



○ *FutMon activiteiten in
Nederland in 2009 en 2010*

*Jan Oldenburger (Probos), Jaap van den Briel
(Probos), Albert Bleeker (ECN), René Rietra
(Alterra)*

Wageningen, december 2011



*FutMon activiteiten in
Nederland in 2009 en 2010*

*Jan Oldenburger (Probos), Jaap van den Briel
(Probos), Albert Bleeker (ECN), René Rietra
(Alterra)*

Wageningen, december 2011



*Oldenburger J.A. (Probos), Briel J.P. van den (Probos), Bleeker A. (ECN) en
Rietra R. (Alterra)*

FutMon activiteiten in Nederland in 2009 en 2010

Wageningen, Stichting Probos
November 2011



Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Postbus 253, 6700 AG Wageningen, tel. 0317-466555, fax 0317-410247
email: mail@probos.nl; website: www.probos

Inhoud

1 INLEIDING	5
1.1 Leeswijzer	6
2 ACTIVITEITEN	7
2.1 Large scale monitoring (L2a)	7
2.2 Large scale monitoring en nationale bosinventarisaties (L2b)	9
2.3 Intensive monitoring (IM1)	10
2.4 Algemene coördinatie en communicatie (M7 en M8)	17
3 RESULTATEN	19
3.1 Kroonconditie	19
3.2 Chemische samenstelling van bladeren en naalden	20
3.3 Chemische samenstelling van het bodemvocht	21
3.4 Boomgroei	22
3.5 Bodemvegetatie	25
3.6 Depositie	26
3.7 Waterfluxes en nutriënt budgets	32
4 CONCLUSIES	33
LITERATUUR	35
BIJLAGEN	37

1 INLEIDING

Dit rapport geeft een overzicht en beschrijving van de activiteiten die in 2009 en 2010 in Nederland zijn uitgevoerd in het kader van het Life+ project Future of Forest Monitoring (FutMon). FutMon is het vervolg op Forest Focus en wordt gecoördineerd door het Johann Heinrich von Thünen Institute in Hamburg en de resultaten worden gebruikt door ICP Forest¹ om mogelijke effecten van luchtvervuiling op de vitaliteit van de bossen in Europa te bepalen. ICP Forest is in 1985 opgericht onder het Verdrag voor Grensoverschrijdende Luchtverontreiniging Over Lange Afstand² van de UNECE.

Bij de start van ICP Forest in 1986 is er in samenwerking met de EU een wijdmazig netwerk (16 x 16 km) van meetpunten over het Europese bos gelegd. Deze meetpunten worden Level 1 plots genoemd. Het doel van het installeren van dit netwerk van Level 1 plots is het verkrijgen van meer accurate informatie over de omvang, dynamiek en ruimtelijke spreiding van verschillende vormen van schade aan de bossen in Europa. Daarnaast kon met behulp van de gegevens een database worden gevuld die de mogelijkheid bood om analyses te maken van de kroonconditie van de bomen door de jaren heen.

Nederland is in 1984 begonnen met het monitoren van de bosvitaliteit. De bosvitaliteit werd gedurende de periode 1984-1994 jaarlijks op 1500 (onderdeel van een totaal van 3000 plots) plots beoordeeld. Deze monitoring was met name bedoeld om de mogelijke negatieve gevolgen van luchtvervuiling op de bosvitaliteit te kunnen vaststellen. Sinds 1986 werden door Nederland gegevens op de Level 1 plots verzameld en verstuurd naar ICP Forest.

In 1990 is op een groot aantal bosplots een studie uitgevoerd om een beter begrip te krijgen van de oorzaak/gevolg relaties tussen luchtvervuiling en bosvitaliteit. Deze studie is in 1995 herhaald en sinds 1995 werden de op deze plots verzamelde data ook aan ICP Forest geleverd (Level 2 plots).

Sinds 1995 is de Nederlandse monitoring van de effecten van luchtvervuiling op de bosvitaliteit in het Nederlandse bos op een laag pitje komen te staan. De monitoring die nog werd uitgevoerd was voornamelijk bedoeld om gegevens aan ICP Forest te kunnen aanleveren. Nederland heeft als gevolg van de hoge stikstofdepositie ten opzicht van andere landen in de EU in dat opzicht een belangrijke rol. In eerste instantie werd de monitoring uitgevoerd onder het EU project Forest Focus (1 januari 2003 - 31 december 2006). Na afronding van Forest Focus werd de monitoring voor een groot deel stopgezet. In 2009 is de monitoring weer nieuw leven ingeblazen door de Nederlandse deelname aan het Life+ project FutMon.

In opdracht van het Ministerie van EL&I en het Ministerie van I en M zijn in het kader van FutMon door ECN, Alterra en Probos gegevens over de bosvitaliteit verzameld. De gegevens zijn verzameld op 11 Level 1 en 5 Level 2 plots. ECN was verantwoordelijk voor de IM1³ activiteit doorval, Alterra voerde de IM1 activiteiten bodemvocht en bladchemie uit en naast de algehele coördinatie van FutMon in Nederland heeft Probos binnen L2a⁴ en IM1 de kroonconditie bepaald en voor IM1 de Bodemvegetatie en de boomgroei.

¹ International Cooperation Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests.

² Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)

³ Intensive monitoring (Level 2)

⁴ Large scale monitoring (Level 1)

1.1 Leeswijzer

Doel van dit rapport is een samenvatting te geven van de activiteiten die in Nederland binnen FutMon zijn ontplooid (hoofdstuk 2) en daarnaast de resultaten te presenteren (Hoofdstuk 3). De resultaten zijn gerelateerd aan de historische data, zodat uitspraken over de trends indien waargenomen, kunnen worden gedaan. In hoofdstuk 4 wordt een aantal conclusies getrokken, hoewel op basis van het beperkte aantal plots geen betrouwbare conclusies voor de vitaliteit van het Nederlandse bos als geheel kunnen worden getrokken.

2 ACTIVITEITEN

In dit hoofdstuk wordt per FutMon-onderdeel beschreven welke activiteiten door ECN, Alterra en Probos zijn uitgevoerd. Daarnaast is per activiteit beschreven welke methode is gehanteerd.

2.1 Large scale monitoring (L2a)

Het FutMon onderdeel L2a betreft een voortzetting van de waarnemingen van bosvitaliteit (kroonconditie), zoals deze eerder onder Forest Focus in Nederland zijn uitgevoerd. Probos was verantwoordelijk voor de uitvoering van de bijbehorende werkzaamheden en heeft het veldwerk uitbesteed aan Bureau Silve. Op 11 plots verspreid over Nederland is de kroonconditie van de daarvoor aangemerkte bomen bepaald. In tabel 2.1 is een overzicht van deze plots weergegeven.

Nr.	Naam	Soort	Leeftijd in 2010	Bodem	Coördinaten			
					X	Y	Lat	Long
29	Norg	Grove den	74	Gleyic Podzol	224200	558900	53°00'50	06°25'15
39	Dwingeloo	Grove den	85	Haplic Arenosol	226400	539600	52°50'20	06°26'45
59	Ommen	Eik	63	Gleyic Podzol	227900	501600	52°29'50	06°27'40
66	Nunspeet	Grove den	87	Haplic Arenosol	186100	487500	52°22'28	05°50'40
76	Sprielde	Eik	85	Cambic Podzol	173100	471700	52°14'00	05°39'12
89	Uddel	Douglas	78	Cambic Podzol	190700	473100	52°14'45	05°54'40
123	Stoppelberg	Grove den	79	Haplic Arenosol	82500	376400	51°22'20	04°20'50
125	Ulvenhout	Eik	106	Umbric Gleysol	114500	396200	51°33'15	04°48'10
129	St. Anthonis	Grove den	75	Haplic Arenosol	185300	403100	51°37'00	05°49'30
132	de Kempen	Eik	74	Gleyic Podzol	144800	372050	51°20'18	05°14'30
136	Leende	Grove den	76	Gleyic Podzol	164300	373400	51°21'02	05°31'17

De beoordeling van de kroonconditie in het veld is in de maanden augustus en september van 2009 en 2010 door Silve uit Wageningen uitgevoerd. Vervolgens heeft Silve de gegevens verwerkt en naar Probos opgestuurd.

In het kader van het tot stand brengen van harmonisatie in de gehanteerde methodologie tussen de landen werden er binnen FutMon zo genaamde Intercomparison courses georganiseerd. Binnen het onderdeel L2a betrof het twee van deze cursussen. Beide cursussen zijn bijgewoond door Henny Schoonderwoerd van Bureau Silve. De ene cursus, die betrekking had op het bepalen van de kroonconditie, heeft in juni 2009 plaatsgevonden in Tsjechië. De andere cursus, waarin het vaststellen van de oorzaak van schade aan de boomkroon centraal stond (damage type course), heeft in juni 2010 plaatsgevonden in België.

2.1.1 Methode Kroonconditie

De methode voor het bepalen van de kroonconditie en beschadiging van de kroon is gelijk voor de Level 1 en level 2 plots en wordt daarom alleen in deze paragraaf beschreven. De kroonconditie wordt bepaald voor minimaal 25 bomen op de plot. Deze bomen zijn op basis van een nummer te identificeren. Indien een boom als gevolg van velling, storm of afsterven

niet meer beschikbaar is voor de inventarisatie dan wordt een nieuwe boom gekozen en wordt deze genummerd.

De kroonconditie wordt bepaald aan de hand van het bladverlies of de naaldbezetting (defoliation) en de mate van verkleuring van bladeren en naalden (discolouration). De bladbezetting wordt waargenomen op basis van het percentage bladverlies bij eik en op basis van de naaldbezetting ten opzichte van de verwachte normale situatie. Deze normale situatie is voor een normale gezonde Douglas spar vastgelegd op een naaldbezetting van 5 jaar en voor Grove den met een leeftijd van meer dan 40 jaar is deze naaldbezetting 2 jaar.

Het bladverlies of de naaldbezetting wordt op basis van het werkelijke percentage in stappen van 5% gerapporteerd. Bijvoorbeeld 0 = 0%, 5 = >0 – 5%, 10 = >5 – 10% etc. Verkleuring wordt ten eerste waargenomen op basis van het aandeel dat is verkleurd van het totale oppervlak van alle bladeren en naalden en ten tweede op basis van het percentage van de kroon dat is verkleurd. Deze percentages worden in 6 klassen gerapporteerd: 1 = 0%, 2 = 1 – 10%, 3 = 11-25%, 4 = 26 – 60%, 5 = >60% en 6 = dood (Hilgen en Reuver, 1996).

De verkleuring van het totale blad- en naaldoppervlak en van de kroon wordt sinds 2000 op basis van de indeling in tabel 2.2 gecombineerd tot een verkleuringsklasse voor de kroon.

Daarbij worden de volgende EU klassen gehanteerd:

- 0 geen verkleuring (0 – 10%)
- 1 enige verkleuring (>10 – 25%)
- 2 matige verkleuring (>25 – 60%)
- 3 hevige verkleuring (>60%)

Tabel 2.2

EU verkleuringsklasse als combinatie van de verkleuring van het totale blad- of naaldoppervlak en de mate van verkleuring van de totale kroon (Leeters et. al., 2007)

Discolouration crown		Discolouration needles and leaves						
Class	Percentage	Class	1	2	3	4	5	6
		Percentage	0	1 - 10	11 - 25	26 - 60	>60	dead
1	0		0	0	0	0	0	
2	1 – 10		0	0	0	0	0	
3	11 – 25		0	0	1	1	0	
4	26 – 60		0	1	2	2	2	
5	>60		0	1	2	3	3	
6	dead							9

Naast bladverlies of naaldbezetting en verkleuring wordt ook informatie verzameld over, oogst en sterfte, sociale status, beschaduwning van de kroon en beschadigingen van de kroon. Bij beschadiging van de kroon worden verschillende variabelen opgenomen: de veroorzaker van de schade (bijv. wild, insecten, schimmels, menselijk handelen, vuur, wind etc.), de positie in de kroon en de omvang van de schade.

In Nederland wordt de conditie van het bos niet uitgedrukt in het bladverlies of de naaldbezetting en de verkleuring, maar wordt deze uitgedrukt in de vitaliteitsklasse. Deze vitaliteitsklasse is een combinatie van de ontbladering en de verkleuring (tabel 2.4). De ontbladering wordt in 4 klassen uitgedrukt: 1 = 0 – 10%, 2 = 11 – 25%, 3 = 26 – 60% en 4 = > 60%. Voor het combineren van de verkleuring van de naalden en bladeren en de mate van verkleuring van de totale kroon hanteert Nederland zijn eigen methode (tabel 2.3).

Tabel 2.3

Nederlandse verkleuringsklasse als combinatie van de verkleuring van het totale blad- of naaldoppervlak en de mate van verkleuring van de totale kroon (Leeters et. al., 2007)

Discolouration crown		Discolouration needles and leaves					
Class	Percentage	Class	1	2	3	4	5
		Percentage	0	1 - 10	11 - 25	26 - 60	>60
1	0		0	0	0	0	0
2	1 – 10		0	1	1	1	2
3	11 – 25		0	1	2	2	2
4	26 – 60		0	2	3	3	4
5	>60		0	2	4	4	4

Tabel 2.4

Vitaliteitsklassen als combinatie van het bladverlies of de naaldbezetting en de verkleuring (Leeters et. al., 2007)

Defoliation class	Discolouration class			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	2	2	3	3
3	3	3	4	4
4	4	4	4	4

De vitaliteitsklasse wordt voor alle 25 bomen in een plot bepaald. De vitaliteit van de opstand wordt beschreven als het gemiddelde van de vitaliteit van alle 25 bomen op de plot. De vitaliteitsklassen kunnen als volgt worden beschreven:

1. Vitaal bos: Dit bos vertoont alle kenmerken, zoals op basis van de boomsoort en leeftijd onder de geldende omstandigheden verwacht mag worden. Er is geen twijfel over de verwachtingen voor de toekomst.
2. Minder vitaal bos: Dit bos vertoont kenmerken waardoor de verwachtingen voor de toekomst goed zijn. Er zijn echter symptomen die erop wijzen dat de toekomstverwachting negatiever kan zijn.
3. Nauwelijks vitaal bos: Dit bos vertoont kenmerken op basis waarvan de toekomstverwachtingen slecht zijn. Het bos heeft echter nog steeds de mogelijkheid om weer vitaal te worden.
4. Niet vitaal bos: Dit bos moet op basis van de kenmerken die het vertoont als verloren of dood worden opgevat.

2.2 Large scale monitoring en nationale bosinventarisaties (L2b)

Binnen Europa bestaat (veel) verschil in de wijze waarop nationale bosinventarisaties (NFI) worden uitgevoerd en de definities die binnen deze inventarisaties worden gebruikt. Als gevolg hiervan zijn de uitkomsten uit de NFI's niet één op één op te tellen om bijvoorbeeld de totale houtvoorraad in het Europese bos te berekenen. Dit is de eerste reden waarom het FutMon onderdeel L2b aan het FutMon-voorstel is toegevoegd. Door op twee verschillende manieren, volgens de nationale en een Europese, gegevens op de NFI plots te verzamelen kunnen zogenaamde 'bridging functies' worden ontwikkeld waarmee de nationale gegevens kunnen worden omgerekend naar een Europese standaard.

Nederland heeft in het FutMon-voorstel aangegeven deel te nemen aan dit onderdeel door op 150 plots gegevens te verzamelen. Probos was verantwoordelijk voor dit onderdeel en heeft daarom drie bijeenkomsten bijgewoond. De eerste bijeenkomst vond in april 2009 plaats in Florence, de tweede bijeenkomst in december 2009 in Kopenhagen en de derde bijeenkomst in juni 2010 in Kopenhagen. Vanwege het feit dat de Nederlandse nationale bosinventarisatie

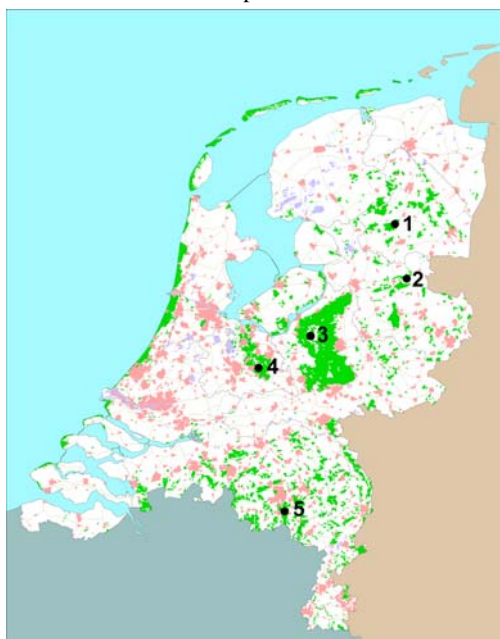
(Meetnet Functievervulling Bos (MFV)) niet volgens planning in 2009 of 2010 aan haar tweede meetronde is begonnen was het budgettair niet mogelijk het meetwerk voor L2b uit te voeren. Voor het veldwerk waren namelijk geen kosten in het FutMon-budget opgenomen, omdat het veldwerk binnen het MFV zou worden uitgevoerd. Nederland heeft daarom verder niet meer deelgenomen aan de activiteiten binnen L2b

2.3 Intensive monitoring (IM1)

Het FutMon-onderdeel IM1 is de voortzetting van de Level 2 monitoring binnen Forest Focus. Het betreft de onderdelen kroonconditie, groei, bodemvegetatie, bladchemie, bodemvocht en depositie. In tabel 2 zijn de karakteristieken van de 5 Level 2 plots in Nederland vermeld. Per plot is aangegeven welke gegevens er zijn verzameld. In figuur 2.1 is de locatie van de Level 2 plots weergegeven.

Tabel 2.5										
Level 2 plots en hun karakteristieken										
Nr.	Naam	Soort	Leeftijd in 2010	Bodem	Grondwater	Coördinaten				Verzamelde gegevens
						X	Y	Lat	Long	
106	Hardenberg	Douglas	90	Zn21	VId	234000	506870	52°32'42"	06°33'00"	Kroonconditie, groei, bodemvegetatie, depositie, bodemvocht, bladchemie
175	Leende-2	Grove den	75	Zd21F	VIII d	163900	371000	51°19'19"	05°31'04"	Kroonconditie, groei, bodemvegetatie, depositie, bladchemie
1040	Zeist	Eik	82	zEZ21g	VIII d	143950	457850	52°06'32"	05°13'50"	Kroonconditie, groei, bodemvegetatie, depositie, bodemvocht, bladchemie
2084	Speuld-2	Douglas	48	gY30F	VIII d	175000	473000	52°16'03"	05°44'17"	Kroonconditie, groei, bodemvegetatie, depositie, bladchemie
2085	Dwingeloo	Grove den	85	Zd21	VIII d	226180	539200	52°50'20"	06°26'45"	Kroonconditie, groei, bodemvegetatie, depositie, bladchemie

Figuur 2.1
Locatie van de Level 2 plots



In tabel 2.5 is te zien dat de bodemvochtbepalingen slechts op 2 van de 5 Level 2 plots worden uitgevoerd. In bijlage 1 is te zien dat de depositiegegevens meestal niet op de plot zelf, maar op een dicht bij de plot gelegen locatie zijn verzameld.

2.3.1 Werkzaamheden Probos

Binnen IM1 in Nederland was Probos verantwoordelijk voor de inventarisaties van de kroonconditie, de groei en de bodemvegetatie. Ter voorbereiding op het veldwerk heeft Probos een handleiding voor het veldwerk geschreven die is gebaseerd op de ICP forest manual. In de maanden augustus en september van 2009 en 2010 heeft Bureau Silve in opdracht van Probos de kroonconditie op de plots bepaald. De groei is in april 2010 ook door Silve in beeld gebracht. De werkzaamheden voor de bodemvegetatie zijn uitgevoerd door Floron in de maand juli van 2010. Silve en Floron hebben de door hen verzamelde gegevens verwerkt en in het gewenste format naar Probos verstuurd.

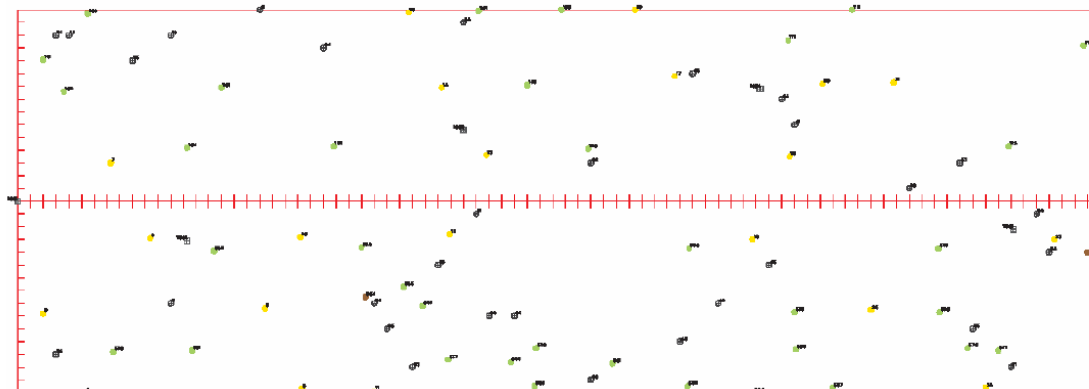
Methode groei

De diameter op borsthoogte (dbh) en de hoogte van de bomen is voor het eerst opgenomen in 1995 en dit is in 2000, 2005 en 2010 herhaald. Voor het bepalen van de dbh is gebruik gemaakt van een pi-bandje. Voor de boomhoogte is gebruik gemaakt van de Blume-Leiss hoogtemeter. Voor de tweede meetronde in 2000 zijn alle bomen op de plots genummerd en zijn er coördinaten aan de bomen toegewezen. De nummers 101 – 549 behoren bij de bomen in het bovenste deel (deel A) van de plot en de nummers 550 – 999 behoren bij de bomen in het onderste deel (deel B). Zie figuur 2.2 voor een voorbeeld van de indeling van de plots.

Figuur 2.2

Voorbeeld van de indeling van een level 2 plot

Forest Focus 106 Hardenberg



- ⊞ marker
- tree in plot
- tree in crown assessment
- tree cut
- tree standing dead
- measurement soil solution

Naast de dbh en de hoogte is ook de sociale klasse (dominant, heersend, beheerst, onderdrukt, in groei en dood) van de bomen genoteerd. De hoogte is niet van alle bomen bepaald, maar voornamelijk van de bomen in de klasse heersend. Van de overige bomen is de hoogte bepaald door gebruik te maken van de gemiddelde procentuele hoogtegroeï in vergelijking met het voorgaande meetmoment van de gemeten bomen.

Methode bodemvegetatie

De bodemvegetatie is opgenomen door in elke Level 2 plot vier subplots te leggen volgens de methode in figuur 2.3. Elke cirkelvormige subplot heeft een straal van 4,89 m. De gezamenlijke oppervlakte van de subplots is 300 m². Het centrum van de subplots is in het veld met behulp van een marker gemarkeerd. De vegetatie is in elke subplot in lagen verdeeld volgens de in tabel 2.6 gegeven indeling. Vervolgens is de bedekking per soort in elke laag ingeschat. Het gevolg van de indeling in lagen is dat soorten in meerdere lagen kunnen voorkomen. Vaatplanten, mossen, varens en korstmossen zijn meegenomen tijdens de opname. Een deel van de lagere en sporenplanten zijn altijd ter determinatie meegenomen.

Tabel 2.6

Indeling in lagen en de omschrijving van de laag

Vegetatielaag	Omschrijving
Boomlaag	Alle beplanting hoger dan 5 m
Struiklaag	Houtige vegetatie tussen 0.5 en 6 m
Kruidlaag	Houtige vegetatie <=0,5 m en alle niet-houtige vaatplanten
Mossen	Alle cryptogamen (lagere- of sporenplanten)

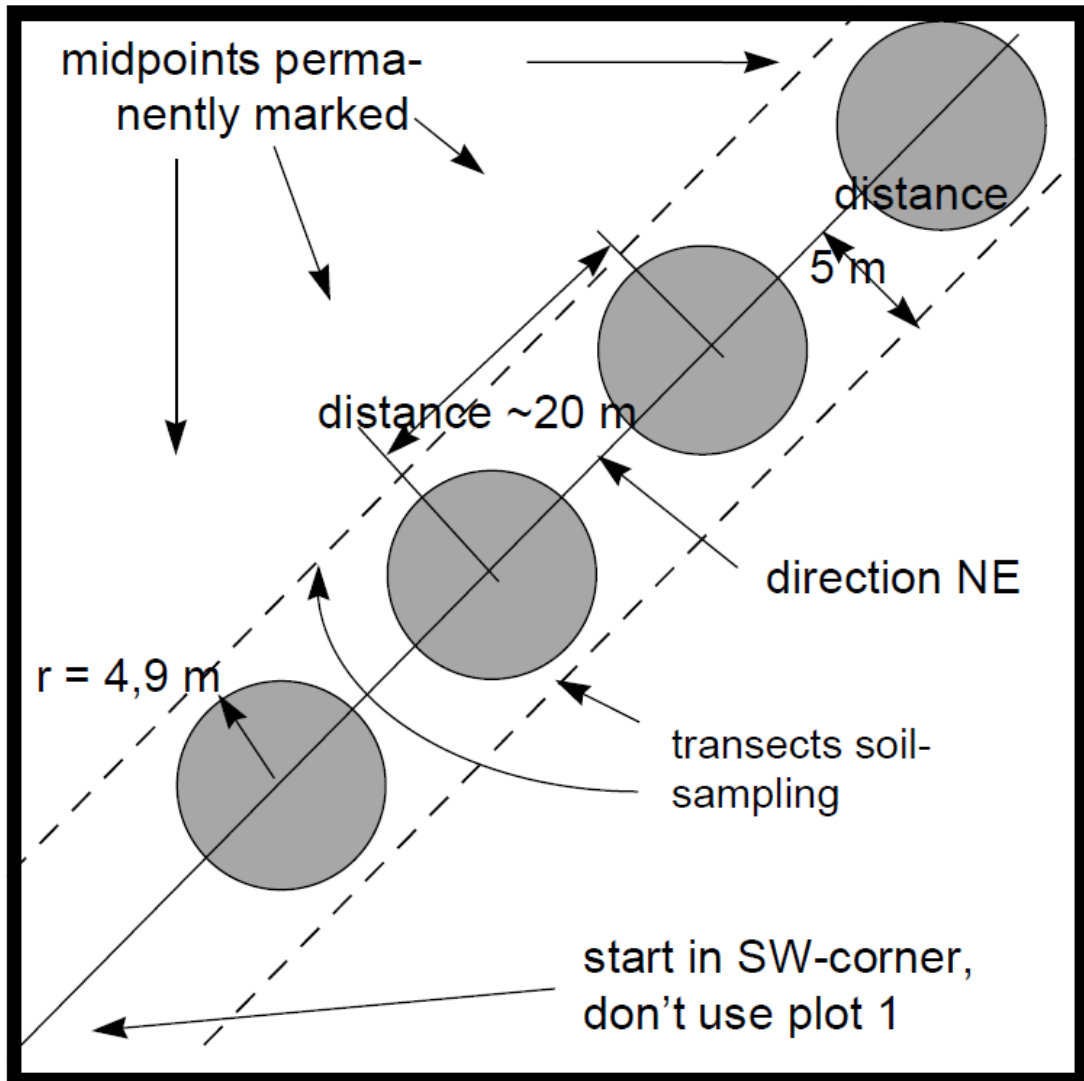
Tabel 2.7

Schaal voor de bedekking die is gebruikt tijdens de veldopname. De bedekking is het percentage van de bodem dat bedekt is met levende plantendelen in verticale projectie

Ground cover		
Cover Code	Cover scale	Cover (%)
1	< 0,1 %	0.1
2	0,1 - 1 %	0.5
3	1 - 5 %	3
4	5 - 10 %	8
5	10 - 25 %	18
6	25 - 50 %	38
7	50 - 75 %	68
8	75 - 90 %	83
9	90 - 100%	95

Figuur 2.3

De ligging van de subplots binnen een Level 2 plots voor de opname van de bodemvegetatie



2.3.2 Werkzaamheden Alterra

Bodemvocht

De onderdelen bodemvocht en bladchemie zijn uitgevoerd door Alterra. In 2009 heeft Alterra het bemonsteringsprotocol voor de statistische selectie van bemonsteringstijdstippen van het bodemvocht uitgeschreven, die qua aanpak uniek is in Europa. Conform de offerte zijn deze werkzaamheden gepubliceerd. Het heeft geresulteerd in twee wetenschappelijke publicaties.

In 2009 en 2010 zijn de bemonsteringen en analyses van het bodemvocht op twee Level 2 plots, in overeenstemming met de Europese protocollen, uitgevoerd. De bemonsteringen zijn 12 keer per jaar uitgevoerd op twee boslocaties in Nederland. Alle monsters zijn geanalyseerd en de analyseresultaten zijn, na controle en bewerking naar het gewenste format, verstuurd aan Probos.

De bemonstering van het bodemvocht vindt plaats op twee diepten (15 en 80 cm –mv.) en analyse van de chemische samenstelling op 2 locaties (106 Hardenberg, en 1040 Zeist) van het intensieve (level 2) meetnet over de periode 1 januari 2009 - 31 december 2010. Dat houdt in dat 30 cups per bodemlaag per locatie 12 keer per jaar bemonsterd worden. Per

tijdstip en bodemlaag worden hieruit zes mengmonsters gemaakt die vervolgens chemische geanalyseerd worden. Bepaald zijn de parameters pH, Cl, P-ortho, NO₃, NH₄, TOC, DON, Al, Fe, Ca, K, Mg, Mn, Na, Ptot, Stot, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, Ni en Si. De wateranalyses zijn uitgevoerd bij het Chemische Biologische Laboratorium Bodem (CBLB) van de WUR.

De gegevens van 2009 en 2010 zijn opgeslagen in de Nederlandse database (database Forest Focus). De uitvoer is niet identiek aan de nieuwe eisen van Hamburg, zodat het niet onmiddellijk klaar was voor het aanleveren van de gegevens naar Probos. Voor 2009 en 2010 zijn de gegevensbestanden daarom aangepast naar de FutMon-standaard en verstuurd aan Probos.

Bladchemie

Naast de bemonstering van het bodemvocht heeft Alterra ook de bladchemie bemonsterd. Dit is op alle 5 locaties in oktober 2009 (106, 175, 1040, 2084, 2085) gebeurd. Twee veldwerkers zijn in bomen geklommen en hebben takken van een bepaalde leeftijd bemonsterd conform het daarvoor opgestelde protocol. De analyses zijn opgeslagen in de database Forest Focus en zijn verstuurd aan Probos.

De bladmonsters (blad/naalden) zijn gedestruerd en geanalyseerd bij het CBLB in overeenstemming met manual "Sampling and Analysis of Needles and leaves" van UNFCCC.

Ringtests

Binnen FutMon worden ringtests uitgevoerd om te bepalen of de analyseresultaten van de deelnemende laboratoria voldoen aan de daarvoor opgestelde Europese criteria. Alterra heeft in 2009 en 2010 deelgenomen in de ringtests voor bodemvocht en in 2009 voor bladchemie (maart 2009). Bij vocht lagen alle analyses binnen de range van de andere labs behalve de analyse van S en alkalinity (IC). Na het opnieuw indienen (requalification) voldeed alkalinity, maar bleek de S analyse van het CBLB nog steeds af te wijken van de meeste laboratoria. Geconcludeerd wordt dat de analysemethode van het CBLB afwijkt. Bij bladanalyse lagen alle analyses binnen de range van de andere labs behalve de S analyse. Ook in dit geval wijkt de S analyse van het CBLB af van de andere deelnemende laboratoria.

Publicatie en verdere analyse

Op basis van beschikbare gegevens van Forest Focus en daarvoor, zijn door Alterra twee artikelen over de verbeterde Nederlandse bemonsteringsmethodiek geschreven. In het eerste artikel (Brus et al, 2010) is de verbeterde methode beschreven en in het tweede artikel (De Vries et al, 2010) zijn de verschillen tussen de oude en de verbeterde methode bediscussieerd. In het tweede artikel zijn ook de invoer-uitvoerbalansen, zoals voor Nederland berekend, geschreven. De verbeterde methode is gebaseerd op de statistische onderbouwing van de bemonstering in de tijd, zodat een zo goed mogelijke berekening volgt van de flux door de bodem.

Met behulp van de waterflux, die op basis van de meteorologische gegevens gemodelleerd kan worden, kan worden berekend wat de flux is van de verschillende elementen. De gemodelleerde flux kan getoetst worden met behulp van de tevens gemodelleerde vochtgehalten en de in het veld gemeten vochtgehalten. De flux kan vergeleken worden tussen de verschillende jaren. De berekende fluxen in de voorgaande jaren zijn gegeven in De Vries et al. (2010) en kunnen vergeleken worden met de depositie. Op basis daarvan kan vastgesteld worden of de bodem een buffer of een bron is van stoffen voor het grondwater. In de huidige monitoringsactiviteiten zijn dergelijke berekeningen niet uitgevoerd voor 2009 en 2010.

2.3.3 Werkzaamheden ECN

Depositie

ECN is binnen FutMon verantwoordelijk voor het bemonsteren van de doorval/depositie. De monsternamen zijn uitgevoerd volgens de beschrijvingen in het 'Submanual on deposition on ICP Forests Level 2 plots (ICP Forest Expert Panel on Deposition, 1994, aanpassing 06/1999) en de data zijn verwerkt volgens Basic documents for the implementation of the intensive monitoring programme of forest ecosystems in Europe (EC, VI/3908/95-EN). Een uitgebreide beschrijving is opgenomen in Deel VI van het ICP Forests Manual (ICP, 2004). De bulkdepositie (open veld) metingen zijn alleen uitgevoerd op de locaties Hardenberg (106) en Leende (175). Voor alle andere locaties is de bulk depositie gebruikt van wet-only metingen uitgevoerd door het RIVM op de locaties zoals aangegeven in tabel 3. De RIVM open-veld-neerslag/depositiemetingen zijn gemeten als tweewekelijkse gemiddelden en zijn in het laboratorium samengevoegd tot maandmonsters.

Tabel 2.8

Meetlocaties en hun karakteristieken

No.	Plot	Locatie	Lon	Lat	Soort	Afstand tot bosrand (m)	Boom hoogte (m)	Kroon bedekking (%)	Bulk depositie locatie
1	2085	Dwingelo	06° 26' 45"	52° 50' 20"	Scots pine	>100	>20	>75	929 Valthermond
2	106	Hardenberg-DG	06° 33' 00"	52° 32' 42"	Douglas fir	>100	>20	50-75	Rheezerveen
3	2084	Speuld-DG	05° 44' 17"	52° 16' 03"	Douglas fir	>100	30-35	>75	732 Speulder Veld
4	1040	Zeist-EI	05° 13' 50"	52° 06' 32"	Oak	20-40	20-25	50-75	628 De Bilt
5	175	Leende	05° 31' 04"	51° 19' 19"	Scots pine	20-40	20-25	50-75	Leende

Op elke locatie zijn 10 meetgoten gebruikt. Deze goten zijn in principe in twee parallelle lijnen van 5 goten geplaatst, elk op afstanden van 1-2 m. Figuur 2.4 geeft een beeld van een dergelijke opstelling voor de meetlocatie Speuld. De goten zijn 5 m lang en hebben een opvangoppervlak van ongeveer 400 cm². Ze zijn geplaatst onder een hoek van 15°, met een maximum hoogte van 1,5 m boven het grondoppervlak. Monsterflessen zijn onder het oppervlak geplaatst, teneinde de monsters nog enigszins koel te houden. Na het bemonsteren zijn de monsters donker en koel bewaard. Vijf individuele monsters per meetperiode zijn samengevoegd in 1 monster, wat resulteert in twee samengevoegde monsters per meetperiode per locatie.

Figuur 2.4

Overzicht van 6 van de 10 meetgoten op meetlocatie Speuld



In het laboratorium zijn de maandelijkse monsters verdeeld; de helft is aangezuurd met HNO_3 tot pH 1 voor de analyses van metalen. Deze zijn bepaald met behulp van atoomabsorptie spectrometrie (ICP-AES). Ionen die bepaald zijn, zijn: K, Ca, Mg, Na, Al, Mn and Fe. De andere helft is gebruikt voor het bepalen van geleidbaarheid, pH (potentiometrisch), Cl, NO_3 , SO_4 via ionen chromatografie, N totaal via Kjeldahl analyse en NH_4 via FIA (Flow Injection Analysis). Voordat de data verder verwerkt worden, worden er verschillende kwaliteitscontroles uitgevoerd.

Kwaliteitscontroles

Verschiede criteria zijn opgesteld om de kwaliteit van de metingen/analyses te waarborgen en om een inschatting te kunnen maken van de onzekerheden. De meetopzet en monsternamen zijn grotendeels in lijn met de aanbevelingen in Draaijers et al., (1996) en het ICP-Forest Manual (ICP-Forest, 2004). Uitzondering op deze aanbeveling is het gebruik van goten in plaats van open vangers. Tijdens een uitgebreide veldvergelijking, uitgevoerd in opdracht van Forest Focus, is vast komen te staan dat de door ECN gebruikte goten geen wezenlijk andere resultaten opleveren dan de aanbevolen vangers. Als onderdeel van het waarborgen van de kwaliteit zijn de analyses uitgevoerd onder geaccrediteerde kwaliteitssystemen bij Alterra. Tevens zijn de monsters verzameld en bewaard in flessen afgeschermd van licht en bij lage temperaturen en is CHCl_3 is toegevoegd als conserveermiddel om biologische omzetting te voorkomen. Additionele kwaliteitscontroles zijn gedaan na de monsternamen en zijn beschreven in Erisman et al. (2001).

Afwijkingen t.o.v. meetplan

In principe zijn alle werkzaamheden conform het opgestelde meetplan uitgevoerd (aantal metingen, verrichte analyses, etc.). Een afwijking betreft het uitvoeren van vergelijkingsmetingen op de meetlocatie Speuld. Hierbij was in het meetplan opgenomen dat gedurende een jaar parallelle metingen verricht zouden worden, waarbij de eigen meetgoten vergeleken zouden worden met 'standaard' meetmethodes. Echter, vanwege de zeer late opdrachtverlening (augustus 2009) kon de betreffende activiteit niet op tijd gestart worden (1 mei 2009). Hierdoor is besloten deze activiteit niet uit te voeren.

2.4 Algemene coördinatie en communicatie (M7 en M8)

2.4.1 Algemene coördinatie

Probos was verantwoordelijk voor de coördinatie en communicatie van het Nederlandse deel van FutMon. In 2009 en de eerste helft van 2010 zijn derhalve programma-ondersteunende en voorbereidende activiteiten uitgevoerd ten bate van het bovengenoemd meetwerk en de dataverzameling. Het betreft hier de (generieke) voorbereidingen van het veldwerk en het selecteren en contracteren van de uitvoerders, de voorbereiding van specifieke acties en de begeleiding van de uitvoering in het veld. Tevens betreft dit tijdmanagement, kwaliteitscontrole, gegevensbeheer, opsturen gegevens en communicatie.

Binnen het programma werden veelvuldig (internationale) bijeenkomsten georganiseerd ter voorbereiding van meetwerk en dataverwerking of ter ondersteuning van het management en ter uitwisseling van kennis en ervaring. Een aantal van deze bijeenkomsten kan niet gemist worden, anderen waren optioneel, afhankelijk van het specifieke activiteitenprogramma waarvoor elk land verantwoordelijk is.

De volgende bijeenkomsten zijn in 2009 en 2010 bijgewoond:

- Hamburg, januari 2009, Futmon/ICP Expert Meeting;
- Hamburg (december 2009), Data dissemination course;
- Garmisch Partenkirchen (juni 2010), 2^{de} FutMon status workshop

Met enige regelmaat zijn overlegmomenten georganiseerd tussen de drie uitvoerende partijen (Alterra, ECN en Probos) en de opdrachtgevers (LNV en GaN). Probos voert het secretariaat hiervan.

De projectvergaderingen die hebben plaatsgevonden:

- Februari 2009 (Wageningen)
- November 2009 (Utrecht)
- Augustus 2010 (Utrecht)
- Juli 2011 (Wageningen)

2.4.2 Dataverwerking en –verspreiding

Probos was verantwoordelijk voor het verwerken en opsturen van de gegevens die op de Level 1 en Level 2 plots in 2009 en 2010 zijn en worden verzameld. Daartoe heeft zij in december 2009 een data dissemination course bijgewoond. Begin 2010 zijn de eerste gegevens naar de database van Vti verstuurd. Het betrof de resultaten van de kroonconditiebepalingen in 2009. In september 2010 is de database geopend voor het indienen van de gegevens van de opnames van de depositie, het bodemvocht en de bladchemie die in 2009 zijn verzameld. Gedurende de rest van 2010 en in 2011 zal de rest van de gegevens door Probos worden opgestuurd.

2.4.3 Communicatie

Probos was verantwoordelijk voor een goede externe communicatie en verspreiding van de resultaten naar buiten. Het merendeel van deze activiteiten is voorzien voor het eind van het project, wanneer de resultaten beschikbaar kwamen. In 2009 betrof het activiteiten gericht op de informatievoorziening over Futmon en de Nederlandse bijdrage daarin op de websites van de GaN (<http://www.gegevensautoriteitnatuur.nl/items/future-forest-monitoring-futmon.aspx>) en Futmon (Vti in Hamburg, www.futmon.org).

3 RESULTATEN

3.1 Kroonconditie

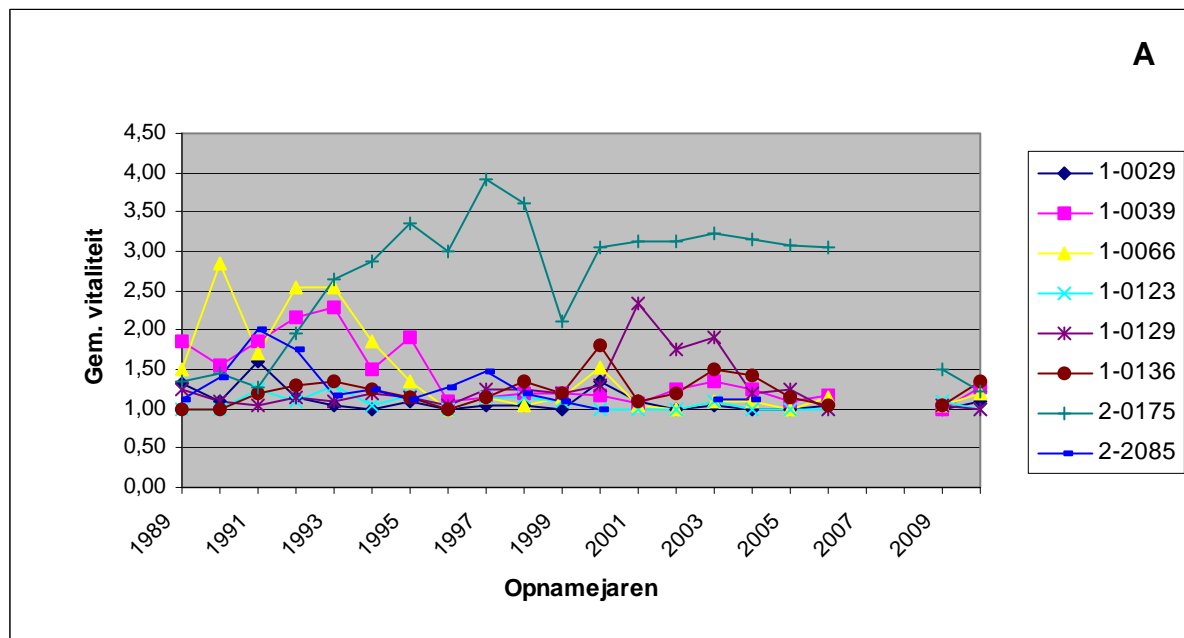
Figuur 3.1 laat de ontwikkeling zien van de gemiddelde boomvitaliteit op de Level 1 en Level 2 plots die zijn geïnventariseerd in de periode 1989 tot 2010. In paragraaf 2.1.1. wordt beschreven dat vitaliteitsklasse: 1 = vitaal, 2 = minder vitaal, 3 = nauwelijks vitaal en 4 = niet vitaal bos.

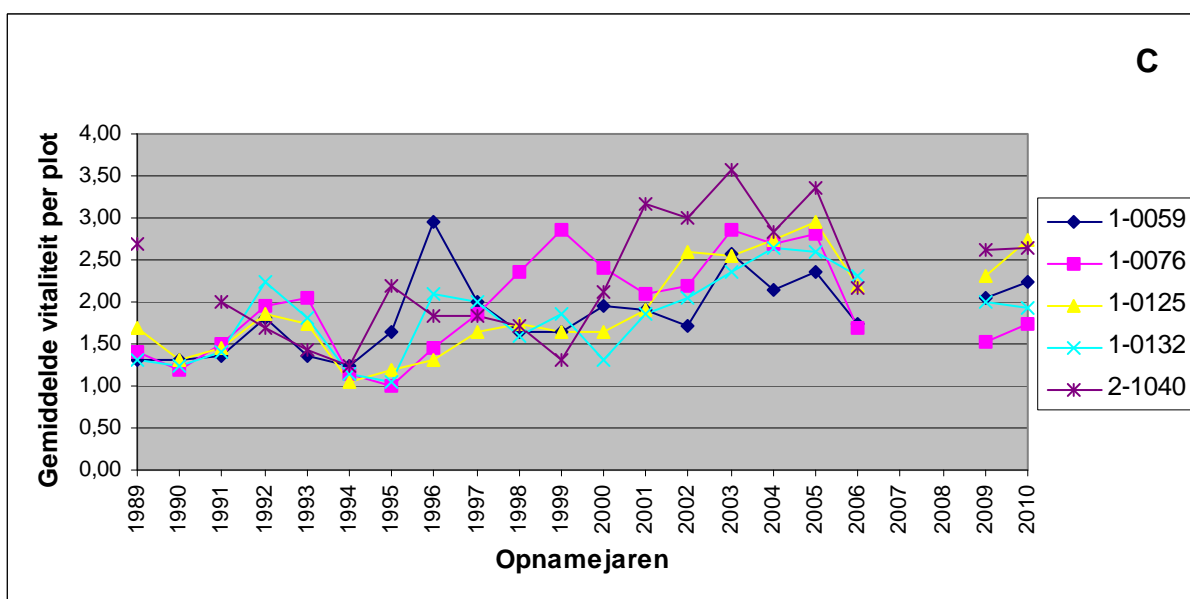
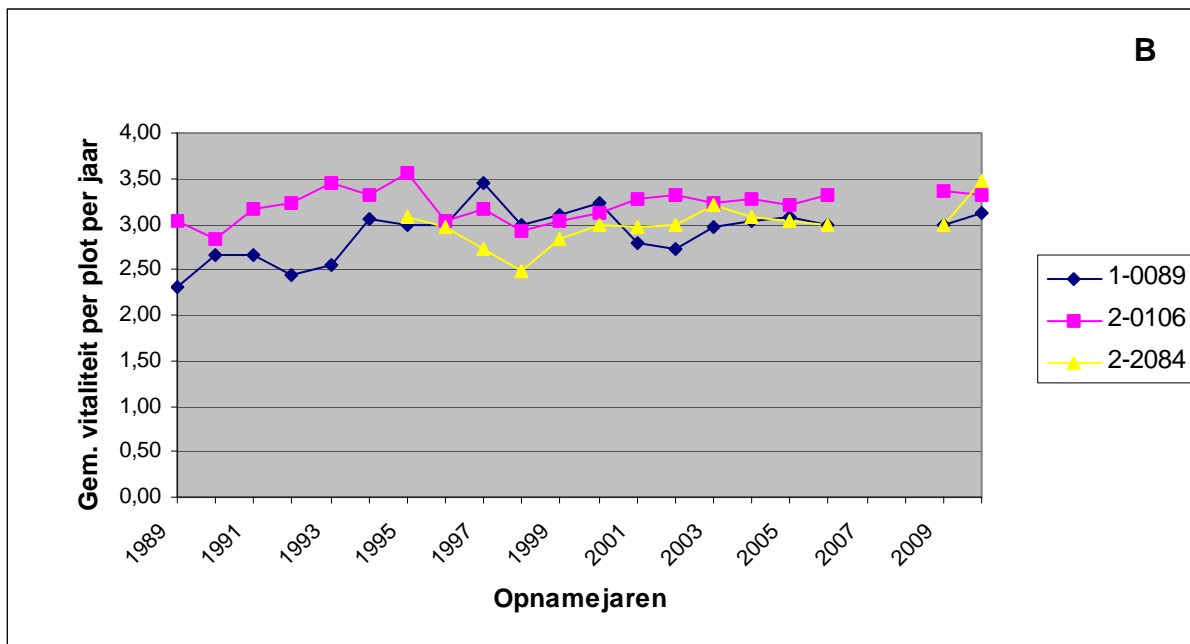
Zoals in de grafieken te zien is zijn er jaarlijkse fluctuaties in de vitaliteit waarneembaar. Wanneer echter de algemene trend wordt bekeken dan valt het volgende op:

- Voor grove den kan gesteld worden dat de bomen op deze plots vitaal zijn, maar wel neigen richting minder vitaal. Plot 2-175 lijkt zich sinds 2006 hersteld te hebben. In 2010 lijken de bomen iets minder vitaal te zijn dan in 2009, maar het is de vraag of dit structureel is of dat het hier een jaarlijkse fluctuatie betreft.
- Voor Douglas lijkt het erop dat de bomen steeds minder vitaal worden. Gemiddeld ligt de vitaliteit rond klasse 3. Dat betekent dat de bomen volgens de indeling in vitaliteitsklassen nauwelijks vitaal zijn. In de analyse voor de resultaten van de boomgroei zal hierop worden teruggekomen, omdat vitaliteit en boomgroei niet met elkaar overeen lijken te komen.
- De vitaliteit van de eikenplots vertoont veel variatie, maar de gemiddelde vitaliteit van de plots lijkt zich na een opwaartse trend richting nauwelijks vitaal nu te stabiliseren tussen klassen 2 en 3.

Figuur 3.1

Ontwikkeling van de gemiddelde vitaliteitsklasse per plot in de periode 1989 – 2010 voor Grove den (A), Douglas spar (B) en Inlandse eik (C)





3.2 Chemische samenstelling van bladeren en naalden

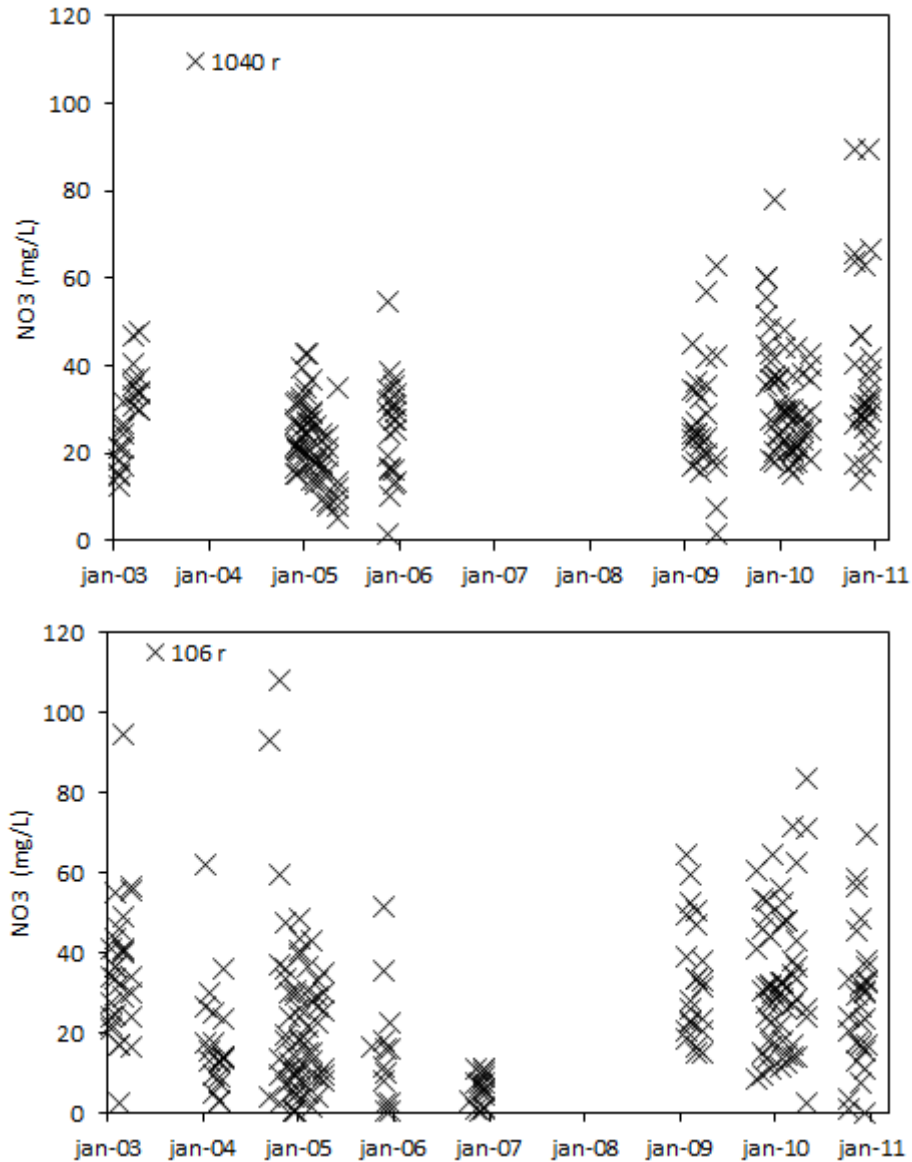
De gehalten tot en met 2005 zijn eerder gerapporteerd door Leeters et al. (2007). De analyses van 2009 voor de twee bemonsterde locaties voegen daar weinig aan toe. Bij douglas (locatie 106) liggen de gemeten gehalten binnen de range van gehalten die eerder in de periode 1993 t/m 2005 zijn gemeten, behalve voor P, Cu en Zn. Bij Cu en Zn liggen de gehalten hoger dan in eerdere jaren. De P gehalten lagen in 2009 het laagste. Bij eik (locatie 1040) liggen de gehalten ook binnen het bereik van de eerdere metingen, behalve voor S (hoger).

3.3 Chemische samenstelling van het bodemvocht

De gehalten in het bodemvocht tot en met 2001 zijn eerder gerapporteerd door Leeters et al. (2007). Tot 2003 is gebruik gemaakt van bodemvocht dat via centrifuge uit de bodemonsters komt. Vanaf 2003 is gebruik gemaakt van cups zoals in de meeste andere landen. De nieuwe analyse tot en met 2005 zijn gerapporteerd door De Vries et al (2010).

Figuur 3.2

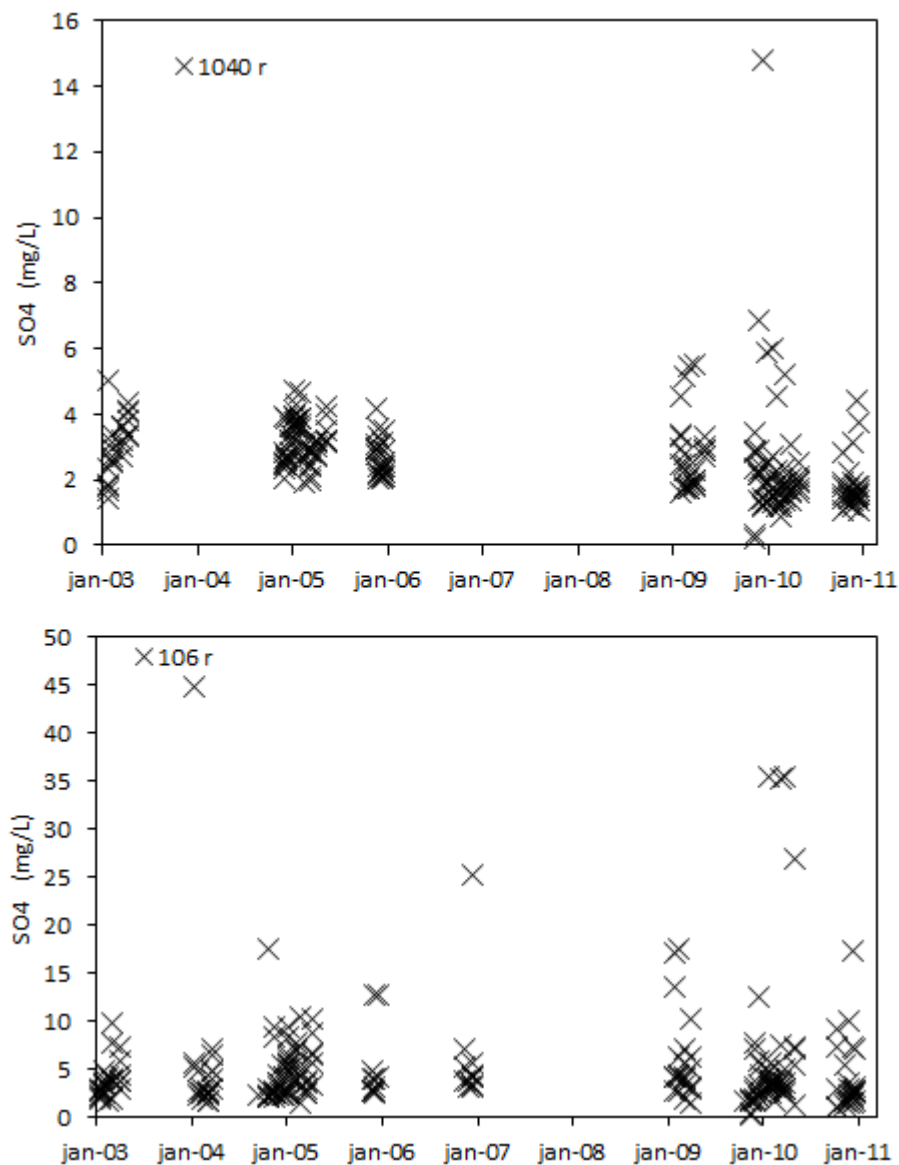
Nitraatconcentraties in de monitoringsperiode tussen januari 2003 en december 2010 op locatie 1040 (eik) en 106 (Douglas) in de bovengrond (nitraatnorm 50 mg L⁻¹)



Er is niet vastgesteld of er trends zijn. Ook omdat de meetperiode door de nieuwe bemonsteringsmethode (sinds 2003) kort is. Opvallend is dat de gemiddelde nitraatconcentraties in de jaren 2009-2010 hoger zijn dan in de jaren 2003-2007. De eerder gerapporteerde daling in de periode 1990-2001 heeft zich op deze locaties niet doorgezet.

Figuur 3.3

Sulfaatconcentraties in de monitoringsperiode tussen januari 2003 en december 2010 op locatie 1040 (eik) en 106 (Douglas) in de bovengrond



Uit de bodemvochtmetingen van sulfaat blijkt dat op beide locaties geen daling optreedt in de periode 2003-2010.

3.4 Boomgroei

Op 5 Level 2 plots zijn in de jaren 1995, 2000, 2005 en 2010 de diameter borsthoogte (dbh) en hoogte van de bomen op de plots verzameld. Uit deze gegevens kan de boomgroei in de periode 1995 – 2010 dus worden afgeleid. Voor de bomen die in alle meetronden aanwezig waren kan met behulp van de dbh en de hoogte het staande houtvolume worden berekend en de verandering daarin worden bepaald. Het staande houtvolume heeft in dit geval betrekking op het stamvolume vanaf de grond gemeten.

De volgende formule is gebruikt om het stamvolume (in dm³) van iedere boom op basis van de dbh en de boomhoogte te berekenen. Deze formule is afgeleid uit Dik *et. al.* (1996):
 Stamvolume = exp (a₁ * ln(dbh) + a₂ * ln (h) – a₃)

In deze formule wordt de dbh uitgedrukt in cm en de hoogte in m. De waarde van de coëfficiënten a₁, a₂, en a₃ zijn boomsoortspecifiek en worden gegeven in tabel 3.1. Zoals in paragraaf 2.3.1.1 is beschreven is de boomhoogte in 2000, 2005 en 2010 niet van alle bomen op de plot bepaald. De hoogte van de bomen waarvoor de hoogte niet uit de veldmeting is af te leiden is geschat door gebruik te maken van de gemiddelde hoogtegroei van de gemeten bomen.

Tabel 3.1
Boomsoort specifieke coëfficiënten voor de berekening van het stamvolume in dm³

Boomsoort		a ₁	a ₂	a ₃
Grove den	Pinus sylvestris	1,93255	0,85915	2,62597
Douglas	Pseudotsuga menziessii	1,83654	0,93879	2,61466
Inlandse eik	Quercus robur	1,86115	1,039	2,95925

Door het boomvolume te vermenigvuldigen met de houtdichtheid en het koolstofgehalte van de stam kan een schatting worden gemaakt van de koolstofvoorraad op de plots. Zowel de hout- als koolstofvoorraad zijn geëxtrapoleerd naar een waarde per hectare. De gehanteerde waarden voor de houtdichtheid staan in tabel 3.2 en voor het koolstofgehalte is 50%⁵ gebruikt.

Tabel 3.2
Dichtheid van het stamhout per boomsoort, die is gebruikt voor het berekenen van de koolstofvoorraad

Boomsoort		Houtdichtheid (kg/m ³)
Grove den	Pinus sylvestris	490
Douglas	Pseudotsuga menziessii	470
Inlandse eik	Quercus robur	600

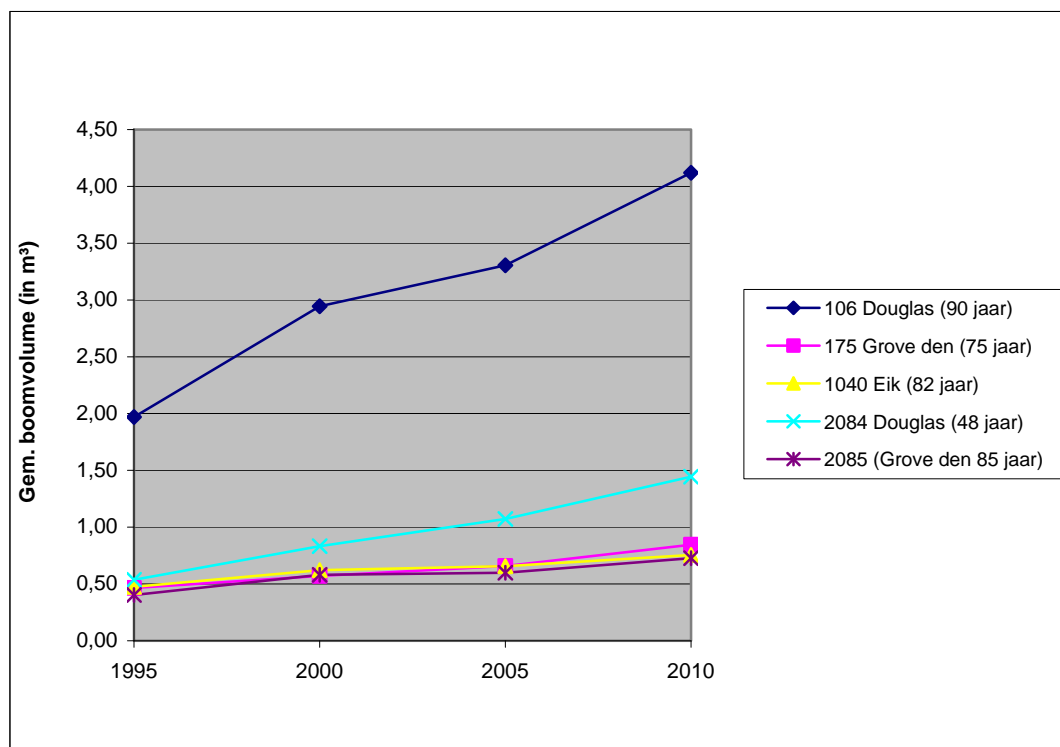
Tabel 3.3 geeft een overzicht van het stamhoutvolume en de koolstofvoorraad in 1995, 2000, 2005 en 2010 op de 5 Level 2 plots die in 2010 zijn gemeten. Om de waarden met elkaar te kunnen vergelijken zijn ze uitgedrukt per hectare. Een daling van het stamhoutvolume per hectare duidt op een uitgevoerde dunning in de periode tussen twee meetronden.

⁵ Dit is de door het FAO gedefinieerde defaultwaarde die wordt toegepast voor rapportage in de Forest Resources Assessments.

Tabel 3.3*Het stamhoutvolume en de koolstofvoorraad in het stamhout in 1995, 2000, 2005 en 2010 voor 5 Level 2 plots*

Plot	Boomsort	Volume (m ³ /ha)				Koolstofvoorraad (ton/ha)			
		1995	2000	2005	2010	1995	2000	2005	2010
106	Douglas	333	495	540	665	78	116	127	156
175	Grove den	208	183	166	236	51	45	41	58
1040	Eik	133	169	180	200	40	51	54	60
2084	Douglas	440	393	519	669	103	92	122	157
2085	Grove den	164	212	215	254	40	52	53	62

Als gevolg van de dunningen die zijn uitgevoerd op de plots 175 en 2084 is het voor deze plots lastig om een inschatting te maken van de daadwerkelijke ontwikkeling in de groei. Daarom is ook gekeken naar de ontwikkeling van het volume van individuele bomen waarvan de diameter en hoogte tijdens alle opnamen zijn bepaald. De ontwikkeling van dit gemiddelde boomvolume is weergegeven in figuur 3.2. Figuur 3.2 laat zien dat alle boomsoorten een constante groei weergeven. Met name de douglas op plot 106 groeit erg hard met 0,16 m³/boom/jaar in de afgelopen 5 jaar (tabel 3.4). Een dergelijke groei is uitzonderlijk voor bomen op een leeftijd van meer dan 80 jaar. Volgens de Opbrengsttabellen (Janssen et. al., 1996) is de gemiddelde bijgroei per boom voor douglas in Nederland bij normale stand op de beste groeiplaats (Groeiklasse 16) ongeveer 0,06 m³/boom/jaar. Dat is dus meer dan 2,5 keer zo laag.

Figuur 3.2*Ontwikkeling van het gemiddelde boomvolume van de bomen die tijdens de metingen in 1995 tot en met 2010 zijn geïnventariseerd*

3.4.1 Relatie tussen boomgroei en vitaliteit

In het bovenstaande is al aangegeven dat de douglas uitzonderlijk hard groeit op plot 106 in Harderwijk, maar ook de douglas op plot 2084 in het Speulderbos groeit erg hard. Deze snelle groei komt niet overeen met de verwachting indien de vitaliteit in ogenschouw wordt genomen. De gemiddelde vitaliteit van de bomen op deze plots is namelijk groter dan drie (tabel 3.4), wat volgens de schaalverdeling overeenkomt met niet vitaal bos. Natuurlijk zou hieruit de conclusie getrokken kunnen worden dat de bomen nog harder zouden groeien indien ze wel vitaal waren. Dat ligt echter niet erg voor de hand, omdat ze al harder groeien dan op basis van de Opbrengsttabellen (Janssen et. al., 1996) wordt verwacht. Het ligt daarom meer voor de hand de huidige classificatie als niet vitaal in twijfel te trekken. Op dit moment wordt er vanuitgegaan dat een vitale douglas 5 gezonde naaldjaargangen per tak heeft. Indien dit niet het geval is dan wordt de boom als minder of niet vitaal geclassificeerd, maar blijkbaar is de boom ook vitaal bij minder naaldjaargangen. Er is wel een mogelijke verklaring aan te voeren voor de (mogelijke) misclassificatie. Het kan namelijk zo zijn dat de bomen wel degelijk 5 naaldjaargangen per tak heeft, maar dat deze takken zich bovenin of halverwege de kroon bevinden op een positie die vanaf de grond niet is waar te nemen. Douglasopstanden zijn vaak dichte opstanden waardoor de gehele kroon niet kan worden bekeken. Naast de dichtheid van de opstand speelt ook de boomhoogte een rol. De gemiddelde boomhoogte op de plots 106 en 2084 is respectievelijk 34 en 31 meter en de lengte van de kroon schommelt tussen de 10 en 15 meter. Voor de grove dennen en eiken plots is de groei in relatie met de geconstateerde vitaliteit.

Tabel 3.4
Gemiddelde bijgroei per hectare in relatie tot de vitaliteit

Plot	2005-2010	
	Bijgroei (m ³ /ha/jr)	Vitaliteit
106 Douglas (90 jaar)	25,0	3,30
175 Grove den (75 jaar)	14,0	2,21
1040 Eik (82 jaar)	4,0	2,70
2084 Douglas (48 jaar)	30,0	3,13
2085 (Grove den 85 jaar)	7,8	1,08

3.5 Bodemvegetatie

De bodemvegetatie is in 2000, 2005 en 2010 geïnventariseerd op de Level 2 plots: 106, 175, 1040, 2084 en 2085. Het is dus mogelijk iets te zeggen over de ontwikkeling van de soortensamenstelling op de plots in de afgelopen 10 jaar.

De hoofdconclusie is dat er weinig soorten per plot voorkomen (tabel 3.5). Er komen 1 tot 6 soorten vaatplanten (kruidlaag) voor op de plots. Waarschijnlijk als gevolg van de grotere beschikbaarheid van licht op de bodem is het aantal soorten op de grove dennen en eiken plots groter. Het aandeel bochtige smele is afgenomen op de eiken plot (1040) (bijlage 2). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de grotere bedekking van de struiklaag (tabel 3.5). Er komen 5 tot 11 soorten mossen voor op de plots, maar de bedekking van de meeste soorten is gering.

Tabel 3.5

Gelaagdheid en soortenrijkdom op de vijf Level 2 plots in 2000, 2005 en 2010. De bedekking per laag en het aantal soorten dat per laag voorkomt

Plot	Laag	Bedekking			Aantal soorten		
		2000	2005	2010	2000	2005	2010
106	Boomlaag	9 ^{*)}	8	8	2	2	2
	Struiklaag	1	2,5	4	1	1	2
	Kruidlaag	4,5	5	3	8	3	4
	Moslaag	2,5	2	2	12	6	9
175	Boomlaag	7	6	6	1	1	1
	Struiklaag	1,5	4	4	1	2	3
	Kruidlaag	9	6	6	7	7	7
	Moslaag	4	9	7	7	4	10
1040	Boomlaag	8,5	7	6	2	2	2
	Struiklaag	4	4	6	2	2	2
	Kruidlaag	7	5,5	5	13	8	10
	Moslaag	3	5	2	10	5	5
2084	Boomlaag	9	8	8	1	1	1
	Struiklaag	0	0	0	0	0	0
	Kruidlaag	1	3	3	2	3	6
	Moslaag	5	8	5	11	8	11
2085	Boomlaag	8	7	6	2	1	2
	Struiklaag	3	4	5	2	2	4
	Kruidlaag	8	7	6	11	9	10
	Moslaag	7,5	8	6	5	4	6

*) Voor de codering zie tabel 2.7 in paragraaf 2.3.1.2

3.6 Depositie

De fluxen van doorval en bulkdepositie zijn berekend door het vermenigvuldigen van de concentratie en de hoeveelheid neerslag en de daarop volgende conversie om de flux in mol.ha⁻¹.j⁻¹ te kunnen weergeven. Tabel 3.6 geeft de totale fluxen voor stikstof en potentieel zuur voor de jaren 2009 en 2010. Bijlage 3 geeft de fluxen voor alle individuele componenten voor de beide jaren. Jaargemiddelde fluxen zijn berekend als de som van de maandelijkse fluxen. De resultaten van de bulkdepositiemetingen zijn gecorrigeerd voor de bijdrage van droge depositie aan de bulkvangsters. Voor deze correctie zijn factoren (ratio tussen natte depositie en bulkdepositie) gebruikt, zoals gerapporteerd door Van Leeuwen et al. (1995). De totale stikstofflux is vervolgens berekend als de som van nitraat en ammonium fluxen, terwijl de flux van potentieel zuur is berekend conform:

$$\text{Potentieel zuur} = \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + 2 \text{SO}_4^{2-}$$

Tabel 3.6
Jaarlijkse doorval fluxen voor totaal stikstof en potentieel zuur, zoals gemeten op de vijf meetlocaties en open veld neerslag, gemeten te Hardenberg en Leende in 2009 en 2010 in mol.ha⁻¹.j⁻¹

site:	2009		2010	
	Tot N	Pot. Acid	Tot N	Pot. Acid
Dwingelo	2310	3163	2594	3558
Hardenberg	2460	3480	2798	3806
Speuld	2398	3646	2650	3926
Zeist	1424	2230	1779	2644
Leende	2152	3047	2374	3407
of-Hardenberg	688	905	848	1141
of-Leende	615	862	675	955

De doorval fluxen van totaal stikstof zijn het laagst te Zeist, een locatie relatief ver verwijderd van gebieden met intensieve landbouw. Dit beeld geldt ook voor de flux van potentieel zuur, met de laagste depositie voor de meetlocatie Zeist. De hoogste potentieel zuurdeposities zijn gemeten in Speuld (ca. 4000 mol.ha⁻¹.j⁻¹).

Op basis van de doorval en bulk metingen, in combinatie met een zogenaamde ‘canopy exchange model’ kunnen vervolgens droge, natte en totale depositie van de verschillende componenten berekend worden. Het gebruikte model hiervoor is beschreven in Erisman *et al.* (2001). Hierna worden de resultaten van het model gepresenteerd, gevolgd door een beschrijving van de depositietrends op de verschillende meetlocaties.

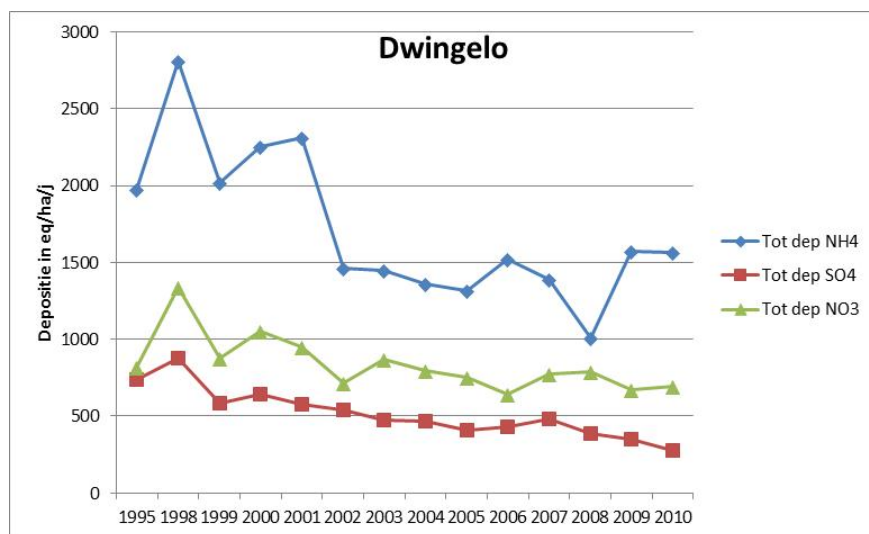
3.6.1 Droge, natte en totale depositieschattingen

De droge depositie fluxen voor 2009 en 2010 berekend met het hierboven genoemde model zijn opgenomen in Bijlage 4. Naast de droge depositie is ook de natte depositie, zoals gemeten door het RIVM opgenomen, alsmede de totale depositie. Droge depositie is over het algemeen een orde hoger dan natte depositie en bepaalt ongeveer 70% van de totale depositieflux van NH_x, NO_y en SO_x. In de periode 2009-2010 varieert de totale stikstofdepositie tussen 2200 en 3000 mol.ha⁻¹.j⁻¹. met de laagste stikstofdepositie voor Hardenberg en de hoogste voor Speuld. Potentieel zuur depositie is het hoogste op Speuld en bedraagt ca. 4000 mol.ha⁻¹.j⁻¹.

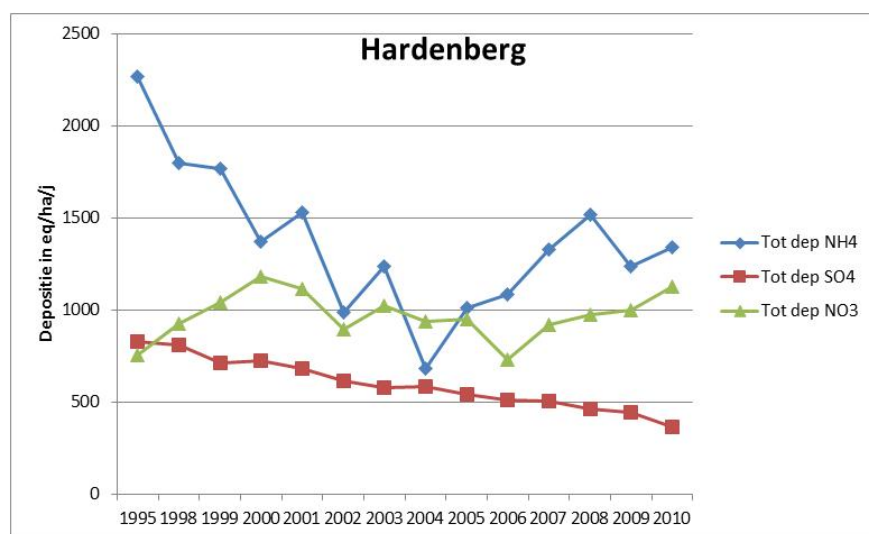
3.6.2 Trends in depositie

Doorval en bulkdepositie is gemeten op vier locaties in de periodes 1995-1996, 1998, 1999, 2000, 2002-2010. Op basis van deze data kan de temporele variatie worden bepaald. De temporele variatie van de depositieschattingen (bepaald zoals hiervoor beschreven), is opgenomen in Figuur 3.3 – 3.7. Voor Leende is een beperkte set aan metingen beschikbaar. In het algemeen laten de sites een afvlakking van de depositie zien voor de meeste componenten, met hier en daar een zelfs een lichte stijging voor de laatste jaren. Voor Zeist is er zelfs sprake van een drastische stijging van de stikstofdepositie in de laatste jaren. Waardoor dit veroorzaakt wordt zal uit nader onderzoek moeten blijken. Dit wordt ook duidelijk in Figuur 3.8 - 3.10, waar de algemene trend voor NO_y, NH_x en SO_x voor alle sites is opgenomen. Na een duidelijke daling van de deposities tot aan 2003, lijkt er in de recente jaren sprake te zijn van een stijgende lijn voor de stikstofcomponenten, terwijl er voor SO_x sprake is van een blijvende daling van de depositie.

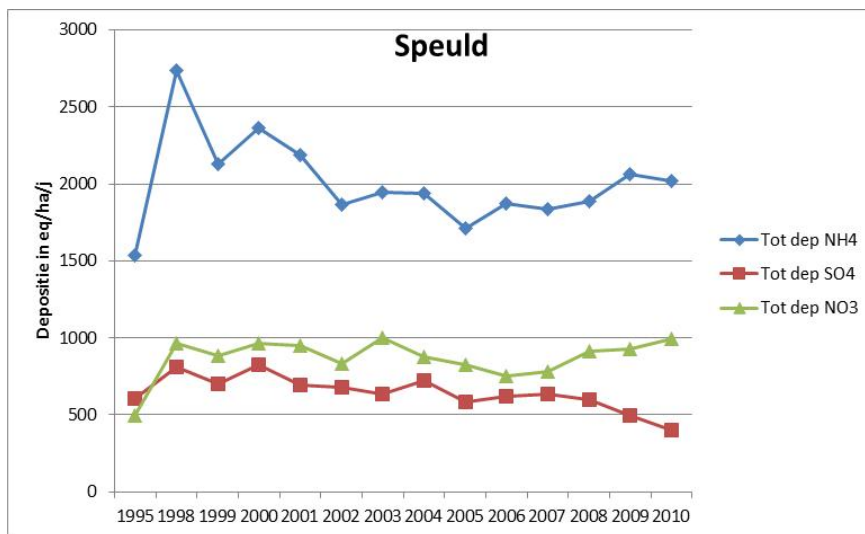
Figuur 3.3
Temporele variatie in de depositie (in eq/ha/jr), zoals gemeten op Dwingelo



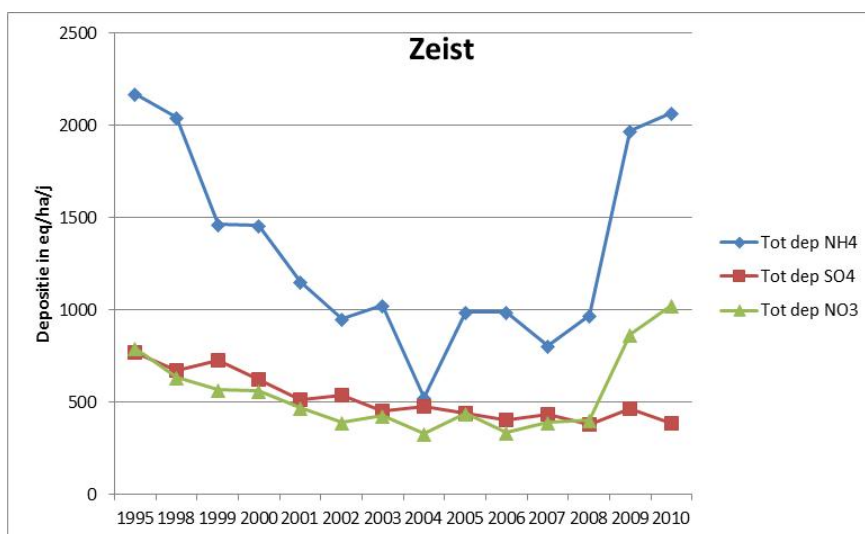
Figuur 3.4
Temporele variatie in de depositie (in eq/ha/jr), zoals gemeten op Hardenberg



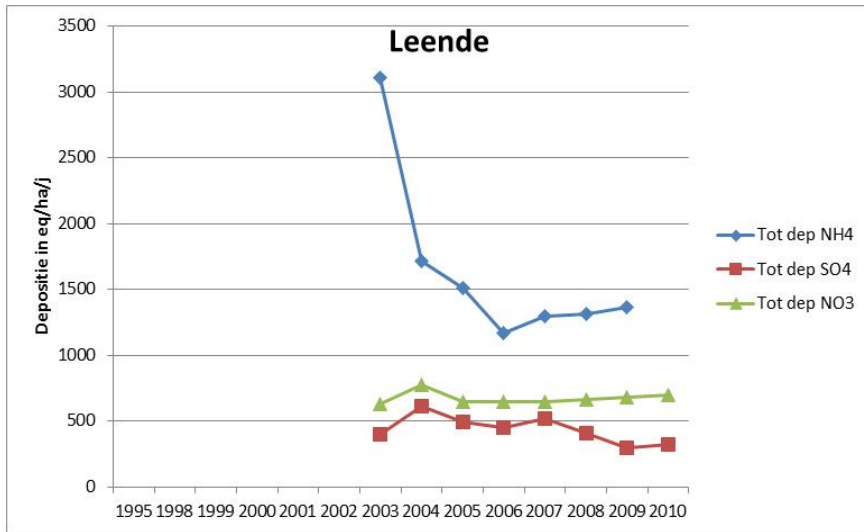
Figuur 3.5
 Temporele variatie in de depositie (in eq/ha/jr), zoals gemeten op Speuld



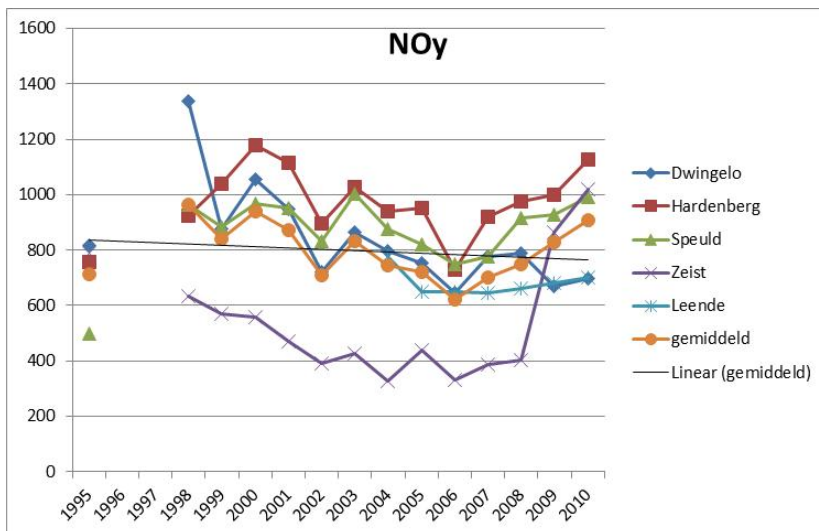
Figuur 3.6
 Temporele variatie in de depositie (in eq/ha/jr), zoals gemeten op Zeist



Figuur 3.7
 Temporele variatie in de depositie (in eq/ha/jr), zoals gemeten op Leende

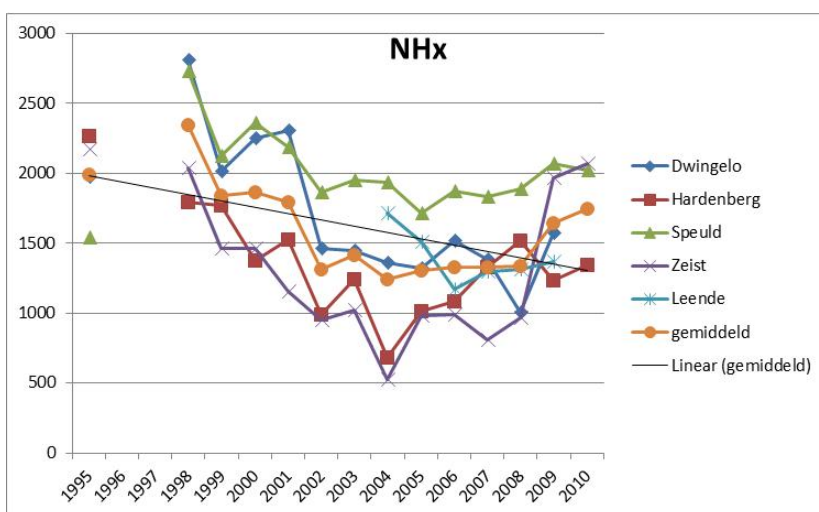


Figuur 3.8
 Temporele variatie in de depositie van NOy (in eq/ha/jr), zoals gemeten op de vijf locaties en de gemiddelden



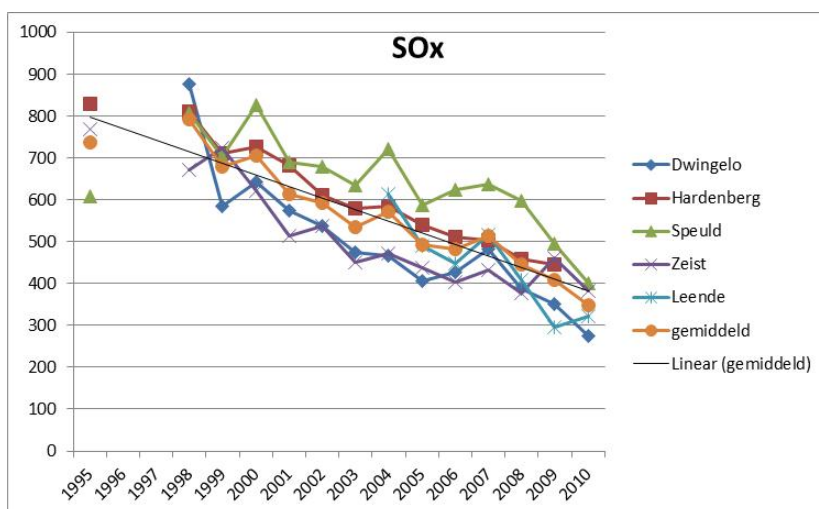
Figuur 3.9

Temporele variatie in de depositie van NH_x (in eq/ha/jr), zoals gemeten op de vijf locaties en de gemiddelden



Figuur 3.10

Temporele variatie in de depositie van SO_x (in eq/ha/jr), zoals gemeten op de vijf locaties en de gemiddelden



3.7 Waterfluxes and nutrient budgets

De waterflux en de nutriënt budgetten van 2003 tot en met 2005 zijn gepubliceerd in De Vries et al (2010). De resultaten worden geïllustreerd worden aan de hand van onderstaande tabel.

Tabel 3.7

Gemiddelde flux (kg ha⁻¹ jaar⁻¹)

	Hardenberg				Zeist				Dwingeloo			
	NO3-N	NH4_N	N	Al	NO3-N	NH4_N	N	Al	NO3-N	NH4_N	N	Al
Total depositie	14.1	30.9	45		6.4	24.6	31		11.7	31.9	43.6	
Uitspoeling	21.4	0.1	21.5	35.2	8.7	1.2	9.9	6.2	1	0.8	1.8	1.7
Totale budget	-7.3	30.8	23.5		-2.3	23.4	21.1		10.7	31.1	41.8	

De stikstof komt het systeem binnen via depositie als nitraat (NO₃) en verlaat het door uitspoeling, grotendeels als ammonium (NH₄). Op alle drie locaties is de hoeveelheid stikstof (N: hier de som van NH₄ en NO₃) die het systeem inkomt groter dan de hoeveelheid die het systeem verlaat. De bodem legt dus veel stikstof vast. Die stikstof wordt vastgelegd in de bodem en het bos.

De aluminiumuitspoeling in alle drie locaties wijst op een continue verzuring. De aluminiumuitspoeling is het hoogste in Hardenberg en het laagste in Dwingeloo en dat geldt ook voor de nitraatuitspoeling en de sulfaatuitspoeling. Dat illustreert dat de verzuring veroorzaakt wordt door de depositie van stikstof, de omzetting daarvan in de bodem en de zwaveldepositie.

4 CONCLUSIES

Met het afronden van FutMon is er een einde gekomen aan bijna 25 jaar monitoring van de effecten van luchtvervuiling op bossen in Nederland. De opdrachtgevers van deze monitoring hebben namelijk besloten de bodem- en luchtanalyses niet voort te zetten na 2010. De metingen die ook weer tijdens FutMon zijn uitgevoerd vormden de enige bron van informatie over de vitaliteit van het Nederlandse bos en voor de trend in depositie in natuurgebieden of zelfs daarbuiten.

De monitoring van de kroonvitaliteit in 2009 en 2010 laat zien dat de vitaliteit van de bomen ongeveer gelijk is gebleven ten opzichte van de monitoring in de voorgaande periode. De gemiddelde vitaliteit van de geïnventariseerde grove dennen is vitaal tot minder vitaal. De gemiddelde vitaliteit voor eik ligt tussen minder vitaal en nauwelijks vitaal. Voor Douglas ligt de gemiddelde vitaliteit tussen minder vitaal en niet vitaal, maar dit strookt niet met de resultaten van de monitoring van de groei. Op beide Douglas plots ligt de bijgroei boven de 20 m³/ha/jaar, dat is een zeer hoge bijgroei. In plaats van de veronderstelde vijf levende jaargangen die volgens de huidige methode bij een vitale Douglas worden verwacht, lijkt de veronderstelling eerder gerechtvaardigd dat een vitale Douglas in Nederland gemiddeld drie levende naaldjaren heeft in het zichtbare deel van de kroon.

Met betrekking tot de vegetatie-opnamen op de 5 Level 2 plots kan de conclusie getrokken worden dat weinig soorten per plot voorkomen. Waarschijnlijk als gevolg van een afname van de lichtbeschikbaarheid is soortensamenstelling of de bedekking per soort afgenomen. Een duidelijke relatie tussen de soortensamenstelling op de plots en de vastgestelde depositie en de samenstelling van het bodemvocht is niet af te leiden.

Een opvallend resultaat uit de metingen in 2009 en 2010 is het feit dat de nitraatconcentraties in het bodemvocht in deze periode hoger zijn dan in de voorgaande meetperiode (2003-2007). De aluminiumconcentraties in het bodemvocht geven aan dat verzuring in de bosbodems nog steeds plaatsvindt. Op basis van de aan- en uitvoer uit de bodem, dat wil zeggen de depositie min de uitspoeling, kan de oorzaak voor de verzuring berekend worden. Die is kwantitatief verklaarbaar op basis van de uitspoeling van nitraat en sulfaat, welke veroorzaakt wordt door de depositie van stikstof en zwavel. Dergelijke aan- en uitvoerbalansen kunnen alleen opgesteld worden op locaties met een intensieve monitoring.

De stikstofdepositie is in Nederland om en nabij het hoogste in heel Europa en de resultaten uit deze monitoring lijken op een opwaartse trend van de stikstofdepositie te wijzen. Deze trend dient nader onderzocht te worden waardoor hij wordt veroorzaakt. Nederland neemt hiermee een speciale plek in binnen Europa. De negatieve effecten van de stikstofdepositie op de natuurkwaliteit maken de monitoring van dergelijke effecten in, met name, Nederland dan ook relevant. Het is dan ook de verwachting dat de monitoring in de komende jaren zeer relevant blijft.

LITERATUUR

Brus, D.J., J.J. de Grijter, W. de Vries 2010. A sampling strategy for estimating plot average annual fluxes of chemical elements from forest soils. *Geoderma* 159, 399-408

De Vries, W., J.J.J. Wieggers, D.J. Brus, 2010. Impacts of design and estimation methods on nutrient leaching of intensively monitored plots in the Netherlands. *Journal of Environmental Monitoring* 12, 1515-1523.

Erisman, J.W., J.J. Möls, P.B. Fonteijn, F.P. Bakker, 2001. Throughfall monitoring at 4 sites in the Netherlands between 1995 and 2000. ECN, Petten, 17 p.

Hilgen, P.R., P.J.H.M. Reuver. 1996. Opname instructie 1996. Vitaliteitsinventarisatie van het Nederlandse bos; meetnet Bosvitaliteit. Informatie- en Kenniscentrum Natuurbeheer. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen Werkdocument IKC Natuurbeheer nr. W-102.

Janssen, J.J., J. Sevenster, P.J. Faber. 1996. Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN-DLO, Wageningen, 202 p.

Leeters, E.E.J.M., W. de Vries, T. Hoogland, B. van Delft, R. Wieggers, D.J. Brus, A.F.M. Olsthoorn, H. van Dobben, A. Bleeker. 2007. What happened to our forests in the last decades? Results of more than ten years of forest ecosystem monitoring in the Netherlands. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1528. 109 p.

Van Leeuwen, E.P., C. Postma, G.P.J. Draaijers, J.W. Erisman, W.A.J. van Pul, 1995. European wet deposition maps based on measurements. RIVM, Bilthoven, 79 p.

BIJLAGE 1 GEDETAILEERDE LOCATIE BESCHRIJVINGEN (IN ENGELS)

Albert Bleeker (ECN)

In 2008 different visits to the individual sites were made, not only for sample collection but also to get an overview of the current status of the sites. In the following paragraphs a more detailed picture of the sites is given.

Dwingelo

The most northern site is located at Dwingelo (more specific Lheebroek). According to the available information the site consisted of Scots Pine with an average height of more than 20m and a crown coverage of more than 75% at establishment of the site. Figure 1 shows an overview of the site in 2008. The picture shows that the site indeed consists of Scots Pine, but due to lacking management of the site and its surroundings, an increase of understory growth of *Prunus Serotina* occurred. In some cases this understory growth is blocking the throughfall samplers, as can be seen in figure 2. The estimate of >75% crown coverage seems too high when looking at figure 3; an estimated 50-75% seems to be more appropriate. This is due to three thinning that occurred about 8 years ago.

Bulk deposition is not measured at Lheebroek, but is taken from the RIVM site Witteveen. The overall distance between Lheebroek and Witteveen is about 25 km, which causes problems when combining the two datasets in terms of spatial representativeness. Another problem related to these datasets is that the measurement periods are not equal, causing additional problems in terms of interpretation.

Figure 1

Overview of the Dwingelo site



Figure 2

Prunus Serotina understory



Figure 3

General picture of the crown cover



Hardenberg

The second site from the north is located at Hardenberg. This is a Douglas Fir site with an average height of more than 20m and a crown coverage between 50-75% at establishment of the site. Figure 4 shows an overview of the site in 2008. At the location of the throughfall samplers the site indeed consists of Douglas Fir, with a crown coverage that might be more than 75% (see figure 5). The throughfall gutter are positioned in such a way that the throughfall is indeed captured, while no understory growth is blocking the flow of water. However, looking at figure 6 it can be questioned if this location fully represents the full characteristics of the site. This becomes increasingly important when the throughfall data are combined with other information from the site (e.g. soil moisture) that are most likely sampled in a larger area around these Douglas Fir trees.

Bulk deposition is measured at a nearby location. Figure 7 shows the bulk sampler, with bird ring in an open area near the Hardenberg throughfall site.

Figure 4
Overview of the Hardenberg site



Figure 5
General picture of the crown cover



Figure 6
Overview of the other vegetation around the throughfall gutters



Figure 7

Bulk sampler at the Hardenberg site



Speuld

The Speuld site (presently run by the National Institute of Public Health and Environment) has been used for different types of measurements by many institutes for more than 25 years and is located in the middle of the Netherlands in the largest forested area called Veluwe. Like Hardenberg, it is listed as a Douglas Fir site, but now with trees of a height of 30-35 metres and a crown coverage of more than 75%.

Figure 8 gives a general overview of the site, while figure 9 gives an impression of the crown coverage.

An important additional feature of the Speuld site is the presence of a 38 meters measurement tower (figure 10), which is now intensively used for measurements in the context of the NitroEurope IP project.

The bulk deposition is taken from the RIVM site at Speulder Veld (distance 7.5 km).

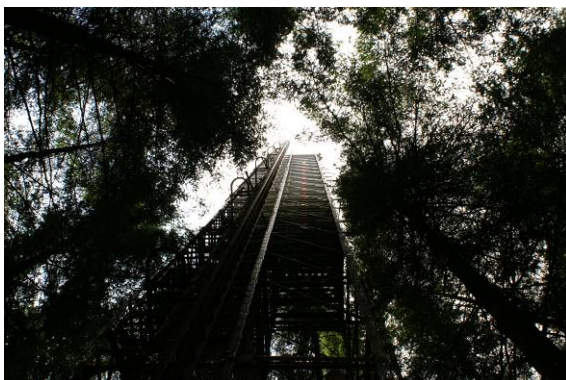
Figure 8
Throughfall samplers at the Speuld site



Figure 9
Overview of the crown cover at the Speuld site



Figure 10
Measurement tower at the Speuld site



Zeist

The second site in the centre of the Netherlands is Zeist. This site is the only one registered as being a deciduous forest (Oak), with an average tree height of 20-25 meters and 50-75 % crown coverage. Figure 11 shows an overview of the site in 2008. At the location of the throughfall samplers the site indeed consists of Oak, with a crown coverage that might be

about 50-75% (see figure 12). However, looking at figure 11 it can be questioned if this location fully represents the full characteristics of the site. At Zeist the Oak trees are mixed with Pine and Beech. Furthermore, there seems to be some sort of management going on. Some of the trees have been cut at the base of the tree, obviously with the purpose of 'killing' the trees (see figure 13). In total about 6 trees in the area of the throughfall samplers have been treated in this way.

The wet deposition data at Zeist is taken from the RIVM site at Bilthoven. The overall distance between Zeist and Bilthoven is about 5 km.

Figure 11
Overview of the Zeist site



Figure 12
Crown cover at the Zeist site

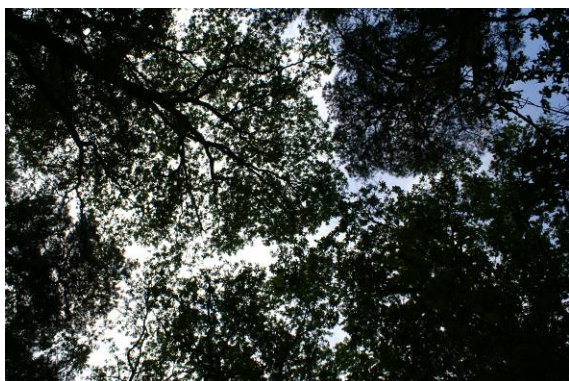


Figure 13

Forest management (?) at the Zeist site



Leende

The most southern of the Netherlands is Leende. This site is a Scots Pine site, with an average tree height of 20-25 meters and 50-75 % crown coverage. Figure 14 shows an overview of the site in 2008. In general the estimate of the crown coverage seems to be correct (see figure 15), although at some locations within the site this estimate is rather high (< 50% is more likely there). A problem of the Leende site is, similar to the Dwingelo site, the undergrowth of *Prunus Serotina*, which is also clear from the overview picture (figure 14).

The wet deposition data at Leende is measured at a nearby site, where bulk deposition is taken ECN bulk samplers (figure 16).

Figure 14

General overview of the Leende site



Figure 15
Crown coverage at the Leende site



Figure 16
Bulk deposition equipment at the Leende site



**BIJLAGE 3 JAARLIJKSE DOORVAL FLUXEN GEMETEN OP DE
VERSCHILLENDE LOCATIES IN 2009 EN 2010**

Tabel 1

Jaarlijkse doorval fluxen gemeten op de vijf locaties en open-veld neerslag gemeten op Hardenberg en Leende in 2009 in mol.ha⁻¹.j⁻¹

site:	NH₄	Na	Mg	K	Ca	Cl	NO₃	SO₄	Tot N	Pot. Acid
Dwingelo	1459	1467	149	549	132	2009	669	350	2128	2829
Hardenberg	1709	1252	170	306	128	1577	999	445	2708	3598
Speuld	1642	1088	197	945	159	1604	927	497	2569	3562
Zeist	1180	815	171	939	183	1388	863	461	2043	2966
Leende	1127	536	64	419	112	907	680	296	1807	2398
of-Hardenberg	1056	732	91	223	103	899	725	351	1781	2484
of-Leende	408	155	19	16	55	164	225	103	633	838

Tabel 2

Jaarlijkse doorval fluxen gemeten op de vijf locaties en open-veld neerslag gemeten op Hardenberg en Leende in 2010 in mol.ha⁻¹.j⁻¹

site:	NH₄	Na	Mg	K	Ca	Cl	NO₃	SO₄	Tot N	Pot. Acid
Dwingelo	1525	1262	125	587	117	1799	697	275	2222	2772
Hardenberg	1763	1099	156	301	113	1453	1125	365	2888	3618
Speuld	1645	853	204	1310	150	1552	993	401	2638	3440
Zeist	1273	808	167	1206	182	1483	1021	382	2294	3059
Leende	1229	492	51	391	85	793	700	322	1929	2573
of-Hardenberg	923	456	69	195	67	552	603	174	1527	1874
of-Leende	503	164	19	28	47	182	333	90	836	1015

**BIJLAGE 4 OVERZICHT VAN DEPOSITIESCHATTINGEN PER LOCATIE
VOOR 2009 EN 2010**

Tabel 2

Jaarlijkse doorval fluxen gemeten op de vijf locaties en open-veld neerslag gemeten op Hardenberg en Leende in 2010 in mol.ha⁻¹.j⁻¹

Location	Dry deposition			Wet deposition			Total deposition			Total Nitrogen	Potential Acid
	NH ₄	SO ₄	NO ₃	NH ₄	SO ₄	NO ₃	NH ₄	SO ₄	NO ₃		
Dwingelo	1150	270	480	420	80	190	1570	350	670	2240	2940
Hardenberg	360	140	380	880	310	620	1230	440	1000	2230	3110
Speuld	1640	380	710	430	110	220	2070	500	930	3000	4000
Zeist	1630	360	690	330	100	180	1970	460	860	2830	3750
Leende	1030	210	490	340	90	190	1370	300	680	2050	2650

Tabel 2

Depositie schattingen per locatie in 2010 in mol.ha⁻¹.j⁻¹

Location	Dry deposition			Wet deposition			Total deposition			Total Nitrogen	Potential Acid
	NH ₄	SO ₄	NO ₃	NH ₄	SO ₄	NO ₃	NH ₄	SO ₄	NO ₃		
Dwingelo	1130	210	500	430	60	190	1560	280	700	2260	2820
Hardenberg	780	230	620	560	140	510	1340	370	1130	2470	3210
Speuld	1590	310	760	430	90	230	2020	400	990	3010	3810
Zeist	1710	300	810	360	80	210	2070	380	1020	3090	3850
Leende	1860	30	540		290	160		320	700		



Stichting Probos Postbus 253 6700 AG Wageningen
tel. +31(0)317-466555 fax +31(0)317-410247 mail@probos.nl www.probos.nl