

# Effecten van verzuring op het voorkomen van watervogels in kalkarme oppervlaktewateren

Raymond Schuurkes & Paul Starmans

## Inleiding

Gedurende de laatste decennia is 57% tot 96% van de oorspronkelijk kalkarme wateren in ons land verzuurd, hetgeen overeenkomt met 2% tot 4% van het totale zoetwaterareaal. Het betreft hier enkele duizenden relatief kleine en ondiepe meren, vennen, poelen en plassen op de hoger gelegen kalk- en voedselarme zandgronden in het zuiden, midden en oosten van het land (Leuven & Schuurkes 1985, Schuurkes & Leuven 1986). Verzuring leidt tot grote veranderingen in de aanwezigheid van planten en dieren. Het is aannemelijk dat de veranderingen in de voedselketen van een oppervlaktewater van invloed zijn op het voorkomen van watervogels die als toppredator een belangrijke functie kunnen vervullen. Dit geldt vooral voor soorten die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de in en om het water aanwezige planten en dieren en bovendien gedurende langere tijd gebonden zijn aan een water. Om dit te onderzoeken werden door het Laboratorium voor Aquatische Oecologie van de Katholieke Universiteit te Nijmegen in 1985 ruim honderd, zure en niet zure, kalkarme wateren in het broedseizoen geïnventariseerd op de aanwezigheid van watervogels. Een broedvogelinventarisatie is bovendien zinvol, omdat dit type wateren over het algemeen niet op watervogels wordt geïnventariseerd omdat ze relatief soortenarm zijn. Hierdoor ontbreekt in de meeste gevallen ook informatie over de aanwezigheid van vogels in het verleden. De resultaten vormen tevens een referentiekader voor toekomstige ontwikkelingen en veranderingen. De vraagstelling luidt: wat zijn de gevolgen van waterverzuring voor de aanwezigheid van watervogels in de broedtijd wat betreft soortenrijkdom en -samenstelling en hoe reageren de afzonderlijke soorten of soortgroepen hierop? Een aantal andere eigenschappen en omgevingskenmerken van de wateren, zoals oppervlakte, nestgelegenheid, isolatie, verstoringdruk en het type omgeving, werd eveneens in het onderzoek betrokken.

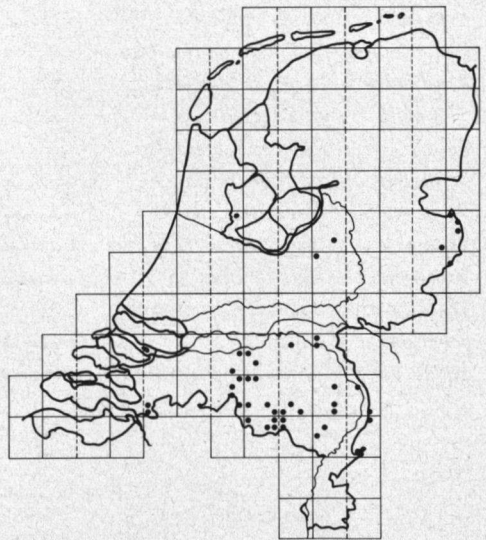
## Werkwijze

### *Inventarisatie*

In de periode half april tot half juli 1985 werden 103 stilstaande kalkarme wateren verspreid over het land twee maal bezocht. De aandacht richtte zich met name op soorten welke een groot deel van hun voedsel onder water, duikend of grondelend, bemachtigen. In aanmerking komen uitsluitend zwemvogels zoals futen, eenden en bleshoenders. De keuze van de wateren was gebaseerd op reeds aanwezige informatie over waterkwaliteit, planten, vissen en andere organismen. Voor de inventarisatie van aanwezige watervogels werd de methode gebruikt die wordt aangeduid met 'het lokaliseren van broedparen' (Van Dijk 1985). De uiteindelijke interpretatiecriteria wijken echter af, omdat de onderzoekopzet het niet toeliet om meer dan twee bezoeken te brengen. Voor de meeste soorten werd in een aantal gevallen dan ook volstaan met één territoriumindicatieve waarneming in de juiste periode. Bij de uiteindelijke verwerking is alleen gebruik gemaakt van de presentiegegevens. Hierdoor was een exacte schatting van het aantal paren per water dan ook niet direct noodzakelijk.

### *Eigenschappen en omgevingskenmerken van de wateren*

Naast de inventarisatie van de watervogels werden verschillende direct of indirect van



Figuur 1 A. Ligging van de atlasblokken (n=43) waarin één of meer wateren zijn bezocht.

Klasse	1	2	3	4	5
Zuurgraad (pH)	41	32	20	10	—
Oppervlakte	31	35	17	11	9
Afstand tot water	42	18	19	15	9
Afstand tot bebouwing	19	16	28	17	23
Breedte oevervegetatie	10	37	24	32	—
Structuur oevervegetatie	16	70	17	—	—
Omgeving	12	47	44	—	—
Recreatie/verstoring	35	59	9	—	—

Tabel 1. De verdeling van het aantal wateren over de diverse klassen van eigenschappen en omgevingskenmerken.

belang zijnde kenmerken van de wateren in het onderzoek betrokken. De volgende parameters werden gemeten of vastgelegd:

— zuurgraad. Tijdens beide bezoeken werd de zuurgraad (pH) van het water gemeten.

Hoe lager de pH-waarde des te zuurder het water. Bij de verwerking van de gegevens werden de volgende vier pH-klassen onderscheiden: (1)  $3 \leq \text{pH} < 4$ : extreem zuur. (2)  $4 \leq \text{pH} < 5$ : sterk zuur. (3)  $5 \leq \text{pH} < 7$ : zwak zuur. (4)  $\text{pH} \geq 7$ : niet zuur, basisch.

— troebelheid.

— oppervlakte.

— isolatie. Twee verschillende isolatiematen werden gebruikt. De eerste betreft de afstand tot het dichtstbijzijnde water van betekenis. De tweede maat betreft de afstand tot de dichtstbijzijnde bebouwing.

— oevervegetatie. Zowel de breedte als structuur van de in de oeverzone aanwezige vegetatie werd vastgelegd.

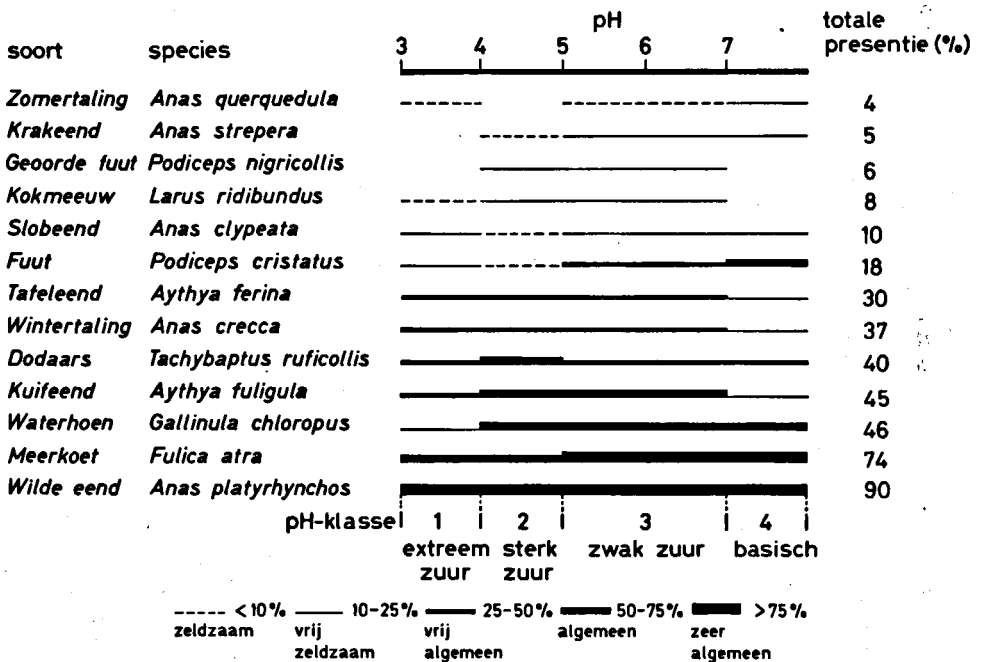
— omgeving.

— recreatie/verstoring. De mogelijke verstoringintensiteit door mensen werd gebaseerd op de aan- of afwezigheid van recreatieve activiteiten, zoals wandelen in de directe omgeving, vissen vanaf de oever of met een boot op het water, en zwemmen.

— aquatische organismen. Informatie over de in het water aanwezige planten en dieren werd betrokken uit diverse rapporten van het Laboratorium voor Aquatische Oecologie.

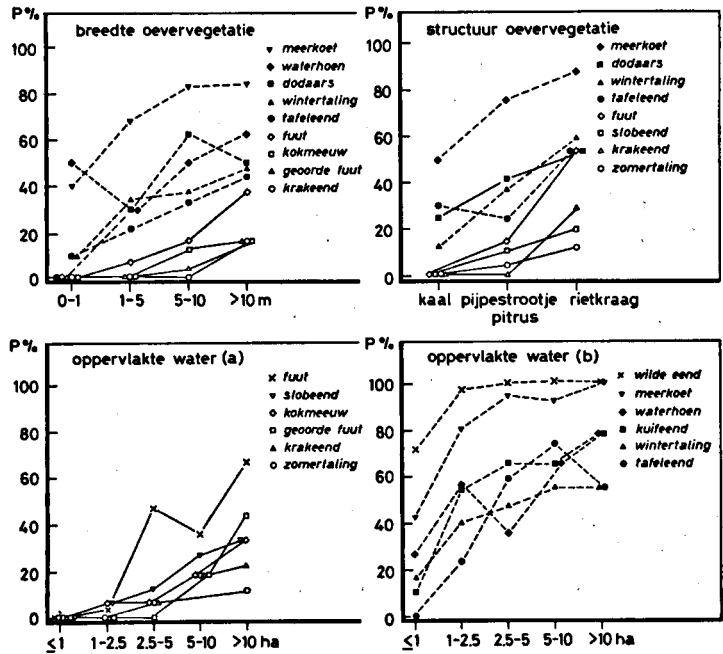
#### Gegevensverwerking

De hierboven genoemde factoren werden getalsmatig weergegeven op basis van de in figuren 2 en 3 vermelde categorieën. In tabel 1



Figuur 1. De frequentie van voorkomen (presentie %) van watervogels in verschillende pH-categorieën van kalkarme oppervlaktewateren.

**Figuur 2.** De frequentie van voorkomen (presentie %) van watervogels in diverse categorieën van breedte en structuur van oevervegetatie (boven) en oppervlakte van kalkarme wateren (onder).



wordt het aantal wateren per categorie weer-gegeven. Het werken met klassen heeft als voordeel dat een enkele foutieve interpretatie van de inventarisatiegegevens weinig invloed heeft op de statistische verschillen tussen de klassen. De aanwezigheid van de soorten per klasse wordt uitgedrukt in frequentie van voorkomen (presentie). Dit betekent dat per klasse het aantal wateren waarin de soort is aangetroffen, uitgedrukt in procenten, wordt vermeld. Voor alle vastgestelde parameters werd de presentie van iedere soort in een klasse vergeleken met die van alle andere klassen te zamen met behulp van de Fisher-exacttoets. Statistisch aantoonbare verschillen zijn gebaseerd op een overschrijdingskans  $p < 5\%$ .

**Resultaten en discussie**

*Soortensamenstelling en -rijkdom*

Bij de verwerking van de gegevens werden

dertien verschillende soorten water- en zwemvogels betrokken (figuur 1). De gegevens over diverse andere soorten oevervogels, tamme vogels en sporadisch voorkomende soorten zijn niet gebruikt voor verdere bewerking.

Het onderzochte type wateren herbergt een relatief klein aantal soorten water- en zwemvogels. Meerkoet en Wilde Eend komen zeer algemeen voor, terwijl Zomertaling, Krakeend, Geoorde Fuut, Kokmeeuw, Slobeend en Fuut relatief zeldzaam zijn. Het aantal soorten per water varieerde van nul tot elf. Het meest voorkomende (modale) aantal was vijf; het gemiddelde lag op ruim vier. In ruim 60% van de wateren kwamen slechts twee, drie, vier of vijf soorten voor, terwijl in slechts 14% zeven of meer soorten zijn aangetroffen. Juist in de meer soortenrijke wateren komen ook de meer zeldzame soorten voor. Slechts de Wilde Eend en Meerkoet wa-

Klasse	1	2	3	4	5
Zuurgraad (pH)	11	12	13	11	—
Oppervlakte	6	10	12	13	13
Afstand tot water	12	12	13	10	8
Afstand tot bebouwing	10	9	13	12	13
Breedte oevervegetatie	6	9	12	13	—
Structuur oevervegetatie	7	12	13	—	—
Omgeving	11	10	13	—	—
Recreatie/verstoring	13	12	10	—	—

**Tabel 2.** Het aantal waargenomen soorten watervogels in diverse klassen van eigenschappen en omgevingskenmerken.

ren regelmatig als enige soort aanwezig. De geringe oppervlakte van de meeste wateren, 80% is kleiner dan 5 ha, lijkt bepalend te zijn voor het lage aantal vogelsoorten (tabel 1 en 2; figuur 2). In de allerkleinste wateren met een oppervlakte van minder dan 2,5 ha ontbreken meer zeldzame soorten als Zomertaling, Krakeend, Geoorde Fuut, Kokmeeuw, Slobeend en Fuut vrijwel altijd. Slechts de meer algemene soorten (zie figuur 1) komen hier frequent voor. Ook Opdam & Retel Helmrich (1984) stelden vast dat de oppervlakte een zeer belangrijke factor was voor de variatie in soortenrijkdom. Zij bestudeerden echter vogelgemeenschappen van heidegebieden. Een uitvoerig overzicht van de verdeling van de soorten over de gehele groep van wateren wordt gegeven door Starmans (1986).

#### *Voedselkeuze en nestgelegenheid*

De aanwezigheid van vogels wordt over het algemeen primair bepaald door het voedselaanbod en nestgelegenheid. Het merendeel van de watervogels heeft een breed voedselpatroon waarbij zowel dierlijk als plantaardig materiaal wordt genuttigd (Starmans 1986). De keuze van het voedsel hangt mede af van het aanbod en de tijd van het jaar. De hier besproken niet duikende vogelsoorten zijn omnivoor, terwijl de duikende soorten een meer strikte voedselkeuze hebben. De Fuut voedt zich uitsluitend met vis, terwijl de Dodaars en Geoorde Fuut voornamelijk waterinsekten en hun larven, weekdieren en kleine kreeftachtigen eten. Het voedsel van de Tafeleend is overwegend van plantaardige samenstelling en bestaat uit diverse delen van de onder water aanwezige planten. De Kuifeend eet veel grotere waterinsekten en week- en schaaldieren. De soorten met een ruimere voedselkeuze hebben het voordeel dat ze in

verscheidene watertypen kunnen verblijven indien aan alle andere biotoopeisen wordt voldaan.

De hier besproken water- en/of zwemvogels zijn wat betreft hun nestgelegenheid afhankelijk van de structuur en breedte van de oeverzone. Over het algemeen is er voldoende nestgelegenheid in de vorm van een goed ontwikkelde oevervegetatie. In ruim 85% van dit, meestal ondiepe, type wateren bestaat de oeverzone uit een dichte vegetatie van Pitrus en Pijpestrootje (vaak samen met biezen en zeggen), of het water wordt voor een deel omgeven door een rietkraag (tabel 1). Wanneer een oeverzone vrijwel afwezig is (0-1 m) ontbreken Zomertaling, Krakeend, Geoorde Fuut, Kokmeeuw, Slobeend, Fuut en Dodaars, en dan komen slechts de algemene soorten voor (figuur 2). Pas bij een breedte van meer dan 5 m kunnen alle soorten worden aangetroffen.

#### *Gevolgen van verzuring voor planten, dieren en waterkwaliteit*

Verzuring van wateren leidt tot grote veranderingen in het voorkomen van diverse planten- en diergroepen. De visstand neemt sterk af en in de sterk en extreem zure wateren komt alleen de Oost Amerikaanse Hondsvijl regelmatig en in grote aantallen voor (Leuven et al 1984). Ook treden er veranderingen op in de groep van grotere ongewervelde waterdieren (macrofauna). Verzuring gaat meestal gepaard met een toenemende aanwezigheid van de zuurtolerante groepen van waterwantsen, -kevers, en larven van libellen en tweevleugeligen (Schuurkes & Leuven 1986). Sommige diergroepen, zoals slakken, mosselen, bloedzuigers en hogere kreeftachtigen, ontbreken in sterk en extreem zure wateren.



De aanwezigheid van Geoorde Futen wordt over het algemeen primair bepaald door het voedselaanbod en nestgelegenheid. Foto: Gerard de Hoog.

De ondergedoken waterplanten van de voedsel- en kalkarme wateren zijn van oorsprong soorten uit het oeverkruidverbond, zoals Oeverkruid, Waterlobelia en Biesvaren. Deze soorten bedekken in de ondiepe delen vaak een groot deel van het bodemoppervlak.

In de sterk en extreem zure wateren verdwijnen deze soorten en worden verdrongen door Veenmossoorten, Knolrus en Veensikkelmos (Arts et al 1986). Deze zuurtolerante soorten bedekken op veel plaatsen de gehele waterlaag. In de oevervegetatie kunnen bepaalde stikstofminnende soorten, zoals Piltus, zich bij verzuring sterk uitbreiden. De algensamenstelling (blauw-, groen-, kiezel- en jukwieren) bestaat in de sterk en extreem zure wateren vooral uit draadvormige groenwieren. De biomassa van deze vaak vastzittende algen neemt toe en ze bedekken vaak grote delen van het sediment.

Ten aanzien van de waterkwaliteit vinden bij verzuring twee veranderingen plaats die van belang kunnen zijn voor de aanwezigheid van water- en zwemvogels. Van directe invloed is de afname van de troebelheid; langdurig sterk verzuurde wateren zijn dan ook over het algemeen zeer helder. Dit is vooral van belang voor de soorten die hun voedsel duikend onder water bemachtigen, omdat de bereikbaarheid van het voedsel immers toeneemt. Daarnaast nemen de concentraties van metalen zoals aluminium en cadmium sterk toe bij verzuring. Beide stoffen zijn giftig voor vele dierlijke organismen en hopen zich op langere termijn op in de plantaardige en dierlijke voedselorganismen. Voor enkele vogelsoorten in en om Canadese en Zweedse meren is aangetoond, dat de metalen zich in de vogels zelf ophopen en dat het reproductiesucces vermindert (Starmans 1986).

#### *Gevolgen van verzuring voor de vogelsamenstelling van kalkarme oppervlaktewateren*

De zuurgraad blijkt direct of indirect de soortensamenstelling van niet stromende kalkarme wateren te beïnvloeden. Niet zozeer de variatie aan watervogels wordt beïnvloed, maar vooral de mate van voorkomen van de diverse soorten afzonderlijk (figuur 1). Het totaal aantal waargenomen soorten verschilt slechts weinig tussen de diverse pH-klassen (tabel 2). Het grootste aantal soorten, namelijk 13, is vastgesteld in de groep van zwak zure wateren. In de basische en extreem zure wateren is dit aantal het laagst, namelijk 11. Fuut en Krakeend komen aantoonbaar minder voor in de sterk en extreem zure wateren, terwijl Dodaars, Tafeleend en Wintertaling in deze groep van wateren juist aantoonbaar vaker zijn aangetroffen. Zowel Krakeend als Geoorde Fuut ontbreekt in de extreem zure wateren. In de groep van zwak en sterk zure wateren bereiken Geoorde Fuut, Kokmeeuw, Kuifeend en Waterhoen hun hoogste presentie, terwijl zowel Waterhoen als Meerkoet weinig voorkomt in de nog zuurdere wateren. In de niet zure, basische wateren hebben Zomertaling en Fuut hun hoogste presentie. De groep van vogels die hun voedsel duikend bemachtigen (futen, duikeenden), is het best vertegenwoordigd in de sterk en extreem zure wateren, terwijl het aandeel van de grondelende soorten in alle klassen ongeveer gelijk is. In de zuurdere wateren heeft de groep van vogels die zich voedt met insecten en weekdieren (Kuifeend, Dodaars en Geoorde Fuut), het grootste aandeel.

Zoals reeds eerder gezegd komen de duikende soorten Geoorde Fuut, Dodaars, Tafeleend en Kuifeend het meest frequent voor in de groep van zwak en sterk zure wateren.



In de allerkleinste wateren met een oppervlakte van minder dan 2,5 ha ontbreken meer zeldzame soorten als de Zomertaling.  
Foto: Frits van Daalen.



De Dodaars voedt zich voornamelijk met waterinsekten en hun larven, weekdieren en kleine kreeftachtigen.

Foto: Henk Harmsen.

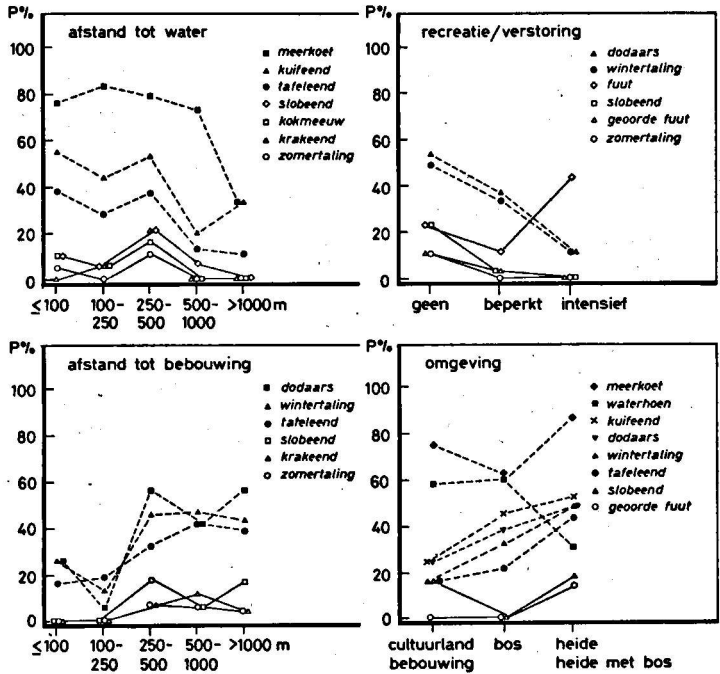
Hoewel in deze wateren slakken, mosselen en kleine kreeftachtigen meestal ontbreken, zijn waterwantsen, waterkevers en larven van libellen vaak massaal aanwezig. De insektenetende soorten kunnen in de over het algemeen heldere zure wateren deze voedselorganismen gemakkelijk bereiken. Mogelijk speelt ook de sterke achteruitgang van vispopulaties een rol. De concurrentie om insekten tussen vogels en vissen vermindert hierdoor immers. Ook voor de Zweedse meren wordt beschreven dat hierdoor insektenetende vogelsoorten bij verzuring worden bevoordeeld (Eriksson 1985). De aanwezigheid van de Oost Amerikaanse Hondsvij in de sterk zure wateren is hierbij waarschijnlijk onbelangrijk, omdat deze vissoort zich voornamelijk voedt met zeer kleine voedseldieren zoals muggelarven en watervlooien. De meeste insektenetende vogelsoorten komen in deze wateren dan ook naast de Hondsvij voor. Voor de plantenetende Tafeleend zijn de vaak uitgebreide vegetatie van Knolrus, Veenmos en draadvormige groenwieren (onder water) eveneens gemakkelijk bereikbaar. De genoemde vogels komen over het algemeen minder vaak voor in de basische en extreem zure wateren. Mogelijk speelt in de niet zure wateren de grote troebelheid een rol en in de extreem zure wateren de armoede aan onder water aanwezige planten en dieren. De aanwezigheid van de visetende Fuut neemt bij verzuring het duidelijkst af. Deze soort komt uitsluitend in die zure wateren voor waarin de Oost Amerikaanse Hondsvij aanwezig is. De verspreiding van deze zuurtolerante vissoort is overigens beperkt tot de

sterk zure wateren in het midden en oosten van Noord-Brabant (Leuven et al 1984).

Diverse andere soorten (Zomertaling, Krakeend, Slobeend, Kokmeeuw, Waterhoen en Meerkoet) komen in de zuurdere wateren minder vaak voor dan in de groep van zwak zure en basische wateren. Het belang van de veranderingen in voedselaanbod is voor deze omnivore, nauwelijks duikende soorten, moeilijk aan te geven. Waarschijnlijk zijn andere factoren hierbij belangrijker (Starmans 1986). In hoeverre de diverse soorten zich kunnen aanpassen aan de bij verzuring optredende veranderingen in voedselaanbod hangt af van voedselkeuze, -patroon en foeragegedrag. Soorten met een nauw voedselpatroon kunnen bij veranderingen in de aanwezigheid van voedsel op de langere termijn zelfs verdwijnen of zich verplaatsen naar andere wateren.

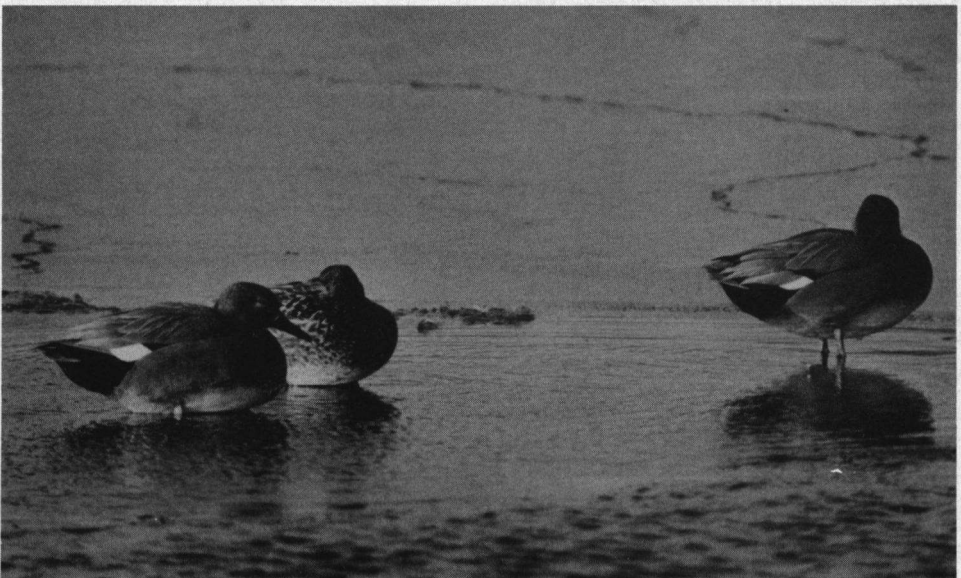
Ook de andere bestudeerde eigenschappen en omgevingskenmerken van de wateren zijn van invloed op de soortenrijkdom en -samenstelling van de wateren. In tabel 2 en figuren 2 en 3 wordt de aanwezigheid van de watervogels in relatie tot deze factoren weergegeven. Een uitgebreide uiteenzetting lijkt binnen het kader van dit artikel weinig zinvol. Vooral de in dit watertype wat meer zeldzame soorten zoals Zomertaling, Krakeend, Slobeend, Geoorde Fuut, Fuut en Kokmeeuw komen weinig voor in extreme situaties (figuren 2 en 3). Deze soorten worden meestal te zamen met de algemene soorten aangetroffen in de wat zuurdere en meer heldere heidewateren, die op relatief grote afstand van de bebouwing in een groep bij elkaar liggen en waar verstoring

**Figuur 3.** De frequentie van voorkomen (presentie %) van watervogels in diverse categorieën van afstand tot water, en recreatieverstooring (boven), en afstand tot bebouwing en omgeving (onder).



door recreatie niet of nauwelijks plaatsvindt. Het is dus een combinatie van oppervlakte, type omgeving, afstand tot bebouwing en verstoringsdruk die te zamen met de zuurgraad de soortenrijkdom bepalen. Waarschijnlijk zijn de meeste van deze factoren bij een voldoende groot oppervlak van secundair belang voor de broedvogels. Het belang van de hierboven beschreven ef-

fecten voor het voorkomen en de verspreiding van de besproken water- en/of zwemvogels is moeilijk te bepalen. Slechts weinig soorten zijn als broedvogel uitsluitend gebonden aan de kalk- en voedselarme meren, poelen, plassen en vennen. Dit type wateren beslaat circa 5% van het totale zoetwaterareaal van Nederland (Schuurkes & Leuven 1986) en is dus relatief zeldzaam. Vergeleken



Krakeenden komen in zuurdere wateren minder vaak voor dan in de zwak zure en basische wateren.

Foto: A.C. Zwaga.



De Wintertaling is op relatief veel plaatsen aanwezig als broedvogel op de pleistocene en holocene zandgronden in de hogere delen van ons land.  
Foto: Frits van Daalen.

met diverse watertypen in andere delen van het land is deze groep van wateren vrij arm aan plantaardige en dierlijke voedselorganismen. Het hoofdverspreidingsgebied van de meeste watervogels bevindt zich mede daardoor in de laaggelegen waterrijke weiden veengebieden in het noorden en westen van ons land. Slechts Dodaars, Wintertaling en Geoorde Fuut zijn op relatief veel plaatsen aanwezig op de pleistocene en holocene zandgronden in de hogere delen van ons land, terwijl Zomertaling en Slobeend in deze gebieden weinig voorkomen (Teixeira 1979). Opvallend is dat het voorkomen van Fuut en Tafeleend op de zandgronden (vooral in Noord-Brabant) sinds de jaren zestig is toegenomen (Van Poppel 1984, Leys 1986). Een toenemende en verdergaande verzuring kan hierbij, naast diverse andere factoren, een rol hebben gespeeld. De gebondenheid van de Dodaars en Wintertaling aan de zuurdere wateren op de hogere zandgronden betekent

dat deze soorten op langere termijn ernstig bedreigd kunnen worden door hoge concentraties van zware metalen. Dit geldt op zich natuurlijk ook voor de andere, met name dikkende, soorten. Doordat de broedgebieden van de meeste soorten zich echter ook in andere delen van het land bevinden, zal dit vooral van plaatselijke of regionale betekenis zijn.

#### Dankwoord

De gepresenteerde gegevens werden verkregen en uitgewerkt in het kader van een onderzoek naar de effecten van verzurende neerslag ('zure regen') op oppervlaktewateren, dat werd gesubsidieerd door het ministerie van VROM, Directie Lucht en Directie Bodem, Water en Stoffen. De figuren werden gemaakt door de afdeling Illustratie van de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Katholieke Universiteit Nijmegen. Prof. dr. C. den Hartog gaf commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

■ J.A.A.R. Schuurkes & P.W. Starmans, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit, Toernooiveld, 6525 ED Nijmegen.

#### LITTERATUUR:

- Arts G.H.P. et al (1986): Verzuring en waterplantengemeenschappen: een historisch perspectief. In: Waterverzuring in Nederland en België: 103-117. Proc. Studiedag Nijmegen. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Dijk, A.J. van (1985): Broedvogel-monitoringproject (BMP). SOVON, Arnhem.
- Eriksson, M.O.G. (1985): Acidification of lakes: effects on waterbirds in Sweden. *Ambio* 13 (4) : 260-262.
- Leuven, R.S.E.W. et al (1984): De Oost Amerikaanse Hondsvijver *Umbra pygmaea* (De Kay, 1842) in Nederland. *Natura* 9 : 271-275.
- Leuven, R.S.E.W. & J.A.A.R. Schuurkes (1985): Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Ministerie VROM, Publikatiereeks 'Lucht' 47.
- Leys, H.N. (1986): Inventarisatie van de Fuut in 1983. *Het Vogeljaar* 34 (2) : 49-61.
- Opdam, P. & V. Retel Helmrich (1984): Vogelgemeenschappen van heide en hoogveen: een typologische beschrijving. *Limosa* 57 : 47-63.
- Poppel, A. van (1984): Het voorkomen van Kuifeend en Tafeleend als broedvogel in de provincie Noord-Brabant in 1981. Deel 2: Resultaten Tafeleend. *De Roodborsttapuit*, 3 (2) : 33-39.
- Schuurkes, J.A.A.R. & R.S.E.W. Leuven (1986): Verzuring van oppervlakte-wateren. Ministerie VROM, Publikatiereeks 'Lucht', nummer 53.
- Starmans, P.W. (1986): Het voorkomen van watervogels in kalkarme wateren en de relatie met verzuring. Rapport no. 209, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Teixeira, R.M. (1979): Atlas van de Nederlandse Broedvogels. 's-Graveland.