

Stikstofdepositie in kalkrijke en kalkarme duinen: gaat het wel zo goed?

Annemieke Kooijman, Arjan van Hinsberg, Erik Noordijk, Mark van Til & Casper Cusell

Volgens de Natuurbalans van 2006 gaat het al sinds 2003 goed met de duinen. In driekwart van de duingebieden zou de kritische stikstofdepositie niet meer worden overschreden. Hoewel de N-depositie vergeleken met andere delen van Nederland relatief laag is, zien de duinbeheerders deze gunstige ontwikkelingen niet terug in de vegetatie. De vraag is waarom niet. Alle reden om nog eens kritisch te kijken naar de stikstofwaarden in de duinen. Het gaat dan om N-depositie en kritische depositie waarden (KDW) die ten grondslag liggen aan de kaartjes in de Natuurbalans, een erfenis uit het verleden en de variatie in gevoeligheid voor hoge N-depositie in verschillende duingebieden, wat consequenties heeft voor het beheer.

Stikstofdepositie

De depositie van stikstof (N-depositie) bestaat uit ammoniak en stikstofoxiden. Ammoniak is hoofdzakelijk afkomstig uit de landbouw en is een agressieve stof die snel reageert met planten en bodem in de buurt. Ammoniak slaat dan ook vooral in de buurt van de bron weer neer. Ammoniakdepositie is verantwoordelijk voor 60-70% van de totale N-depositie. Het is echter lastig deze precies te bepalen, omdat de variatie op korte afstand zo groot is. De depositie van stikstofoxiden is beter meetbaar. Stikstofoxiden zijn afkomstig van verkeer en industrie, maar zijn minder reactief dan ammoniak en kunnen over grote afstanden getransporteerd worden. Ze komen met de neerslag naar beneden. Omdat depositiepatronen dankzij de ammoniakdepositie zo grillig zijn, wordt de N-depositie voor heel Nederland gemiddeld met een model, het zogeheten

'Operational Priority Substances' of OPS-model (van Jaarsveld, 2004). Het model wordt ondersteund door metingen, o.a. in de acht locaties van het landelijk meetnet luchtverontreiniging. In natuurgebied is er echter maar een meetpunt, namelijk de Zilk, aan de binnenduintrand van de Amsterdamse waterleidingduinen. Om die

reden is in 2005 het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) gestart (Stolk et al., 2009). Van de 125 meetpunten liggen er 27 in de duinen, verdeeld over zes gebieden (tabel 1).

Volgens het OPS-model wordt de N-depositie in de duinen gedomineerd door stikstofoxiden, omdat de bijdrage van de landbouw relatief gering is. Desalniettemin zijn in de duinen de gemeten ammoniakconcentraties vrijwel overal hoger dan de gemodelleerde waarden (Kooijman et al., 2009a). Langs de Hollandse kust zijn de gemeten waarden gemiddeld twee keer zo hoog als de modelwaarden. In het Waddengebied zijn de gemeten ammoniakconcentraties zelfs vier keer zo hoog. Dit roept de vraag op of de gemodelleerde N-depositie niet veel te laag is ingeschat.

	ammoniak (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	stikstofoxiden (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	totaal stikstof (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)
Terschelling	3,5	6,3	9,8
Vlieland	2,8	6,0	8,8
Zwanewater	5,3	7,0	12,3
Amsterdamse Waterleidingduinen	6,3	8,8	15,1
Meijendel	7,0	9,1	16,1
Voornes Duin	7,0	9,5	16,5

Tabel 1. Gemodelleerde deposities in kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ (oude OPS-versie incl. ammoniakcorrectie), gemiddeld over de MAN-locaties per natuurgebied voor 2005, uitgaande van een gemiddeld meteorologisch jaar. Gegevens zijn afkomstig uit Kooijman et al. (2009a).

Relatief goed ontwikkelde kalkarme duinen met vergrassing door Zandzegge (*Carex arenaria*). Hier op Spielerog (foto: Annemieke Kooijman).

Kritische N-depositie van duinvegetaties

De kritische N-depositie waarde (KDW) moet gezien worden als het niveau waarboven wel en waaronder geen significant negatieve effecten ontstaan. Voor duingraslanden (prioritair habitatype van de Habitatrictlijn, H2130) is de internationale range vastgesteld op 10-20 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹. In Nederland wordt wat betreft KDW onderscheid gemaakt tussen kalkrijke en kalkarme vegetatietypen (van Dobben & van Hinsberg, 2008). Kalkrijke duingraslanden zijn iets minder gevoelig dan kalkarme, wat met name te maken heeft met verschillende regulatie van N- en P-beschikbaarheid in de bodem, waarover later meer. Volgens de huidige stand van zaken hebben kalkrijke duingraslanden een KDW van 16,2-19,7 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹, afhankelijk van het vegetatietype, en kalkarme duinen een kritische N-depositie van 11,1-14,1 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹. Het is echter de vraag of deze waarden wel juist zijn, met name voor kalkarme duingraslanden. In het duingebied rondom de Oostzee wordt vergrassing al waargenomen bij een N-depositie van 5-8 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹ (Remke et al., 2009).

Daarnaast is het de vraag of de KDW op gebiedsniveau wel helemaal klopt. Voor de analyse van de plaatsen in Nederland waar de N-depositie nog te hoog is, is de KDW op gebiedsniveau gebaseerd op de Ecotopekaart (Runhaar et al., 2003) in plaats van op een Habitattypenkaart; die was nog niet beschikbaar. Op een habitattypenkaart worden bijvoorbeeld kalkrijke grijze duinen (H2130) en duindoornstruweel (H2160) apart weergegeven. Dat is nuttig, omdat de KDW van duindoornstruweel veel hoger is dan die van grijze duinen. Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) is immers een stikstofbinder. De ecotopekaart is echter gebaseerd op verschillende standplaatsen en maakt geen onderscheid tussen habitattypen die op dezelfde standplaats kunnen voorkomen. Er is wel gecorrigeerd voor gras, bos en water, maar kalkrijke grijze duinen (H2130) en duindoornstruweel (H2160) zijn samengenomen binnen hetzelfde ecotoop. De twee habitattypen hebben binnen dit ecotoop wel hetzelfde gewicht gekregen, maar voor gebieden met veel duingrasland betekent dit toch een overschatting van de KDW. En dat leidt tot een onderschatting van de werkelijke overschrijding van de KDW.

Overschrijding kritische stikstofdepositie N (mol/ha per jaar)

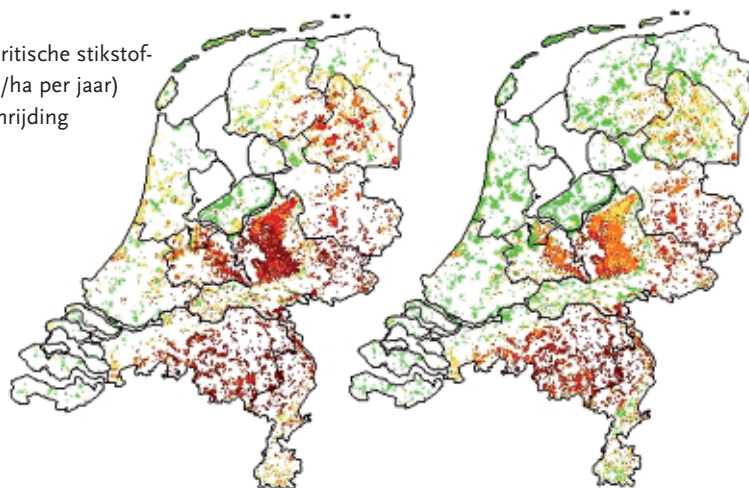


Fig. 1. Overschrijdingen van de kritische N-depositie onder natuuroelstellingen die op verschillende schaalniveaus worden gedefinieerd (Lammers et al., 2005). Links de toepassing van de kritische depositie voor het meest gevoelige natuuroeltype, rechts de toepassing van gewogen kritische deposities van meerdere natuuroeltypen.

Het is natuurlijk wenselijk zo goed mogelijk in te schatten hoe groot de overschrijding van de KDW werkelijk is. Maar gezien de Natura2000-doelstelling om duingrasland (grijze duinen) te behouden, de oppervlakte uit te breiden en de kwaliteit te verbeteren is het misschien beter om het simpel te houden en per gebied uit te gaan van het meest gevoelige habitatype. Het kaartje van de overschrijding is alleen dan al een stuk minder positief (fig. 1).

De erfenis uit het verleden

Behalve met de huidige N-depositie, die ten opzichte van de jaren 1980-90 al flink is gedaald, hebben duinbeheerders te maken met de erfenis uit het verleden. Er is in de afgelopen decennia tot ca 30 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹ terecht gekomen in het duinecosysteem. Slechts een deel daarvan is uitgespoeld naar het grondwater of verdwenen via denitrificatie. Een fors gedeelte is waarschijnlijk opgeslagen in de bodem. Het is echter niet bekend in hoeverre deze N nog beschikbaar is voor de vegetatie en of dit verschilt tussen bijvoorbeeld kalkrijke en kalkarme bodems. Misschien nog wel belangrijker dan de extra hoeveelheid N in het duinecosysteem is de extra verzuring en het vrijkomen van P door de oplossing van calciumfosfaat. Verzuring is in de duinen een natuurlijk proces maar was met name in de jaren 1980-90 door de hoge zwaveldepositie veel hoger dan normaal. De zwaveldepositie is inmiddels onder controle, maar ook depositie van stikstofoxiden zorgt voor verzuring. De schattingen van de zuurdepositie in de duinen lopen voor de jaren negentig uiteen van 1420-3800 mol. ha⁻¹.jaar⁻¹. Wat rekenwerk laat zien dat dit in een bodem met 4% kalk kan leiden tot een extra verlaging van het kalkfront van ca 4,3-11,4 mm

in 20 jaar, wat aanzienlijk is vergeleken met de natuurlijke verzuring van 12-18 mm per 20 jaar (Stuyfzand, 1993). In een relatief kalkarme bodem met 0,4% kalk kan de extra verlaging van het kalkfront in 20 jaar oplopen tot 43-114 mm.

Deze versnelde verzuring is niet alleen gepaard gegaan met een versneld verlies aan kalkminnende soorten, maar in kalkhoudende bodems ook met het versneld vrijkomen van fosfaat. In de kalkrijke duinen zit in iedere millimeter van de bodem ca 60 mg.m⁻² P in de vorm van calciumfosfaat (Kooijman et al., 1998). Extra ontkalking leidt tot een grote hoeveelheid P die beschikbaar komt voor de vegetatie. In combinatie met de hoge N-depositie heeft dit geleid tot hogere biomassa-productie. Daar bleef het niet bij, want hogere biomassa-productie leidt zelf weer tot sterkere verzuring via verhoogde opname van kationen door de wortels waarbij zuur wordt afgegeven. Ook leidt hogere strooiselininput tot hogere concentraties CO₂, dat bij afbraakprocessen vrijkomt en verzurend werkt. Door deze interne verzuring werd in kalkhoudende bodems de oplossing van calciumfosfaat nog weer sterker, vooral nabij het kalkfront, en de vegetatie productiever dan ooit.

Maar misschien wel net zo belangrijk als versnelde verzuring en successie is het verlies aan natuurlijk herstelvermogen, door het ontbreken van verstuiwingsdynamiek. Jarenlang is vrijwel al het stuivende zand vastgelegd, niet alleen in de zeereep maar ook in het binnenduin. Door verstuiwing kan kalkhoudend zand weer aan de oppervlakte komen en niet alleen zorgen voor een hogere pH, maar ook voor de vastlegging van P in de vorm van calciumfosfaat. Daarnaast wordt door verstuiwing ook de N-beschikbaarheid gereduceerd.

Lage gevoeligheid voor N-depositie in kalkrijke bodems

Niet alle duingebieden zijn even gevoelig voor hoge N-depositie. Voor de benutting hiervan maakt het uit hoe de N-beschikbaarheid in de bodem wordt gereguleerd en of de extra N beschikbaar blijft voor de vegetatie of wordt opgeslagen in de bodem. Daarnaast is belangrijk of de P-beschikbaarheid hoog of laag is. Als P een beperkende factor is, kan de N-depositie nog zo hoog zijn, maar leidt dit niet tot meer plantengroei.

Kalkrijke duinen, met kalkhoudend zand tot aan het oppervlak, kunnen een hogere N-depositie verdragen dan kalkarme duinen of duinen met ontkalkte bodems. Dit heeft ten dele te maken met verschillen in micro-organismen in de bodem. Kalkhoudende bodems hebben vooral veel bacteriën en zure bodems veel schimmels. In kalkhoudende bodems hebben de micro-organismen een grotere behoefte aan stikstof dan in zure bodems, o.a. omdat bacteriën een lagere C:N ratio en een snellere levenscyclus hebben dan schimmels. In kalkrijke bodems verloopt de afbraak van organische stof sneller dan in zure bodems en is de totale hoeveelheid stikstof die wordt vrijgemaakt (bruto N-mineralisatie) hoger. Maar door de hoge microbiële N-behoefte kan de hoeveelheid stikstof die netto vrijkomt, en voor de vegetatie beschikbaar is (netto N-mineralisatie), relatief laag zijn, ondanks de hoge bruto N-mineralisatie (Kooijman & Besse, 2002). En omgekeerd, in zure bodems is de netto N-mineralisatie relatief hoog, ondanks de lage bruto N-mineralisatie, dankzij de lage microbiële N-behoefte.

Deze verschillen in microbiële N-behoefte en activiteit hebben gevolgen voor de manier waarop de extra N van de atmosferische N-depositie benut wordt. In zure bodems wordt deze extra N-input maar voor een klein deel door micro-organismen vastgelegd. Er blijft dus relatief veel N beschikbaar voor de vegetatie, waardoor vergrassing wordt gestimuleerd. In kalkrijke bodems daarentegen, nemen micro-organismen een relatief groot deel van de extra N-input zelf op. Dat komt gedeeltelijk wel weer terug in de vorm van recycling, maar een fors deel verdwijnt waarschijnlijk uiteindelijk in stabiele organische stof in de bodem (Sjöberg & Persson, 1998). De hoeveelheid N die voor de vegetatie overblijft is dan betrekkelijk gering en de vergrassing minder sterk dan op zure bodems.

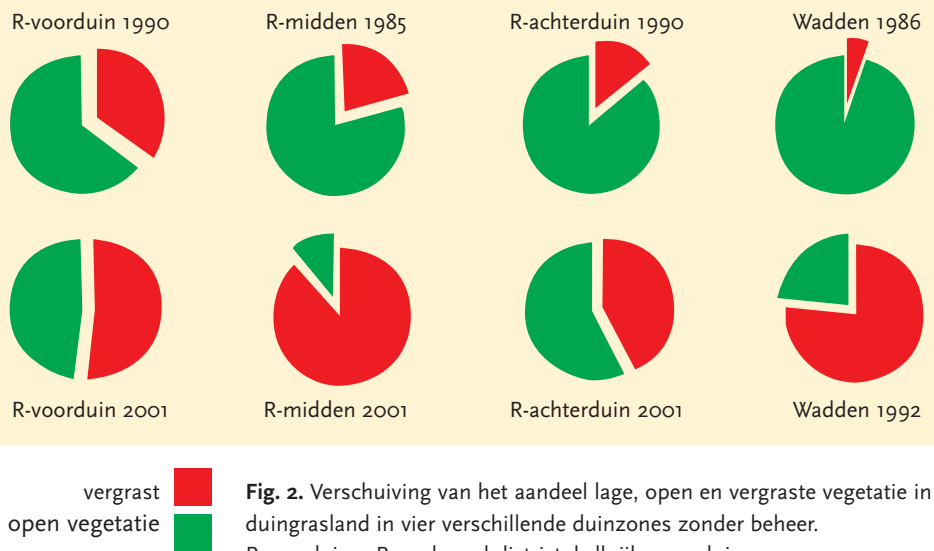


Fig. 2. Verschuiving van het aandeel lage, open en vergraste vegetatie in duingrasland in vier verschillende duinzones zonder beheer.

R-voorduin = Renodunaal district, kalkrijke voorduinen;

R-midden = Renodunaal district, ondiep ontkalkte middenduinen;

R-achterduin = Renodunaal district, diep ontkalkte achterduinen;

Wadden = Wadden district, ontkalkte, ijzerarme bodems.

De gegevens zijn afkomstig uit Kooijman et al. (2009a). Bij gebrek aan goede luchtfoto's zijn er geen recente gegevens.

Vergrassing is in kalkrijke duinen ook minder sterk, omdat de bodems naast een relatief lage N-beschikbaarheid ook een lage P-beschikbaarheid hebben. Door de hoge pH en calciumgehalten wordt vrijwel alle fosfaat vastgelegd in calciumfosfaat, ook dat wat vrijkomt gedurende de afbraak van organische stof (Kooijman & Besse, 2002). Zolang de bodem kalkhoudend is en de pH hoog, blijft dit in onoplosbare vorm in de bodem zitten. Kalkrijke bodems zijn dus in zekere zin dubbel beschermd tegen hoge N-depositie en alleen plantensoorten die efficiënt met fosfaat kunnen omgaan profiteren er van. Wel is door de erfenis uit het verleden de kalkrijkdom van de bovengrond verminderd. Het is belangrijk dat deze weer wordt aangevuld, bijvoorbeeld door lichte verstuing.

Hoge gevoeligheid voor N-depositie in kalkarme bodems

Zodra de bodem ontkalkt raakt en de pH beneden de 6,5 zakt, ziet het er echter veel minder gunstig uit. De calciumfosfaat, die in kalkhoudende bodems nog voor vastlegging van P zorgt, gaat bij lagere pH in oplossing. In ondiep-ontkalkte bodems, zoals die in het middenduin langs de Hollandse kust, is dan ook sprake van hoge P-beschikbaarheid en verhoging van de biomassa-productie. Hoge atmosferische N-depositie wordt in deze zone zeer efficiënt door de vegetatie benut, ook al omdat de bodem nu licht zuur is (pH 5) en de microbiële gemeenschap verandert. De vergrassing (en verstruweling) is in de ondiep-ontkalkte middenduinen dan ook veel sterker dan in de kalkrijke zeeduinen (fig. 2). Zodra de bodem verder ontkalkt raakt en

Voor dit onderzoek gebruikte luchtfoto's van respectievelijk buiten-, midden- en binnenduin van de Amsterdamse Waterleidingduinen uit 2001.

Op de foto van het buitenduin is te zien, dat de vergrassing ten zuiden van het pad veel sterker is: dat gebied wordt niet begraasd, ten noorden van het pad wel (foto's: Hansa Luftbild).



	R1	R2	R3a	R3b	W
Duindistrict Kalkrijkdom pH _{H2O} Ijzergehalte Organische stof	Renodunaal kalkrijk 6-8 - -	Renodunaal ondiep ontkalkt 4,5-6 - -	Renodunaal diep ontkalkt 3,5-4,5 hoog laag	Renodunaal diep ontkalkt 3,5-4,5 hoog hoog	Wadden kalkarm 3,5-5 laag -
P-beschikbaarheid calciumfosfaat ijzerfosfaat	laag vastgelegd -	hoog opgelost -	laag - vastgelegd	hoog - omgezet	hoog - niet aanwezig
N-beschikbaarheid strooiselinput N-behoefte microben benutting N-depositie	laag laag hoog laag	hoog hoog lager hoger	matig laag laag hoog	hoog hoog laag hoog	hoog hoog laag hoog
Gevoeligheid verzuring Gevoeligheid vergrassing	matig relatief laag	hoog hoog	laag relatief laag	laag hoog	hoog hoog
Benodigd beheer begrazing verstuiving	matig lichte lichte	veel zware zware	matig lichte lichte	veel zware zware	hoog zware lichte

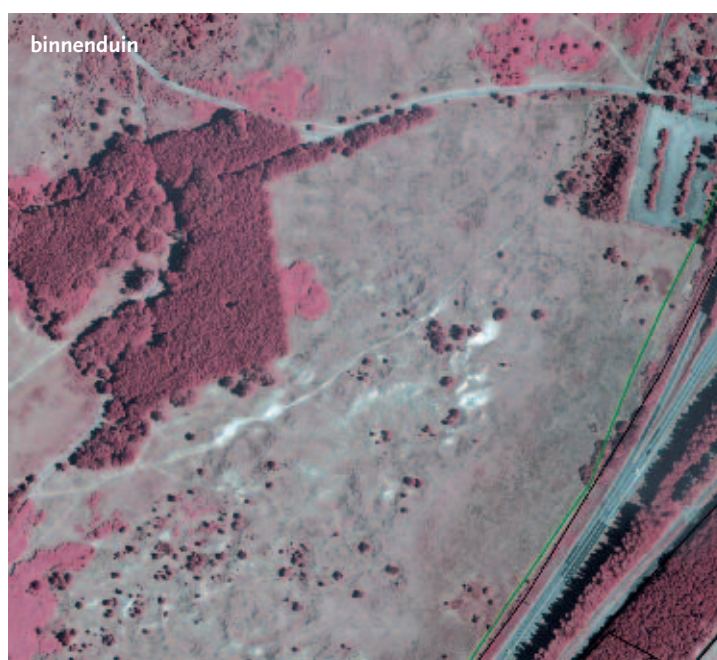
Tabel 2. Overzicht van bodemeigenschappen, beschikbaarheid van N en P, gevoeligheid voor verzuring en vergrassing als gevolg van atmosferische depositie en de mate van beheer in verschillende duinzones aan de Nederlandse kust. **R1, R2, R3a en R3b** zijn gelegen in het Renodunaal district, en geven een gradiënt van kalkrijke naar diep-ontkalkte bodems weer. **W** is gelegen in het Waddendistrict.

nog zuurder wordt, kan langs de Hollandse kust de P-beschikbaarheid weer afnemen door P-fixatie in ijzerfosfaat. Het zand langs de Hollandse kust bevat niet alleen meer kalk dan het zand van de Waddeneilanden, maar ook meer ijzer. Het zand van de Waddeneilanden is in het verre verleden aangevoerd vanuit NO-Europa, en bevat veel minder verweerbare mineralen dan het relatief jonge zand dat via de Rijn en Maas naar de Hollandse kust en de Delta is gebracht. In zure bodem (pH 4) nemen ijzerconcentraties in de bodemoplossing toe en wordt P vastgelegd in de vorm van ijzerfosfaat. Dat gebeurt echter alleen in bodems met een hoog ijzergehalte en laag organische stofgehalte (Kooijman et al., 2009b). In deze bodems is ijzer vooral in minerale vorm aanwezig, als ijzer(hydr)oxide. In zure

bodems met een hoog organische stofgehalte maakt ijzer echter deel uit van ijzer-organische stofcomplexen. Dit kan P wel binden, maar lang niet zo sterk als in ijzerfosfaat. In organische stofrijke bodems zijn P-beschikbaarheid en vergrassing dan ook weer veel hoger. In de Waddeneilanden is sowieso weinig ijzer aanwezig en wat er is komt voor in de vorm van ijzer-organische stofcomplexen (Kooijman et al., 1998). Van P-fixatie is dan ook geen sprake. Omdat in de kalkarme bodems ook de N-beschikbaarheid relatief hoog is, zijn de Waddeneilanden extra gevoelig voor hoge N-depositie en vergrassing. Een kleine verhoging van de N-input leidt tot een relatief grote verhoging van netto N-mineralisatie en N-beschikbaarheid voor de vegetatie (Kooijman & Besse, 2002) en dus vergrassing.

Implicaties voor beheer

Het staat er al met al met de duinen minder gunstig voor dan werd aangenomen. De werkelijke N-depositie lijkt fors hoger dan gedacht en de werkelijke kritische waarde moet op gebiedsniveau voor duingraslanden waarschijnlijk naar beneden worden bijgesteld. De erfenis uit het verleden is ook niet mis, met name waar het gaat om versnelde verzuring en successie. Het goede nieuws is dat de sterke verzuring door atmosferische depositie tot staan is gebracht en dat dit in ieder geval ten dele te herstellen is door afvoer van gecumuleerde organische stof of door verhoogde dynamiek en aanvoer van vers zand. Verder zijn niet alle duinzones even gevoelig voor N-depositie (tabel 2). In kalkrijke duinen is het relatief gemakkelijk om vergrassing onder controle te houden,



zeker nu de konijnenstand weer omhoog gaat. Wel is het zaak dat de bodem kalkhoudend blijft, want bij ontkalking verdwijnen niet alleen kalkminnende soorten maar gaat ook de P-beschikbaarheid fors omhoog en dus de daardoor veroorzaakte verzuuring.

Ook in zure duinbodems is niet alles kommer en kwel. In ijzerrijke bodems langs de Hollandse kust is het zaak te zorgen voor lage organische stofgehalten, zodat P gefixeerd kan worden in de vorm van ijzerfosfaat. Dat kan door het stimuleren van verstuiving. Zelfs in het Waddengebied is enig herstel mogelijk. Doordat P-fixatie niet op kan treden bij gebrek aan kalk en ijzer, is de vegetatie vooral N-gelimiteerd. Door de lage microbiële N-behoefte in de zure bodem komt relatief veel N beschikbaar voor de vegetatie, wat de gevoeligheid voor N-input en N-depositie extra hoog maakt. Maar daardoor is het systeem echter ook gevoelig voor verlaging van N-input, en is bijvoorbeeld begrazing in het terugdringen van vergrassing extra effectief.

Literatuur

- Dobben, H.F. van & A. van Hinsberg, 2008.** Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000-gebieden. Alterra-rapport 1654. Alterra, Wageningen.
- Jaarsveld, J.A. van, 2004.** The Operational Priority Substances model. Description and validation of OPS-Pro. RIVM-rapport 500045001. RIVM, Bilthoven.
- Kooijman, A.M. & M. Besse, 2002.** On the higher availability of N and P in lime-poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology* 90: 394-403.
- Kooijman, A.M., J. Dopheide, J. Sevink, I. Takken & J.M. Verstraten, 1998.** Nutrient limitation and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes: lime-poor and lime-rich sites in the Netherlands. *Journal of Ecology* 86: 511-526.
- Kooijman, A.M., H. Noordijk, A. van Hinsberg & C. Cusell, 2009a.** Stikstofdepositie in de duinen: een analyse van N-depositie, kritische niveaus, ervaringen uit het verleden en stikstof-efficiëntie in verschillende duinzones. Universiteit van Amsterdam en Planbureau voor de Leefomgeving, in opdracht van Waternet, Dunea en PWN.
- Kooijman, A.M., I. Lubbers & M. van Til, 2009b.** Iron-rich dune grasslands: Relations between soil organic matter and sorption of Fe and P. *Environmental Pollution* 157: 3158-3165.



Vergraste binnenduinen van de Amsterdamse Waterleidingduinen in 2005 (foto: Leo van Breukelen).

- Lammers, G.W., A. van Hinsberg, W. Loonen, M.J.S.M. Reijnen & M.E. Sanders, 2005.** Optimalisatie Ecologische Hoofdstructuur: Ruimte, milieu en watercondities voor duurzaam behoud van biodiversiteit. MNP-rapport 40876003. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow, H. Esselink & J.G.M. Roelofs, 2009.** Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic Sea. *Environmental Pollution* 157: 792-800.
- Runhaar, J., J.H.J. Schaminee, S.M. Henneken & M. van 't Zelfde, 2003.** Herziening Landelijk Ecotopensysteem; voorstudie. Alterra-rapport 551. Alterra, Wageningen.
- Sjöberg, R.M. & T. Persson, 1998.** Turnover of carbon and nitrogen in coniferous forest soils of different N-status and under different $15\text{NH}_4\text{-N}$ application rate. *Environmental Pollution* 102: 385-393.
- Stolk, A.P., M.C. van Zanten, H. Noordijk, J.A. van Jaarsveld & W.A.J. van Pul, 2009.** Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden. Meetresultaten 2005-2007. RIVM rapport 680710001/2009. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Stuyfzand, P.J., 1993.** Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. PhD-thesis, Free University of Amsterdam, Amsterdam.

Summary

Nitrogen deposition in lime-rich and lime-poor dunes: is there really an improvement?

According to the Dutch government, coastal dunes are no longer threatened by high atmospheric N-deposition. Already in 2003, N-deposition was supposed to be lower than the critical loads in 75% of the dune area. However, ammonia concentrations, measured to calibrate modelled N-deposition, were twice to four times higher than expected, which implies

that actual N-deposition is much higher. Also, critical values may have been overestimated for grey dune areas, and the actual non-threatened area is probably much lower than 75%. In addition, high atmospheric deposition in the past has possibly led to almost double rates of acidification, dissolution of calcium phosphates and succession. Acid dunes are probably more sensitive than calcareous dunes, because low microbial N-demand may lead to relatively high allocation of (excess) N to the vegetation, and stimulation of grass-encroachment. Also, except for iron rich soils low in organic matter, acid soils have no mechanisms for P-fixation. In calcareous soils, however, microbial N-demand is high, which may lead to storage of N in microbes and soil, rather than in vegetation. Also, calcareous soils have low P-availability, due to P-fixation in calcium phosphates. Grass-encroachment is less severe, and easier to keep under control.

Dankwoord

Deze publicatie is mogelijk gemaakt dankzij bijdragen van Waternet, Dunea, Provinciale Waterleidingmaatschappij Noord-Holland en het Ministerie van LNV.

Dr. A.M. Kooijman & Drs. C. Cusell
IBED Universiteit van Amsterdam
Science Park 904
1098 XH Amsterdam
e-mail: a.m.kooijman@uva.nl

Dr. A. van Hinsberg & Dr. H. Noordijk
Planbureau voor de Leefomgeving
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven

Ir. M. van Til
Waternet Amsterdam
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam