verzamelen van de naalden veel scheuten met *Sphaeropsis*-infectie. Er werden ook afgestorven scheuten waargenomen.



Figuur 16 Omtrek van de bemonsterde steekproefbomen in het proefvlak Beerse (periode 1990-2007)



Figuur 17 Relatieve omtrektoename van de bemonsterde steekproefbomen in het proefvlak Beerse (periode 1991-2007)

5.3 Bodem en strooisel

De bodemserie in het dennenbos in Beerse is Zdg: matig natte zandgronden met een duidelijke humus- en/of ijzer B horizont. De bodem is arm aan nutriënten en vertoont een typische podzolontwikkeling. De basenverzadiging is laag.

Tabel 16 Chemische samenstelling van de minerale bodemlagen in Beerse

Laag	Mod-N g/kg	OC g/kg	C/N	ExchCa cmol(+)/kg	ExchMg cmol(+)/kg	ExchK cmol(+)/kg	ExchNa cmol(+)/kg	ExchAl cmol(+)/kg	ExchFe cmol(+)/kg	ExchMn cmol(+)/kg	Vrije H+	CEC (BaCl ₂) cmol(+)/kg	Ex_Bc cmol(+)/kg	BS %
M05	1,2	28	23	0,25	0,05	0,05	0,07	1,80	0,17	0,01	0,98	3,35	0,35	10
M51	0,9	22	26	0,12	0,04	0,04	0,07	2,88	0,11	0,01	0,67	3,93	0,20	5
M12	1,1	26	24	0,08	0,03	0,03	0,07	3,73	0,10	0,01	0,38	4,43	0,14	3
M24	0,7	19	29	0,22	0,01	0,02	0,05	3,11	0,05	0,01	0,07	3,52	0,25	7
M48	0,3	7	24	0,01	0,01	0,02	0,03	1,40	0,01	0,01	0,00	1,49	0,04	2

M05: minerale laag 0-5 cm, M51: minerale laag 5-10 cm, M12: minerale laag 10-20 cm, M24: minerale laag 20-40 cm, M48: minerale laag 40-80 cm

Tabel 17 Chemische eigenschappen van de strooisellaag in Beerse (gemeten en berekende data voor de strooisellaag F+H)

pH-CaCl ₂	2,8
pH-H ₂ O	3,9
C	3922 g/m ²
N	142,8 g/m ²
C/N	27
gewicht strooisellaag L	600 g/m ²
gewicht F+H-laag	9900 g/m ²

Tabel 18 Chemische samenstelling van de bodem in Beerse (berekende data voor de bodemlaag 0-20 cm)

C	6954 g/m ²
N	289 g/m ²
C/N	24
Exch - Ca	3,6 keq/ha
Exch - Mg	1,0 keq/ha
Exch - K	1,0 keq/ha

Tabel 19 Chemische eigenschappen van de bodem in Beerse (berekende data voor de bodemlaag 0-50 cm)

pH-CaCl ₂	3,4
pH-H ₂ O	3,8
cCEC	3,3 meq/100g
Ex-Bc	0,2 meq/100g
Ex-Al	2,7 meq/100 g
Ex-rest	0,4 meq/100 g
%C	1,9 %
basenverzadiging	5,8 %

In het kader van het project 'Biosoil' (2006) werden volgende kenmerken beschreven: erg zandige textuur, weinig nutriënten (basenverzadiging 1-12% (NH₄OAc) of 7-15% (BaCl₂)), veel zwavel (OF: 2512 ppm), relatief veel Zn (OL-OH: 133-156 ppm), veel lood (OH: 2de

hoogste waarde uit een reeks van 180 stalen). Bovendien werd in de bodem een laag ijzergehalte aangetroffen.

5.4 Naaldgewicht

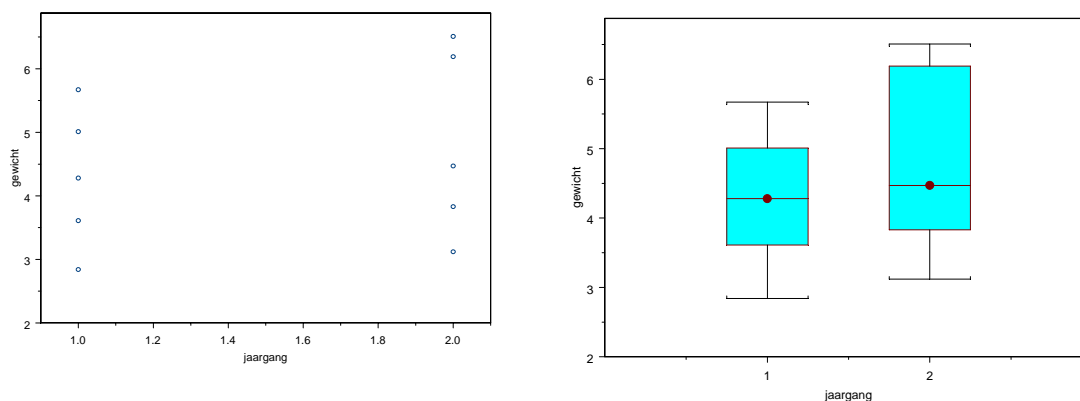
Het gewicht van 200 gedroogde naalden varieert in Beerse van 2,8 g tot 5,7 g voor de jongste naalden en van 3,1 g tot 6,5 g voor de oudere naalden. Het gemiddeld gewicht van de jongste naaldjaargang is 4,28 g (SE Mean = 0,50). Bij de oudere naalden is het gemiddeld gewicht van 200 naalden 4,82 g (SE Mean = 0,66).

Tabel 20 Drooggewicht van 200 naalden in Beerse (40°C)

	boom	gewicht (g)
Jongste naaldjaargang (NJ0)	1	4,28
	2	3,61
	7	2,84
	9	5,67
	12	5,01
Oudere naalden (NJ1)	1	6,51
	2	3,83
	7	3,12
	9	4,47
	12	6,19

Er is meer spreiding op de gewichten van de tweede naaldjaargang. Een statistische analyse van de meetgegevens toont aan dat de gewichten van de eerste en de tweede naaldjaargang niet significant verschillend zijn (paired t-test).

Uit de omtrekgegevens bleek dat de bomen 7 en 9 minder goed groeiden. Uit de naaldgewichten blijkt dat vooral boom 7 een laag naaldgewicht heeft. Bij het plukken van de naalden viel de korte naaldlengte op.



Figuur 18 Scatterplot en boxplot van de naaldgewichten in Beerse per groep (jaargang 1 = NJ0: jongste (halfjarige) naalden; jaargang 2 = NJ1: tweede naaldjaargang), gewicht in gram

5.5 Naaldanalyse

De naalden van de lopende naaldjaargang (= jongste naaldjaargang, NJ0) en de één jaar oudere naalden (NJ1) werden afzonderlijk geanalyseerd. Omdat de jongste naalden een afwijkende kleur vertonen is het interessant om te kijken welke elementconcentraties verschillen tussen de naaldjaargangen. De verschillen werden statistisch getest en in tabel 23 worden de p-waarden weergegeven. Enkele p-waarden zijn laag. Omdat er 16 elementen op dezelfde stalen geanalyseerd en vergeleken worden, telkens met een 5% significantieniveau, is er meer kans op een vals positief resultaat (16 x meer kans). Daarom is het gevaarlijk om te spreken over significante verschillen. Met een grotere steekproef zou de SE mean (standaardfout op het gemiddelde) verminderen en zou de p-waarde dalen. Dus een p-waarde van bv. 0,03 bewijst geen significant verschil maar geeft wel een duidelijke indicatie van een mogelijk verschil.

Gemiddeld liggen de concentraties in de jongste naalden lager voor N, Ca, Na, S, Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb en Zn. Er is een indicatie van een beduidend lagere concentratie voor ijzer (Fe), lood (Pb), aluminium (Al), chroom (Cr) en zink (Zn). Het verschil is het opvallendst bij de elementen ijzer en lood. Gemiddeld is er bij 105°C 91,95 mg/kg Fe in de jongste naalden en 150,25 mg/kg in de oudere naalden. Het loodgehalte bedraagt gemiddeld 2,27 mg/kg in de jongste naalden en 3,29 mg/kg in de oudere naalden.

Omgekeerd zijn er aanwijzingen van beduidend hogere concentraties aan kalium (K), nikkel (Ni) en fosfor (P) in de jongste naalden. De kaliumconcentratie bedraagt gemiddeld 7242 mg/kg bij de jongste naalden en 5926 mg/kg bij de oudere naalden. De gemiddelde Ni-concentratie bedraagt bij 105°C 2,07 mg/kg bij de jongste naalden en 1,4 mg/kg bij de oudere naalden. De fosforconcentratie is gemiddeld 1973 mg/kg in de jongste naalden en 1849 mg/kg in de oudere naalden.

Er is ook een indicatie dat er bij een uitgebreidere steekproef beduidende verschillen zouden kunnen optreden wat de natriumconcentratie betreft.

Opvallend zijn ook de afwijkende concentraties in de naalden van de slecht groeiende bomen 7 en 9. De naalden van boom 7 bevatten hoge concentraties aan stikstof, natrium, fosfor zwavel en de meeste metalen.

Tabel 21 Analyseresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C): jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - waarden met achtergrondkleur = kleiner dan de bepaalbaarheidsgrens

Analyserapport totaalgehalten								
Staalinfo		Resultaten						
Boom	Naaldjaargang	Stikstof Kjeldahl	Ca	K	Mg	Na	P	S
		titratie	microgolf / ICP (analysetemperatuur: natief staal)					
		%N	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
bepaalbaarheidsgrens								
1	0	2,51	5370	8939	855	163	1805	1712
2	0	2,32	3230	6930	1000	121	1894	1604
7	0	2,95	5569	7459	1610	530	2185	1821
9	0	2,35	4965	6055	1035	189	1789	1638
12	0	2,41	4501	6824	1256	404	2193	1736
1	1	2,42	4956	7203	724	345	1710	1755
2	1	2,33	4076	5636	735	286	1741	1722
7	1	3,30	6757	5389	1484	1292	2202	2236
9	1	2,29	7523	5485	920	419	1632	1693
12	1	2,25	9822	5914	1416	619	1958	1825

Analyserapport totaalgehalten										
Staalinfo		Resultaten								
Boom	Naaldjaargang	Al	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
		microgolf/ICP (analysetemperatuur: natief staal)								
<i>bepaalbaarheidsgrens</i>		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
			0,36	1,82	1,82			1,82	1,82	1,82
1	0	190	0,43	5,11	0,30	67	320	2,54	1,56	91,5
2	0	201	0,34	5,78	0,29	88	233	2,13	2,22	77,7
7	0	236	0,70	6,27	0,48	107	536	2,34	2,59	90,9
9	0	188	0,69	5,58	0,38	83	432	1,83	2,10	70,1
12	0	319	0,68	6,44	0,33	115	257	1,50	2,88	94,2
1	1	203	0,35	5,47	0,32	112	308	1,38	2,28	96,0
2	1	255	0,33	6,17	0,32	129	256	1,35	2,98	86,6
7	1	335	0,77	7,29	0,62	202	613	1,59	4,48	128,0
9	1	210	0,63	5,64	0,49	142	627	1,55	3,01	89,0
12	1	426	0,76	6,38	0,53	167	460	1,13	3,71	140,6

Opmerkingen/beoordeling	
achtergrond	kleiner dan de bepaalbaarheidsgrens

Tabel 22 Gemiddelde analyseresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C) - jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - (+ standaardfout, SE Mean)

NJ	%N	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	P (mg/kg)	S (mg/kg)	Al (mg/kg)
0	2,51 (0,12)	4727 (417)	7242 (480)	1151 (132)	282 (79)	1973 (90)	1702 (38)	227 (25)
1	2,52 (0,20)	6627 (1008)	5926 (332)	1056 (165)	592 (184)	1849 (104)	1846 (100)	286 (42)

NJ	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
0	0,57 (0,08)	5,84 (0,24)	0,36 (0,03)	92 (9)	356 (57)	2,07 (0,19)	2,27 (0,23)	84,9 (4,7)
1	0,57 (0,10)	6,19 (0,32)	0,46 (0,06)	150 (16)	453 (76)	1,40 (0,08)	3,29 (0,37)	108,0 (11,0)

Tabel 23 Gemiddelde analysesresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C) - jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - (+ p-waarde, paired t-test)

element	NJ0 (gem.)	NJ1 (gem.)	p
Fe (mg/kg)	92	150	0,0039
K (mg/kg)	7242	5926	0,0083
Pb (mg/kg)	2,27	3,29	0,0094
Ni (mg/kg)	2,07	1,40	0,0138
Al (mg/kg)	227	286	0,0383
P (mg/kg)	1973	1849	0,0407
Cr (mg/kg)	0,36	0,46	0,0439
Zn (mg/kg)	84,9	108,0	0,0455
Na (mg/kg)	282	592	0,0518
Mn (mg/kg)	356	453	0,0916
S (mg/kg)	1702	1846	0,1048
Ca (mg/kg)	4727	6627	0,1239
Cu (mg/kg)	5,84	6,19	0,1336
Mg (mg/kg)	1151	1056	0,2406
N (%)	2,51	2,52	0,9566
Cd (mg/kg)	0,57	0,57	0,9925

5.6 Bespreking resultaten naaldanalyse

Uit de resultaten blijkt dat het ijzergehalte in de jongste naalden opmerkelijk lager is dan in de oudere naaldjaargang. Het ijzergehalte van de jongste naalden schommelt tussen 67 mg/kg en 115 mg/kg (105°C DS). Aangezien het ijzergehalte toeneemt met de leeftijd van de naalden (accumulatie) en de naaldstaalname laat op het jaar gebeurde (13 december), is het aannemelijk dat de ijzerconcentratie in de zomer nog lager lag. Bovendien vertoonden alle bomen in de zomer lichtgroene verkleuring aan de jongste naalden. Bij het plukken van de naalden viel de bleekgroene verkleuring slechts bij één van de vijf bomen op.

Volgens Van den Burg (1995) is ijzeregebrek te herkennen aan een groengele tot gele basis van de jongste naalden. De top van de naalden is meestal groen, maar bij een ernstig gebrek is de volledige jongste naaldjaargang geel verkleurd. De oudere naalden zijn altijd normaal van kleur. In Beerse werd een blekere kleur van de jongste naalden waargenomen, meestal bleekgroen, soms geel (af en toe omschreven als 'sla-groen')

Volgens Hartmann (1995) is een normaal ijzergehalte 100 à 400 ppm. Bij een licht tekort is het gehalte in de jongste naaldjaargang ongeveer 70 ppm en bij de oudere naalden 180 ppm. Bij extreme tekorten is het ijzergehalte lager dan 20 à 40 ppm. Op kalkrijke standplaatsen (pH 6-7) spreekt men dan van kalkchlorose. De pH in Beerse is echter te laag om via dezelfde mechanismen als op kalkrijke bodems een ijzertekort te veroorzaken. De analyse van de naalden wijst eerder in de richting van een licht ijzertekort. Het calciumgehalte is niet extreem hoog in de naalden, maar wel hoger in vergelijking met andere proefvlakken (zie verder).

Beide auteurs vermelden ook dat, bij een licht ijzeregebrek, de toppen van de jongste naalden donkerder zijn dan de basis. Dit werd op het terrein waargenomen (zie opmerking kroontoestand in 1989 en 1992) en is ook in lichte mate merkbaar op de foto, genomen op 31 juli 2007 (figuur 14).

Volgens Bergmann (1993) is een zichtbaar ijzergebrek typisch voor zure bodems met een relatief hoog aanbod aan zware metalen zoals Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn. Vooral zink, mangaan en nikkel zijn in Beerse in verhoogde mate aanwezig. Dezelfde auteur vermeldt het belang van de verhouding Fe/Mn. Wanneer het Mn-gehalte in de naalden groter dan 300 ppm is, is er een verhoogde kans op verstoring van de ijzeropname. Het mangaangehalte in de jongste naalden bedraagt in Beerse gemiddeld 356 mg/kg (105°C DS). Dit is duidelijk hoger dan de analyseresultaten uit het Level II meetnet (zie hieronder). De naaldverkleuring is dus hoogstwaarschijnlijk het gevolg van een verstoorde balans tussen enerzijds het ijzergehalte en anderzijds de concentratie van zware metalen als mangaan, zink,...

Vergelijking met analyseresultaten Level II (meetnet intensieve monitoring bosecosysteem)

In vergelijking met analyseresultaten uit het meetnet voor de intensieve monitoring van het bosecosysteem, blijkt de nutriënteninhoud voor een aantal elementen hoger dan in de proefvlakken met grove den in Brasschaat en Maasmechelen. In de jongste naalden van Beerse is het gehalte aan calcium, magnesium, natrium en mangaan duidelijk hoger. Ook de nikkel-, lood-, zink- en cadmiumgehalten zijn meestal hoog in vergelijking met de Level II proefvlakken. IJzer is het enige element met een iets lagere concentratie in vergelijking met de dennen in het Level II meetnet, zeker in vergelijking met de analyse uit 2005. Door het hoog aanbod van andere elementen is er misschien een schijnbaar tekort aan ijzer.

Tabel 24 Vergelijking resultaten Beerse met analyseresultaten naaldmonsters Level II (105°C DS)

jongste naalden	jaar	N mg/kg	Ca mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Na mg/kg	P mg/kg	S mg/kg
Beerse	2007	25095	4727	7242	1151	282	1973	1702
Brasschaat	2003	22912	2665	6321	877	105	1437	1531
	2005	23142	3103	7300	841	25	1514	1580
Maasmechelen	2003	20876	3456	6766	752	47	1629	1316
	2005	21066	3751	8106	710	49	1851	1414

jongste naalden	jaar	Al mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Cr mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Beerse	2007	227	0,57	5,84	0,36	91,95	355,65	2,07	2,27	84,87
Brasschaat	2003	183	0,29	5,56	0,00	87,65	161,25	0,00	0,24	49,48
	2005	235	0,55	5,79	0,31	109,42	172,58	2,11	1,58	61,24
Maasmechelen	2003	164	0,19	3,61	0,00	68,02	230,30	0,00	0,00	51,21
	2005	243	0,45	4,88	0,51	100,22	210,68	1,81	0,58	65,43

oudere naalden	jaar	N mg/kg	Ca mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Na mg/kg	P mg/kg	S mg/kg
Beerse	2007	25143	6627	5926	1056	592	1849	1846
Brasschaat	2003	24748	3886	5345	659	286	1236	1606
	2005	24325	4401	6478	628	210	1300	1628
Maasmechelen	2003	19661	5522	5778	511	153	1513	1418
	2005	20094	5751	6913	466	118	1565	1383

oudere naalden	jaar	Al mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Cr mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Beerse	2007	286	0,57	6,19	0,46	150,25	452,92	1,4	3,29	108,06
Brasschaat	2003	222	0,28	4,44	0,00	146,64	209,30	0,00	3,20	49,55
	2005	292	0,51	5,82	0,51	189,74	251,84	1,64	4,09	63,43
Maasmechelen	2003	233	0,30	3,65	0,00	151,02	317,60	0,00	0,69	68,03
	2005	278	0,42	4,75	1,01	154,49	313,32	1,22	1,68	72,19

Vergelijking met data internationale meetnetten en Forest Foliar Expert Panel

De volgende waarden bevatten de 5%-95% range voor analyseresultaten van grove den in het Level 1-meetnet (internationaal). 5% van de laagste resultaten en 5% van de hoogste resultaten werden weggelaten:

- N (mg/g): 8,79-18,30
- Ca (mg/g): 1,62-6,33
- K (mg/g): 3,78-7,70
- Mg (mg/g): 0,69-2,31
- P (mg/g): 0,85-2,14
- S (mg/g): 0,80-1,86
- Cu (mg/kg): 2-27
- Fe (mg/kg): 30-273
- Mn (mg/kg): 25-1067
- Zn (mg/kg): 22-64

Het ijzergehalte ligt in 90% van de gevallen tussen 30 mg/kg en 273 mg/kg. De laagste waarde bij de jongste naalden in Beerse bedraagt 67 mg/kg. Het stikstof- en zinkgehalte in de naalden ligt hoger dan de hier beschreven bovengrenzen. Voor stikstof is dit zoals verwacht, gezien de hoge stikstofdepositie in Vlaanderen. Het zinkgehalte is in het strooisel eveneens hoog.

Volgens de indeling door het Forest Foliar Expert Panel, liggen de naaldconcentraties steeds in de klassen 2 (midden) of 3 (hoog). De elementconcentraties liggen gemiddeld zowel voor de jonge naalden als de oudere naalden in de hoogste klasse voor N, Ca en Zn (tabel 25). Het ijzergehalte zit volgens deze indeling in de middenklasse (20-200 mg/kg).

Tabel 25 Klassificatiewaarden voor naaldanalyseresultaten van grove den, volgens het ICP - Forest Foliar Expert Panel (3^o en 5^o meeting)

Klasse	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
1	≤ 12.0	≤ 1.1	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 0.6	≤ 3.5
2	>12.0-17.0	>1.1 - 1.8	>1.0-2.0	>1.5 - 4.0	>0.6 - 1.5	>3.5-10.0
3	> 17.0	> 1.8	> 2.0	> 4.0	> 1.5	>10.0

Klasse 1 = lower value, klasse 3 = upper value

Klasse	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)
1	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 2
2	>20 - 70	>20 - 800	>20 - 200	>2 - 10
3	> 70	> 800	> 200	>10

Klasse 1 = lower value, klasse 3 = upper value

Tenslotte vergelijken we de data met de gegevens uit de internationale Level II plots (tabel 26). In 2008 verscheen een lijst met 'plausible ranges' op basis van de internationale Level II datasets (gepubliceerd in Clarke et al., 2008). Het Forest Foliar Co-ordinating Centre plaatste deze lijst met mogelijke meetwaarden op de ICP Forests website.

De analyseresultaten zijn in Beerse hoger dan de bovengrens van de internationale data voor wat betreft N, S, Zn en Cd. Het ijzergehalte in de jonge naalden blijkt uit deze vergelijking niet extreem laag te zijn. Het mangaangehalte is ook niet uitzonderlijk hoog in vergelijking met analyseresultaten uit het buitenland. Het zink- en cadmiumgehalte is wel hoog, zowel in de jonge als de oudere naalden. Dit wijst opnieuw op een hoge opname van deze metalen in verhouding tot de andere elementen. De verkleuring van de naalden kan aan de hand van deze vergelijking niet louter en alleen te wijten zijn aan een ijzeregebrek. De reden van de verkleuring moet opnieuw gezocht worden in een onevenwicht tussen de opgenomen elementen.

Tabel 26 'Plausible ranges' van elementconcentraties in de naalden van grove den, resultaten van de internationale Level II datasets

		N (g/kg)	S (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)
jongste naalden	laag	11,4	0,75	1,11	1,61	0,64	3,77
	hoog	20,41	1,56	2,06	4,61	1,31	7,27
	Beerse	25,1	1,7	1,97	4,73	1,15	7,24
oudere naalden	laag	10,94	0,77	1	2,57	0,5	3,51
	hoog	19,38	1,61	1,88	6,71	1,18	6,52
	Beerse	25,14	1,85	1,85	6,63	1,06	5,93

		Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Cd (ng/g)
jongste naalden	laag	32	172,05	18,25	2,28	-	50
	hoog	77,55	912	138,95	7,7	3,94	446,6
	Beerse	84,9	356	92	5,84	2,27	569
oudere naalden	laag	31,5	222,05	28	1,96	0,14	60
	hoog	96	1331,95	170,5	6,88	5,59	507,2
	Beerse	108	453	150	6,19	3,29	569

6 Besluit

De naaldanalyse in Sint-Laureins bevestigt het vermoeden dat er een hoog stikstofgehalte opgeslagen wordt door de dennen die binnen de fazantenkwekerij groeien. Een statistische analyse toont aan dat het stikstofgehalte in de naalden beduidend hoger is bij beschadigde bomen in de fazantenkweekplaats in vergelijking met de referentiebomen buiten de omheining. De concentratie aan fosfor, kalium en zwavel is eveneens hoger in vergelijking met naaldmateriaal van bomen buiten de fazantenkwekerij. Het magnesiumgehalte blijkt in vergelijking met de andere analysesresultaten aan de lage kant. Er werd echter geen visueel kenmerk van magnesiumgebrek waargenomen.

Het hoge stikstofgehalte verhoogt de gevoeligheid voor aantasting door de schimmel *Sphaeropsis sapinea*. Veel dennen vertonen een verminderde vitaliteit en worden gevoeliger voor schorskeveraantasting. Ook de droogte (zandgrond + ontbrekende strooisellaag) zorgt ervoor dat de bomen vatbaarder worden voor ziekten en aantastingen. Aangezien er geregeld stormschade is en natuurlijke verjonging van boomsoorten door de fazantenkweek bemoeilijkt wordt, is de toekomst van dit bos gehypothekeerd.

Het dennenbestand in Beerse ligt in openbaar bos en er wordt, in tegenstelling tot het proefvlak in Sint-Laureins, veel aandacht aan het bosbeheer besteed. In het bestand werd tijdens de zomermaanden een lichte verkleuring van de jongste naalden waargenomen. Naar aanleiding van een dunning werd eind 2007 naaldmateriaal verzameld en geanalyseerd.

De naaldverkleuring is wellicht het gevolg van de lagere ijzerconcentratie in de jongste naalden in combinatie met een verhoogde opname van andere elementen (bv. zink, mangaan). Literatuurgegevens wijzen op een verhoogde kans op verstoring van de ijzeropname wanneer het mangaangehalte in de naalden groter is dan 300 ppm, wat in Beerse het geval is. Bovendien is het fenomeen typisch voor zure bodems met een relatief hoog aanbod aan zware metalen. IJzer is een belangrijk element voor de fotosynthese omdat het essentieel is voor de aanmaak van chlorofyl. Aangezien de oudere naalden geen gebreksverschijnselen vertonen, wordt de boomgroei in dit proefvlak maar weinig beïnvloed door het geringe ijzertekort. De lage ijzerconcentratie lijkt dan ook geen opvallend zwakkere gezondheidstoestand van de dennen te veroorzaken.

Literatuurlijst

Bergmann, W. 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Stuttgart. ISBN 3-334-60414-4.

Clarke, N., Cools, N., Derome, J., Derome, K., De Vos, B., Fuerst, A., Koenig, N., Kowalska, A., Mosello, R., Tartari, G.A., Ulrich, E., 2008. Quality Assurance and Control in Laboratories: A review of possible checks and other forms of assistance. ICP Forests Working Group on QA/QC in Laboratories

de Kam, M. 1985. *Sphaeropsis* (= *Diplodia*) scheutsterfte, een incident of een permanent probleem? Nederlands Bosbouw tijdschrift, jrg. 57, n°4, 118-122

Dua, V., 1986. Corsikaanse den - Te vroeg viktorie gekraaid? De Boskrant, jrg. 16, n°4, 2-6.

Hanegraaf, M., van Dijk, T., Nutriënten Management Instituut NMI, Dierlijke mest is goed voor de bodemvruchtbaarheid. Artikel in het kader van het project 'Aan de slag met mest' (2001-2002), Wageningen, www.nmi-agro.nl

Hartmann, G., Nienhaus, F., Butin, H. 1995. Farbatlas Waldschäden. Ulmer Verlag, 256 p.

Roskams, P. Resultaten van blad- en naaldanalyses in het meetnet voor de intensieve monitoring van het bosesysteem (Level II). Interne rapporten van het INBO.

Sioen, G., Roskams, P. 2007. Basiskennmerken van het bosvitaliteitsmeetnet in het Vlaamse Gewest; periode 1987-2005 (Level I). INBO.R.2007.5. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Sioen, G., Roskams, P. 2007. Bosvitaliteitsinventaris 2006. Resultaten van de kroonbeoordelingen in het bosvitaliteitsmeetnet. INBO.R.2007.35. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Schütz, P.R., 1991. *Sphaeropsis* scheutsterfte: erger bij kaligebrek en stikstofovermaat. Bosbouwvoorlichting, jrg. 30, n° 4, p. 49-51.

Van Den Berge, K., Maddelein, D., De Vos, B., Roskams, P. 1992. Analyse van de luchtverontreiniging en de gevolgen daarvan op het bosesysteem. Werkgroep SEB, rapport n°19, Labo voor Bosbouw, RUG, 169 p.

Van den Burg, J., 1988. Voorlopige criteria voor de beoordeling van de minerale voedingstoestand van naaldboomsoorten op basis van de naaldsamenstelling in het najaar. De Dorschkamp, Wageningen, rapport 522, 20 p.

Van den Burg, Schaap, 1995. Mineraltoediening en bekalking als effectgerichte maatregelen in bossen. Rapport IKC Natuurbeheer n°16, 64 p.

www.icp-forests.org: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part III a – Sampling and Analysis of Soil.

www.icp-forests.org: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IV – Sampling and Analysis of Needles and Leaves.

www.icp-forests.org: Expert Panel on Foliage and Litter Fall. Minutes of the 3rd and 5th Forest Foliar Expert Panel meeting.

www.icp-forests.org: Forest Foliar Co-ordinating Center (FFCC) - Plausible range for elements in foliage samples.

Lijst van figuren

Figuur 1	Kwijnende grove dennen in Sint-Laureins	5
Figuur 2	Proefvlak met grove den in Beerse (Smalbroek)	7
Figuur 3	Dominantie van melganzevoet (l) en zwarte nachtschade (r) in Sint-Laureins	10
Figuur 4	Gemiddeld naaldverlies en percentage beschadigde steekproefbomen van het bosvitaliteitsmeetnet in Sint-Laureins (n = 24 steekproefbomen/jaar)	11
Figuur 5	Gemiddelde omtrek (in cm) van de gemeenschappelijke steekproefbomen in de proefvlakken Sint-Laureins (n = 14) en Beerse (n = 13) in de periode 1991-2007	13
Figuur 6	Scatterplot en boxplot van de naaldgewichten in Sint-Laureins per groep (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen), gewicht in gram	15
Figuur 7	ANOVA van de naaldgewichten in Sint-Laureins (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen)	15
Figuur 8	Scatterplot en boxplot van de stikstofgehalten per groep in Sint-Laureins (B: beschadigde bomen; G: niet-beschadigde bomen, R: referentiebomen)	17
Figuur 9	ANOVA - Tukey Method: verschil tussen stikstofgehalten van dennennaalden in Sint-Laureins: B (beschadigd), G (niet-beschadigd) en R (referentie) + betrouwbaarheidsinterval op dit verschil (0-waarde ligt niet in het betrouwbaarheidsinterval)	18
Figuur 10	Infectie door <i>Sphaeropsis sapinea</i> bij grove den in Sint-Laureins: de jongste scheuten verkleuren bruin	22
Figuur 11	Gemiddeld naaldverlies, percentage beschadigde steekproefbomen en percentage bomen met abnormale verkleuring in Beerse (N = 24 steekproefbomen/jaar)	23
Figuur 12	Netto-naaldverlies van de bemonsterde steekproefbomen in Beerse gedurende de periode 1987-2007	24
Figuur 13	Frequentie van het aantal waargenomen naaldjaargangen (1, 2 of 3) bij de steekproefbomen 1,2,7, 9 en 12 in Beerse (periode 1987-2007)	24
Figuur 14	Verkleuring van de jongste naaldjaargang in Beerse (juli 2007)	25
Figuur 15	Gemiddelde omtrek van de gemeenschappelijke steekproefbomen in Beerse (n = 13) in de periode 1990-2007	26
Figuur 16	Omtrek van de bemonsterde steekproefbomen in het proefvlak Beerse (periode 1990-2007)	27
Figuur 17	Relatieve omtrektoename van de bemonsterde steekproefbomen in het proefvlak Beerse (periode 1991-2007)	27
Figuur 18	Scatterplot en boxplot van de naaldgewichten in Beerse per groep (jaargang 1 = NJ0: jongste (halfjarige) naalden; jaargang 2 = NJ1: tweede naaldjaargang), gewicht in gram	29

Lijst van tabellen

Tabel 1	Resultaten van de kroonbeoordelingen in Sint-Laureins (2007).....	12
Tabel 2	Chemische samenstelling van de minerale bodemlagen in Sint-Laureins	13
Tabel 3	Chemische samenstelling van de bodem in Sint-Laureins (berekende data voor de bodemlaag 0-20 cm).....	13
Tabel 4	Chemische eigenschappen van de bodem in Sint-Laureins (berekende data voor de bodemlaag 0-50 cm).....	14
Tabel 5	Drooggewicht van 200 naalden in Sint-Laureins (40°C)	14
Tabel 6	Analyseresultaten naaldstalen Sint-Laureins - mengmonsters van de jongste naaldjaargang (105°C DS)	16
Tabel 7	Analyseresultaten voor stikstof bij de afzonderlijke bomen in Sint-Laureins (105°C DS).....	17
Tabel 8	Criteria voor de beoordeling van analyseresultaten op basis van nutriëntgehalten van naalden bij grove den (Van den Burg, 1995).....	19
Tabel 9	Waarderingschema voor elementverhoudingen in halfjarige naalden ten opzichte van N (= 100) bij naaldboomsoorten (Van den Burg, 1988).....	19
Tabel 10	Omgerekende resultaten van de naaldanalyse in St. Laureins (105°C DS), bij N = 100 (analyseresultaten mengmonsters)	19
Tabel 11	Waardering van de kationenquotiënten K/Mg en K/Ca in halfjarige naalden (Van den Burg, 1995)	19
Tabel 12	Kationenquotiënten op basis van de naaldanalyseresultaten in St. Laureins (105°C DS), resultaten mengmonsters van de jongste naaldjaargang.....	20
Tabel 13	Naaldanalyseresultaten uit het meetnet voor de intensieve monitoring van het bosecosysteem (Level II, proefvlakken Brasschaat en Maasmechelen, jongste naalden) – 105°C DS	20
Tabel 14	Klassificatiewaarden voor naaldanalyseresultaten van grove den, volgens het ICP - Forest Foliar Expert Panel (3° en 5° meeting)	21
Tabel 15	Resultaten van de kroonbeoordeling in Beerse (2007)	25
Tabel 16	Chemische samenstelling van de minerale bodemlagen in Beerse	28
Tabel 17	Chemische eigenschappen van de strooisellaag in Beerse (gemeten en berekende data voor de strooisellaag F+H).....	28
Tabel 18	Chemische samenstelling van de bodem in Beerse (berekende data voor de bodemlaag 0-20 cm)	28
Tabel 19	Chemische eigenschappen van de bodem in Beerse (berekende data voor de bodemlaag 0-50 cm)	28
Tabel 20	Drooggewicht van 200 naalden in Beerse (40°C)	29
Tabel 21	Analyseresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C): jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - waarden met achtergrondkleur = kleiner dan de bepaalbaarheidsgrens	30
Tabel 22	Gemiddelde analyseresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C) - jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - (+ standaardfout, SE Mean).....	31

Tabel 23	Gemiddelde analyseresultaten van de naaldstalen in Beerse (DS105°C) - jongste naalden (NJ0) en oudere naalden (NJ1) - (+ p-waarde, paired t-test).....	32
Tabel 24	Vergelijking resultaten Beerse met analyseresultaten naaldmonsters Level II (105°C DS).....	33
Tabel 25	Klassificatiewaarden voor naaldanalyseresultaten van grove den, volgens het ICP - Forest Foliar Expert Panel (3° en 5° meeting)	34
Tabel 26	'Plausible ranges' van elementconcentraties in de naalden van grove den, resultaten van de internationale Level II datasets.....	35