



Maurice Paulissen, Alterra / Wageningen Universiteit en Researchcentrum
 Eric Schouwenberg, Alterra / Wageningen Universiteit en Researchcentrum
 Jouke Velstra, Acacia Institute / Vrije Universiteit Amsterdam
 Wieger Wamelink, Alterra / Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Hoe gevoelig is de Nederlandse natuur voor verzilting?

Door klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en veranderingen in het waterbeleid zal verzilting van grond- en oppervlaktewater toenemen. Vormt zilt water een bedreiging of biedt het mogelijkheden voor hoogwaardige natuur? Dit artikel geeft de resultaten weer van een verkennende studie naar de gevoeligheid voor verzilting van natuur in laag Nederland. Gegevens over zouttolerantie van soorten en levensgemeenschappen blijken schaars. Vaak gaat het om (kwalitatief) deskundigenoordeel. Een robuuste normering voor het water- en natuurbeheer, die rekening houdt met de gevoeligheid van levensgemeenschappen voor verzilting, is wenselijk. Het systeem van zoutgetallen volgens Ellenberg biedt een basis om de gevoeligheid van vegetatietypen voor verzilting te kwantificeren en chloridenormen voor natuurdoeltypen af te leiden.

Nederland heeft een lange traditie in het uitbannen van invloeden van de zee op het achterland. Voor de landbouw, de veiligheid en de drinkwatervoorziening van West-Nederland was het zaak de zee buiten de deur te houden. Geleidelijk is een scherpe en kunstmatige grens ontstaan tussen zoet en zout water, met weinig ruimte voor natuurlijke overgangen en brakke milieus. De harde waterbouwkundige ingrepen hebben negatieve effecten op de kwaliteit van natuur en landschap. Ook bodemdaling en zeespiegelstijging (mede als gevolg van klimaatverandering) dwingen beleidsmakers en waterbeheerders de traditionele verhoudingen tussen zoet en zout te heroverwegen. Waterbeheerders zijn steeds meer gaan ijveren voor het 'meegroeien met de zee', een 'veerkrachtige kustverdediging' en herstel van zoet-zoutovergangen^{1,2}.

Verzilting als mogelijkheid of bedreiging voor natuurwaarden in laag Nederland? De deskundigen zijn het er niet over eens. Sommigen betogen dat verzilting kan leiden tot het ontstaan of het uitbreiden van interessante brakwatermilieus met soorten die in de loop van de 20e eeuw zeldzaam zijn geworden als gevolg van bijvoorbeeld de deltawerken^{3,4}. Anderen benadrukken de nadelige effecten van de inlaat van (licht) brak water op zoetwatergevoede natuurgebieden. Zo stierf krabbenscheer in de polder Groot Wilnis-Vinkeveen af tijdens de droge zomer

van 2003⁵. Duidelijk is dat de gevolgen van verzilting voor natuurwaarden grotendeels afhankelijk zijn van het type natuur.

Gezien de bestaande onduidelijkheid is een verkennende studie uitgevoerd naar de zouttolerantie van natuur⁶. Hoe gevoelig voor zout zijn levensgemeenschappen in laag Nederland? Is verzilting desastreuus of biedt het mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuwe natuurwaarden? Welke informatie is beschikbaar en welke kennislacunes zijn er? De studie is verricht als onderdeel van het project 'Leven met Zout Water - Natuur' van STOWA en het BSIK-programma 'Leven met Water'. De resultaten vormen een eerste stap naar een normering-

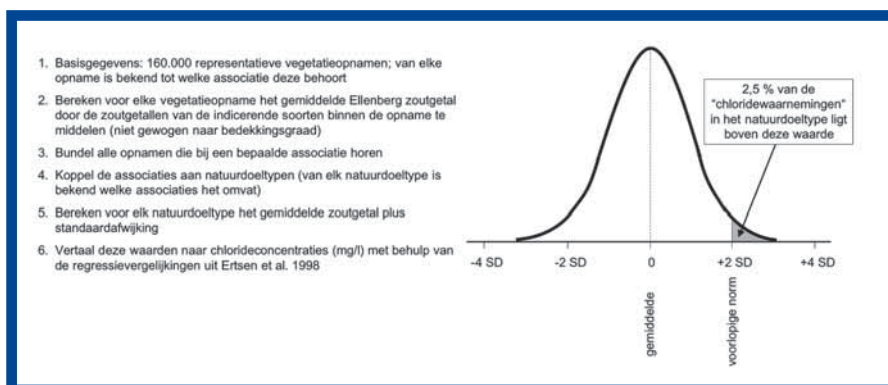
systeem voor het water- en natuurbeheer, dat rekening houdt met de gevoeligheid van levensgemeenschappen voor verzilting. We hebben hierbij gebruik gemaakt van de systematiek van natuurdoeltypen^{6,7}.

Chlorideranges en voorlopige normen voor natuurdoeltypen

Methode

Gegevens over zouttolerantie van levensgemeenschappen zijn schaars⁶. Aannamen over de gevolgen van verzilting voor natuur in Nederland zijn grotendeels gebaseerd op deskundigenoordeel. Een toetsbare, consistente en kwantitatieve benadering is wenselijk.

Afb. 1: Stappenplan voor de berekening van gemiddelde chlorideconcentratie en bandbreedte voor een natuurdoeltype. De chloridenorm is gedefinieerd als de gemiddelde waarde plus 2 x de standaardafwijking (SD, zie curve).



natuurdoeltype	natuurdoeltype aquatisch (1) of semi-aquatisch (0,5)	aantal vegetatie-opnamen	chloriderange (mg/l in ondiep grondwater)				
			minimum (-4 SD)	(-2 SD)	gemiddelde	'norm' (+2 SD)	maximum (+4 SD)
3.69 eiken-haagbeukenbos van zandgronden		552	0	0	69	210	351
3.59 eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden		604	0	0	69	210	351
3.60 park-stinzenbos		66	0	0	70	211	352
3.67 bos van bron en beek	0,5	555	0	0	70	212	354
3.65 eiken- en beukenbos van lemige zandgronden		1664	0	0	70	223	375
3.66 bos van voedselrijke, vochtige gronden		663	0	0	71	216	362
3.57 elzen-essenhakhout en -middenbos	0,5	1206	0	0	72	217	362
3.62 laagveenbos	0,5	1038	0	0	72	217	361
3.63 hoogveenbos	0,5	837	0	0	72	228	383
3.53 zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeekleigebied		855	0	0	77	231	385
3.55 wilgenstruweel	0,5	1069	0	0	77	231	385
3.56 eikenhakhout en -middenbos		3044	0	0	78	250	421
3.28 veenmosrietland	0,5	371	0	0	79	241	402
3.50 akker van basenrijke gronden		297	0	0	81	230	379
3.6 langzaam stromende bovenloop	1	315	0	0	81	242	402
3.27 trilveen	0,5	148	0	0	82	228	373
3.43 natte duinheide	0,5	857	0	0	82	245	408
3.54 zoom, mantel en droog struweel van de duinen		1159	0	0	82	248	414
3.64 bos van arme zandgronden		1008	0	0	83	262	442
3.35 droog kalkrijk duingrasland		1098	0	0	83	240	397
3.61 oobos	0,5	186	0	0	84	241	399
3.42 natte heide (moerasheide)	0,5	1387	0	0	85	264	444
3.52 zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden		2172	0	0	85	259	433
3.46 droge duinheide		425	0	0	85	240	394
3.51 akker van basenarme gronden		361	0	0	86	241	396
3.25 natte strooiselruigte	0,5	1117	0	0	88	248	408
3.29 nat schraalgrasland	0,5	1338	0	0	88	262	435
3.49 rivierduin en -strand	0,5	383	0	0	89	255	420
3.1 droogvallende bron en beek	0,5	500	0	0	91	263	435
3.39 bloemrijk grasland van het rivier- en zeekleigebied		2597	0	0	93	254	415
3.34 droog kalkarm duingrasland		1057	0	0	95	281	468
3.31 dotterbloemgrasland van veen en klei	0,5	335	0	0	95	258	420
3.17 geïsoleerde meander en petgat	1	1754	0	0	95	291	488
3.21 zwakgebufferde sloot	1	541	0	0	95	289	484
3.38 bloemrijk grasland van het zand- en veengebied		1671	0	0	97	256	416
3.22 zwakgebufferd ven (zwakgebufferde duinplas)	1	896	0	0	97	297	496
3.24 moeras	0,5	4320	0	0	99	301	502
3.32 nat, matig voedselrijk grasland	0,5	1839	0	0	100	268	436
3.14 gebufferde poel en wiel	1	2077	0	0	107	344	581
3.15 gebufferde sloot	1	3157	0	0	108	346	583
3.19 kanaal en vaart	1	3003	0	0	120	342	563
3.18 gebufferd meer	1	2523	0	0	125	355	584
3.16 dynamisch rivierbegeleidend water	1	2189	0	0	130	352	574
3.26 natte duinvallei	0,5	1154	0	0	136	425	714
3.10 langzaam stromende rivier en nevengeul	1	1259	0	0	143	349	555
3.8 langzaam stromend riviertje	1	1178	0	0	147	352	557
3.20 duinplas	1	922	0	0	150	437	725
3.11 zoet getijdenwater	1	1351	0	0	151	358	565
3.48 strand en stuivend duin		178	0	0	167	603	1038
3.13 brak stilstaand water	1	1350	0	0	241	623	1005
3.41 binnendijks zilt grasland	0,5	1446	0	1208	5585	9962	14339
3.40 kwelder, slufter en groen strand	0,5	3315	0	1217	5917	10617	15317
3.12 brak getijdenwater	1	40	13486	13674	13863	14051	14239

zoutklassen (mg/l chloride)

zeer zoet < 150
zoet 150-300
licht brak 300-1000
brak 1000-5000
brak-zout 5000-10.000
zout > 10.000

Tabel 1: Chlorideranges van natuurdoeltypen in laag-Nederland, gebaseerd op Ellenberg zoutgetallen en gerangschikt naar oplopend chloridegemiddelde en oplopende norm.

Als basis voor een stelsel van chloridenormen hebben we gebruik gemaakt van chlorideranges voor natuurdoeltypen gebaseerd op Ellenberg zoutgetallen⁶⁾. Allereerst zijn voor individuele vegetatieopnamen standplaats-

condities afgeleid door het gemiddelde te berekenen van de Ellenberggetallen van de aanwezige indicerende soorten (zie kader). Vervolgens zijn door verdere bundeling van vegetatieopnamen, op basis van hun

toebehoren aan plantengemeenschappen, chlorideranges berekend voor natuurdoeltypen (afbeelding 1). Hierbij is gebruik gemaakt van een gegevensbestand met 160.000 vegetatieopnamen¹¹⁾. Deze databank

weerspiegelt de aantalsverhouding tussen de associaties (plantengemeenschappen op een gedetailleerd classificatieniveau) binnen Nederland. Per natuurdoeltype hebben we de gemiddelde chlorideconcentratie en een voorlopige chloridenorm, hierna 'norm' genoemd, berekend (afbeelding 1).

Resultaten

De kleuren in tabel 1 corresponderen met de zoutclassificatie van Wamelink en Runhaar¹⁰⁾. Met uitzondering van zeven natuurdoeltypen uit voornamelijk brakke milieus valt de gemiddelde chlorideconcentratie voor alle doeltypen in het zeer zoete bereik (< 150 mg/l). Op drie uitzonderingen na ligt de chloridenorm in het licht brakke bereik of lager (< 1000 mg/l). De classificatie van Wamelink en Runhaar blijkt hier weinig onderscheidend (tabel 1).

Verfijning van de normen

Afgaande op Ellenberg zoutgetallen (tabel 1) is de conclusie: hoe natter het natuurdoeltype, des te meer zoutindicerende plantensoorten er voorkomen. Maar betekent dit dat aquatische natuurdoeltypen minder gevoelig zijn voor verzilting dan (semi)terrestrische? Voor het water- en natuurbeheer is, meer dan de chloriderange, de gevoeligheid voor verzilting belangrijk. Loopt een natuurdoeltype met een lage gemiddelde chlorideconcentratie en norm (afgeleid uit tabel 1) daadwerkelijk significante schade op als in een droge periode licht brak water wordt ingelaten?

Om de gevoeligheid van natuurdoeltypen voor verzilting te kunnen kwantificeren, moeten eerst de bepalende factoren worden geïdentificeerd. Afbeelding 2 vermeldt een aantal van deze factoren. De volledigheid en het precieze gewicht van de afzonderlijke factoren zou onderwerp van discussie en onderzoek moeten worden.

We hebben de gevoeligheid voor verzilting geanalyseerd op basis van de factoren die in afbeelding 2 in hoofdletters zijn weergegeven⁶⁾. Afbeelding 3 toont de gevolgde methode en tabel 2 de resultaten. De hersteltijden zijn overgenomen uit een studie over waterberging en natuur¹³⁾ en de Effectenindicator van LNV¹⁴⁾.

Hoewel aquatische natuurdoeltypen vooral voorkomen bij relatief hoge gemiddelde en maximumchlorideconcentraties (tabel 1), lijken juist deze doeltypen gevoelig voor verzilting. De geschatte gevoeligheid is vooralsnog arbitrair, maar de resultaten lijken plausibel (tabel 2).

Bosdoeltypen verschillen sterk in gevoeligheid voor verzilting, ondanks dat voor alle bosdoeltypen relatief lage chloridegemiddelden en normen gelden. Dit is in overeenstemming met grote verschillen in zouttolerantie tussen boomsoorten¹⁶⁾.

De resultaten tonen dat verzilting zowel mogelijkheden kan bieden als een bedreiging kan vormen voor natuurwaarden. De chloridenorm ligt voor 37 van de 53 natuurdoeltypen in het zoete bereik (tabel 1). Binnen deze groep lijken bijvoorbeeld 'hoogveenbos', 'geïsoleerde meander

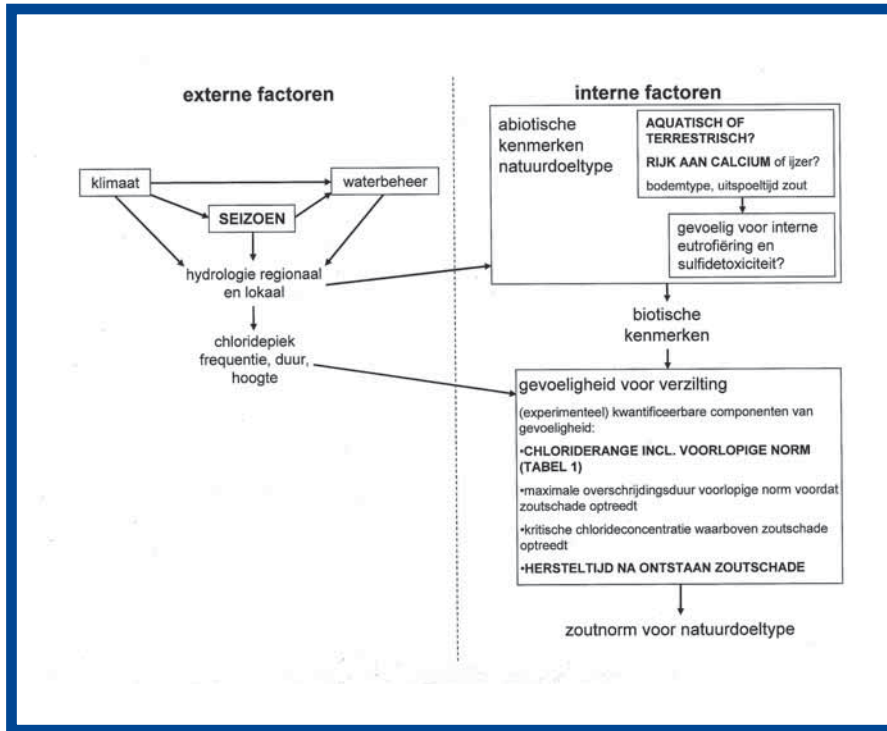
code	naam natuurdoeltype	geschatte gevoeligheid totaalscore	hersteltijd (jaren)
3.63	hoogveenbos	6	>25
3.17	geïsoleerde meander en petgat	6	0-50
3.42	natte heide (moerasheide)	6	0-50
3.34	droog kalkarm duingrasland	6	10-25
3.28	veenmosrietland	6	3-25
3.15	gebufferde sloot	6	3-10
3.21	zwakgebufferde sloot	6	3-10
3.6	langzaam stromende bovenloop	6	0-10
3.8	langzaam stromend riviertje	6	0-10
3.10	langzaam stromende rivier en nevengeul	6	0-10
3.14	gebufferde poel en wiel	6	0-10
3.16	dynamisch rivierbegeleidend water	6	0-10
3.18	gebufferd meer	6	0-10
3.43	natte duinheide	6	0-10
3.46	droge duinheide	6	0-10
3.1	droogvallende bron en beek	6	?
3.62	laagveenbos	5	>25
3.27	trilveen	5	>10
3.29	nat schraalgrasland	5	10-50
3.57	elzen-essenhakhout en -middenbos	4	>50
3.65	eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	4	>25
3.66	bos van voedselrijke, vochtige gronden	4	>25
3.31	dotterbloemgrasland van veen en klei	4	10-50
3.32	nat, matig voedselrijk grasland	4	3-50
3.39	bloemrijk grasland van het rivier- en zeekleigebied	4	3-50
3.24	moeras	4	0-50
3.55	wilgenstruweel	4	0-50
3.35	droog kalkrijk duingrasland	4	10-25
3.51	akker van basenarme gronden	4	3-10
3.26	natte duinvallei	4	0-10
3.49	rivierduin en -strand	4	0-10
3.22	zwakgebufferd ven (zwakgebufferde duinplas)	4	0-10
3.59	eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden	3	>50
3.60	park-stinzenbos	3	>50
3.64	bos van arme zandgronden	3	>25
3.67	bos van bron en beek	3	>25
3.69	eiken-haagbeukenbos van zandgronden	3	>25
3.61	oobos	3	10-25
3.54	zoom, mantel en droog struweel van de duinen	3	0-10
3.56	eikenhakhout en -middenbos	2	>50
3.38	bloemrijk grasland van het zand- en veengebied	2	10-50
3.41	binnendijks zilt grasland	2	10-50
3.52	zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden	2	0-50
3.53	zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeekleigebied	2	0-50
3.13	brak stilstaand water	2	3-10
3.20	duinplas	2	0-10
3.25	natte strooiselruigte	2	0-10
3.48	strand en stuivend duin	2	0-10
3.11	zoet getijdenwater	2	?
3.12	brak getijdenwater	2	?
3.19	kanaal en vaart	2	?
3.50	akker van basenrijke gronden	1	3-10
3.40	kwelder, slufster en groen strand	0	0-10

Tabel 2: Geschatte gevoeligheid voor verzilting van natuurdoeltypen in laag-Nederland (gerangschikt op afnemende gevoeligheid, daarna op afnemende hersteltijd).

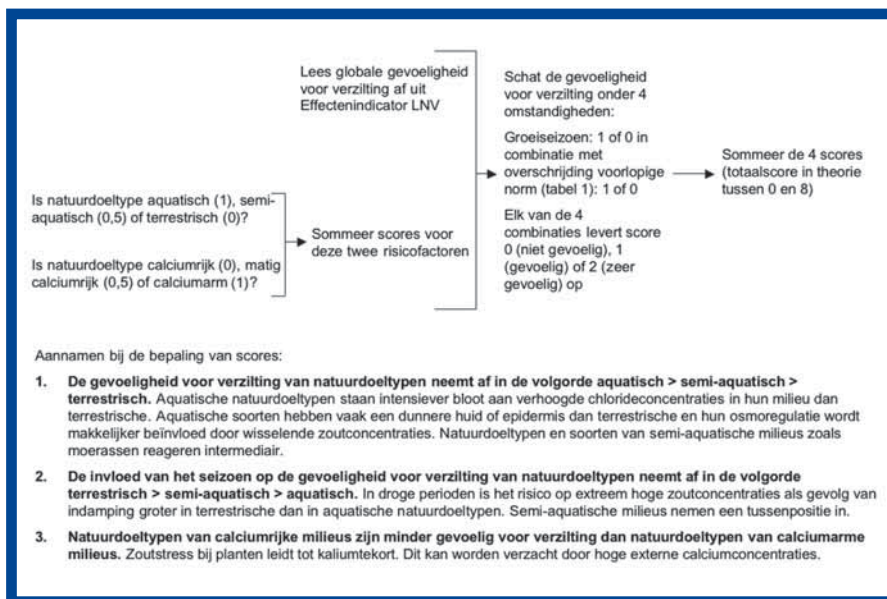
en petgat' en 'natte heide' gevoelig voor verzilting. 'Natte strooiselruigte' en 'bloemrijk grasland van zand en veen' lijken minder gevoelig. Verzilting biedt kansen aan natuurdoeltypen als 'binnendijks zilt grasland' en 'brak getijdenwater' (tabel 2).

Een laag geschatte gevoeligheid voor verzilting betekent niet automatisch dat de

hersteltijd na het optreden van zoutschade door extreme piekbelasting, kort is. Ook voor weinig gevoelige natuurdoeltypen zoals 'binnendijks zilt grasland' en 'akker van basenrijke gronden' zijn soms lange hersteltijden gevonden (tabel 2).



Afb. 2: Conceptueel diagram van bepalende factoren voor de gevoeligheid van een natuurdoeltype voor verzilting.



Afb. 3: Bepaling van de geschatte gevoeligheid van natuurdoeltypen voor verzilting. Aanname 3 op basis van Rabe et al.¹⁵⁾

Meer kennis nodig over gevoeligheid natuur voor verzilting

Naar aanleiding van het verrichte onderzoek zijn kennislacunes en oplossingsrichtingen geïdentificeerd⁶⁾. Het opvullen van deze leemtes is belangrijk om te kunnen komen tot solide chloridenormen voor natuur.

Nieuwe normering voor chloride gewenst

Momenteel bestaat geen dekkend, kwantitatief stelsel van chloridenormen voor natuurdoeltypen. Verzilting zal in toenemende mate leiden tot mogelijkheden én bedreigingen voor doeltypen en doelsoorten in laag Nederland. Daarom bestaat dringend behoefte aan normen, gebaseerd op de gevoeligheid van natuurdoeltypen en doelsoorten voor verzilting.

Het gebruik van Ellenberggetallen biedt hiervoor een basis, maar ook de faunacomponent verdient aandacht. Het streven is op termijn de normering rechtstreeks te baseren op meetgegevens. Een normeringstelsel kan in de toekomst worden ingezet om ruimtelijke verschillen in chloridetolerantie van natuur weer te geven. Gekoppeld aan gegevens over kwaliteit en aanvoerroutes van water kan een dergelijke kaart worden ingezet om voor specifieke gebieden bedreigingen weg te nemen en mogelijkheden te creëren.

Meer meetgegevens ter onderbouwing gegevens uit deskundigenoordeel

In tegenstelling tot de chlorideranges afgeleid uit Ellenberggetallen^{9),17)}, kon de

gevoeligheid voor verzilting nog niet worden onderbouwd met meetgegevens. Verder weten we nog weinig over het effect van frequentie en duur van chloridepieken op natuurdoeltypen.

Kennis over uitspoeltijd van zout ontbreekt voor natuurdoeltypen

De in tabel 2 genoemde hersteltijden zijn in feite geschatte natuurontwikkelingstijden. Er is weinig bekend over de benodigde tijd voordat zout is uitgespoeld. Dit is echter een belangrijke component van de hersteltijd. De uitspoeltijd kan lokaal verschillen, afhankelijk van verschillen in hydrologie en bodemtextuur. Naar verwachting zijn generalisaties mogelijk op het niveau van natuurdoeltypen of categorieën van hydrologisch of bodemkundig verwante natuurdoeltypen.

Sulfaateffect onderscheiden van chloride-effect

Zoute en brakke wateren hebben niet alleen hoge chlorideconcentraties, maar ook hoge sulfaatconcentraties. Sulfaat kan negatieve effecten hebben op soorten en ecosystemen. Deze ongewenste effecten worden veroorzaakt door sulfidotoxiciteit en interne eutrofiëring als gevolg van sulfaatreductie of verzuring ten gevolge van sulfideoxidatie¹⁸⁾.

Ecohydrologie beschouwen op niveau natuurdoeltype en op gebiedsniveau

Het is belangrijk rekening te houden met ecohydrologische verschillen tussen natuurdoeltypen (en daarbinnen tussen verschillende natuurgebieden). Hierbij kan worden gedacht aan puur hydrologische verschillen (herkomst en aanvoerroute water, lokale hydrologie) en aan ecohydrologische verschillen (hoe diep wortelt een soort, is dat in een zoetwaterlens of in dieper liggend brak water, etc.).

In deze studie is de ecohydrologie van een natuurdoeltype of van individuele terreinen zoveel mogelijk losgekoppeld van de aannames die zijn gebruikt bij het schatten van de gevoeligheid voor verzilting. De rol van de ecohydrologie verdient aandacht in vervolgonderzoek, bijvoorbeeld in gebiedsgerichte casestudies.

Conclusie

Verzilting zal in toenemende mate leiden tot mogelijkheden én bedreigingen voor natuurwaarden in laag-Nederland. De gemiddelde chlorideconcentratie valt voor het grootste deel van de natuurdoeltypen in het zeer zoete bereik. Voor de meeste doeltypen ligt de norm, zoals gedefinieerd in deze studie, hoogstens in het licht brakke bereik. Toch lijken natuurdoeltypen sterk te verschillen in de werkelijke gevoeligheid voor verzilting. Voor het water- en natuurbeheer is een solide stelsel van chloridenormen, gebaseerd op de gevoeligheid van natuurdoeltypen, van grote waarde. We hebben een eerste aanzet gegeven tot de ontwikkeling ervan.

Om tot een chloridenormering te komen, is meer kennis nodig over de gevoeligheid van levensgemeenschappen voor verzilting. Dit kan worden bereikt via experimenteel onderzoek. De verkregen resultaten kunnen

De indicatiegetallen voor plantensoorten van Heinz Ellenberg berusten op expertkennis en daarnaast op metingen van standplaatskenmerken⁸⁾. De indicatiegetallen zijn later door anderen gevalideerd. Het gaat onder meer om de bodemfactoren vocht, zuurgraad en zoutgehalte.

Aan plantensoorten is voor deze factoren een getal toegewezen dat overeenkomt met één van de klassen waarin de betreffende factor is opgedeeld. De standplaatsconditie voor bijvoorbeeld zout kan worden berekend uit een vegetatieopname als het gemiddelde van de waarden van de indicerende soorten.

Voor Ellenberg zoutgetallen ziet de klassenindeling er als volgt uit:

waarde	naam	toelichting
0	zoutmijdend	alleen op bodems zonder zout
1	zoutverdragend	meest op zoutarme tot zoutvrije bodems, soms op licht zouthoudende bodems (0-1.000 mg/l chloride)
2	oligohalieu	vaker op bodems met zeer gering chloridegehalte (500-3.000 mg/l)
3	β-mesohalieu	meest op bodems met gering chloridegehalte (3.000-5.000 mg/l)
4	α/β-mesohalieu	meest op bodems met gering tot matig chloridegehalte (5000-7.000 mg/l)
5	α-mesohalieu	meest op bodems met matig chloridegehalte (7.000-9.000 mg/l)
6	α-meso-/polyhalieu	op bodems met matig tot hoog chloridegehalte (9.000-12.000 mg/l)

Ellenberg zoutgetallen blijken goed te correleren met gemeten chlorideconcentraties in laag-Nederland^{9),10)}. Verdere empirische onderbouwing is echter gewenst vanwege de onzekerheidsmarges rond Ellenberggetallen¹²⁾.

via ruimtelijke (model)studies worden ingezet om voor specifieke gebieden bedreigingen weg te nemen en kansen te creëren.

LITERATUUR

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989). Water voor nu en later. Derde Nota Waterhuishouding.
- Helmer W., P. Vellinga, G. Litjens, H. Goosen, E. Ruijgrok en W. Overmars (1996). Meegroei met de zee. Naar een veerkrachtige kustzone. Wereld Natuur Fonds.
- Huitema D., S. Brouwer en J. Velstra (2007). Verzilting: beleidsprobleem in wording. H₂O nr. 16, pag. 18-19.
- Van der Sluis T., D. Prins en G. van Wirdum (1995). Brak water in Westzaan. De Levende Natuur nr. 96, pag. 122-126.
- Runhaar J., P. Verdonschot, R. Nijboer, J. van Bakel, M. Blok, R. Hendriks en H. Massop (2006). Natuur in de verdringingsreeks. Alterra. Rapport 1302.
- Paulissen M., E. Schouwenberg en G. Wamelink (2007). Zouttolerantie van zoetwatergevoede natuurdoeltypen. Verkenning en kennislacunes. Alterra. Rapport 1545.
- Bal D., H. Beije, M. Fellingier, R. Haveman, A. van Opstal en F. van Zadelhoff (2001). Handboek Natuurdoeltypen, tweede, geheel herziene editie. Expertisecentrum Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Ellenberg H., H. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner en D. Paulissen (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Auflage. Scripta Geobotanica 18, pag. 9-166.
- Ertsen A., J. Alkemade en M. Wassen (1998). Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands. Plant Ecology 135, pag. 113-124.
- Wamelink G. en J. Runhaar (2000). Abiotische randvoorwaarden voor natuurdoeltypen. Alterra. Rapport 181.
- Schaminée J. e.a. (1995-1999). De vegetatie van Nederland, deel 1-5. Opulus Press.
- Schouwenberg E., H. Houweling, M. Jansen, J. Kros en J. Mol-Dijkstra (2000). Uncertainty propagation in model chains: a case study in nature conservancy. Alterra. Rapport 001.
- Runhaar J., G. Arts, W. Knol, B. Makaske en N. van den Brink (2004). Waterberging en natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. STOWA. Rapport 2004-16.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2007). Natuurwetgeving - gebieden - effectenindicator. www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/effectenindicator.
- Rabe R., W. Nobel en A. Kohler (1982). Effects of sodium chloride on photosynthesis and some enzyme activities of *Potamogeton alpinus*. Aquatic Botany 14, pag. 159-165.
- Zolg M. (1979). Oekologisch-chemische Untersuchung der Auswirkung der Streusalzanwendung auf einige Blattinhaltsstoffe verschiedener Strassenbaumarten. Proefschrift Technische Universität Berlin.
- Goedhart P. (2005). Response curves for plants species and vegetation types as a function of soil characteristics. www.abiotic.wur.nl.
- Lamers L. (2001). Tackling some biogeochemical questions in peatlands. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.