

# #19 verzuring

Myriam Dumortier<sup>1</sup>, Gerrit Genouw<sup>2</sup>, Johan Neiryck<sup>2</sup>, Stijn Overloop<sup>3</sup>, Philip Van Avermaet<sup>4</sup>, An De Schrijver<sup>5</sup>, Rebecca Devlaeminck<sup>6</sup>

- Er is een duidelijke afname van de depositie van verzurende componenten, maar die vertaalt zich nog niet in bodemchemisch herstel. Om herstel van kwetsbare habitats toe te laten, zal de depositie een tijd lang geringer moeten zijn dan de kritische last.
- Hoe langer de depositie van verzurende componenten in kwetsbare habitats (Habitatrichtlijn) hoger blijft dan de kritische last, hoe verder de verzuring doorgaat en hoe moeilijker en hoe duurder het herstel van die habitats wordt. Eenmaal de depositie van verzurende componenten teruggebracht is tot een duurzaam niveau én de habitats hersteld zijn, kunnen ecosystemen hun natuurlijke draagkracht ten opzichte van verzuring terugvinden.

S Atmosferische depositie van verzurende componenten in bossen



S Overschrijding kritische last verzurende deposities



S Zuurneutraliserende capaciteit van de bodem in bossen



Terwijl het MIRA de volledige verstoringsketen beschrijft, gaat het in het NARA over de elementen die betrekking hebben op natuur. Dit hoofdstuk rapporteert in functie van de doelstelling in het MINA-plan 3, die stelt dat de milieukwaliteit moet worden afgestemd op de ecologische vereiste van kwetsbare soorten en habitats in gebieden in het VEN, de groen-, park-, buffer- en bosgebieden en in de Speciale Beschermingszones (p. 190). De habitats uit de Bijlage I van de Habitatrichtlijn krijgen bijzondere aandacht.

In de toestandbeschrijving van dit hoofdstuk bespreken we de atmosferische depositie van verzurende componenten en de zuurheid van de bodem in natuurgebieden. De bespreking van het beleid focust op het gebiedsgerichte luik van het beleid inzake verzuring.

## 01 Toestand

### 1.1 Atmosferische depositie van verzurende componenten in natuurgebieden

Natuurgebieden in Vlaanderen staan al vele decennia onder invloed van verhoogde atmosferische depositie van verzurende componenten, met een verlies aan biodiversiteit tot gevolg (zie NARA 2003, p. 150). Het MINA-plan 3 (p. 70) streeft op lange termijn (tegen 2030) naar een depositie van 1400 zuurequivalenten/ha.jaar. Een gebiedsgericht beleid moet de deposities lokaal terugdringen tot onder de kritische last van kwetsbare vegetaties (o.a. heide op zandgrond en basenarme vennen). Hierna bespreken we de resultaten uit twee meetnetten die respectievelijk de toestand in bossen en natuurgebieden volgen. Via modellering wordt de depositie vergeleken met de kritische last van kwetsbare ecosystemen.

Sinds 1994 worden op de vijf meetpunten van het bosbodemmeetnet de atmosferische deposities gemeten [133, 134]. Die meetpunten zijn niet representatief voor Vlaanderen. Ze zijn hier waardevol omwille van hun lange cijferreeks. We bespreken twee benaderingen van de resultaten (figuur 19.1).

- De 'totale depositie van verzurende componenten' is de som van het zuurvormende vermogen van gereduceerd

1 Instituut voor Natuurbehoud

2 Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer

3 Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA

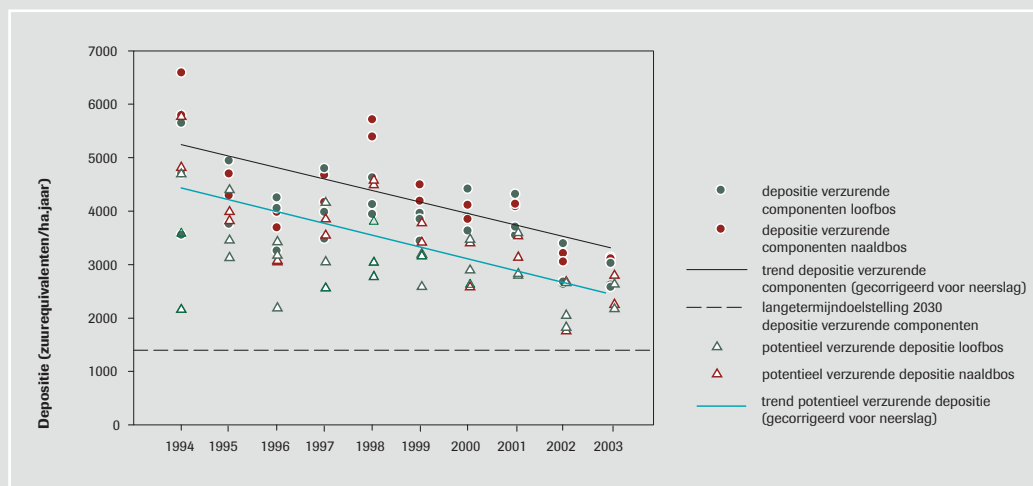
4 Vlaamse Milieumaatschappij

5 Universiteit Gent

6 Katholieke Universiteit Leuven

en geoxideerd stikstof en geoxideerd zwavel, en wordt uitgedrukt in zuurequivalenten (Zeq). Die benadering is relevant om de effecten van de beleidsinspanningen te evalueren. In jaren met meer neerslag zijn de deposities statistisch beduidend hoger. Wanneer we de trend bij constante neerslag berekenen, stellen we vast dat die voor de periode 1994-2003 statistisch zeer beduidend daalt van 5242 naar 3314 Zeq/ha.jaar. Indien de neerslag toe neemt door klimaatsverandering kunnen we wel een vertraging van de afname verwachten. Als de huidige trend zich voortzet, dan zal op de meetpunten tegen 2012 de langetermijndoelstelling worden bereikt. Op niveau Vlaanderen blijft de doelafstand echter groter (MIRA-T 2004). De afname is het resultaat van de vermindering van de emissie van verzurende componenten (MIRA-T 2004).

- De 'totale potentieel verzurende depositie' is de 'totale depositie van verzurende componenten' verminderd met de depositie van basische kationen van niet-maritieme oorsprong (calcium, magnesium en kalium). Tijdens de periode 1993-2002 bufferden de kationen 12 tot 24 % van de verzurende componenten. Een simultane vermindering van de buffercapaciteit vermindert het resultaat van de afnemende depositie van verzurende componenten voor bodem en vegetatie (NARA 2003, p. 149). Ook hier zijn in jaren met meer neerslag de deposities statistisch significant hoger. Wanneer we de trend bij constante neerslag berekenen, stellen we vast dat ze voor de periode 1994-2003 statistisch beduidend daalt van 4456 naar 2482 Zeq/ha.jaar. De vermindering van de buffercapaciteit blijkt niet tot een vertraging van de afname te leiden. De gegevens mogen niet met de beleidsdoelstelling worden vergeleken, aangezien daar de depositie van basische kationen mee in rekening is gebracht.



Figuur 19.1: 'Totale depositie van verzurende componenten\*', 'totale potentieel verzurende depositie' en trendlijnen bij constante neerslag\*\* in het bosbodemmeetnet (doorval + stamafvloei + kroonopname) (1994-2003) (brongegevens: [133, 134]).

\* De volledige dataset werd gevalideerd waardoor de cijfers in beperkte mate afwijken van NARA 2003.

\*\* Repeated measurements analysis (auto-regression)

Het depositiemeetnet verzuuring volgt sinds 2002 de depositie van verzurende componenten in negen natuurgebieden [387, 385]. De meetpunten werden zo geselecteerd dat ze als input kunnen dienen voor de modellering van de achtergrondconcentraties in Vlaanderen. De metingen gebeuren boven grasland of heide, op voldoende afstand van lokale bronnen. Graslanden vangen minder pollutanten op dan bossen, vooral omwille van hun geringere landschapelijke ruwheid. Toch liggen de graslandgegevens uit het depositiemeetnet (1600-3400 Zeq/ha.jaar) in dezelfde grootteorde als de loofbosgegevens uit het bosbodemmeetnet (2600-3400 Zeq/ha.jaar). Dat heeft vooral te maken met de meetmethodes die nog onvoldoende op elkaar zijn afgestemd (zie punt 3). Het laat zien dat de absolute cijfers omzichtig moeten worden behandeld. Over de bovenstaande trend bestaat wel geen twijfel.

De kritische last is de maximaal toelaatbare depositie van verzurende componenten voor een bepaald ecosysteem waarbij op lange termijn geen schadelijke effecten optreden. Die effecten kunnen betrekking hebben op vegetatie, bodem en grondwater. De kritische last is voor elke locatie verschillend, afhankelijk van bodem en vegetatie. De

mediaan van de kritische lasten voor de bescherming van plantenwortels tegen aluminiumtoxiciteit in Vlaanderen is voor loofbos 2753 Zeq/ha.jaar en voor naaldbos 3086 Zeq/ha.jaar. Voor neutraalzuur en zuur grasland is de mediaan kritische last voor het behoud van de bodemzuurgraad respectievelijk 2157 en 2288 Zeq/ha.jaar [314]. De strengere mediane kritische last voor het vrijwaren van het zuurbufferende vermogen van de bosbodem is 1500 Zeq/ha.jaar [238]. De oppervlakte kwetsbare vegetatie waar de kritische last wordt overschreden, is een goede indicator voor de druk van de depositie van verzurende componenten op de natuur. Die werd op niveau Vlaanderen berekend aan de hand van het atmosferische verspreidingsmodel (Operationeel Prioritaire Stoffen of OPS-model), rekening houdende met denitrificatie (MIRA-T 2004). Er wordt geen rekening gehouden met andere oorzaken van verzuring of buffering, zodat de indicator in verband kan worden gebracht met de beleidsinspanningen inzake emissiereductie. In figuur 19.2 blijkt een daling van de oppervlakte waar de depositie van verzurende componenten leidt tot verdere beschadiging van plantenwortels door aluminiumtoxiciteit (bos) of overschrijding van de zuurgraad (grasland en heide). In 2003 was in respectievelijk nog 61 %, 26 % en 41 % van de oppervlakte bos, heide en soortenrijk grasland de depositie hoger dan de bijhorende kritische last. Samen maakt dat 53 % van de oppervlakte kwetsbaar terreestrisch ecosysteem. De sterke daling in 2003 heeft met de geringe neerslag gedurende dat jaar te maken. Aangezien het om een modellering gaat moeten ook hier de absolute waarden omzichtig worden gebruikt. Toch is de trend duidelijk.

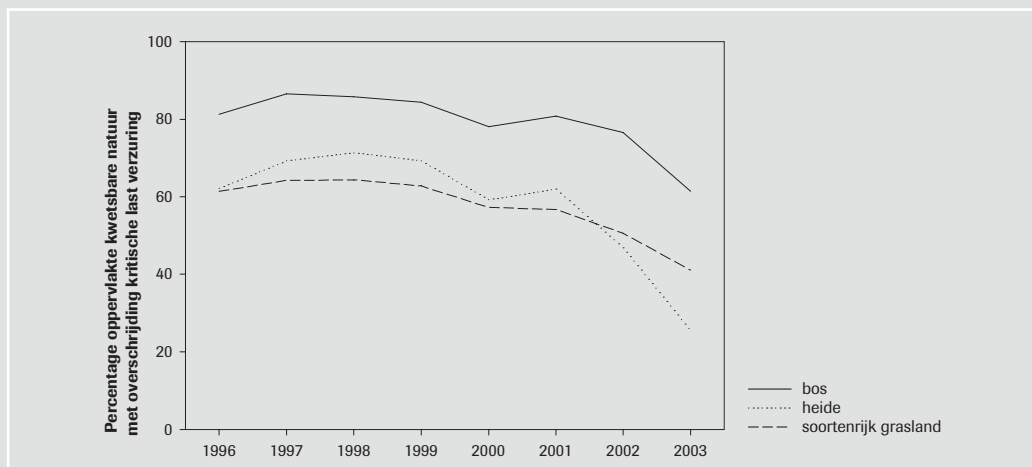
#### Ruimtelijke variatie in atmosferische deposities

**Uit een Nederlandse analyse blijkt dat natuurgebieden van meer dan 5000 ha gemiddeld 1700 stikstofequivalenten/ha.jaar ontvangen, in natuurgebieden van 10 tot 100 ha is dat 2500 stikstofequivalenten/ha.jaar en in gebieden van 0 tot 10 ha 3600 stikstofequivalenten/ha.jaar [222]. De relatie werd ook voor Vlaamse bossen en natuurgebieden uitgetest, maar kon niet worden bewezen. Nochtans is het logisch: in grote bos- en natuurgebieden bevinden de lokale bronnen zich gemiddeld op grotere afstand dan in kleine bos- en natuurgebieden.**

**Bij bossen speelt bovendien het bosrandeffect. Grote bossen vangen per oppervlakte gemiddeld minder deposities op dan kleine bossen omdat hun aandeel bosrand kleiner is. In externe bosranden is de depositie van verzurende componenten gemiddeld anderhalf tot twee keer hoger dan in de boskernen [91, 28, 108]. Die verhoogde depositie is het gevolg van de nabijheid van de bronnen en van de landschappelijke ruwheid van bosranden. Bosranden verstoren het verticale windprofiel en zorgen voor verhoogde uitwisseling met de vegetatie. Het randeffect vermindert naarmate dieper in het bos wordt gemeten. Na 15 à 180 m bereikt de depositie een vrijwel constante waarde. De breedte van de randzone hangt af van de boomsoorten en de bosstructuur [397]. Onderzoek in een zuidwestgerichte rand in Bertembos wees op een randzone met verhoogde deposities van 50 m [108]. Een eenvoudige extrapolatie laat zien dat 58 % van het versnipperde Vlaamse bosareaal zich binnen 50 m van een externe bosrand bevindt en dus aan dergelijke verhoogde deposities onderhevig kan zijn. Dit wil zeggen dat de kritische lasten meer worden overschreden dan hierboven aangegeven.**

### 1.2 Bodemzuurheid in natuurgebieden

Bodemverzuring is een natuurlijk proces dat wordt versneld door depositie van verzurende componenten en (historisch) onoordeelkundig beheer. Tot hoeveel actuele zuurheid de totale potentieel verzurende depositie leidt, hangt af van de reacties met stikstof en zwavel in de bodem en van interne verzuringsprocessen (opname van basische kationen door de vegetatie, partiële afbraak van strooisel). Uit een recente analyse van bosbodems op de 72 meetpunten van het bosvitaliteitsmeetnet blijkt dat op 71 % van die meetpunten de zuurgraad (pH-water) in de bovenste horizont gelijk of lager is dan 4, een vaststelling die eerder al in andere onderzoeken naar voor kwam (o.a. [234, 357]). Onze



Figuur 19.2: Percentage van de oppervlakte bos, heide en soortenrijk grasland met overschrijding van de kritische last verzuuring (1996-2003) (brongegevens: (MIRA-T, 2004).



Figuur 19.3: Zuurneutraliserende capaciteit van de bodem (calcium + magnesium + kalium + natrium - sulfaat - nitraat - chloride) in het bosbodemmeetnet (1994-2003) (brongegevens: [237, 133, 134]).

bosbodems behoren tot de zuurste van Europa [357], maar dat is ook van nature het geval.

Bodemverzuuring leidt tot aluminiumvrijstelling. Vanaf een zuurgraad van 4 komt het vrijgestelde aluminium rechtstreeks in de bodemoplossing terecht waar het de zuurgraad zal bufferen. In die omstandigheden is de basenreserve van het uitwisselingscomplex reeds grotendeels verdreven. Uit het bosbodemmeetnet [133, 134] blijkt dat de afname van de depositie van verzurende componenten zich niet vertaalde in een vermindering van aluminiumuitspoeling naar het grondwater. Tussen 1994 en 2003 werd, mede door de grote interjaarlijkse verschillen in neerslagoverschot, geen duidelijke trend in aluminiumuitspoeling vastgesteld. De afwezigheid van een direct verband met de depositietrend houdt mogelijk verband met processen die een tijdelijke opslag van aluminium in de bodem veroorzaken [278]. De aluminiumuitspoeling is hoger onder naaldbos dan onder loofbos (respectievelijk 2743 en 1221 Zeq/ha.jaar). Dat is een gevolg van de combinatie van de eigenschappen van naaldbomen en de zandige bodems waarop ze groeien.

De molaire calciumaluminiumverhouding is een maat voor de zuurtoxiciteit van het bodemwater voor de planten [77]. Een verminderende depositie van verzurende componenten zou in een toename van de ratio en een afname van de toxiciteit moeten resulteren. In de proefvlakken van het bosbodemmeetnet wordt echter geen verbetering vastgesteld [133, 134, 237].

De zuurneutraliserende capaciteit van de bodem is een andere zinvolle indicator om bodemverzuuring te evalueren

(figuur 19.3). Om tot een herstel van de basenverzadiging van de bodem te komen, moet de zuurneutraliserende capaciteit positief zijn. We stellen vast dat de sterk negatieve waarden dan verdwijnen, maar dat er nog steeds geen positieve waarden worden gemeten. Om dat bodemchemische herstel te initiëren is een verdere daling vereist van de depositie onder de kritische last met betrekking tot bodemverzuring. Bepaalde kortetermijnbufferprocessen (sulfaat-desorptie, organisch materiaal) kunnen het bereiken van die bodemchemische limiet vertragen.

Bodemchemisch herstel kan dus pas ingaan wanneer de verzurende depositie lager is dan de kritische last. Daarna kan biologisch herstel volgen. Zoals de negatieve effecten gebufferd worden, is dat ook voor herstel het geval (zie ook hoofdstuk 18 Vermesting). In het kader van de Conventie van Genève over Grensoverschrijdend Transport van Luchtverontreiniging (1993) wordt gewerkt aan een meer dynamische toepassing van kritische lasten die herstel en de hersteltijd in rekening brengt, de zogenaamde 'target loads'. Op basis daarvan wil men een tijdpad voor de vermindering van deposities uitstippelen zodat ecosystemen kunnen herstellen. Hoe lang en in welke mate de depositie onder de kritische last moet blijven om bodemherstel toe te laten, hangt af van bodem en vegetatie, en van hoeveel verzurende componenten in het verleden in het ecosysteem zijn terechtgekomen.

De benadering houdt geen rekening met verzuring door (historisch) onoordeelkundig beheer.



### **Klokjesgentiaan, een bijzonder gevoelige soort**

**De klokjesgentiaan is een kwetsbare soort die overal achteruitgaat. De verspreiding is nu bijna volledig teruggedrongen tot de reservaten en militaire domeinen in de Kempen [401]. Ook daar blijft de soort achteruitgaan.**

**In NARA 2003 (p. 150) bleek hoe de klokjesgentiaan niet kiemt bij een zuurgraad onder de 4,2. Klokjesgentiaan is een soort van natte en voedselarme standplaatsen met een geringe schommeling van de watertafel en een regelmatig maairegime. Het is een soort die een zeer specifieke milieukwaliteit vereist, o.a. voor zuurheid en vochttoestand.**

© Rollin Verlinde

## **02 Beleid**

Terwijl het MIRA het generieke emissiereductiebeleid evalueert, focust het NARA op de gebiedsgerichte verscherping daarvan, op maatregelen binnen de bosbouw en op effectgerichte maatregelen binnen het natuurbeheer.

### **2.1 Gebiedsgericht verscherpt emissiereductiebeleid**

In 2003 waren in Vlaanderen de land- en tuinbouw verantwoordelijk voor 96 % van de ammoniakemissie (MIRA-T 2004). In tegenstelling tot stikstof- en zwaveloxiden, komt die component doorgaans op minder lange afstand van de bron op de bodem terecht (o.a. [19, 176]). In principe kan voor de component het generieke beleid worden aangevuld met gebiedsgerichte maatregelen in en rond de natuur- en bosgebieden.

Doordat nog steeds de helft van de oppervlakte kwetsbare natuur onder invloed staat van deposities die hoger zijn dan de kritische last (zie punt 1.1), is het instellen van gebiedsgerichte maatregelen momenteel niet opportuun (MIRA-T 2004, [225]). Er zou kunnen worden uitgerekend waar de depositie het moeilijkst onder de kritische last zal geraken, maar die modelleringen zijn onvoldoende nauwkeurig om op lokaal niveau te worden gebruikt. Bovendien is het herstelpad van de bodem daarmee nog niet in rekening gebracht (zie punt 1.2).

Ook de versnippering van bos- en natuurgebieden bemoeilijkt het instellen van gebiedsgerichte maatregelen. Kleine gebieden ondergaan een hogere depositiedruk (zie kader over ruimtelijke variatie), maar de oppervlakte van hun bufferzones loopt al snel hoog op ten opzichte van de oppervlakte te beschermen natuur. In het kader van het Vlaams Ecologisch Netwerk is het wel de bedoeling kleine gebieden met grote biologische waarde uit te breiden tot grotere eenheden natuur (zie hoofdstuk 31 VEN).

## 2.2 Maatregelen binnen de bosbouw

Het hoge aandeel naaldbos in Vlaanderen (36 % van de bosoppervlakte [13], is eveneens een oorzaak van bodemverzuring (zie punt 1.2). Via de criteria duurzaam bosbeheer streeft het bosbeleid naar een verhoging van het aandeel inheems loofbos (zie hoofdstuk 26 Bosbouw). Er is de laatste decennia een verschuiving naar meer loofbos aan de gang (zie hoofdstuk 11 Bossen en struwelen). Aan een verhoging van het aandeel loofbos wordt een vierledig verbeterend effect toegerekend: minder captatie van verzurende componenten door het boscysteem, meer consumptie van stikstof door de vegetatie zelf, een betere ontsluiting en circulatie van nutriënten waardoor voedingsonevenwichten worden vermeden en een verhoogde stikstofexport bij exploitatie [449, 388, 292].

Het gebruik van zware machines bij bosexploitatie veroorzaakt bodemverdichting, waardoor de microbiële bodemactiviteit en bijgevolg ook de zuurgraad van de bodem afnemen. Omgekeerd vermindert verzuring de capaciteit van bodems om zich te herstellen na bodemcompactie. Het beleid hierover wordt in hoofdstuk 26 Bosbouw behandeld.

## 2.3 Effectgericht natuurbeheer

Wanneer het brongerichte beleid ontoereikend is, en om historische verstoringen te neutraliseren, zijn effectgerichte maatregelen vereist. Het gaat om plaggen, afgraven, baggeren en eventueel bekalken. Het zijn dikwijls dure maatregelen, die essentieel zijn om sterk bedreigde soorten en habitats te behouden (Habitatrichtlijn). Een effectiever brongericht beleid kan een hele besparing betekenen. Voor de 28.700 ha droge heide in Nederland betekent een daling van de depositie onder de kritische last een besparing van 1,4 miljoen euro in beheerkosten [392].

Plaggen is een veel uitgevoerde maatregel. Zo werd op de terreinen van AMINAL afdeling Natuur Limburg in 2003 6,6 ha geplagd [230]. In NARA 2003 bleek hoe plaggen niet altijd het verhoopte effect oplevert. Recent onderzoek in Nederland laat zien dat de ammoniumconcentraties hierbij een rol kunnen spelen en dat een combinatie met wetenschappelijk voorbereid bekalken - soms van het inrijgebied - wel een oplossing kan bieden [114]. Bekalken kan ook tot een verhoogde vrijstelling van nutriënten leiden en dient dus omzichtig te gebeuren. In Vlaanderen wordt momenteel ad hoc en op zeer kleine schaal met bekalken geëxperimenteerd, o.a. in de Kempen (bv. Kijkverdriet en Zwart Water) en in West-Vlaanderen (bv. Zandvoordebos, Polygonebos en Vierlingen [111]).

In verzuurde stilstaande wateren geeft baggeren evenmin een garantie op resultaat [51]. Bij te hoge ammoniumconcentraties domineren knolrus en veenmossen. Doelsoorten van de oeverkruidklasse kunnen er niet tot ontwikkeling komen. Bekalken betekent soms slechts enkele jaren verbetering, waarna de maatregel moet worden herhaald. Een andere oplossing is de aanvoer van voedselarm alkalisch grondwater.

Mitigerende maatregelen zoals bekalken moeten worden gezien als tijdelijke maatregelen met het oog op het behoud van kwetsbare soorten of vegetaties. Die maatregelen moeten gericht zijn op het overbruggen van de periode tot de depositie onder de kritische last daalt en de bodem regenerereert. Blijvend bekalken is geen duurzame maatregel in het natuurbehoud.

**03 Kennis**

Er is een verdere afstemming vereist tussen de depositiemetingen in het bosbodemmeetnet (IBW) en in het depositiemeetnet verzuring (VMM). In het bosbodemmeetnet worden natte en droge deposities opgevangen met bulkcollectoren, waarna de concentraties in het neerslagwater worden bepaald. Die rechtstreekse bepaling in bos levert enkel voor stikstof problemen op. Modellen voor de kwantificering van kroonopname van stikstof moeten nog worden verbeterd. In het depositiemeetnet verzuring worden natte deposities opgevangen met een 'wet only sampler' en worden droge concentraties in de lucht gemeten. Deze worden - gebruikmakend van de depositiesnelheid en de vegetatieruwheid - omgerekend naar droge deposities. De bepaling van de depositiesnelheid is nog onzeker. Onderzoek toonde aan dat bij hoge concentraties de kroonweerstand groter en de depositiesnelheid (o.a. van ammoniak) kleiner wordt [238]. De metingen van droge depositiefluxen van o.a. ammoniak en sulfaat (gradiëntmethode, 'eddy covariance') is het meest nauwkeurig maar is zeer duur en tijdrovend.

Een belangrijke vraagstelling in het kader van de Conventie van Genève over Grensoverschrijdend Transport van Luchtverontreiniging is in welke mate het generieke beleid voor emissiereductie moet verdergaan na 2010 om natuurherstel mogelijk te maken. Het concept 'target loads' (zie punt 1.2) kan een gedeeltelijk antwoord geven op die vraag.

De ontwikkeling van geïntegreerde monitoring - o.a. op (een aantal) meetpunten van het depositiemeetnet verzuring - verdient een hogere prioriteit. Geïntegreerde monitoring leidt tot hypothesen over oorzakelijke verbanden tussen o.a. verzuringsprocessen en de toestand van soorten. Die kunnen experimenteel uitgetest worden en als basis dienen voor wetenschappelijk onderbouwde maatregelen. Die monitoring focust bij voorkeur op de habitats uit de bijlage van de Habitatrichtlijn (diverse heidehabitats, oligotrofe wateren, heischrale graslanden, laagvenen, borstelgraslanden, diverse boshabitats).

Soorten die door verzuring worden bedreigd, hebben vaak een heel smalle ecologische amplitude [251]. Voor hun herstel dient nauwkeurig aan de milieukwaliteit te worden gesleuteld. Experimenten met bekalken vereisen wetenschappelijke voorbereiding en opvolging.

Met medewerking van:

Luc De Bruyn - Instituut voor Natuurbehoud  
Karin Praet - Instituut voor Natuurbehoud

Lectoren:

Annick Goossens - Vlaamse Landmaatschappij, Mestbank  
Dirk Libbrecht - Ecolas  
Dirk Van Gijsegem - Administratie voor Land- en Tuinbouw  
Kurt Van Rompaey - Universiteit Gent, vakgroep Geologie en Bodemkunde  
Wouter Vanreusel - Universiteit Antwerpen, departement Biologie  
Axel Verachtert - AMINAL, Directoraat-generaal

**#19**

01 Toestand

02 Beleid

03 Kennis