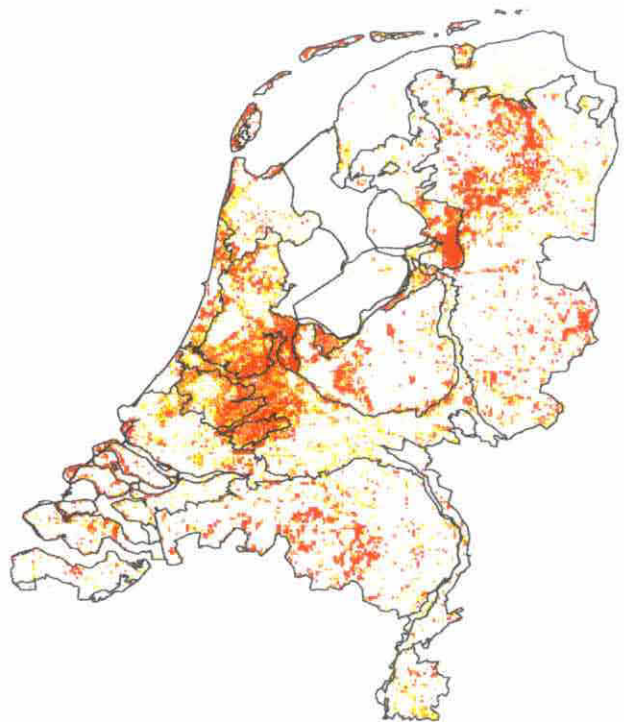
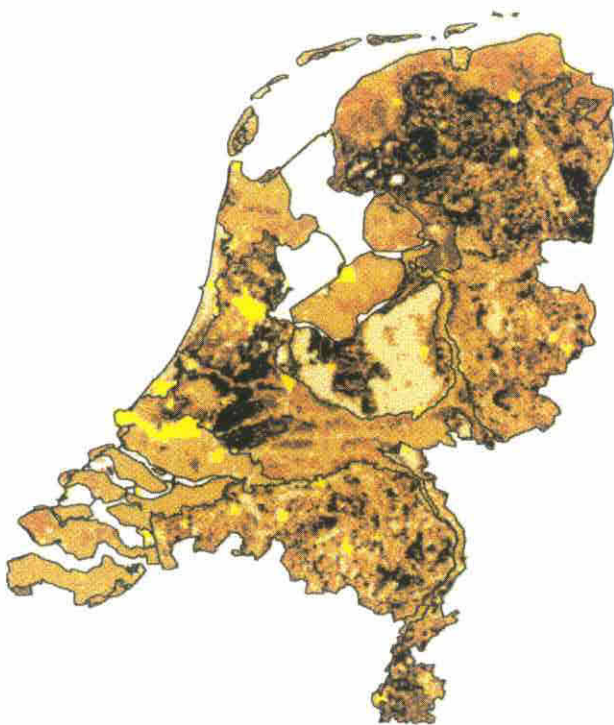


Waterplanten en saliniteit



DEM NAT -2.1 rapport 5

J. Runhaar
J.P.M. Witte
M. van der Linden

Waterplanten en saliniteit

5



Landbouwwuniversiteit Wageningen



CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN

Omslagontwerp : Remco van Ek
Verklaring omslag : Het linker figuur (bruine kaartje) geeft het voorkomen van natte -en vochtige standplaatsen weer opgenomen in DEMNAT-2.1, afgeleid uit de bodemkaart 1:50.000 (de donkere kleur indiceert natte gebieden, de lichte gebieden drogere gebieden). Het kaartbeeld is gebaseerd op de ECOSERIE-2.1 typologie, de bodemindeling waar DEMNAT-2.1 gebruik van maakt. Het rechter figuur (rode kaartje) geeft het voorkomen van natte -en vochtige standplaatsen weer opgenomen in DEMNAT-2.1, afgeleid uit het voorkomen van plantensoorten (rood indiceert natte gebieden met een hoge natuurwaarde). Het kaartbeeld is gebaseerd op FLORBASE-1 en de ecotopenindeling van het CML.
Productie : Koninklijke Vermande bv
Druk : 1997

CML rapport 122
RIZA rapport 96.063

ISBN 9036950244
RIZA, Lelystad

Waterplanten en saliniteit

J. Runhaar	CML
M. van der Linden	CML
J.P.M. Witte	LUW

juni 1997

Deelrapport in het kader van het RIZA-project WSG*DEMNET (deelplan 763), dat is uitgevoerd in opdracht en ten laste van Rijkswaterstaat Hoofddirectie van de Waterstaat, afdeling Intergraal Waterbeleid.

Deelrapport in het kader van het RIVM-project "Verdroging" (proj. nr. 715001), dat is uitgevoerd in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw.

Voorwoord

Eind 80-jaren bleek uit een landelijke inventarisatie naar de omvang en ernst van de verdroging in Nederland, dat er sprake is van een structurele verlaging van de grondwaterstijghoogte die zich uitstrekt over grote gebieden. Verdroging bleek zich niet te beperken tot de directe invloedssfeer van grondwaterwinningslocaties maar was over grote gebieden (zowel binnen als buiten natuurgebieden) voelbaar. Gegeven de omvang van de verdroging en het feit dat Rijkswaterstaat nog niet beschikte over een instrument waarmee de gevolgen van wijzigingen in de waterhuishouding op de natuur op landelijke schaal kon worden aangegeven, is door het toenmalige DBW/RIZA in 1987 begonnen aan de bouw van een dosis-effect model natuur terrestrisch (DEMNAT). Dit model, DEMNAT-1, is vervolgens toegepast ter onderbouwing van de derde nota waterhuishouding. De bouw van DEMNAT-1 was de start van een gezamenlijk onderzoek tussen Rijkswaterstaat RIZA, het Centrum voor Milieukunde Leiden (CML) en het Rijksherbarium/Hortus Botanicus (RH/HB) in Leiden. De modellering voor de derde nota droeg nog een zeer prematuur karakter, alhoewel de basisprincipes van het huidige DEMNAT al gehanteerd werden. Net als nu bestond DEMNAT-1 uit drie elementen: een landsdekkende geografische schematisatie van bodem en vegetatie, een set dosis-effect relaties en een natuurwaarderingssysteem.

In de periode 1990-1993 is het model sterk verbeterd voor een opdracht van het ministerie van VROM ter onderbouwing van zowel de Milieu-effect rapportage als het Beleidsplan Drink- en Industriewater Voorziening (MER-BP DIV). De opdracht omvatte het toepassen van een instrument waarmee de effecten van (wijzigingen in de) grondwaterwinning op landsdekkende schaal zichtbaar kunnen worden gemaakt. In het bijzonder diende daarbij aandacht te worden besteed aan de bepaling van de effecten op de (terrestrische) natuur. De doorgevoerde verbeteringen hadden o.a. betrekking op een fijnere gebiedsschematisatie, de actualisatie en verbetering van de floristische invoerdata (FLORBASE) van $5 \times 5 \text{ km}^2$ naar $1 \times 1 \text{ km}^2$, een uitbreiding van (beter onderbouwde) dosis-effect relaties en een verbeterde natuurwaarderingsberekening. Bij de ontwikkeling van DEMNAT-2 hebben RIZA en RIVM nauw samengewerkt met het CML, RH/HB en de Landbouwuniversiteit te Wageningen (LUW). RIZA en RIVM zijn beide eigenaar van DEMNAT-2.

In 1993 is DEMNAT-2 door het RIZA en het RIVM toegepast voor de Evaluatie Nota Water (ENW) en Milieuverkenningen 3 (MV3). Voor beide beleidsdocumenten was het doel de effecten en kosten te bepalen van maatregelen ter reductie van het verdroogde areaal met 25%. De maatregelen die werden gesimuleerd waren zowel waterhuishoudkundige maatregelen als de reductie en het staken van grondwateronttrekkingen voor de drinkwatervoorziening.

In 1994 is in opdracht van RIZA en RIVM het project DEMNAT-2.1 gestart. De uitvoerders van het project waren medewerkers van CML, LUW, RIZA en RIVM. Het doel van DEMNAT-2.1 is een verdere verbetering van DEMNAT-2, ten behoeve van de Watersysteemverkenningen in 1996, en de jaarlijks op te stellen Milieubalans en de vierjaarlijks op te stellen Milieuverkenningen. Het nieuwe instrument is inmiddels toegepast voor de WSV 1996 en wordt eind 1996, begin 1997 ingezet voor MV97 door het RIVM.

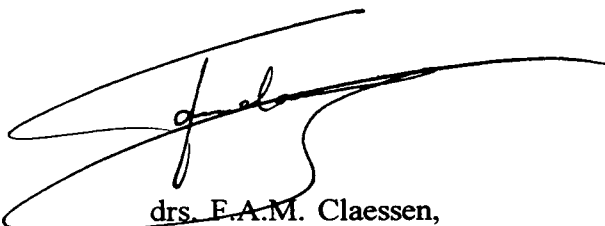
Het project "Verbetering DEMNAT 2" heeft zich gericht op een aantal onderdelen.

- Een gevoeligheidsanalyse van verschillende onderdelen van DEMNAT-2.0
- Een verbetering van de effectmodellering van gebiedsvreemdwater
- Een verbetering van de verschillende dosis-effectrelaties
- Een koppeling van DEMNAT aan een landelijk hydrologisch model voor de onverzadigde zone, MOZART
- Een verbetering in de bodemschematisatie (ecoseries) door rekening te houden met het voorkomen van kwel
- Een verbetering in de schematisatie van de vegetatie door gebruik te maken van een aangevuld en op fouten gecontroleerd nationaal florabestand (FLORBASE-1)
- Een uitbreiding van het aantal ecotoopgroepen met drie brakke ecotoopgroepen
- Het bouwen van een standaard nabewerkingsmodule waarmee DEMNAT uitspraken kan doen van ecologische effecten per district
- Een uitbreiding van de GIS-schil voor DEMNAT op een unix-workstation

Daarnaast is een aparte verkenning uitgevoerd naar de wensen voor de toekomst ten aanzien van DEMNAT (DEMNAT-3.0). Dit betreft met name het verbeteren van de herstelberekeningen, de inbouw van multi-stress (verzuring, vermesting, verdroging) en de regionalisatie van het model. Bij deze ontwikkelingen, die voor 1997 en 1998 zijn geprogrammeerd, zal gebruik worden gemaakt van de kennis die in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging is geoperationaliseerd.

De resultaten zijn in een aantal rapporten vastgelegd. Onderhavig rapport is daar één van. Een overzicht van alle uitgebrachte rapporten is in de literatuurlijst opgenomen.

november 1996,



drs. F.A.M. Claessen,

projectleider namens RIZA



ing. G.P. Beugelink,

projectleider namens RIVM

SUMMARY

This report gives account of a study towards the relationship between aquatic plants and salinity. The research is conducted in order to improve the modelling of ecological effects with DEMNAT for the hydrological dose 'inlet of riverwater into regional watersystems'. The ecological effect modelling is improved by using waterquality parameters (phosphate and chloride concentrations) instead of waterquantity parameters (percentage of inletwater), and by adapting the effect module of DEMNAT for a more refined classification of salinity.

Within the old classification of the CML-ecotopesystem (Runhaar et al., 1987) only three categories are used for salinity, namely: fresh (< 1000 mg Cl/l), brackish (1000-10000 mg Cl/l) and salt (> 10000 mg Cl/l). This classification is too coarse in order to predict ecological effects due to inlet of riverwater (mostly Rhine water). The classification is therefore refined by using data gathered by Barendregt et al., 1990 and De Lyon & Roelofs, 1986. By using this data a first classification has been made, which subsequently has been verified with the distribution patterns of plant species as admitted in the national databank for the Dutch flora, FLORBASE. Firstly, on the basis of distribution patterns of plant species and the first classification of plant species to salinity, the surface waters within each kilometre gridcell has been assigned to a certain salinity-class. Subsequently, it was checked whether the distribution of plant species matched the (on the basis of occurrence of plant species) computed salinity-classes. The assumption was made that the first classification of plant species to salinity should occur in cells with a corresponding computed salinity-class. If this is not the case, it may indicate that the plant species was not classified correctly. By using this method and some additional checking with other relevant literature a final classification was reached.

From the investigation it appeared that:

- (a) most plant species show a one-sided response towards salinity. For most species there is a clear upper boundary for salinity, whereas most species appear to be tolerant for lower chloride concentrations.
- (b) within the range for fresh water (< 1000 mg Cl/l) there is no clear discontinuity which justifies a clear classification of plant species to salinity. As chloride concentrations increases the number of plant species which can survive decreases; so a clear mark in salinity between fresh water and light brackisch water is arbitrary.
- (c) the correlation between the data of De Lyon & Roelofs and Barendregt et al., is weak, in which the first authors systematically have encountered plant species in environments with lower chloride concentrations. This is probably caused by the fact that De Lyon & Roelofs mostly gathered their data in the pleistocene area of

- the Netherlands, where chloride concentrations in surface waters are generally low.
- (d) a fairly strong positive correlation exists between salinity and nutrient availability. This correlation may be caused by the fact that in the Netherlands nutrient poor surface waters almost always have low salinity. Nutrient poor, light brackish environments are rare in the Netherlands, and probably also less well investigated. This does not mean that plant species from nutrient poor sites are not tolerant for high salinity, as also has been indicated by foreign studies.

It was concluded that especially for moderately nutrient-rich surface waters a further division to salinity may be differentiating. A border for salinity of 200 mg Cl/l was chosen to indicate the difference between fresh and light brackish surface waters. For DEMNAT this means that in the case of effect modelling the percentage of fresh water plant species within moderately nutrient-rich surface waters (A17zt) has to be accounted for, as these species react more strongly to inlet of river waters than the other plant species of A17.

SAMENVATTING

In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de relatie tussen waterplanten en saliniteit. Het onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van een betere effect modellering met DEMNAT voor de dosis 'inlaat van systeemvreemd water'. De effect modellering is daarbij verbeterd doordat de dosis meer is uitgedrukt in termen van waterkwaliteit (fosfaat- en chloridegehalte) in plaats van waterkwantiteit (percentage inlaat water), en doordat de effect-module van DEMNAT een meer verfijnde indeling voor saliniteit hanteert.

Binnen de oude indeling van het CML-ecotopensysteem (Runhaar et al., 1987) is voor saliniteit slechts onderscheid gemaakt in drie klassen, te weten: zoet ($< 1000 \text{ mg Cl/l}$), brak ($1000\text{-}10000 \text{ mg Cl/l}$) en zout ($> 10000 \text{ mg Cl/l}$). Deze indeling is te grof om de effecten van inlaat van Rijnwater in regionale wateren goed te kunnen bepalen. De indeling van waterplanten naar saliniteit is daarom verfijnd waarbij vooral gebruik is gemaakt van gegevens verzameld door Barendregt et al., 1990 en De Lyon & Roelofs, 1986. Op basis van deze gegevens is een concept-indeling gemaakt welke vervolgens is getoetst aan de hand van verspreidingsgegevens opgenomen in het nationale florabestand, FLORBASE. Daarbij is eerst, op basis van het voorkomen van plantensoorten en de voorlopige indeling van waterplanten naar saliniteit, het oppervlakte water binnen elke kilometercel toebedeeld aan een bepaalde saliniteitsklasse. Vervolgens is nagegaan wat de verdeling is van soorten over de (op basis van soorten) berekende saliniteitsklassen. Daarbij wordt verondersteld dat soorten die in de concept-indeling zijn ingedeeld bij een bepaalde saliniteitsklasse ook het meest zullen voorkomen in kilometerhokken die zijn ingedeeld bij de betreffende klasse. Wanneer dat niet het geval is, kan dat een aanwijzing zijn dat de soort verkeerd is ingedeeld. Op basis van de verdeling van soorten over saliniteitsklassen en andere relevante literatuur is vervolgens de indeling aangepast.

Uit het onderzoek bleek dat:

- (a) de meeste soorten een eenzijdige responsie vertoonde t.a.v. saliniteit. Er is sprake van een duidelijke bovengrens voor saliniteit, terwijl er nauwelijks sprake is van soorten die lage chloridegehalten mijden.
- (b) er binnen het zoete bereik ($< 1000 \text{ mg Cl/l}$) geen duidelijke discontinuïteiten zijn aan te wijzen in de verdeling van soorten naar saliniteit. Naar mate het chloridegehalte toeneemt is er een geleidelijke afname van het aantal soorten dat nog kan voorkomen; waar de grens tussen zoet en licht brak wordt gelegd is dus arbitrair.
- (c) er een matige correlatie bestaat tussen de gegevens van De Lyon & Bloemendaal en Barendregt et al., waarbij de eerste auteurs soorten stelselmatig aantreffen bij lagere chloridegehalten. De oorzaak is waarschijnlijk dat door De Lyon & Roelofs veel waarnemingen zijn gedaan in Pleistocene Nederland, waar het chloridegehalte van het water over het algemeen laag is.

- (d) er een redelijk sterke positieve correlatie bestaat tussen saliniteit en voedselrijkdom. De oorzaak is dat in Nederland de voedselarme wateren waarin de soorten voorkomen bijna altijd lage chloridegehaltes hebben. Voedselarme licht brakke milieus zijn zeldzaam in Nederland en wellicht ook onderbemonsterd. Dit betekent overigens niet dat voedselarme soorten niet zout-tolerant kunnen zijn, hetgeen ook uit buitenlandse studies is op te maken.

Geconcludeerd is dat vooral in matig voedselrijke wateren een onderverdeling naar saliniteit differentiërend werkt. Er is daarbij gekozen voor een grens bij 200 mg Cl/l om het onderscheid aan te geven tussen zoete en licht brakke wateren. Voor DEMNAT betekent dit dat er bij de effectvoorspelling rekening zal moeten worden gehouden met het aandeel zoete soorten in de matig voedselrijke wateren (A17zt) aangezien de zoete soorten sterker reageren op inlaat van Rijnwater dan de overige soorten van A17.

VOORWOORD

SUMMARY

SAMENVATTING

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	
1.1	Vraagstelling	1
1.2	Onderscheid naar saliniteit binnen ectopenindeling	1
1.3	Werkwijze	2
2	SALINITEIT ALS OMGEVINGSFAKTOR	
2.1	Saliniteit en chloriniteit	5
2.2	De ecologische rol van natrium en chloride	5
2.3	Saliniteitsindelingen	8
3	ORDENING WATERPLANTEN NAAR SALINITEIT OP BASIS VAN LITERATUURGEGEVENS	
3.1	In het onderzoek betrokken soorten	9
3.2	Gegevensbronnen	9
3.3	Bespreking literatuurgegevens	10
3.4	Concept-indeling naar saliniteit	13
4	TOETSING INDELING AAN VERSPREIDINGSGEGEVENS	
4.1	Inleiding	15
4.2	Het toedelingsprogramma WASAL	15
4.3	Resultaten	19
4.4	Konklusies	19
5	AANPASSING VAN DE INDELING IN ECOLOGISCHE SOORTENGROEPEN	
5.1	Herziening indeling ecologische soortengroepen	23
5.2	Verspreidingskaartjes soorten van matig voedselrijk water	24
	LITERATUUR	29

Bijlagen

1	Literatuurgegevens over de relatie waterplanten/saliniteit	33
2	Eerste indeling van soorten naar saliniteit	41
3	Beschrijving programma WASAL	43
4	Toedelingssleutel gebruikt in WASAL voor de bepaling van de saliniteitsklasse van het oppervlaktewater in een kilometercel	45
5	Verdeling soorten over saliniteitsklassen	47
6	Resulterende indeling in ecologische soortengroepen	51

1 Inleiding

1.1 Vraagstelling

In de tot nu toe ontwikkelde versies van DEMNAT (1.0 en 2.0) werden de ecologische effecten van de inlaat van water maar in zeer beperkte mate voorspeld. Dat lag voor een deel aan de wijze waarop de dosis werd berekend, namelijk als een verandering in het percentage gebiedsvreemd water per PAWN-distrikt. Doordat dat de PAWN-distrikten veel te groot en daardoor ruimtelijk heterogeen zijn, geeft het percentage gebiedsvreemd water weinig informatie over de te verwachten veranderingen in waterkwaliteit.

Verder werd in de voorspelling van de effecten alleen rekening gehouden met eutrofiëringseffecten. Daarbij werd de verandering in het percentage gebiedsvreemd water eerst vertaald in een geschatte verandering in het fosfaatgehalte. Op grond van de voorspelde verandering in fosfaatgehalte binnen het PAWN-distrikt werd vervolgens de toe- of afname in volledigheid van aquatische ecosysteemttypen voorspeld. Echter, inlaat van water heeft niet alleen effecten op de voedselrijkdom van het water, maar ook op het zoutgehalte. Zoals aangegeven door onder meer Barendregt (1993) hebben verschillen in chloridegehalte van het water ook bij lagere concentraties, dus binnen zoete wateren, een grote invloed op de soortenrijkdom en soortensamenstelling van aquatische ecosystemen.

In de nieuwste versie van DEMNAT, 2.1, worden deze bezwaren ondervangen door te werken met een nieuw model voor de onverzadigde zone, MOZART, dat werkt met veel kleinere waterstaatkundige eenheden dan het tot nu toe gebruikte model DEMGEN, en door bij de modellering ook rekening te houden met de veranderingen in het chloridegehalte.

Vraag daarbij is of de tot nu toe gebruikte indeling van aquatische ecosystemen naar saliniteit voldoende gedetailleerd is om effecten van veranderingen in chloriniteit te voorspellen, en zo nee, op welke wijze de indeling aangepast zou moeten worden.

1.2 Onderscheid naar saliniteit binnen ecotopenindeling

Voor de beschrijving van de aquatische systemen wordt gebruik gemaakt van de indeling in ecotooptypen en de daarbij behorende indeling in ecologische soortengroepen (Runhaar et al., 1987). Binnen deze indeling wordt het volgende onderscheid gemaakt naar saliniteit:

zoet aquatische systemen met zoet water: met een chloride-concentratie van minder dan 1000 mg/l; terrestrische systemen die niet onder invloed staan van brak of zout water, of van zout-inwaai

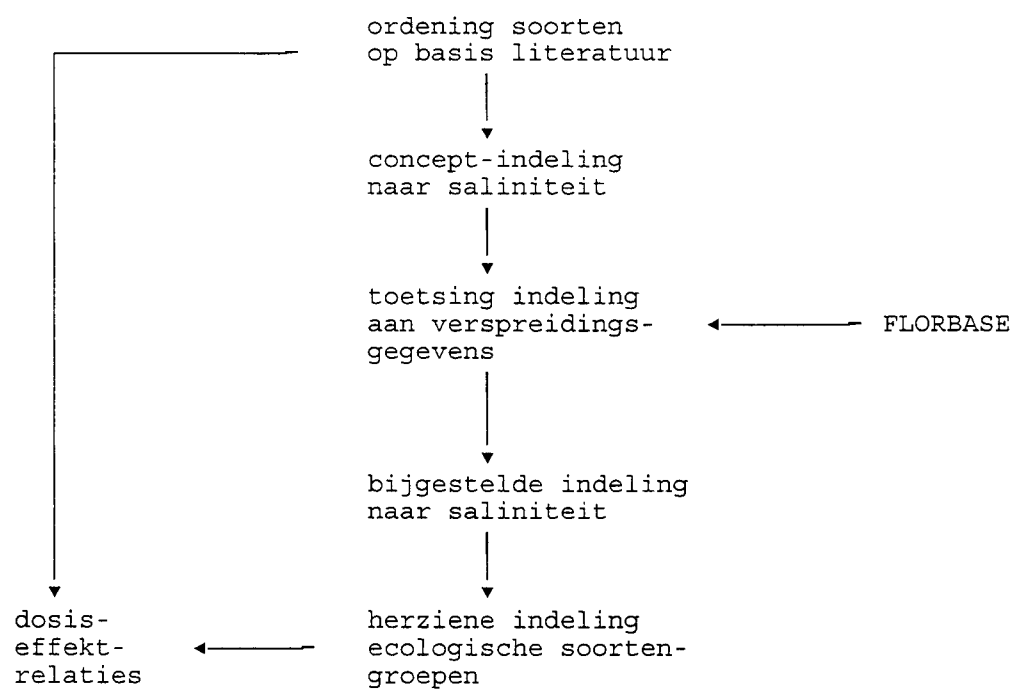
- brak* aquatische systemen met brak water: met een chloride-concentratie tussen 1000 en 10.000 mg/l; terrestrische systemen die in contact staan met brak (of wisselend met zoet en zout) water, of zout-inwaai kennen
- zout* aquatische systemen met zout water: met een chloride-concentratie van meer dan 10.000 mg/l; terrestrische systemen die onder invloed staan van zout water

Voor de voorspelling van de effecten van inlaat van water lijkt deze indeling te grof. Immers, veranderingen in het zoutgehalte van het water als gevolg van inlaat van water zullen vaak optreden in de range van 50 tot 250 mg Cl/l. Alleen bij doorspoeling van brakwatergebieden met zoet oppervlaktewater zijn grotere veranderingen in zoutgehalte te verwachten. Omdat de meeste veranderingen in chloridegehalte zich zullen voordoen binnen de klasse zoet is besloten na te gaan of het mogelijk deze klasse op te delen in de klassen 'zoet' en 'licht brak'. In de indeling van aquatische ecotootypen van Verdonschot et al. (1992), die zich vooral op de macrofauna richt, wordt al een dergelijk onderscheid gemaakt. Daarbij wordt de grens tussen zoet en licht brak gelegd bij 200 à 300 mg/l.

In deze studie zijn twee mogelijke grenzen onderzocht namelijk bij 100 en 200 mg/l. De laatste grens komt het meeste overeen met het onderscheid dat door Verdonschot et al. is gemaakt. Omdat Barendregt (1993) een Cl-gehalte van 70-100 mg/l in laag-Nederland een ecologisch relevante grens noemt voor water- en verlandingsvegetaties is nagegaan of de grens niet beter bij 100 mg/l gelegd zou kunnen worden. Voorlopig is het onderzoek beperkt tot aquatische ecosystemen, omdat die het meest worden beïnvloed door de inlaat van water.

1.3 Werkwijze

De bepaling van een nieuwe indeling naar saliniteit geschiedde in aantal stappen (fig. 1). Ten eerste is op grond van literatuurbronnen voor de betrokken soorten het optimum en de amplitudo bepaald ten aanzien van chloride. Op grond van deze karakterisering zijn de soorten vervolgens ingedeeld naar de kenmerkclassen zoet, licht brak en brak. Hoe dat is gebeurd wordt uitgelegd in hoofdstuk 3. In een tweede fase is deze concept-indeling naar saliniteit getoetst op interne consistentie met behulp van de verspreidingsgegevens van soorten in het FLORBASE-bestand. Daarvoor is gebruik gemaakt van het programma WASAL. Met de bijgestelde gegevens is een nieuwe indeling in ecologische soortengroepen opgesteld. Hierop wordt ingegaan in de hoofdstukken 4 en 5.



Figuur 1 Werkwijze bij de indeling naar saliniteit en het opstellen van de dosis-effekt-relaties.
Uitleg zie tekst.

2 Saliniteit als omgevingsfaktor

2.1 Saliniteit en chloriniteit

Het Ecotopensysteem gaat uit van een functionele benadering, waarbij de soortensamenstelling van de vegetatie wordt beschouwd als een functie van (onder meer) de operationele omgevingsfactoren. De operationele omgevingsfactoren zijn die eigenschappen van het ecosysteem die bepalend zijn voor het fysiologische milieu van de soorten. De belangrijkste daarvan zijn de vochttoestand, voedselrijkdom, zuurgraad en saliniteit (zie Runhaar 1989, Groen et al. 1993). Beide eerste habitatfactoren zeggen iets over de stoffen die voor metabole en andere fysiologische processen van planten in opneembare vorm beschikbaar moeten zijn: vocht, zuurstof en nutriënten. Met vochttoestand, zuurgraad en saliniteit worden daarnaast de factoren aangegeven die de beschikbaarheid van deze stoffen kunnen beïnvloeden. Vooral van saliniteit gaat wat dit betreft een beperkende invloed uit.

De saliniteit heeft strikt genomen betrekking op het totale gehalte aan macro-ionen in water. Naast de kationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ en K^+ zijn dit de anionen Cl^- , HCO_3^- en SO_4^{2-} . Behalve voor brakke wateren wordt de saliniteit in de praktijk meestal (gemeten en) weergegeven in termen van de Cl^- -concentratie. In het Ecotopensysteem wordt de term saliniteit toegepast in de beperkte zin van chloriniteit: de concentratie van chloride in (bodem- of oppervlakte-water). Overigens is het aandeel van de -zeer goed oplosbare- chloride-zouten in deze macro-ionensom en dus ook in de totale concentratie, meestal aanzienlijk in Nederlandse wateren (Redeke 1975; Bloemendaal en Roelofs, 1988).

In brakke wateren wordt de totale anionen-concentratie bijna geheel bepaald door chloride, dat daarmee bijna de helft van het totale ionengehalte voor zijn rekening neemt. In zoete wateren neemt chloride in de op zich lagere totale ionen-concentratie weliswaar een minder vooraanstaande, maar toch nog aanzienlijke plaats in (De Lange 1972). Sulfaat, dat vooral in niet waternverzadigde bodems relatief hoge concentraties kan bereiken, speelt in de meeste aquatische milieus met uitzondering van voedselarme, zure wateren (met doorgaans weinig chloride) een ondergeschikte rol (Fitter en Hay 1981).

2.2 De ecologische rol van natrium en chloride

Chloride en natrium zijn beide elementen die een essentiële rol spelen bij metabole processen van planten. Chloride is nodig bij de fotoreductie van zuurstof in de chloroplasten, en natrium is vooral in C_4 -planten betrokken bij de omzetting van koolstofdioxide (Haller et al. 1974). Al zijn de elementen onmisbaar voor planten, de hoeveelheden die ervan nodig zijn, zijn zeer beperkt: het zijn micro-nutriënten. Bij niet-halofyten (die geen mechanismen kennen om overtollig Cl^- op te slaan) zijn van chloride dan ook zeer lage concentraties aangetroffen in het

weefsel: 50-500 μmol per gram drooggewicht (Sitte et al. 1991).

In natuurlijke omstandigheden zullen de beschikbare hoeveelheden chloride en natrium zelden limiterend zijn. Integendeel, de concentraties zullen eerder zodanig hoog zijn dat de metabole processen in planten erdoor gehinderd worden. Hoewel de niveaus waarop dit het geval is soortafhankelijk zijn, blijken verreweg de meeste plantesoorten lage zout-concentratie te prefereren. Zelfs de meeste halofyten vertonen -in experimentele situaties- een groei-optimum bij lage concentraties (Greenway en Munns 1980).

Zout kan op twee wijzen de groei van planten beïnvloeden: via de osmotische werking, en de invloed daarvan op de opname van water en nutriënten, en door de mogelijk toxische uitwerking op metabole processen.

Osmotische effecten

Planten hebben water nodig voor opname en transport van nutriënten en organische moleculen, als medium voor een veelheid aan biochemische reacties, en voor het onderhouden van turgor. De opname geschiedt doorgaans via de haarwortels, en bij submerse waterplanten ook door de hele (doorlatende of cuticula-loze) oppervlakte van stengel en bladeren. Om tot wateropname in staat te zijn moet de plant inwendig een sterkere (meer negatieve) potentiaal kunnen ontwikkelen en in stand houden ten opzichte van het externe milieu, het bodem- of oppervlaktewater.

De osmotische potentiaal van water wordt bepaald door de totale concentratie van de er in opgeloste stoffen, de 'hoeveelheid deeltjes'. Goed oplosbare zouten (als juist NaCl) zullen dus een grotere bijdrage leveren aan de osmotische potentiaal dan stoffen die minder makkelijk oplossen. In het externe milieu van de plant spelen vooral anorganische ionen hier een rol in, in het interne plantmilieu, met name in vacuole en cytoplasma, opgenomen nutriënten en organische verbindingen.

Naarmate de stoffenconcentratie van water buiten de plant groter en de potentiaal ervan dus sterker is, zal de plant een sterker negatieve (osmotische) potentiaal moeten ontwikkelen om het water vast te kunnen houden. Het ontwikkelen dan wel aanpassen van deze osmotische potentiaal gebeurt in de plant middels de osmoregulatie: met door de plant zelf aangemaakte moleculen of opgenomen ionen kan de totale concentratie in het celsap verhoogd worden, en daarmee de osmotische potentiaal worden verlaagd. De meeste planten zijn tot osmoregulatie in staat en kunnen zo, binnen een bepaalde marge, de wateropname continueren. Volgens onder andere Fitter en Hay (1981) is watergebrek voor planten dan ook niet de grootste bedreiging die uitgaat van een hoog zoutgehalte. De indirecte en directe toxische effecten ervan achten zij van grotere betekenis.

Toxische effecten

Bij de osmoregulatie kan de totale stoffen-concentratie in het vacuole-vocht verhoogd door de aanmaak van organische verbindingen of de opname van anorganische ionen als Na^+ en Cl^- . Bij soorten die niet zijn aangepast aan hoge zoutgehaltes kunnen daarbij echter toxische effecten optreden.

Een van de risico's is, dat de ionen-concentratie in de vacuole dermate hoog wordt dat de vochtopname door het cytoplasma in gevaar komt. Assimilatie-activiteiten (vooral van eiwitten en aminozuren) kunnen hierdoor ontregeld, en enzym-activiteiten geremd of juist gestimuleerd worden, met een groeireductie als gevolg (Greenway en Munns 1980; Rabe et al. 1982). Dergelijke effecten kunnen nog versterkt worden doordat de plant de ionen, inclusief de benodigde nutriënten, ongeveer opneemt in de verhoudingen waarin ze beschikbaar zijn¹. Door de relatieve overmaat aan Na^+ en Cl^- ontstaat dan een tekort aan de essentiële nutriënten (Rozema en Van Diggelen 1991).

De opname van vooral Na^+ kan een verstoring van de kationenbalans veroorzaken (Fitter en Hay 1981), met als gevolg een aantasting van de membraanpermeabiliteit en verlies van nutriënten (Twilley en Barko 1990), met name K^+ . In kalkrijke milieus zijn deze effecten vanwege de uitwisselbaarheid van Na^+ en Ca^{2+} minder groot (Rabe et al. 1982). Ook leidt opname van teveel Na^+ tot problemen bij de mogelijkheden van de plant om zijn osmotische potentiaal aan te passen (osmoregulatie) door de versturende uitwerking op de aanmaak van het daarbij belangrijke aminozuur proline (Twilley en Barko 1990). Een teveel aan Cl^- kan leiden tot chlorosis en uiteindelijk het afsterven van de plant (Greenway en Munns 1980).

Aanpassingen van planten

Planten kennen verschillende manieren om de problemen die door een te hoge saliniteit worden veroorzaakt, het hoofd te bieden. Deze aanpassingsmechanismen werken binnen een soortspecifiek traject. Dit osmoregulatie- en dus zouttolerantietraject is uiteraard het meest beperkt bij de zoetwatersoorten. Tabel 1 somt voor enkele plantengroepen het osmotische traject op.

De trajecten van zoutmoerasplanten liggen niet alleen lager, zij zijn ook breder. Dit hangt samen met het feit dat met name brakke milieus grote fluctuaties in saliniteit kennen. De selectiedruk die hier vanuit gaat is groot en er zijn dan ook relatief gezien maar weinig soorten die daar aan aangepast zijn. Vaak vertonen dergelijke soorten ook in hun levenscyclus een aanpassing door voor de meest kwetsbare levensfase (vestiging uit zaad) het meest risicovolle, instabiele seizoen te mijden (Fitter en Hay 1981).

¹ Ongeveer, omdat planten bij de opname wel tot enige selectie in staat zijn.

Tabel 1 Osmoregulatie-trajecten van enkele groepen soorten in het blad; de bereikbare osmotische potentiaal in de wortels is minder negatief (minder sterk). Ter vergelijking: de water potentiaal van zeewater is -20 bar. Gegevens ontleend aan Sitte et al. 1991)

zoetwaterplanten	-2 tot -12 bar
moerasplanten	-6 tot -16 bar
graslandplanten	-6 tot -20 bar
woestijnplanten	-17 tot -40 bar
zoutmoerasplanten	-26 tot -50 bar

2.3 Saliniteitsindelingen

In de literatuur wordt vaak een ecologisch relevante grens tussen zoet en (licht) brak water gelegd bij chloridegehalten van 100 mg per liter. Volgens Van der Werff en Huls (1957, aangehaald door De Lange en De Ruiter 1977) ligt bij 100 mg een duidelijke tolerantiegrens voor zoetwaterassociaties van Diatomeeën. Redeke (1932, 1975), en in navolging van hem ook onderzoekers als Olsen (1950) Luther (1951) en Van Donselaar (1961), legden hier de bovengrens voor zoet water (tabel 2). Barendregt (1993) komt op grond van 2000 metingen tot een wat lagere bovengrens voor zoet water: 70-100 mg, Verdonschot (1993) tot een hogere: 200-300 mg.

Internationaal geaccepteerd is de grens die in het Venice System (Anonymous 1959) wordt gelegd bij een gehalte van 300 mg chloride per liter. Volgens De Lange en De Ruiter is dit de grens waarboven agrarisch gebruik problematisch wordt, en ligt hier tevens de menselijke smaakgrens. Stuyfzand (1986) onderscheidt tot 300 mg twee saliniteitsklassen: zoet (tot 150 mg) en zoet-brak (tot 300 mg).

Als bovengrens van het licht brakke (oligohaliene) water wordt meestal een chloride-gehalte van 1000 mg aangehouden, en voor brak water van 10000 mg.

Tabel 2 Indeling naar saliniteit volgens Redeke (1932,1975)

<100 mg Cl/l	infrahalien
100-1.000 mg Cl/l	oligohalien
1.000-10.000 mg Cl/l	mesohalien
10.000-17.000 mg Cl/l	polyhalien
>17.000 mg Cl/l	ultrahalien

3 Ordening waterplanten naar saliniteit op basis van literatuurgegevens

3.1 In het onderzoek betrokken soorten

In het onderzoek naar de relatie met de saliniteit is de omgrenzing van het begrip 'aquatisch' ruim genomen. Onderzocht zijn alle soorten die in de indeling in ecologische groepen (Runhaar et al. 1987) zijn ingedeeld bij watervegetaties (W) en/of verlandingsvegetaties (V). Deze groep is verder aangevuld met enkele soorten waarvan bij nader inzien ook aangenomen kan worden dat ze tenminste in belangrijke mate voorkomen in aquatische milieus, en onder invloed staan van oppervlaktewater. Het gaat hierbij om:

Callitriche hamulata	Lysimachia thyrsiflora
Callitriche obtusangula	Oenanthe fistulosa
Carex acutiformis	Veronica beccabunga
Deschampsia setacea	Limosella aquatica
Elatine hexandra	

Daarnaast zijn ook een aantal soorten in het onderzoek betrokken die niet zijn ingedeeld in ecologische soortengroepen omdat ze exclusief voorkomen in stromend water (*Ranunculus fluitans*) of in zee (*Zostera*'s).

3.2 Gegevensbronnen

De gegevens waarvan in eerste instantie is uitgegaan bij het opstellen van de soortsamplitulo's voor aquatische soorten, komen voort uit onderzoeken door Barendregt et al. (1990; zie ook Barendregt en Bootsma 1991 en Barendregt 1993) en door De Lyon & Roelofs (1986). In beide onderzoeken zijn voor een groot aantal water- en verlandingssoorten de responsies bepaald voor diverse fysisch-chemische en andere abiotische parameters, waaronder het chloridegehalte van de waterlaag. Per locatie werden hiervoor soorten- en meetgegevens opgenomen en aan elkaar gecorreleerd.

Barendregt et al. hebben voor hun onderzoek verspreid over de provincie Noord-Holland metingen gedaan in de duinen, de binnenduintrand, de veenpolders en droogmakerijen ten noorden en ten zuiden van het Noordzeekanaal en de Vechtstreek. De gegevens die zijn verzameld door De Lyon & Roelofs zijn afkomstig van ongeveer 600 oppervlaktewateren ("zo goed mogelijk") verspreid in heel Nederland. Naar het zich laat aanzien, zijn hierbij de zoete wateren (met een chloride-gehalte van maximaal 300 mg/l) enigszins oververtegenwoordigd. Voor een nadere beschrijving van de bij deze onderzoeken gevolgde methoden wordt verwezen naar de desbetreffende rapporten.

Aanvullende literatuurbronnen waarvan gebruik is gemaakt zijn Van Nieuwenhoven (1942), Luther (1951), Segal (1966), De Lange (1972), Ellenberg (1979). Deze gegevens zijn

doorgaans niet zo systematisch van opzet als beide eerste bronnen, maar kunnen toch waardevolle aanvullingen geven. Met name zijn ze van belang om na te kunnen gaan of de door Barendregt et al. en door Lyon & Roelofs gevonden relaties ook gelden voor andere regio's dan wel een andere tijdsperiode.

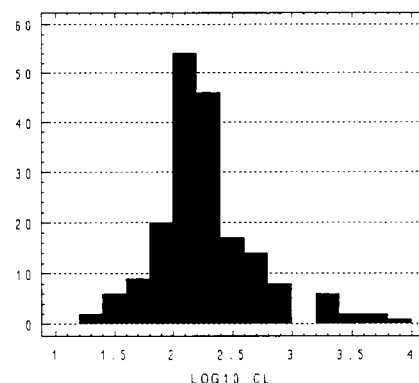
Oberdorfer (1983) en Weeda et al. (1985-1994) zijn niet gebruikt voor de ordening van soorten naar saliniteit, wel zijn ze achteraf geraadpleegd bij de interpretatie van de uitkomsten van de toetsing aan verspreidingsgegevens (hoofdstuk 4).

3.3 Bespreking literatuurgegevens

In bijlage 1 is per soort een overzicht gegeven van de uit literatuurgegevens afgeleide relatie met de saliniteit. Daarbij zijn de soorten zo goed als mogelijk geordend naar oplopende tolerantie voor saliniteit. De gegevens van Barendregt et al. en Lyon & Roelofs zijn weergegeven in termen van percentielen (Cl_{10} , Cl_{50} en Cl_{90}).

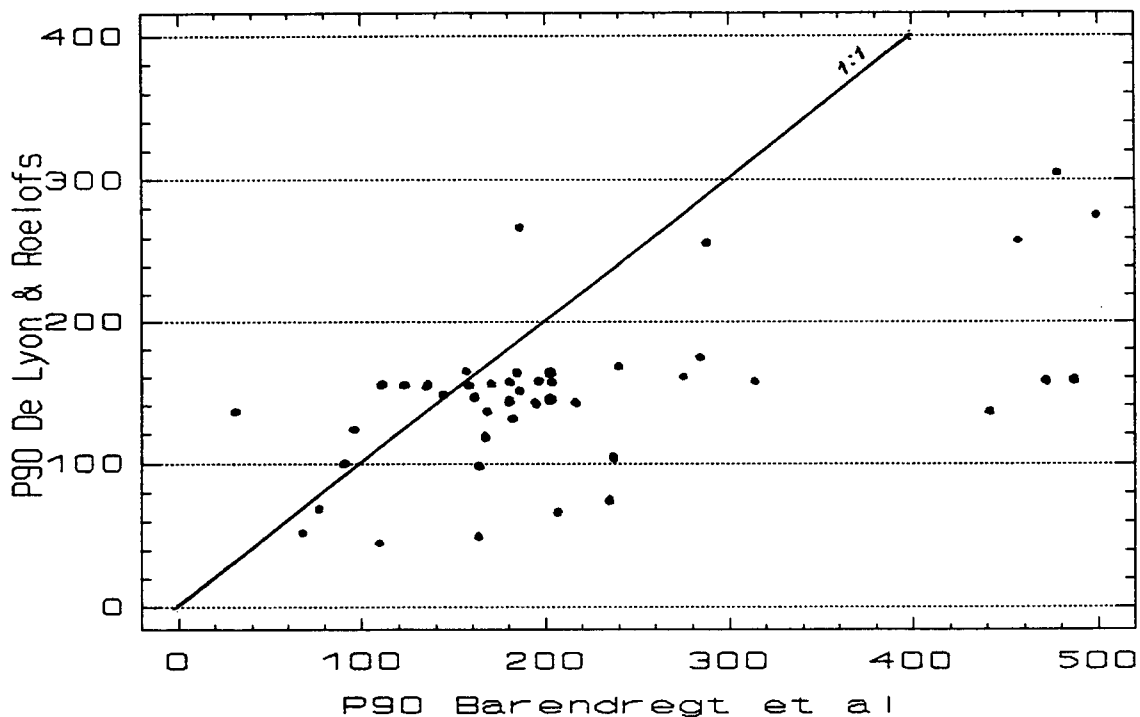
Uit de bijlage valt af te lezen dat:

- de meeste soorten een eenzijdige responsie vertonen t.a.v. saliniteit. Er is een duidelijke bovengrens waarboven ze niet of nauwelijks voorkomen. Waar deze grens ligt kan worden afgelezen uit de Cl_{90} . Echter, er zijn nauwelijks soorten die lage chloridegehaltes mijden; ook soorten die tolerant zijn ten aanzien van saliniteit kunnen, zoals valt af te lezen uit de Cl_{10} , voorkomen bij lage chloridegehaltes. Alleen *Ruppia* is exclusief aangetroffen in brak water ($Cl_{10} > 1000$ mg/l).



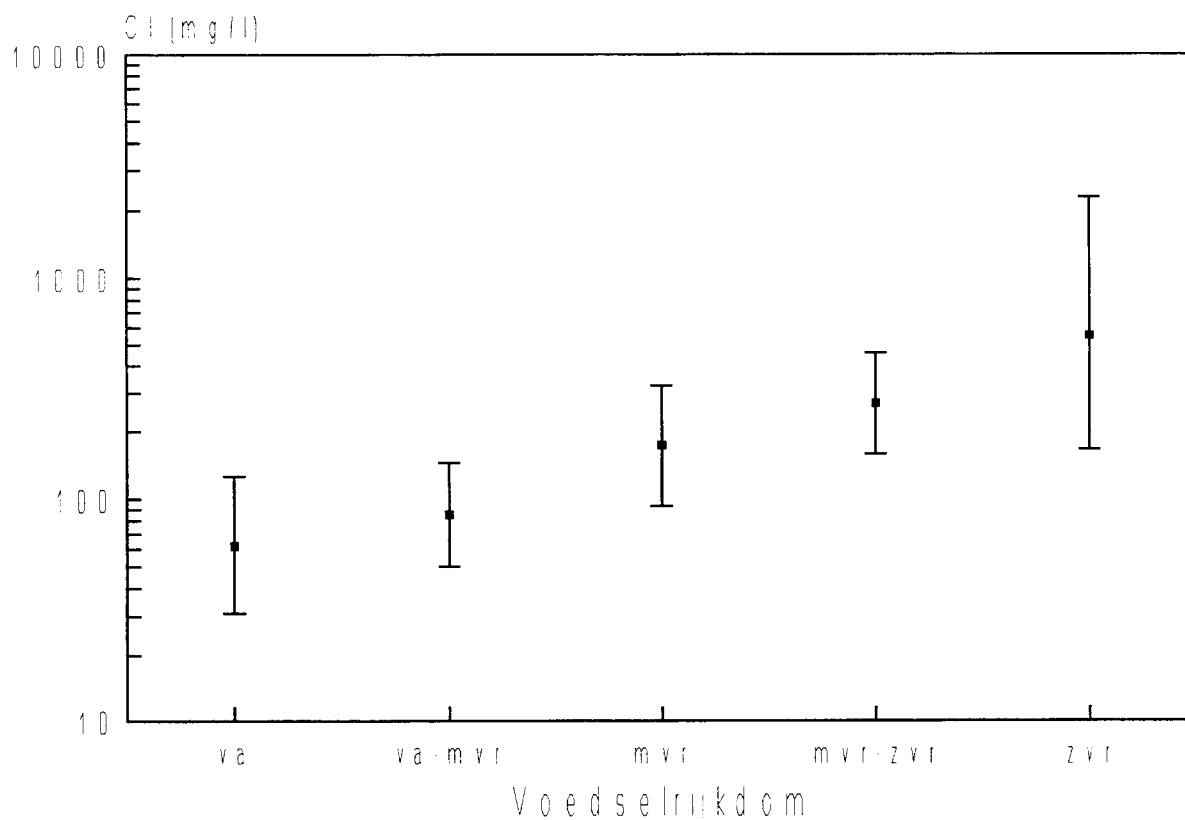
Figuur 2 Verdeling van de 90-percentielen van de soorten over de logaritme uit het chloridegehalte.

- er binnen het zoete bereik ($Cl < 1000$ mg/l) geen duidelijke discontinuïteiten zijn aan te wijzen in de verdeling van soorten naar saliniteit (figuur 2; gegevens van Barendregt et. al. én De Lyon & Roelofs); naarmate het chloridegehalte toeneemt is er een geleidelijke afname van het aantal soorten dat nog kan voorkomen; waar de grens tussen wordt gelegd tussen zoet en licht brak is dus arbitrair.
- er een matige correlatie bestaat tussen de gegevens van de Lyon & Roelofs en Barendregt et al., waarbij de eerste auteurs soorten stelselmatig aantreffen bij lagere chloridegehaltes (figuur 3). De oorzaak is waarschijnlijk dat door De Lyon & Roelofs veel waarnemingen zijn gedaan in Pleistocene Nederland, waar het chloridegehalte van het



Figuur 3 Relatie tussen de Cl_{90} volgens Barendregt et al en de Cl_{90} volgens de Lyon & Roelofs. Alleen punten geselecteerd met een Cl_{90} volgens Barendregt et al. van minder dan 500 mg/l. $R=0,58$.

water over het algemeen laag is. Voor soorten met een grote tolerantie ten aanzien van het chloridegehalte zijn de gegevens van de Lyon & Roelofs daarom niet goed bruikbaar. Een voorbeeld is *Phragmites australis*, die door de Lyon & Roelofs is gevonden met een Cl_{90} bij 250 mg/l, terwijl de soort veel voorkomt en soms aspectbepalend is in brakke kustwateren. Een vergelijking van de indeling naar voedselrijkdom volgens Runhaar et al (1987) met de op de gegevens van Barendregt et al en De Lyon & Roelofs bepaalde Cl^{90} laat zien dat er een sterke correlatie ($R=0,67$) bestaat tussen het optimum voor de voedselrijkdom en de tolerantie voor chloride (figuur 4). Echter, van vrij veel soorten die door Barendregt et al. en De Lyon & Roelofs zijn gevonden bij lage chloridegehalten ($Cl_{90} < 150$ mg/l), wordt door andere auteurs opgemerkt dat ze in oligohalien (100-1000) of zelfs mesohalien water (1000-10000 mg Cl/l) kunnen voorkomen. Het gaat in de meeste gevallen om soorten die binnen het ecotopensysteem zijn ingedeeld bij soortengroepen van voedselarme milieus. De oorzaak is dat in Nederland de voedselarme wateren waarin de soorten voorkomen bijna altijd lage chloridegehalten hebben. De meeste voedselarme wateren die zijn bemonsterd door De Lyon & Roelofs bestaan uit door regenwater gevoede milieus in het Pleistoceen. Omdat voedselarme licht brakke milieus zeldzaam zijn en bovendien zijn



Figuur 4 Relatie tussen de indeling naar voedselrijkdom volgens Runhaar et al (1987) en de Cl_{90} van soorten afgeleid uit gegevens Barendregt et al en De Lyon & Roelofs (bij soorten waarover beide auteurs informatie geven is de gemiddelde Cl_{90} genomen). Per voedselrijkdomklasse wordt het gemiddelde en de standaarddeviatie van de Cl_{90} gegeven.

onderbemonsterd (geen of weinig duinplasjes onder invloed van salt-spray) worden soorten van voedselarme milieus vrijwel alleen aangetroffen in gebieden met zoet water. Dat betekent echter niet dat voedselarme soorten niet zout-tolerant kunnen zijn. Dat blijkt bijvoorbeeld bij soorten als *Littorella uniflora* en *Sparganium minimum* die door De Lyon & Roelofs alleen zijn aangetroffen in zeer zoete wateren, maar volgens de literatuur wel degelijk in licht brak water kunnen voorkomen. Met name door Luther worden veel van deze soorten bij hogere chloridegehalten gevonden. De door deze onderzoeker beschreven groeiplaatsen wijken nogal af van de in Nederland bemonsterde milieus: Het gaat om het voorkomen van waterplanten langs de kust van Finland, in het -althans in de onderzochte periode rond de Tweede Wereldoorlog- zeer heldere brakke water van de Botnische golf. De auteur beschrijft hoe hier, vooral op wat meer geëxponeerde plaatsen, ijle rietbegroeiingen voorkwamen met daarin soorten als *Littorella uniflora*, *Isoetes lacustris* en *I. echinospora* (Luther 1951, pag. 112).

Dit betekent dat het verband tussen het optimum voor voedselrijkdom en de tolerantie voor chloride minder strikt is dan wordt gesuggereerd door figuur 4, omdat soorten van voedselarme milieus vaak een grotere tolerantie hebben voor chloride dan uit Nederlandse verspreidingsgegevens kan worden afgelezen.

Tabel 4 Saliniteitsklassen gebruikt bij de ordening van waterplanten naar saliniteit.

	Omschrijving	grenswaarden (mg Cl/l)
1	zeer zoet	0-100
2	zoet	0-200
3	zoet tot licht brak	0-1000
4	zoet tot brak	0-10.000
5	brak tot zout	> 10.000

3.4 Concept-indeling naar saliniteit

Uitgaande van de ordening van soorten naar saliniteit zijn de soorten ingedeeld in groepen. Onderscheiden zijn soorten van zoete, zoete tot licht brakke, zoete tot brakke en brakke wateren (tabel 4). Er is geen groep onderscheiden van soorten van licht brakke wateren omdat er geen soorten zijn die exclusief in licht brak water voorkomen. Verder zijn, omdat vooraf niet duidelijk was waar de grens tussen zoet en licht brak het beste gelegd zou kunnen worden, twee 'zoete' groepen onderscheiden, met een grens bij respectievelijk 100 en 200 mg Cl/l. Bij de toedeling van soorten aan groepen is eenzelfde criterium gebruikt als bij de indeling in ecologische soortengroepen, namelijk dat 70% van het voorkomen van de soort moet liggen beneden de gehanteerde chloridegrens. Waar de 70-percentiel ligt is geschat op basis van de Cl_{50} en Cl_{90} .

Aan de hand van de gegevens van Barendregt et al. en De Lyon & Roelofs ontleende amplitudo's, is een eerste, tentatieve indeling van de soorten in saliniteitsklassen opgesteld. Bij de rangschikking werd als eerste sleutel de Cl_{90} gebruikt en als tweede de Cl_{50} . Zoet-mijdende soorten bleken bijna niet voor te komen: behalve voor *Zostera* spp en *Ruppia* spp lag de Cl_{10} ver onder 100 mg Cl/l.

Deze indeling is bijgesteld aan de hand van de andere ter beschikking staande bronnen. De bruikbaarheid van deze 'secundaire' bronnen was echter beperkt. Dit vond zijn oorzaak in

het (zeer) beperkt aantal soorten dat in deze bronnen besproken wordt, maar ook in de manier waarop deze gegevens zijn weergegeven. Zo zijn de amplitudo's doorgaans wel in kwantitatieve (naar mg Cl/l om te rekenen) termen gegeven, maar slechts als minimum, optimum en maximum, en zelden met vermelding van het aantal waarnemingen waarop ze gebaseerd waren. Daarom is besloten bij deze eerste indeling naar saliniteit vooral af te gaan op de gegevens van Barendregt et al. en De Lyon & Roelofs. Wel is achteraf gebruik gemaakt van de overige bronnen om de indeling bij te stellen, namelijk in die gevallen dat er op grond van de verspreidingsgegevens reden was om te twijfelen aan de juistheid van de indeling (zie par. 4.4). Een aantal soorten kon niet worden ingedeeld omdat er over deze soorten geen informatie was, ofwel omdat de beschikbare informatie tegenstrijdig was.

Bijlage 2 geeft de, voornamelijk op de gegevens van Barendregt et al. en De Lyon & Roelofs gebaseerde, eerste indeling van soorten naar saliniteit.

4 Toetsing van de indeling aan verspreidingsgegevens

4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is aangegeven hoe op grond van literatuurgegevens soorten naar hun voorkeur voor saliniteit zijn ingedeeld in een vijftal saliniteitsklassen. Deze concept-indeling is vervolgens getoetst op interne consistentie met behulp gegevens over de ruimtelijke verspreiding van soorten, afkomstig uit het FLORBASE-bestand (Groen et al. 1992). De toetsing is als volgt uitgevoerd:

- Per kilometerhok is nagegaan welke waterplanten voorkomen en wat de saliniteitsindicatie van de soorten is.
- Op basis van deze gegevens is vervolgens het oppervlaktewater in het kilometerhok toegedeeld aan een saliniteitsklasse. Veronderstelling daarbij is dat het oppervlaktewater in het kilometerhok homogeen kan worden beschouwd ten aanzien van de faktor saliniteit. In die gevallen dat informatie tegenstrijdig is (bv. zowel obligaat zoete als brakke soorten) wordt het oppervlaktewater in het kilometerhok niet ingedeeld naar saliniteit.
- Vervolgens wordt nagegaan wat de verdeling van soorten is over de (op basis van de soorten) berekende saliniteitsklassen. Veronderstelling is dat soorten die in de concept-indeling zijn ingedeeld bij een bepaalde saliniteitsklasse ook het meest zullen voorkomen in kilometerhokken die zijn ingedeeld bij de betreffende klasse. Wanneer dat niet het geval is, is dat een aanwijzing dat de soort verkeerd is ingedeeld.
- Op basis van de verdeling van soorten over saliniteitsklassen en literatuurgegevens is vervolgens de indeling bijgesteld.

Bovenstaande exercitie is slechts éénmaal uitgevoerd; herhaling van bovengenoemde stappen (opnieuw indelen kilometerhokken op basis soorten, bijstellen indeling soorten op basis van voorkomen in kilometercellen etcetera) zou namelijk leiden tot een ordening van soorten en opnamen naar een as die de meeste variantie binnen de watervegetaties beschrijft (Hill 1973, Runhaar et al. 1994). Naar verwachting zou dat een as zijn die loopt van voedselarme, zachte, zoete wateren in het Pleistoceen naar voedselrijke, harde, brakke wateren in het Holoceen.

4.2 Het toedelingsprogramma WASAL

Het programma WASAL (indeling Water naar SALiniteit) bepaalt op grond van de saliniteitsindicatie van soorten, en het voorkomen van waterplanten volgens het FLORBASE.0 bestand, tot welke saliniteitsklasse het oppervlaktewater binnen een kilometercel valt, en wat de verdeling van soorten over de resulterende saliniteitsklassen is. In bijlage 3 wordt een beschrijving van het programma en gebruikte bestanden gegeven. Hier wordt meer algemeen ingegaan op de gebruikte methode.

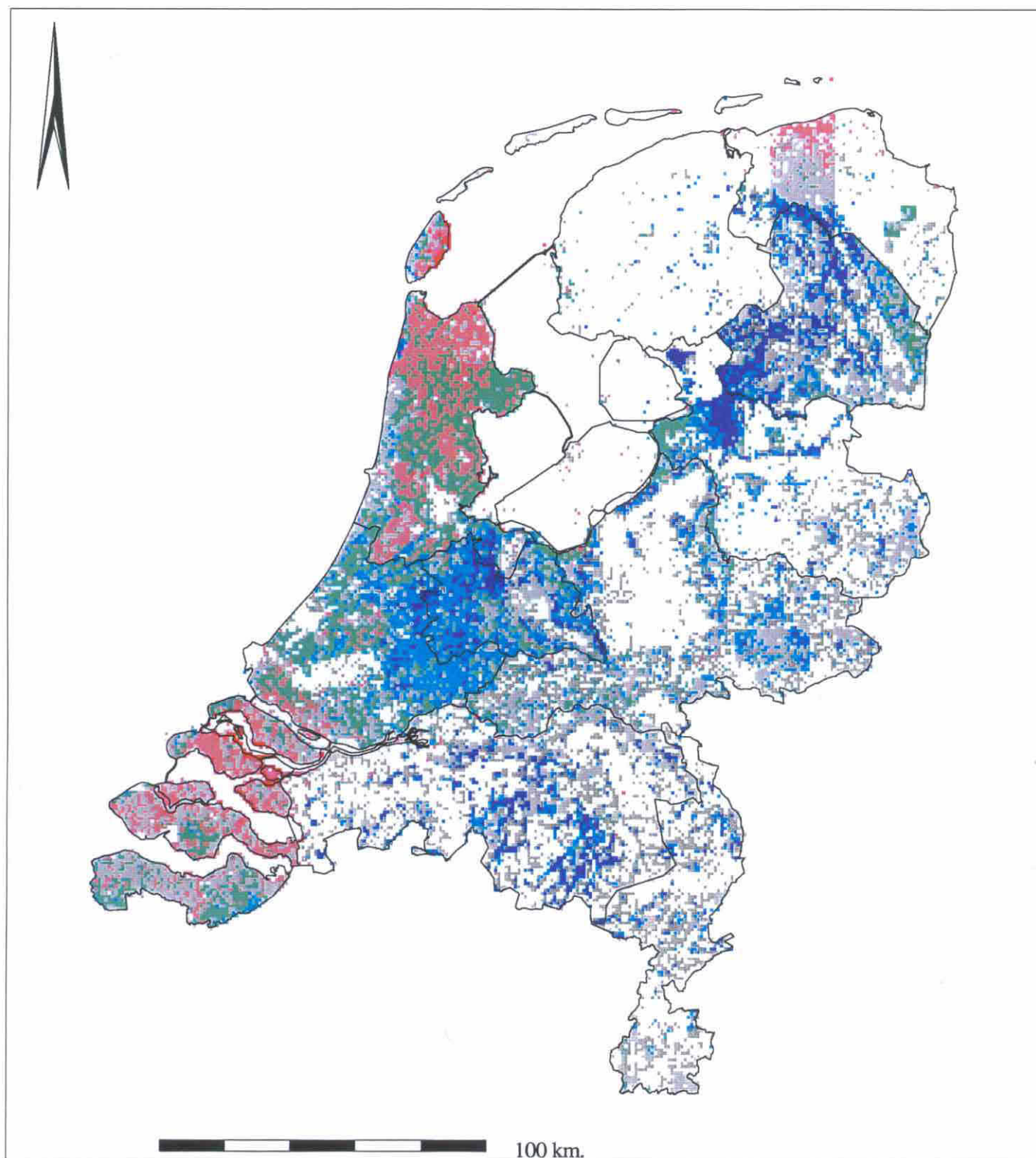
Basis voor de berekeningen vormt de concept-toedeling van soorten aan saliniteitsklassen (bijlage 2). In het programma wordt bijgehouden hoeveel soorten met een bepaalde saliniteitsindicatie voorkomen, en op grond van deze aantallen wordt via een toedelings-sleutel de waarschijnlijke saliniteitsklasse van het oppervlaktewater berekend. Wanneer in een opname voornamelijk obligaat zeer zoete soorten voorkomen wordt een gebied ingedeeld als zoet, wanneer voornamelijk obligaat brakke/zoute soorten voorkomen wordt het gebied ingedeeld als brak, etcetera. Wanneer de informatie conflicterend is (zowel obligaat zoete als obligaat brakke/zoute soorten) wordt het gebied niet ingedeeld (saliniteitsklasse=0). Bij de indeling van kilometercellen wordt de volgende klasse-indeling gebruikt:

- 1 zeer zoet
- 2 zoet
- 3 licht brak
- 4 licht brak tot brak
- 5 brak
- 0 niet in te delen (te weinig soorten of tegenstrijdige indicaties)

Nadat alle kilometercellen zijn behandeld wordt aan het einde van het programma bepaald hoe vaak een soort voorkomt in kilometercellen met een bepaalde saliniteitsklasse.

De methode is uitgetest en geoptimaliseerd aan de hand van gegevens uit een tweetal proefgebieden, te weten een proefgebied dat een deel van Waterland en de Vechtstreek omvat (km. 110-462 t/m 139-512) en de Dommelvallei (km 140-375 t/m 169-417). Aan de hand van de test zijn een beperkt aantal veranderingen doorgevoerd in de indeling in soorten. Zo is *Eriophorum angustifolium* weggelaten uit de indeling. Deze soort, die is ingedeeld als obligaat zeer zoet, blijkt veel voor te komen in het brakwatergebied van Noord-Holland. Omdat hij daar staat in veenheide is hij daar weinig indicatief voor de saliniteit van het oppervlaktewater. Ook is *Ranunculus flammula* heringedeeld van klasse 1 (zeer zoet) naar klasse 0 (onbekend of onzeker): Deze soort komt in Noord-Holland zo vaak voor in combinatie met brak-indicerende soorten dat hij een goede toedeling van kilometercellen belemmert (wanneer de saliniteitsindicaties van de soorten teveel verschillen wordt een kilometercel immers niet toegeedeeld).

Het belangrijkste doel van de test was echter om de toedelingssleutel te optimaliseren die binnen het programma WASAL wordt gebruikt om de saliniteit van een kilometerhok te bepalen. Aan de hand van uitdraaien per km van voorkomende soorten en de saliniteits-toedeling zijn de grenswaarden bepaald die worden gebruikt in de toedelingssleutel. In bijlage 4 zijn de resulterende toedelingssleutel en bijbehorende grenswaarden vermeld.



Figuur 5 Indeling oppervlaktewater naar saliniteit op basis van het voorkomen van waterplanten.
bron: FLORBASE –1



Als laatste check is een kaart vervaardigd van het proefgebied om na te gaan of de indeling van kilometercellen naar saliniteit overeenkomt met wat verwacht kan worden van het zoutgehalte van het oppervlaktewater. Nadat was gebleken dat het verspreidingsbeeld goed overeenkwam met de verwachting is de berekening uitgevoerd voor heel Nederland.

4.3 Resultaten

Figuur 5 geeft een overzicht van de indeling van het oppervlaktewater in Nederland naar saliniteit op basis van het voorkomen van soorten. Zoals te zien komt het verspreidingsbeeld goed overeen met wat op grond van bekende waterkwaliteitgegevens verwacht mag worden. Als zoet ingedeelde cellen komen vooral voor in de Pleistocene gebieden en rondom de Utrechtse heuvelrug. Het Rijn-gebied (inc. de IJssel), en een groot deel van Zuid-Holland en Noord-Holland zijn licht brak (tot 1000 mg/l). Brakke en zoute wateren komen vooral voor in Zeeland, Noord-Holland en Groningen. Dat de veenkolonies zijn ingedeeld als licht brak is waarschijnlijk een artefact, veroorzaakt door het feit dat de weinige soorten die kunnen groeien in sterk verontreinigd water (bv. *Potamogeton pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*) vaak tevens de soorten zijn die een hoger zoutgehalte verdragen (zie figuur 4).

De relatieve verdeling van soorten over de op de kaart weergegeven saliniteitsklassen is aangegeven in bijlage 5. Deze verspreidingsgegevens zijn gebruikt om de indeling naar saliniteit te toetsen op interne consistentie, en waar nodig bij te stellen. Daarbij moet de nodige voorzichtigheid worden betracht, omdat de saliniteit niet direct is bepaald én omdat de actuele verspreidingsgegevens niet altijd een goed beeld geven van de zouttolerantie van een soort. Dat blijkt bijvoorbeeld bij *Najas marina*, die alleen voorkomt in kilometercellen ingedeeld bij de saliniteitsklasse 'zeer zoet', terwijl op grond van de literatuur bekend is dat de soort goed gedijt bij chloridegehalten van meer dan 200 mg/l. Daarbij moet bedacht worden dat er een sterke koppeling bestaat tussen voedselrijkdom en saliniteit; de meeste voedselarme standplaatsen die zijn bemonsterd door Vakgroep oecologie uit Nijmegen bestaan uit door regenwater gevoede milieus in het Pleistoceen. Het feit dat een soort alleen voorkomt in voedselarme zoete wateren hoeft echter zeker niet te betekenen dat de soort een lage tolerantie heeft voor chloride (zie par. 3.3).

4.4 Conclusies

Hoewel we dus zeer voorzichtig moeten zijn, kunnen uit de verdeling van soorten over kilometercellen met een zelfde saliniteitsklasse, in combinatie met de literatuurgegevens, wel een aantal conclusies worden getrokken:

- Soorten ingedeeld bij groep 1 (indicerend voor zeer zoet) komen vrijwel alle ook voornamelijk voor in hokken die zijn ingedeeld in saliniteitsklasse zeer zoet;
 - Alleen Krabbescheer (*Stratiotes*) komt duidelijker breder voor dan de klasse zeer zoet; Waterviolier (*Hottonia*) komt ook wel breder voor dan alleen de klasse zeer zoet, maar heeft daar wel zijn zwaartepunt.
- Bij groep 2 (zoet) zijn er een paar duidelijke afwijkingen:
 - De soorten *Sparganium erectum*, *Iris pseudacorus*, *Mentha aquatica* en *Rorippa microphylla* komen duidelijk veel breder voor dan alleen de klasse zoet. De misclassificatie van deze soorten heeft duidelijk invloed op de toedeling. Het relatief talrijke voorkomen in de categorie 0 (niet indeelbaar) geeft aan dat het voorkomen van deze soorten er vaak voor zorgt dat geen toedeling mogelijk is, waarschijnlijk doordat deze 'zoete' soorten samen voorkomen met brakke soorten, en er dus sprake is tegenstrijdige indicaties.
 - Een aantal soorten zou mogelijk smaller ingedeeld moeten worden, namelijk bij groep 1 (zeer zoet). Het gaat om *Calla palustris*, *Ranunculus lingua*, *Carex aquatilis* en *Ranunculus ololeucos*.
- Bij groep 3 (zoet tot licht brak) doen zich de volgende afwijkingen voor:
 - Een aantal soorten lijkt op grond van de verspreidingsgegevens voornamelijk in zoete wateren voor te komen, te weten *Sparganium emersum*, *Carex paniculata*, *Cladium mariscus*, *Potamogeton gramineus*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Littorella uniflora* en *Najas marina*. Het merendeel van deze soorten wordt in de literatuur echter genoemd als zouttolerant:
 - Cladium mariscus* wordt genoemd in de Lange & van Zon als 'tot mesohalien';
 - Potamogeton gramineus* komt volgens de Lange & van Zon ook voor in oligohalien water en komt volgens Luther voor in water met een zoutgehalte tot 850 mg Cl/l;
 - Myriophyllum alterniflorum* komt volgens Luther voor tot zoutgehaltes van 1400 mg Cl/l;
 - Littorella uniflora* is volgens Ellenberg zouttolerant, komt volgens de Lange en van Zon ook voor in brak water en is door Luther gevonden in water met een chloridegehalte tot 1400 mg/l;
 - Najas marina* is volgens Ellenberg zouttolerant, komt volgens de Lange & van Zon voor in oligo- tot mesohalien water, en volgens Luther in water met een chloridegehalte tot 3350 mg/l. Door Weeda et al. (1991) wordt vermeld dat de soort in brak water benoorden Amsterdam is aangetroffen in brak water in combinatie met *Snavelruppia* en *Gesteelde Zannichellia*.
 Bovengenoemde soorten hebben dus, anders dan de verspreidingsgegevens doen vermoeden, wel degelijk een vrij grote tolerantie ten aanzien van het chloridegehalte.
 - Sparganium emersum* is een twijfelgeval; de soort komt volgens de Lange en van Zon alleen voor in zoet water; de Cl_{90} ligt bij resp. 105 (gegevens De Lyon & Roelofs) en 543 mg Cl/l (gegevens Barendregt et al.).
 - Carex paniculata* kan mogelijk beter wel worden ingedeeld bij 'zoet' (groep 2); de soort komt volgens de Lange en van Zon alleen 'soms' voor in oligohalien water; de Cl_{90} ligt bij 281 mg Cl/l (gegevens Barendregt et al.).
 - Polygonum amphibium*, *Zannichellia palustris* var *palustris* en *Potamogeton pectinatus* zouden op grond van de verspreidingsgegevens beter in groep 4 (zoet tot brak) kunnen worden ingedeeld.
- Een aantal soorten die zijn ingedeeld in groep 0 (indicatie onduidelijk) kunnen op grond van de verspreidingsgegevens alsnog ingedeeld worden.
 - Eleocharis palustris* ssp. *uniglumis* zit op grond van gegevens Barendregt (Cl_{70} bij ca 1000 mg Cl/l) op de grens tussen groep 3 (licht brak) en 4 (zoet tot brak), maar kan op grond van de versprei-

- dingsgegevens veilig worden ingedeeld bij groep 4;
- . *Ceratophyllum submersum*: idem;
 - . *Lythrum salicaria*: volgens Barendregt et al. en Ellenberg zoet, maar blijkend de verspreidingsgegevens eerder zoet tot licht brak (groep 3);
 - . *Sagittaria sagittifolia*: volgens Barendregt et al. en Ellenberg zoet, volgens de Lange en van Zon soms zwak oligohalien en door Luther gevonden bij Cl-gehaltes tot 1250 mg/l; blijkens de verspreidingsgegevens het beste in te delen bij zoet tot licht brak (groep 3);
 - . *Ranunculus circinatus*: volgens Barendregt et al. en Ellenberg zoet, volgens de Lange en van Zon soms mesohalien en door Luther gevonden bij Cl-gehaltes tot 3350 mg/l; blijkens de verspreidingsgegevens het beste in te delen bij zoet tot licht brak (groep 3);
- Van een aantal soorten zijn de verspreidingsgegevens onvoldoende om de soorten alsnog in te delen.
- . *Utricularia minor*: door De Lyon & Roelofs gevonden in zeer zoet water (Cl₉₀ bij 20 mg/l), maar door Luther opgegeven voor water met Cl-gehaltes tot 1450 mg/l; gezien de binding aan regenwatermilieus ligt indeling bij groep 1 (zeer zoet) het meest voor de hand;
 - . *Potamogeton berchtoldii*: door De Lyon & Roelofs gevonden in zeer zoet water (Cl₉₀ bij 100 mg Cl/l, volgens Ellenberg zoet, door Luther gevonden in water met een Cl-gehalte tot 1250 mg/l; waarschijnlijk het beste in te delen in groep 3;
 - . *Sparganium minimum*: door De Lyon & Roelofs gevonden in zeer zoet water (Cl₉₀ bij 35 mg/l, volgens Ellenberg zoutmijdend, volgens de Lange en van Zon soms oligohalien en door Luther gevonden bij Cl-gehaltes tot 1250 mg/l; waarschijnlijk het beste in te delen bij groep 3;
 - . *Utricularia australis*: door De Lyon & Roelofs gevonden in zeer zoet water (Cl₉₀ bij 65 mg Cl/l), volgens Ellenberg zoutmijdend, door Luther gevonden in water met een Cl-gehalte van 275-1400 mg Cl/l; waarschijnlijk het beste in te delen bij groep 3;
 - . *Eleocharis acicularis*: door De Lyon & Roelofs gevonden in zeer zoet water (Cl₉₀ bij 80 mg Cl/l), volgens Ellenberg zoutmijdend, volgens de Lange en van Zon soms oligohalien en door Luther gevonden bij Cl-gehaltes tot 3350 mg/l; waarschijnlijk het beste in te delen bij groep 3;
 - . *Ranunculus fluitans*: komt alleen voor in stromend water en hoort daarmee per definitie thuis in groep 1 (zeer zoet);
 - . *Scirpus triquetrus*: volgens Ellenberg zouttolerant; komt alleen voor in het zoetwatergetijdegebied en lijkt daarmee het beste in te delen bij groep 3 (zoet tot licht brak).

Van *Callitriche stagnalis* zijn er te weinig vonsten om op grond van de verspreidingsgegevens conclusies te trekken over de indeling. Door Oberdorfer wordt de soort echter vermeld als 'salzertragend', zodat de soort het beste kan worden ingedeeld bij groep 3 (zoet tot licht brak).

5 Aanpassing van de indeling in ecologische soortengroepen

5.1 Herziening indeling ecologische soortengroepen

Op basis van de concept-indeling van soorten naar saliniteit en de relatieve verdeling over geschatte saliniteitsklassen kunnen de soortengroepen van zoete aquatische milieus worden onderverdeeld. Een onderverdeling binnen *voedselarme* milieus lijkt niet zinvol omdat, althans in Nederland, voedselarme milieus vrijwel altijd zeer zoet zijn (zie par. 3.3).

Daarom is het op grond van alleen Nederlandse verspreidingsgegevens nauwelijks mogelijk om aan te geven welke soorten wel en welke soorten niet zout-tolerant zijn.

Ook binnen de zeer *voedselrijke* zoete wateren is een onderverdeling naar saliniteit weinig relevant, omdat vrijwel alle voedselminnende soorten ook een grote tolerantie voor chloride hebben. De enige uitzonderingen vormen *Callitriche platycarpa* en *Nymphoides peltata*.

Dat betekent dat alleen in *matig voedselrijk* water een onderverdeling naar saliniteit differentierend werkt. In bijlage 6 is de onderverdeling van de ecologische soortengroepen V17 en W17 verder uitgewerkt. Daarbij is gekozen voor een grens bij 200 mg Cl/l. Deze grens is gekozen omdat ze leidt tot een evenwichtige indeling (een gelijk aantal soorten in de subgroep van zoete en de subgroep van zoete tot licht brakke wateren), en omdat ze redelijk overeenkomt met de grens die in de aquatische ecotopenindeling wordt gebruikt (200 à 300 mg Cl/l, zie Verdonschot et al. 1992).

Toedeling vindt plaats op grond van de in hoofdstukken 3 en 4 behandelde ordening van soorten naar saliniteitsindicatie. W17zt en V17zt bevatten soorten indicierend voor zoet water (groep 1 en 2), en de groepen W17 en V17 omvatten soorten van zoet tot licht brak water (groep 3). Bij ontbrekende of tegenstrijdige informatie is de soort ingedeeld bij de breedste groepen, dat wil zeggen bij W17 en V17. Bijlage 6 geeft de resulterende indeling in soortengroepen.

Ook is aandacht besteed aan de toedeling van soorten die zijn ingedeeld bij groep bW10. Daarbij is *Hippuris vulgaris* verwijderd uit bW10 omdat deze soort zijn optimum lijkt te hebben in het licht brakke bereik. *Potamogeton coloratus* is gehandhaafd, vanwege de uitdrukkelijke vermelding in Weeda et al. (1991) dat hij in brak water kan voorkomen (inlagen Zeeland). *Potamogeton perfoliatus* zou volgens de verspreidingsgegevens van Barendregt et al en De Lyon & Roelofs alleen voorkomen in zoet tot licht brak water, en komt ook volgens het FLORBASE-bestand vooral voor in zoet tot licht brak water. De soort wordt echter door Ellenberg zouttolerant genoemd en is door Luther aangetroffen in water met een Cl-gehalte tot 3350 mg/l. Verder wordt door Weeda et al. (1991) genoemd dat de soort al vóór de afsluiting in sommige delen van de Zuiderzee voorkwam. Dit lijkt

genoeg reden om de soort te handhaven in de groep bW10.

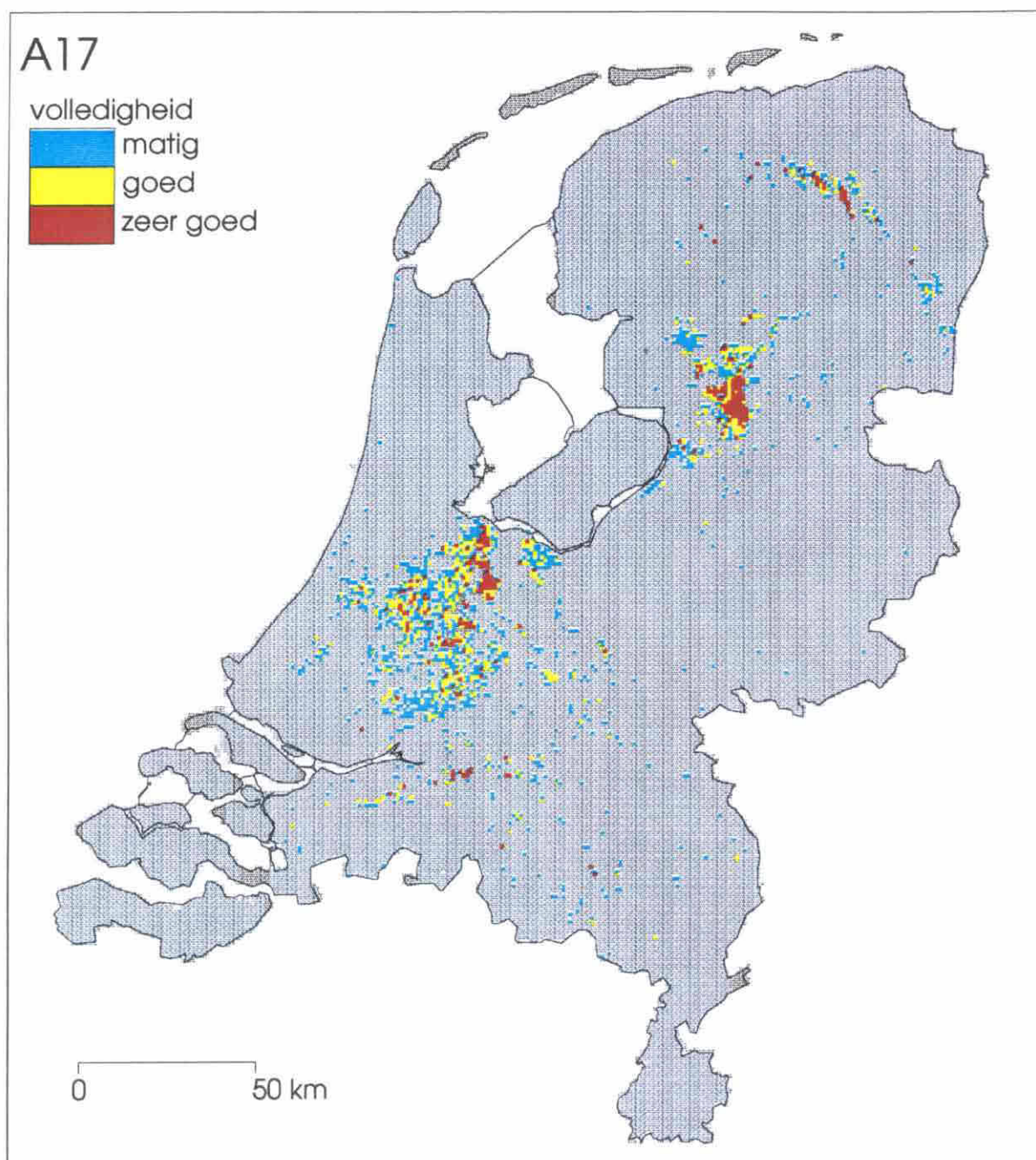
5.2 Verspreidingskaartjes soorten van matig voedselrijk water (A17)

Op basis van de gewijzigde indeling uit bijlage 6 is nagegaan in hoeverre de verspreiding van matig voedselrijke, zoete wateren (A17zt) afwijkt van die van matig voedselrijke wateren (A17) als geheel. Daartoe zijn op eenzelfde wijze als voor DEMNAT 2.0 kaartjes gemaakt op basis van de verspreidingsgegevens van soorten in FLORBASE (Witte & Van der Meijden 1992). Enkele soorten bleken niet bruikbaar. *Carex rostrata* en *Peucedanum palustre* hebben een weegwaarde kleiner dan 0,33, *Callitriche hamulata* is wegens determinatieproblemen samengevoegd met andere *Callitriche*-soorten, en tenslotte blijkt *Potamogeton praelongus* niet in de selectie van analysesoorten te zitten (zie § 2.2.1 in Witte en Van der Meijden).

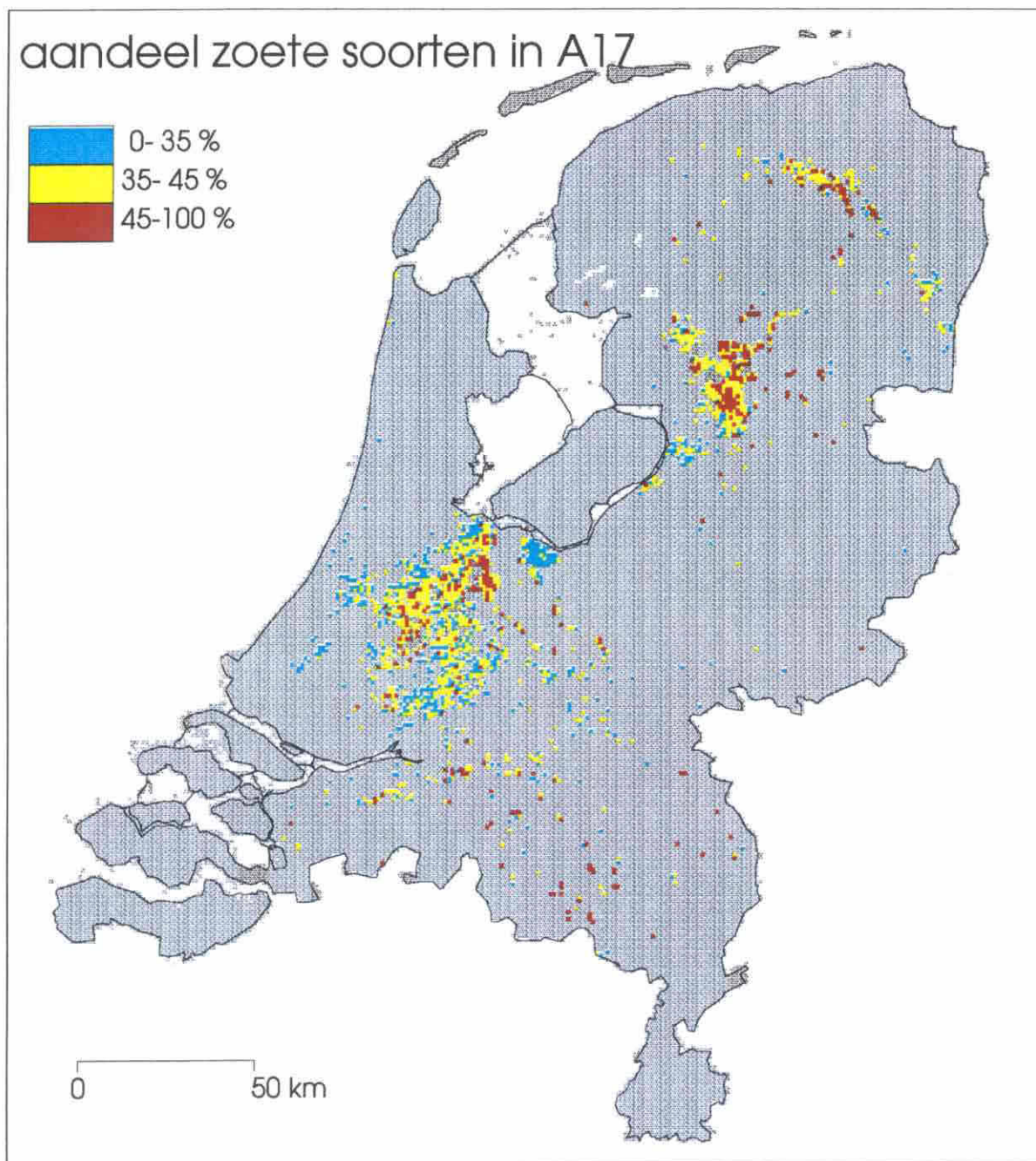
Het blijkt dat de kaartjes voor A17 als geheel (figuur 6) en voor A17zt (gebaseerd op alleen soorten van zoete wateren) sterk op elkaar lijken. Dat is niet zo verwonderlijk, omdat het aantal 'zoete' soorten en het totaal aantal soorten positief aan elkaar is gecorreleerd ($R=0,86$). De soortenrijkdom is het grootst op de overgang van hoog- naar laag-Nederland, onder meer in het Vechtplassengebied en in Noordwest-Overijssel. Het gaat om gebieden die worden gevoed door lithoclien grond- of oppervlaktewater.

Wanneer niet wordt gekeken naar de absolute scores, maar naar het relatieve aandeel van 'zoete' soorten in de score voor A17, ontstaat een andere beeld (figuur 7). Dan blijkt dat het aandeel 'zoete' soorten niet alleen groot is daar waar A17 het best ontwikkeld is, in het laagveengebied, maar ook in het Pleistocene deel van Nederland. Het gaat in Pleistoceen Nederland om vrij soortenarme wateren, waarschijnlijk gedomineerd door beperkte groep soorten die kenmerkend is voor zacht, voedselarm water zoals dat in niet verontreinigde beken en slootbeken voorkomt onder invloed van lokaal kwelwater (gedacht kan worden aan *Callitriche hamulata*, *Luronium natans*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Potamogeton polygonifolius*, *Ranunculus peltatus*). De correlatie tussen het relatieve aandeel zoete soorten en het totaal aantal soorten uit A17 is vrij laag ($R=0,44$).

Doordat matig voedselrijke, licht brakke wateren alleen negatief gekarakteriseerd zijn ten opzichte van zoete wateren (door het ontbreken van soorten), is het niet mogelijk om op basis van verspreidingsgegevens van soorten een kaartje te maken van dit ecosysteemtype.



Figuur 6 Verspreiding en soortenrijkdom (volledigheid) van matig voedselrijke wateren (A17).



Figuur 7 Relatieve aandeel van 'zoete' soorten in de score van A17

Literatuur

- Anonymus (1959): Final resolution of the Symposium on the classification of brackish waters. *Archo Oceanogr. Limnol.* 11 (suppl.):243-245
- Anonymus (1992): Botanisch Basisregister. Centraal Bureau voor de Statistiek. Voorburg/Heerlen
- Barendregt, A. (1993): Hydro-ecology in the Dutch polder landscape. Dissertatie Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.
- Barendregt, A. en M.C. Bootsma (1991): Het hydro-ecologisch model ICHORS (versies 3.1 en 3.2). De relaties tussen water- en moerasplanten en milieufactoren in de provincie Utrecht. Interfakultaire Vakgroep Milieukunde Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht
- Barendregt, A., J.W. Nieuwenhuis en P. de Joode (1990): Milieu-indicatiewaarden van water- en oeverplanten in Noord-Holland. Provincie Noord-Holland, Dienst Milieu en Water/Interfacultaire Vakgroep Milieukunde van de Rijksuniversiteit Utrecht, Haarlem/Utrecht
- Bloemendaal, F.H.J.L. en J.G.M. Roelofs (red.) (1988): Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht
- Braak, C. ter (1983): Analyse en gebruik van responsiecurven van soorten. PAO-cursus 'Numerieke methoden voor de verwerking van ecologische gegevens', IWIS-TNO, Wageningen
- Brink, F.W.B. van den en G. van der Velde (1993): Growth and morphology of four freshwater macrophytes under the impact of the raised salinity level of the lower Rhine. *Aquatic Botany* 45(1993): 285-297
- Cortenraad, J. en O. Driessen (1984): Een onderzoek naar de verspreiding van waterplanten in relatie tot het abiotische milieu, in laag- matig- en hoog-alkaliene wateren. Doctoraal verslag nr 166, Lab. voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen
- Donselaar, J. van (1961): On the vegetation of former river beds in the Netherlands. *Wentia* 5(1961): 1-85
- Doorn, W.G. van (1984): Fysiologische betekenis van enkele standplaatsfactoren. SWNBL-rapport 3. SWNBL, Utrecht
- Ellenberg, H. (1991): Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas, 2.Aufl. Scr. Geobot. 18, Erich Goltze, Göttingen.
- Fitter, A.H. and R.K.M. Hay (1981): Environmental physiology of plants. Academic Press, London
- Greenway, H., en R. Munns (1980): Mechanisms of saltolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31(1980):149-190

- Groen, C.L.G., M. Gorree, R. van der Meijden, R. Huele & M van 't Zelfde (1992). FLORBASE; een bestand van de Nederlandse flora, periode 1975-1990. Onderzoek effecten grondwaterwinning, deelrapport 4. RIVM, Bilthoven.
- Groen, C.L.G., R. Stevers, C. van Gool en M. Broekmeyer (1993): Uitwerking Ecotopen-systeem Fase III. Herziene landelijke typologie en vertaalsleutels voor Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg. CML-mededelingen 49. CML, Leiden
- Haller, W.T., D.L. Sutton en W.C. Barlowe (1974): Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes. *Ecology* 55(1974): 891-894
- Heerebout, G.R. (1970): A classification system for isolated brackish inland waters, based on median chlorinity and chlorinity fluctuation. *Netherlands Journal of Sea Research* 4(1970)4: 494-503
- Hill M.O. (1973). Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61: 237-249.
- Iversen J. (1936). Biologische Pflanzentypen als Hilfsmittel in der Vegetationsforschung. Levin & Munksgaard, Kopenhagen.
- Jensen, H.E., K.H. Jensen en D. Rosbjerg (1991): Plant water relationships and evapotranspiration. In: Hydrological interactions between atmosphere, soil and vegetation. Proceedings of the Vienna Symposium, Augustus 1991. IAHS-publications nr 204
- Lange, L. de (1972): An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands. Dissertatie Universiteit van Amsterdam
- Lange, L. de en M.A. de Ruiter eds (1977): Biologische waterbeoordeling: methoden voor het beoordelen van Nederlands oppervlaktewater op biologische grondslag. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidsstechniek TNO, Delft.
- Lange, L. de en J.C.J. van Zon (1983): A system for the evaluation of aquatic biotopes based on the composition of the macrophytic vegetation. *Biological Conservation* 25(1983): 273-284
- Lee, J.A. (1977): The vegetation of British inland salt marshes. *J. Ecol* 65 (1977): 673-698
- Looman, C.W.N. (1985): Responsie van slootplanten op standplaatsfactoren: uitwerking van een methode. SWNBL-rapport 2a. SWNBL, Utrecht.
- Luther, H. (1951): Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. I Allgemeiner Teil. *Acta Botanica Fennica* 49(1951): 1-187
- Lyon, M.J.H de, en J.G.M. Roelofs (1986): Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. Delen 1 en 2. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen
- Maenen, M.M.J. (1989): Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysisch-chemische parameters. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Meijden, R. van der (1990): Heukels' flora van Nederland. Wolters Noordhof. Groningen

- Oberdorfer, E. (1983). Pflanzensoziologische Exursionsflora. Eugen Ulmer, Stuttgart, 5e editie.
- Olsen, S. (1950): Aquatic Plants and hydrospheric factors. I: Aquatic plants in SW-Jutland, Denmark. Svensk Botanisk Tidskrift 44(1950)1: 1-34
- Olsen, S. (1950): Aquatic Plants and hydrospheric factors. II: The hydro-spheric types. Svensk Botanisk Tidskrift 44(1950)2: 332-373
- Prins A.H., Van der Sluis Th & G. van Wirdum (1994). Mogelijkheden voor brakwater-vegetaties in Polders Westzaan. IBN-rapport 75. IBN-DLO, Wageningen.
- Rabe, R., W. Nobel en A. Kohler (1982): Effects of sodium chloride on photosynthesis and some enzyme activities of *Potamogeton alpinus*. Aquatic Botany 14(1982): 159-165
- Redeke, H.C. (1932): Abriss der regionalen Limnologie der Niederlanden. Publ. nr 1 der Hydrobiol. Club, Amsterdam
- Redeke, H.C. (1975): Hydrobiologie van Nederland. Backhuys en Meesters, Amsterdam
- Rozema, J. en J. van Diggelen (1991): A comparative study of growth and photosynthesis of four halophytes in response to salinity. Acta Oecologica 12(1991)5: 673-681
- Runhaar, J, C.L.G. Groen, R. van der Meijden en R.A.M. Stevers (1987): Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria 13(1987)11/12: 276-359
- Runhaar J., Witte J.P.M. & R.H.G. Jongman (1994). Ellenberg-indicatiewaarden: Verbetering met reciprocal averaging? Landschap 11: 41-47.
- Sitte P. et al. (1991). Lehrbuch der Botanik. Begrundet von E. Strasburger et al. (1894). 32e editie, bewerkt door Sitte et al.
- Stumm, W. en J.J. Morgan (1981): Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley and Sons, New York.
- Stuyfzand, P.J. (1986): Een nieuwe hydrochemische classificatie van water- typen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H2O 19(1986):562-568
- Twilley, R.R. en J.W. Barko (1990): The growth of submersed macrophytes under experimental salinity and light conditions. Estuaries 13(1990)3: 311-321
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok en B.P.M. Specken (1992): Aanzet tot een ecologische indeling van opervlaktewateren in Nederland. RIN-rapport 92/1, CML report 78. IBN-DLO/CML, Leersum/Leiden
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra en T. Westra (1985 tot 1994): Nederlandse Oecologische Flora. Wilde planten en hun relaties. Delen 1 t/m 5. IVN i.s.m VARA en VEWIN

DEMNET-2.1 uitgaven

- Van Ek, R., J.P.M. Witte, J. Runhaar, F. Klijn, J.G. Nienhuis & J. Hoogeveen, 1996. Beschrijving van het ecohydrologische model DEMNET versie 2.1. DEMNET-2.1 rapport 1 (hoofdrapport). RIZA rapport 96.059, Lelystad, RIVM rapport 715001003, Bilthoven, ISBN 9036950201.

- Klijn, F., J. Runhaar & M. van 't Zelfde, 1996. Ecoseries-2.1: verbetering en operationalisatie van een classificatie van ecoseries voor DEMNAT-2.1, DEMNAT-2.1 rapport 2, RIZA rapport 96.060, Lelystad, ISBN 903695021x.
- Runhaar, J. & J.P.M. Witte, 1996. Toekomstverkenning DEMNAT. DEMNAT-2.1 rapport 3, RIZA rapport 96.061, Lelystad, ISBN 9036950228.
- Runhaar, J. R. van Ek, H.B. Bos & M. van 't Zelfde, 1996. Dosis-effect module DEMNAT versie 2.1. DEMNAT-2.1 rapport 4, RIZA rapport 96.062, Lelystad, ISBN 9036950236.
- Runhaar, J. M. van der Linden & J.P.M. Witte, 1996. Waterplanten en saliniteit. DEMNAT-2.1 rapport 5, RIZA rapport 96.063, Lelystad, ISBN 9036950244.
- Pakes, U. 1996. Gebruikershandleiding DEMNAT-2.1 SUN versie. DEMNAT-2.1 rapport 6, RIZA rapport 96.064, Lelystad, ISBN 9036950252.
- Bleij, B. & J.P.M. Witte, 1996. Aggregatie van DEMNAT uitkomsten: Een programma-pakket voor de aggregatie van DEMNAT-uitkomsten per km² naar districten van willekeurige vorm en grootte. DEMNAT-2.1 rapport 7, RIZA rapport 96.065, Lelystad, ISBN 9036950260.
- Arts, M. J.P.M. Witte & R. van Ek, 1996. Gevoeligheidsanalyse DEMNAT-2.0. DEMNAT-2.1 rapport 8, RIZA rapport 96.066, Lelystad, ISBN 9036950279.
- Bos, H.B. & R. van Ek, 1996. Technische modelbeschrijving DEMNAT-2.1. DEMNAT-2.1 rapport 9, RIZA rapport 96.067, Lelystad, ISBN 9036950287.

Bijlage 1 Literatuurgegevens over de relatie waterplanten/saliniteit

Per soort wordt achtereenvolgens weergegeven (alle waarden in mg Cl-/l):

nr	soortnummer volgens Botanisch Basisregister
soort	afkorting wetenschappelijke soortnaam
bron	B voor: Barendregt, A, J.W. Nieuwenhuis en P. de Joode (1990): Milieu-indicatiewaarden van water- en oeverplanten in Noord-Holland. Provincie Noord-Holland, Dienst Milieu en Water, en Interfakultaire Vakgroep Milieukunde van de Rijksuniversiteit Utrecht, Haarlem/Utrecht. LR voor: Lyon, M.J.H. de, en J.G.M. Roelofs (1986): Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid (2 delen). Laboratorium voor Aquatische Oecologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen
n	het aantal waarnemingen van die soort in deze twee bestanden
(n)	het aantal waarnemingen waarop De Lyon en Roelofs hun amplitudo-berekeningen hebben gebaseerd (zie onderstaande toelichting)
Cl_{10,50,90}	aan Barendregt et al. en/of De Lyon en Roelofs ontleende percentielen (zie onderstaande toelichting)
El	saliniteitswaardering volgens Ellenberg (1991) x = zout en zware metalen mijddend 1 = zouttolerant, maar in zout-arm milieu vaker voorkomend 2 = facultatieve zout-indicator 3 = obligate zout-indicator (4/5: matig/uitgesproken tol. voor zware metalen)

overige bronnen:

- LZ: Lange, L. de, en J.C.J. van Zon (1977): Beoordeling van de waterkwaliteit op basis van het makrofytenbestand. In L. de Lange en M.A. de Ruyter (eds): Biologische waterbeoordeling. TNO, Delft
- Lu: Luther, Hans (1951): Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. I Allgemeiner Teil. Acta Botanica Fennica 49: 1-187
- L: Lange, L. de (1967): Verslag van een vegetatie-onderzoek van sloten in de omgeving van Amsterdam. RIVON, Zeist / aangehaald in Lange, J. de (1972): An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands
x(y)z: minimum (gemiddelde) max in mg Cl/l
- S: Segal, S. (1966): Oecologie van hogere waterplanten. Vakbl. v. Biol. 46(7/8): 138-149 / aangehaald in Lange, J. de (1972): An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands
x(y)z: minimum (gemiddelde) max in mg Cl/l
- N: Nieuwenhoven, P.J. van (1942): Onderzoek naar het voorkomen van submerse Phanerogamen en van Gastropoden in het polderwater van Noord-Holland. Ned. Kruidk. Arch. 52: 333-370 / aangehaald in Lange, J. de (1972): An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands
- Iv: Iversen J. (1936): onderzoek naar relatie plantesoorten-omgevingsfactoren in Denemarken

De soortsamplitudo's voor de chloriniteit van het oppervlaktewater zijn voor wat betreft de gegevens van Barendregt et al. en van de Lyon en Roelofs weergegeven in de vorm van de 10-, 50- en 90-percentiel. Omdat in het onderzoek van Barendregt et al. per soort, naast het aantal waarnemingen, de amplitudo in mg Cl/l is aangegeven door middel van (onder andere) de 10-, 50- en 90-percentielen, kon hier worden volstaan met het overnemen van deze gegevens.

De resultaten van het onderzoek van De Lyon en Roelofs -een responsietabel van water- en verlandingssoorten ten aanzien van chloriniteit (in mmol/l) van de waterlaag- moesten wel enkele bewerkingen ondergaan om ze voor gebruik geschikt te maken. De responsietabel zelf is door de auteurs als volgt opgesteld:

- * De onderzochte wateren zijn naar hun chloriniteit van de waterlaag ingedeeld in klassen van ongelijke breedte met de volgende klassegrenzen (in mmol):
0.0 - 0.2 - 0.6 - 1.0 - 1.5 - 2.0 - 3.0 - 5.0 - 9.0 - >9.0
- * Per soort zijn door de auteurs vóór verdere verwerking de extreme waarnemingen verwijderd volgens onderstaande vuistregels:
bij $n < 10$ geen verwijderingen
 $11 \leq n \leq 29$ verwijdering van laagste en hoogste waarneming
 $30 \leq n \leq 49$ verwijdering van laagste 2 en hoogste 2 waarnemingen
 $50 \leq n \leq 69$ verwijdering van laagste 3 en hoogste 3 waarnemingen
enzovoorts.
- * Voor het aantal resterende waarnemingen van elke soort is vervolgens de verdeling over de chloriniteitsklassen bepaald. Deze is onafhankelijk gemaakt van de verdeling van de bemonsterde wateren over de klassen door hiervoor de relatieve frequentie te nemen (het aantal waarnemingen in een klasse gedeeld door het aantal wateren in die klasse, gestandaardiseerd tot 100%).

Hieronder is aan de hand van een voorbeeldsoort weergegeven hoe de responsietabel die door De Lyon en Roelofs is opgesteld, eruit ziet:

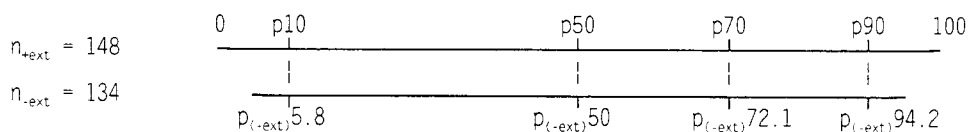
Alisma plantago-aquatica:		* totaal aantal waarnemingen (n_{ext}) = 148; * aantal waarnemingen zonder extremen ($n_{\text{-ext}}$) is dus (148- 14=) 134								
aantal wateren		13	88	101	118	66	78	67	26	29
chlorini- teitsklassen (in mmol/l)		0.0	0.2	0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	
		-	-	-	-	-	-	-	-	$\geq$
		0.2	0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	9.0	9.0
relatieve frequentie van Alisma pl-aq.			10%	25%	20%	20%	12%	13%		

De gegevens uit de responsietabel zijn, voor toepassing ervan bij het opstellen van de nieuwe saliniteitsindeling, op de hieronder beschreven wijze bewerkt.

- * Als eerste is welke relatie bestaat tussen de percentielen van de opgegeven verdeling ($n_{\text{-ext}}$) en de 10-, 50- en 90-percentielen over alle waarnemingen per soort ($n_{\text{+ext}}$).
De Cl_{50} is in beide gevallen dezelfde, omdat het 90%-interval is verkregen door aan beide extremen evenveel waarnemingen te verwijderen.
De Cl_{10} en Cl_{90} zijn bepaald aan de hand van de verhouding tussen $n_{\text{+ext}}$ en $n_{\text{-ext}}$:

Cl_{10} komt overeen met een $p_{(-\text{ext})}$ met de waarde $\{50 - (n_{\text{+ext}}/n_{\text{-ext}}) * (50-10)\}$
 Cl_{90} komt overeen met een $p_{(-\text{ext})}$ met de waarde $\{50 + (n_{\text{+ext}}/n_{\text{-ext}}) * (90-50)\}$

Voor *Alisma plantago-aquatica* leidt dit tot de volgende overeenkomst tussen percentielen met en zonder extreme waarnemingen



- * Voor de aldus berekende percentielen wordt bepaald in welke klasse in de responsietabel deze vallen. In het voorbeeld met *Alisma plantago-aquatica* leidt dit tot:

$p_{(-ext)}5.8$ ligt in de klasse van 0.2 - 0.6 mmol/l
 $p_{(-ext)}50$ ligt in de klasse van 1.0 - 1.5 mmol/l
 $p_{(-ext)}72.1$ ligt in de klasse van 1.5 - 2.0 mmol/l
 $p_{(-ext)}94.2$ ligt in de klasse van 3.0 - 5.0 mmol/l

- * Vervolgens wordt door middel van interpolatie tussen de klassegrenzen, berekend welke chloriniteit bij een bepaald percentiel hoort. Hierbij wordt de formule gebruikt:

$$\max(i) - \left\{ \frac{\% \max(i) - p(x)}{\% \max(i) - \% \min(i)} * (\max(i) - \min(i)) \right\}$$

waarbij:

$p(x)$ is de percentiel waarvoor de erbij horende chloriniteit berekend moet worden
 (i) is de klasse waar $p(x)$ volgens de responsietabel in valt
 $\% \min(i)$ en $\% \max(i)$ is de boven- en de ondergrens in procenten van die klasse
 $\min(i)$ en $\max(i)$ is de boven- en ondergrens van de chloriniteitsklasse (in mmol/l)

In de interpolatie-formule geeft dit voor *Alisma plantago-aquatica*:

$$\begin{aligned}
 p10 &= 0.6 - \left\{ \frac{(10-5.8)}{10} * (0.6-0.2) \right\} = 0.43 & p50 &= 1.5 - \left\{ \frac{(55-50)}{(55-35)} * (1.5-1.0) \right\} = 1.38 \\
 p70 &= 2.0 - \left\{ \frac{(75-72.1)}{(75-55)} * (2.0-1.5) \right\} = 1.93 & p90 &= 5.0 - \left\{ \frac{(100-94.2)}{(100-87)} * (5.0-3.0) \right\} = 4.11
 \end{aligned}$$

- * Tenslotte worden deze percentiel-waarden in mmol/l omgerekend naar mg/l (1 mmol Cl = 35.5 mg).

nr	soort	bron	n (n)	Cl ₁₀	Cl ₅₀	Cl ₉₀	El	overige bronnen
0007	Acoru calam	LR	25 (23)	25	70	156		
	Acoru calam	B	136	21	71	123	x	(LZ:)oligohal/halofoob
1544	Agros canin						x	
0018	Agros stolo						1	
0026	Alism grami						?	(LZ:)soms oligohalien
0027	Alism lance	LR	19 (17)	10	48	267		
	Alism lance	B	7	24	85	186	x	(LZ:)soms oligohalien
0028	Alism pl-aq	B	260	20	73	203	x	(LZ:)soms oligohalien (Lu:)0-1650
	Alism pl-aq	LR	148 (134)	15	49	146		
0077	Apium inund	LR	15	10	38	53	x	
0078	Apium nodif	B	17	72	160	862	1	
0127	Azoll carol						?	(LZ:)34-70
0128	Azoll filic	B	17	60	144	830	x	(LZ:)63-243/oligohalien (L:)76(100)126
	Azoll filic	LR	25 (23)	55	140	>320		
	Azoll filic							(S:)63(137)243
1215	Berul erect	LR	63 (57)	21	77	212		
	Berul erect	B	194	23	102	504	1	
0171	Butom umbel	B	195	26	92	314	x	(LZ:)soms oligohalien (Lu:)0-2000
	Butom umbel	LR	53 (47)	22	70	158		
0178	Calla palus	B	16	24	67	133	x	
0179	Calli copho						?	(Lu:)0-1250
0180	Calli hamul	LR	25	10	27	90	?	
0181	Calli herma						?	(Lu:)80- >3350
0182	Calli obtus	LR	28	34	153	319	?	
0183	Calli palus						x	(Lu:)0-1400
0184	Calli platy	LR	52	21	64	163	?	
0000	Calli spec	B	183	30	77	214	?	
0185	Calli stagn						?	
0211	Carex acuta	B	27	20	43	167	x	(LZ:)soms oligohalien
0212	Carex acutif	B	88	30	75	205	x	(LZ:)soms oligohalien
0214	Carex aquat						?	
0221	Carex diand						x	
0237	Carex elata						x	
0239	Carex lasio						x	(LZ:)halofoob
0249	Carex pacila	B	121	27	77	156	x	(LZ:)soms oligohalien
0254	Carex pseud	B	85	22	77	157	x	(LZ:)soms oligohalien
0259	Carex ripar	B	75	29	104	281	x	
0260	Carex rostr	B	21	10	38	69	x	(LZ:)soms zwak oligohal
	Carex rostr	LR	40 (36)	<10	12	52		
0274	Catab aquat	B	34	68	91	574	x	(LZ:)halofoob
0299	Cerat demer	B	193	44	102	478	x	(Lu:)0-3000 (L:)18(190)603
	Cerat demer	LR	80 (72)	39	118	306		
0300	Cerat subme	B	18	73	468	2337	x	(LZ:)zoet tot brak
	Cerat subme	LR	16 (14)	28	240	>320		
0000	Chara globu	LR	22	11	34	156	?	
0000	Chara hispi	LR	12	26	68	295	?	
0000	Chara vulga	LR	39	25	115	298	?	(L:)123(318)740
0326	Cicut viros	LR	26 (24)	16	52	165		
	Cicut viros	B	176	22	75	157	x	
0337	Cladi maris	B	18	48	73	164	x	(LZ:)tot mesohalien
	Cladi maris	LR	10 (10)	11	32	49		
0399	Desch setac						x	
0429	Echin ranun	LR	10	27	47	127	1	
0430	Echin repen	LR	8	12	35	138	?	
0432	Elati hexan	LR	7	10	19	32	x	
0433	Elati hydro						x	(Lu:)0-1400
0435	Eleoc acicu	LR	43	10	32	80	x	(LZ:)soms oligohalien (Lu:)0- >3350
0436	Eleoc multi	LR	18	<10	6	34	?	
0437	Eleoc pa.pa	B	219	24	91	499	x	
	Eleoc pa.pa	LR	90 (80)	14	68	275		
0440	Eleoc pa.un	B	82	76	282	1725	1	
0441	Elode canad	LR	53 (47)	12	45	104		
	Elode canad	B	72	17	75	237	x	(Lu:)0-1400 (L:)18(247)923
0442	Elode nutta	B	257	24	77	458	?	(LZ:)soms oligohalien (L:)36(274)923
	Elode nutta	LR	154 (138)	26	80	259		
0463	Equis fluvi	B	226	20	74	169	x	
	Equis fluvi	LR	62 (56)	12	48	136		
0476	Eriop angus	LR	17	<10	<10	21	x	
1325	Fonti antip	LR	5	23	32	48	?	
0584	Glyce fluit	B	362	27	99	487	x	(LZ:)soms oligohalien
	Glyce fluit	LR	165 (149)	13	53	159		

nr	soort	bron	n (n)	Cl ₁₀	Cl ₅₀	Cl ₉₀	El	overige bronnen
0585	Glyce maxim	B	397	23	76	187	x	
	Glyce maxim	LR	144 (130)	25	64	151		
0586	Glyce pl.pl						x	
0991	Groen densa	B	13	41	80	97	x	(LZ:)halofoob
	Groen densa	LR	29 (27)	28	63	124		
0630	Hippu vulga	B	7	54	314	537	x	(LZ:)zoet tot mesohal. (Lu:)0-2350
	Hippu vulga	LR	22 (20)	44	145	>320		(N:)196(377)1190
0638	Hotto palus	B	47	15	31	91	x	(L:)13(67)123
	Hotto palus	LR	53 (47)	12	51	100		
0641	Hydr1 vulga	LR	60	10	27	103	x	
0640	Hydro mo-ra	LR	84 (76)	19	60	154		(L:)19(275)923
	Hydro mo-ra	B	204	20	73	158	x	(LZ:)zoet tot mesohal. (Lu:)0-1100
0644	Hyper elode	LR	20	<10	22	121	x	
0665	Iris pseud	B	155	20	65	182	x	
	Iris pseud	LR	43 (39)	11	50	131		
0668	Isoet echin						x	(Lu:)0-1400
0667	Isoet lacus						x	(Lu:)0-2200
0673	Juncu artic	LR	53	12	51	166	x	
0676	Juncu bu.bu	LR	74	<10	13	51	?	(Lu:)0-1100
0680	Juncu effus	LR	90	<10	21	65	x	
0688	Juncu subno	B	38	12	59	114	1	
0772	Lemna gibba	LR	77 (69)	54	147	>320		
	Lemna gibba	B	144	60	121	500	x	(L:)36(179)603 (S:)21(125)1306
0723	Lemna minor	B	499	28	92	520	x	(Lu:)0-1350
	Lemna minor	LR	180 (162)	23	65	253		
0724	Lemna trisu	LR	129 (117)	27	96	>320		(L:)13(234)923 (S:)20(72)551
	Lemna trisu	B	177	21	102	617	x	(LZ:)tot mesohalien (Lu:)0-1400
0739	Limos aquat						x	(Lu:)0- >3350
0753	Litto unifl	LR	17	<10	21	155	1	(LZ:)ook brak (Lu:)0-1400
0754	Lobel dortm						x	
0764	Ludwi palus						?	
0765	Luron natan	LR	32	10	35	71	x	
0780	Lycop europ	B	185	25	76	216	x	
0783	Lysim thyrs	B	75	19	40	147	x	
0925	Lythr portu	LR	23	<10	22	51	x	
0785	Lythr salic	B	158	18	62	141	x	
0813	Menth aquat	B	281	22	76	3112	x	
	Menth aquat	LR	65 (59)	16	56	166		
0821	Menya trifo	LR	12 (10)	<10	29	68		
	Menya trifo	B	22	15	36	77	x	(LZ:)halofoob
1936	Monti fonta						x	
0850	Myrio alter	LR	18	10	36	61	x	(Lu:)0-1400
0851	Myrio spica	B	23	29	139	696	1	(LZ:)ook oligohalien (Lu:)0.15- >3350
	Myrio spica	LR	38 (34)	33	163	>320		
0852	Myrio verti	B	8	19	70	848	x	(LZ:)ook oligohalien (Lu:)0-1400
	Myrio verti	LR	20 (18)	15	60	100		
0854	Najas marin	B	18	68	103	161	1	(LZ:)oligo- tot mesoh. (Lu:)1- >3350
1048	Nitel flexi	LR	12	<10	31	105	?	
0865	Nupha lutea	B	157	21	72	180	x	(LZ:)ook oligohalien (Lu:)0-1250
	Nupha lutea	LR	109 (99)	19	55	145		
0866	Nymph alba	B	142	29	76	171	x	(Lu:)0-1400
	Nymph alba	LR	76 (68)	14	52	156		
1615	Nymph candi	LR	22	28	60	97	x	
0867	Nymph pelta	B	51	30	70	241	x	(LZ:)halofoob
	Nymph pelta	LR	35 (31)	29	92	169		
0868	Oenan aquat	B	76	20	46	136	x	(LZ:)halofoob
	Oenan aquat	LR	30 (26)	15	58	155		
0869	Oenan fistu	LR	26	10	78	228	x	
0929	Peuce palus	B	113	22	74	185	x	
0930	Phala arund	B	97	26	82	181	x	
	Phala arund	LR	33 (29)	22	57	158		
0933	Phrag austr	B	464	36	105	2001	1	
	Phrag austr	LR	123 (111)	17	69	252		
0939	Pilul globu	LR	10	11	25	33	x	
0967	Polyg amphi	B	338	25	90	472	x	(LZ:)ook oligohalien (Lu:)0-1400
	Polyg amphi	LR	91 (81)	21	69	158		
0985	Potam acuti	B	8	14	26	161	?	(LZ:)zoet
	Potam acuti	LR	21 (19)	14	59	147		
0986	Potam alpin	B	4	14	15	31	x	(Lu:)0-850
	Potam alpin	LR	17 (15)	23	54	136		
0987	Potam berch	LR	15	11	53	100	x	(Lu:)0-1250
0988	Potam color						x	

nr	soort	bron	n (n)	Cl ₁₀	Cl ₅₀	Cl ₉₀	El	overige bronnen
0989	Potam compr	LR	22 (20)	10	31	67		
	Potam compr	B	14	12	36	207	?	(LZ:)ook oligohalien
0990	Potam crisp	B	37	31	87	195	x	(LZ:)ook mesohalien
	Potam crisp	LR	59 (53)	24	60	142		
0993	Potam grami	LR	22	13	50	142	x	(LZ:)ook oligohalien (Lu:)0-850
0994	Potam lucen	B	69	21	78	647	x	(LZ:)ook oligohalien
	Potam lucen	LR	36 (32)	29	65	161		
0992	Potam mucro	B	36	27	94	289	x	(LZ:)ook oligohalien
	Potam mucro	LR	21 (19)	45	70	256		
0995	Potam natan	B	120	19	69	441	x	(Lu:)0-1100
	Potam natan	LR	130 (116)	12	43	136		
0996	Potam nodos						x	
0997	Potam obtus	B	37	19	65	163	x	(LZ:)halofoob (Lu:)0-1250
	Potam obtus	LR	25 (23)	17	46	99		
0998	Potam pecti	B	158	71	194	1909	1	(LZ:)halofiel-mesohal. (Lu:)85- >3350
	Potam pecti	LR	60 (54)	42	135	>320		
0999	Potam perfo	B	11	36	366	3319	1	(Lu:)0- >3350
	Potam perfo	LR	26 (24)	26	61	98		
1000	Potam polyg	LR	26	11	31	100	x	
1001	Potam prael						x	(Lu:)0-1250
1002	Potam pusil	B	216	46	101	648	x	(LZ:)ook brak (Lu:)275-3050
	Potam pusil	LR	72 (64)	24	86	>320		
1003	Potam trich	B	45	18	90	835	?	(L:)max 932
	Potam trich	LR	58 (52)	27	65	176		
1619	Potam x flu						?	
1632	Potam x dec						?	
1004	Potam x ziz						?	
0346	Poten palus	B	60	15	50	110	x	(LZ:)halofoob
	Poten palus	LR	23 (21)	<10	15	45		
1041	Ranun aquat	B	5	63	83	108	x	
	Ranun aquat	LR	38 (34)	36	113	>320		
1044	Ranun baudo	B	6	68	1077	4176	?	(Iv:) < 4000
	Ranun baudo	LR	14 (12)	26	254	>320		
1046	Ranun circi	B	94	20	83	565	x	(LZ:)soms mesohalien (Lu:)0- >3350
	Ranun circi	LR	56 (50)	30	101	288		
1048	Ranun flamm	LR	48	11	32	103	x	(LZ:)halofoob
1049	Ranun fluit						x	
1050	Ranun heder	B	5	44	71	76	?	
1051	Ranun lingu	B	18	15	25	149	x	(LZ:)halofoob
1053	Ranun olole	LR	6	10	26	161	?	
1055	Ranun pelta	LR	28	10	26	59	x	
0753	Ricci fluit	LR	37	11	45	135	?	
1074	Rorip amphi	B	166	24	92	197	x	
	Rorip amphi	LR	57 (51)	23	65	158		
0859	Rorip micro	B	191	24	76	204	?	
	Rorip micro	LR	36 (32)	25	71	163		
0860	Rorip nastu						x	
1099	Rumex hydro	B	264	25	81	275	x	(LZ:)soms oligohalien
	Rumex hydro	LR	41 (37)	32	65	161		
1108	Ruppi cirrh						?	(LZ:)brak (Lu:)1850- >3350 (Iv:) > 1700
1107	Ruppi marit						3	(LZ:)brak (Lu:)1650- >3350 (Iv:) > 2700
0000	Ruppi spec	B	12	1476	4397	7713	?	
1114	Sagit sagit	LR	80 (72)	22	59	119		
	Sagit sagit	B	180	20	70	168	x	(LZ:)soms (zwak)oligoh. (Lu:)0-1250
1131	Salvi natan						x	
1154	Scirp fluit	LR	29	13	42	128	?	
1155	Scirp la.la	LR	41 (37)	<10	39	>320		
	Scirp la.la	B	84	21	92	192	x	(LZ:)soms oligohalien
1161	Scirp la.ta	LR	8 (8)	40	115	>320		
	Scirp la.ta	B	51	153	456	2088	1	
1156	Scirp marit	B	176	108	468	4144	2	(LZ:)soms mesohalien
	Scirp marit	LR	20 (18)	57	220	>320		
1162	Scirp triqu						1	
1173	Scute galer	B	110	21	56	175	x	
1216	Sium latif	B	72	18	69	235	x	(LZ:)soms oligohalien
	Sium latif	LR	9 (9)	14	58	74		
1218	Solan dulca	B	130	28	98	205	x	
1228	Sparg angus						x	(LZ:)halofoob
1231	Sparg emers	B	64	16	48	543	x	(LZ:)zoet
	Sparg emers	LR	62 (56)	23	53	105		
1533	Sparg er.er						x	
1534	Sparg er.mi						x	

nr	soort	bron	n (n)	Cl ₁₀	Cl ₅₀	Cl ₉₀	El overige bronnen
1535	Sparg er.ne						x
	Sparg erect	B	343	21	77	204	x
	Sparg erect	LR	103 (93)	22	64	158	
1230	Sparg minim	LR	9	<10	19	35	x (LZ:)soms oligohalien (Lu:)0-1250
0000	Sphag spec	LR	28	<10	<10	25	?
1241	Spiro polyr	B	260	24	81	185	x (LZ:)tot mesohalien
	Spiro polyr	LR	103 (93)	37	79	165	
1255	Strat aloid	B	45	18	59	111	x (LZ:)soms oligohalien
	Strat aloid	LR	55 (49)	14	51	156	
1317	Typha angus	B	150	30	80	203	1 (LZ:)tot mesohalien
	Typha angus	LR	31 (27)	13	52	145	
1318	Typha latif	B	54	21	86	216	x (LZ:)soms ol.- tot mesoh.
	Typha latif	LR	63 (57)	11	45	143	
1325	Utric austr	LR	16	<10	15	65	x (Lu:)275-1400
1323	Utric inter						x (Lu:)0-1400
1324	Utric minor	LR	18	<10	<10	34	x (Lu:)0-1400
1326	Utric ochro						?
1327	Utric vulga	B	53	25	69	145	x (Lu:)0-1400
	Utric vulga	LR	27 (25)	23	52	148	
2108	Valli spira						?
1346	Veron an-aq						x
1349	Veron becca	B	47	42	86	152	x
1350	Veron caten	B	18	41	144	866	x
	Veron caten	LR	20 (18)	23	87	>320	
1362	Veron scute						x
1395	Wolff arrhi	LR	11 (9)	37	80	174	
	Wolff arrhi	B	11	28	77	284	x (LZ:)zoet
1396	Zanni pa.pa	LR	23	25	96	294	2 (LZ:)halofiel
1397	Zanni pa.pe	LR	31	112	>320	>320	2 (LZ:)halofiel (Lu:)850- >3350
1400	Zanni palus	B	101	77	186	2029	2 (LZ:)halofiel
1398	Zoste marin						3 (Lu:)2800- >3350 (Iv:) > 3400
1399	Zoste nolti						3 (Iv:) >6700

Bijlage 2 Eerste indeling van soorten naar saliniteit

In deze bijlage wordt de indeling van soorten naar saliniteit weergegeven, die is gebaseerd op de gegevens van Barendregt et al. en De Lyon & Roelofs. Bij deze eerste indeling is nog niet of nauwelijks rekening gehouden met overige literatuurbronnen, en geen rekening gehouden met de verspreiding van soorten over Nederland. Tussen haakjes staan achter de soorten de indeling in ecologische soortengroepen (Runhaar et al. 1987, alleen aquatische groepen zijn vermeld) en de indicatieve waarde zoals die kan worden afgeleid uit de indeling in soortengroepen (I = indicatief, in één groep of in beperkt aantal verwante groepen ingedeeld, II= weinig indicatief, in veel verschillende groepen ingedeeld).

Soorten indicierend voor zeer zoet water (0-100 mg/l)

1 0239 Carex lasio V11(I) V12(I)	1 0925 Lythr portu W12(I)
1 0436 Eleoc multi V11(II) V12(II)	1 0077 Apium inund W12(I)
1 0260 Carex rostr V11(II) V12(II) V17(II)	1 1000 Potam polyg W12(I) W17(I)
1 0676 Juncu bu.bu V11(II) V12(II)	1 0430 Echin repen W12(I)
1 0821 Menya triflo V12(I) V17(I)	1 0939 Pitu globu W12(I)
1 0346 Poten palus V12(I) V17(I)	1 0183 Calli palus W12(II)
1 0399 Desch setac	1 1055 Ranun pelta W17(I)
1 0764 Ludwi palus W12(I)	1 0991 Groen densa W17(I)
1 0668 Isoet echin W12(I)	1 0765 Luron natan W17(I)
1 1326 Utric ochro W12(I)	1 1255 Strat aloid W17(I)
1 1228 Sparg angus W12(I)	1 0985 Potam acuti W17(I)
1 0667 Isoet lacus W12(I)	1 1050 Ranun heder W17(I)
1 1154 Scirp fluit W12(I) W17(I)	1 0985 Potam acuti W17(I)
1 0644 Hyper elode W12(II)	1 0638 Hotto palus W17(I)
1 1323 Utric inter W12(I)	1 0432 Elati hexan
1 0754 Lobel dortm W12(I)	1 0180 Calli hamul
1 0429 Echin ranun W12(I)	1 1615 Nymph candi

Soorten indicierend voor zoet water (0-200 mg/l)

2 0178 Calla palus V17(I)	2 0929 Peuce palus V17(II)
2 0868 Oenan aquat V17(I) W17(I)	2 0007 Acoru calam V18(I)
2 1051 Ranun lingu V17(I) V18(I)	2 0783 Lysim thyrs
2 0214 Carex aquat V17(I)	2 1349 Veron becca
2 1535 Sparg er.ne V17(I) V18(I)	2 1053 Ranun olole W12(I)
2 1533 Sparg er.er V17(I) V18(I)	2 0986 Potam alpin W17(I)
2 0326 Cicut viros V17(I)	2 0989 Potam compr W17(I)
2 0868 Oenan aquat V17(I) W17(I)	2 0997 Potam obtus W17(I)
2 0463 Equis fluvi V17(I)	2 1001 Potam prael W17(I)
2 0254 Carex pseud V17(I)	2 0867 Nymph pelta W17(I) W18(I)
2 0665 Iris pseud V17(II) V18(II)	2 0859 Rorip micro W17(II) W18(II)
2 1216 Sium latif V17(II) V18(II)	2 0184 Calli platy W18(I)
2 0237 Carex elata V17(II)	2 1395 Wolff arrhi W18sa(I)
2 0813 Menth aquat V17(II)	

Soorten indicierend voor zoet tot licht brak water (0-1000 mg/l)

3 0437 Eleoc pa.pa V12(II) V17(II) V18(II)	3 1327 Utric vulga W17(I)
3 1231 Sparg emers V17(I)	3 1003 Potam trich W17(I)
3 1099 Rumex hydro V17(I)	3 0724 Lemna trisu W17(I) W18(I)
3 0027 Alism lance V17(I)	3 0442 Elode nutta W17(I) W18(I)
3 0249 Carex pacia V17(I)	3 0994 Potam lucen W17(I) W18(I)
3 0337 Cladi maris V17(I)	3 0865 Nupha lutea W17(I) W18(I)
3 0688 Juncu subno V17(II)	3 0995 Potam natan W17(I) W18(I)
3 0078 Apium nodif V17(II)	3 0851 Myrio spica W17(I) W18(I)
3 0259 Carex ripar V17(II)	3 0026 Alism grami W17(I) W18(I)
3 0211 Carex acuta V17(II)	3 0860 Rorip nastu W17(II) W18(II)
3 0028 Alism pl-aq V17(I) V18(I)	3 1350 Veron caten W17(II) W18(II)
3 1215 Berul erect V17(II) V18(II)	3 0723 Lemna minor W17(I) W18sa(I)
3 1317 Typha angus V17(II) V18(II)	3 0992 Potam mucro W18(I)
3 0171 Butom umbel V17(II) V18(II) W17(II) W18	3 0990 Potam crisp W18(I)
3 1318 Typha latif V18(I)	3 0181 Calli herma W18(I)
3 0586 Glyce pl.pl V18(II)	3 0996 Potam nodos W18(I)
3 0274 Catab aquat V18sa(I)	3 1002 Potam pusil W18(I)
3 0585 Glyce maxim V18sa(I)	3 0967 Polyg amphi W18(II)
3 0584 Glyce fluit V18sa(II)	3 1241 Spiro polyr W18sa(I)
3 0896 Oenan fistu	3 0128 Azoll filic W18sa(I)

3 0212 Carex acutif	3 0722 Lemna gibba W18sa(I)
3 1155 Scirp la.la bV10(I) V18(I)	3 0299 Cerat demer W18sa(I)
3 0993 Potam grami W12(I)	3 0739 Limos aquat
3 0850 Myrio alter W12(I) W13(I)	3 0182 Calli obtus
3 0753 Litto unifl W12(I) W13(I)	3 0988 Potam color bW10(I) W13(I)
3 1041 Ranun aquat W13(I) W17(I)	3 0854 Najas marin bW10(I) W17(I)
3 0866 Nymph alba W12(II) W17(II) W18(II)	3 0630 Hippu vulga bW10(I) W17(I)
3 0441 Elode canad W17(I)	3 0999 Potam perfo bW10(I) W18(I)
3 0852 Myrio verti W17(I)	3 1396 Zanni pa.pa bW10(I) W18(I)
3 0640 Hydro mo-ra W17(I)	3 0998 Potam pecti bW10(I) W18sa(I)

Soorten indicierend voor zoet tot brak water (0-10.000 mg/l)

4 1161 Scirp la.ta bV10(I)
 4 1156 Scirp marit bV10(II) V18(II)
 4 1397 Zanni pa.pe bW10(I)
 4 1044 Ranun baudo bW10(I)

Soorten indicierend voor brak water (>1000 mg/l)

5 1108 Ruppi cirrh bW10(I)
 5 1107 Ruppi marit bW10(I)

Soorten indicierend voor zout water (>30000 mg/l)

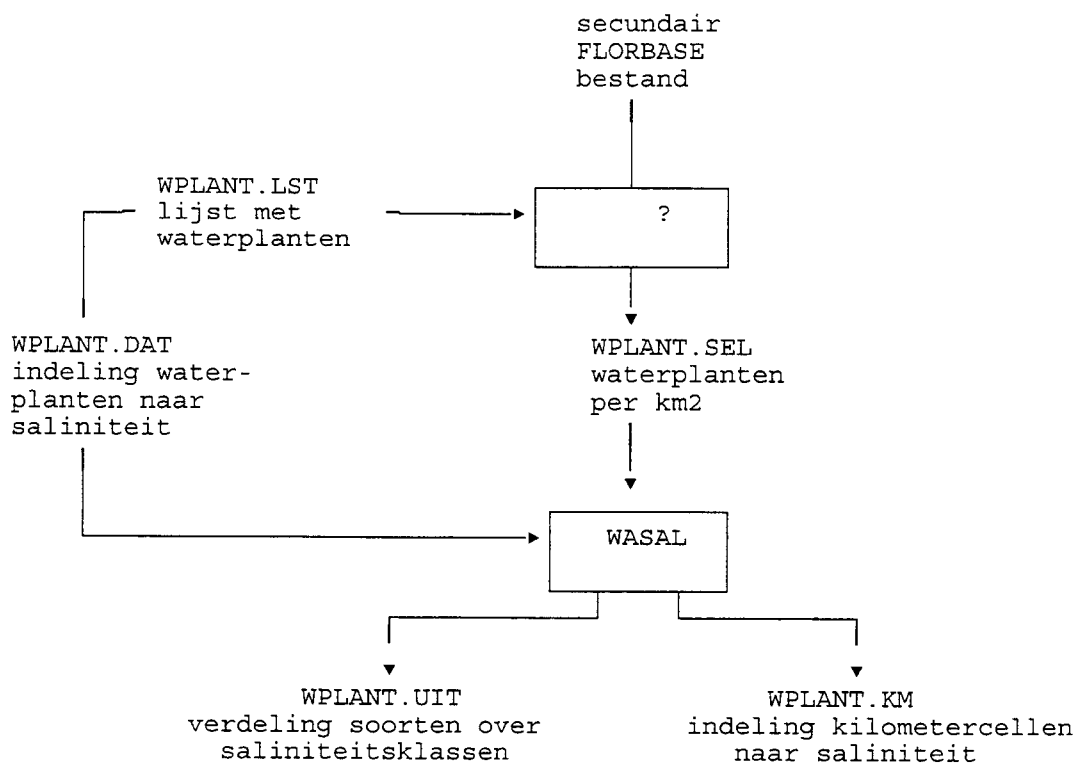
0 1398 Zoste marin
 0 1399 Zoste nolti

Niet in te delen of onzeker

0 0440 Eleoc pa.un V17(II)
 0 0300 Cerat subme bW10(I) W18(I)
 0 0785 Lythr salic V17(II)
 0 1114 Sagit sagit V17(II) V18(II) W17(II) W18(II)
 0 1162 Scirp triqu V18(I)
 0 1324 Utric minor W11(I)
 0 1230 Sparg minim W12(I) W17(I)
 0 1325 Utric austr W12(I) W17(I)
 0 0435 Eleoc acicu W12(I) W17(I)
 0 1632 Potam x dec W17(I)
 0 1619 Potam x flu W17(I)
 0 1004 Potam x ziz W17(I)
 0 1131 Salvi natan W17(I)
 0 1046 Ranun circi W17(I) W18(I)
 0 2108 Valli spira W18(I)
 0 0987 Potam berch W18(I)
 0 0185 Calli stagn W18(II)
 0 1049 Ranun fluit

Bijlage 3 Beschrijving programma WASAL

Het programma WASAL wordt gebruikt om het oppervlaktewater van kilometercellen in Nederland in te delen naar saliniteit op basis van het voorkomen van waterplanten, en na te gaan wat de verdeling van soorten is over de aldus bepaalde saliniteitsklassen voor oppervlaktewater.



Basis voor de bewerkingen vormen het secundaire FLORBASE-bestand en de concept-indeling van waterplanten naar saliniteit, vastgelegd in het bestand WPLANT.DAT. Op basis van een uit WPLANT.DAT afgeleide lijst met soorten (WPLANT.LST) wordt met het programma een selectie gemaakt uit het FLORBASE-bestand waarin per kilometercel alle voorkomende waterplanten worden vermeld (bestand WPLANT.SEL). Dit selectiebestand vormt de invoer voor het programma WASAL.

Binnen het programma WASAL worden de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- uit bestand WPLANT.DAT wordt indeling van planten naar saliniteit ingelezen
- uit bestand WPLANT.SEL wordt ingelezen welke waterplanten in een kilometercel voorkomen
- op grond van de toedelingsregels wordt het oppervlaktewater in de kilometercel toegedeeld aan een saliniteitsklasse
- bijgehouden wordt hoe vaak een soort voorkomt in een kilometercel met een bepaalde saliniteitsklasse
- nadat alle cellen zijn ingelezen wordt het relatieve voorkomen van soorten per saliniteitsklasse berekend.

De uitvoer van het programma wordt weggeschreven in twee bestanden:

WPLANT.UIT uitvoerbestand met relatieve voorkomen van soorten per saliniteitsklasse; in de proefversie (interne variabele in programma WASAL SWPROEF=.TRUE.) wordt hier ook per kilometercel vermeld welke soorten voorkomen en wat de resulterende saliniteitsklasse van de kilometercel is.

WPLANTKM uitvoerbestand met per kilometercel de resulterende saliniteitsklasse en het aantal soorten met een bepaalde saliniteitsindicatie.

Bijlage 4 Toedelingssleutel gebruikt in WASAL voor de bepaling van de saliniteitsklasse van het oppervlaktewater in een kilometercel

c--- oppervlaktewater brak ?

C

```
ALS (Aantal brakke-zoute soorten > 0) DAN
  ALS (Aantal zeer zoete soorten > 0 OF
    Aantal zoete soorten > 3) DAN
    Saliniteitsklasse kilometer=0
  ANDERS
    Saliniteitsklasse kilometer=5
```

C

c--- oppervlaktewater licht brak tot brak?

C

```
ANDERS ALS (Aandeel zoete soorten = 0 EN
  (Aantal zeer zoete soorten+Aantal zoete soorten) /
  aantal indicerende waterplanten < 0.125) EN
  Aantal lichtbrakke tot brakke soorten > 0) DAN
  Saliniteitsklasse kilometer=4
```

C

c--- oppervlaktewater zeer zoet?

C

```
ANDERS ALS (Aantal zeer zoete soorten ≥ 3 EN
  Aantal lichtbrakke tot brakke soorten ≤ 1) DAN
  Saliniteitsklasse kilometer=1
```

C

c--- oppervlaktewater zoet ?

C

```
ANDERS ALS (Aantal zeer zoete soorten+Aantal zoete soorten ≥ 5) DAN
  ALS (Aantal zeer zoete soorten+Aantal zoete soorten ≥ 10) DAN
    Saliniteitsklasse kilometer=2
  ANDERS ALS (Aantal lichtbrakke tot brakke soorten ≤ 2 EN
    (Aantal zeer zoete soorten+Aantal zoete soorten) /
    aantal indicerende waterplanten > 0.33) DAN
    Saliniteitsklasse kilometer=2
  ANDERS ALS (Aantal zeer zoete soorten = 0) DAN
    Saliniteitsklasse kilometer=3
  ANDERS
    Saliniteitsklasse kilometer=0
```

C

c--- oppervlaktewater licht brak ?

C

```
ANDERS ALS (aantal waterplanten > 10 EN
  aantal zeer zoete soorten < 2 EN
  (Aantal zeer zoete soorten+Aantal zoete soorten) /
  aantal indicerende waterplanten < 0.33) DAN
  Saliniteitsklasse kilometer=3
ANDERS
  Saliniteitsklasse kilometer=0
```


Bijlage 5 Verdeling soorten over saliniteitsklassen

Deze bijlage geeft per soort aan wat de relatieve presentie (in %) is binnen een bepaalde saliniteitsklasse. Saliniteitsklassen berekend met het programma WASAL, met als invoer het secundaire FLORBASE.0 bestand en de op grond van literatuuronderzoek concept-indeling naar saliniteit. Achter de soortnaam staat tussen haakjes de saliniteitsindicatie. Met pijltjes wordt aangegeven bij welke saliniteitsklasse een soort beter thuishoort op basis van verspreidingsgegevens én aanvullende literatuurgegevens (zie § 4.4).

Saliniteitsklassen kilometercellen: 0=niet indeelbaar

1=zeer zoet

2=zoet

3=licht brak

4=licht brak tot brak

5=brak tot zout

Saliniteitsindicatie soorten:

0=onzeker

1=zeer zoet

2=zoet

3=zoet tot licht brak

4=zoet tot brak

5=brak tot zout

SALINITEITSKLASSE KILOMETERCELLEN

	0	1	2	3	4	5	
Aantal kilometers:	9548	1796	3083	3936	2250	140	
Eleoc pa.un (sal=0)	2	5	6	19	16	9	=>4
Cerat subme (sal=0)	1	0	1	3	4	3	=>4
Lythr salic (sal=0)	23	71	75	39	7	10	=>3
Sagit sagit (sal=0)	8	40	47	31	3	0	=>3
Scirp triqu (sal=0)	0	0	1	0	0	0	
Utric minor (sal=0)	1	5	0	0	0	0	
Sparg minim (sal=0)	0	2	0	0	0	0	
Utric austr (sal=0)	0	2	0	0	0	0	
Eleoc acicu (sal=0)	2	20	5	2	0	0	
Ranun circi (sal=0)	5	25	36	32	14	1	=>3
Potam berch (sal=0)	1	6	3	1	0	0	
Calli stagn (sal=0)	0	1	1	1	0	0	
Ranun fluit (sal=0)	0	1	0	0	0	0	
Carex lasio (sal=1)	0	15	1	0	0	0	
Eleoc multi (sal=1)	1	12	1	0	0	0	
Carex rostr (sal=1)	7	64	15	1	0	0	
Juncu bu.bu (sal=1)	0	0	0	0	0	0	
Menya trifo (sal=1)	1	29	3	0	0	0	
Poten palus (sal=1)	4	64	14	0	0	0	
Desch setac (sal=1)	0	1	0	0	0	0	
Scirp fluit (sal=1)	1	11	1	0	0	0	
Hyper elode (sal=1)	0	8	0	0	0	0	
Utric inter (sal=1)	0	0	0	0	0	0	
Echin ranun (sal=1)	0	3	1	0	0	0	
Lythr portu (sal=1)	3	22	3	0	0	0	
Apium inund (sal=1)	0	3	0	0	0	0	
Potam polyg (sal=1)	1	14	1	0	0	0	
Echin repen (sal=1)	0	1	0	0	0	0	
Pilul globu (sal=1)	0	5	0	0	0	0	
Calli palus (sal=1)	0	1	0	0	0	0	
Ranun pelta (sal=1)	4	26	9	1	0	0	
Groen densa (sal=1)	2	5	3	1	0	0	
Luron natan (sal=1)	1	9	1	0	0	0	
Strat aloid (sal=1)	2	26	22	0	0	0	=>2
Ranun heder (sal=1)	1	3	1	0	0	0	
Potam acuti (sal=1)	0	12	4	0	0	0	
Hotto palus (sal=1)	8	64	29	2	0	0	
Elati hexan (sal=1)	0	1	0	0	0	0	
Calli hamul (sal=1)	1	7	2	0	0	0	
Calla palus (sal=2)	0	5	2	0	0	0	=>1
Ranun lingu (sal=2)	1	23	8	1	0	0	=>1
Carex aquat (sal=2)	0	14	3	0	0	0	=>1
Sparg er.ne (sal=2)	0	2	1	0	0	0	=>3?
Sparg er.er (sal=2)	12	57	73	56	9	2	=>3
Cicut viros (sal=2)	1	23	20	6	0	0	
Oenan aquat (sal=2)	11	53	63	28	2	1	
Equis fluvi (sal=2)	17	75	73	31	2	1	
Carex pseud (sal=2)	5	36	37	8	0	0	
Iris pseud (sal=2)	30	67	88	64	14	14	=>3
Sium latif (sal=2)	4	34	45	18	1	0	
Carex elata (sal=2)	3	26	12	1	0	0	
Menth aquat (sal=2)	22	59	78	64	19	26	=>3
Peuce palus (sal=2)	8	47	38	9	0	1	
Acoru calam (sal=2)	5	29	42	24	1	0	
Lysim thyrs (sal=2)	3	43	35	7	0	0	
Veron becca (sal=2)	6	21	35	17	1	0	
Ranun olole (sal=2)	0	2	0	0	0	0	=>1
Potam alpin (sal=2)	0	8	2	0	0	0	
Potam compr (sal=2)	0	11	9	1	0	0	
Potam obtus (sal=2)	1	12	5	2	0	0	
Nymph pelta (sal=2)	4	23	33	18	0	0	
Rorip micro (sal=2)	10	41	57	52	10	4	=>3
Calli platy (sal=2)	3	18	22	11	1	1	
Wolff arrhi (sal=2)	1	8	26	7	0	0	

Saliniteitsklasse:	0	1	2	3	4	5	
Eleoc pa.pa (sal=3)	14	60	60	65	38	17	
Sparg emers (sal=3)	3	32	25	12	0	0	=> 2
Rumex hydro (sal=3)	15	57	67	58	23	7	
Alism lance (sal=3)	4	9	14	14	3	0	
Carex pacla (sal=3)	5	33	28	9	1	1	=> 2
Cladi maris (sal=3)	0	4	1	0	0	0	
Juncu subno (sal=3)	1	16	10	6	2	1	
Apium nodif (sal=3)	2	6	14	13	2	0	
Carex ripar (sal=3)	11	35	47	47	23	11	
Carex acuta (sal=3)	11	51	56	26	2	1	
Alism pl-aq (sal=3)	21	70	81	68	25	9	
Berul erect (sal=3)	9	36	51	55	30	11	
Typha angus (sal=3)	6	31	28	34	19	9	
Butom umbel (sal=3)	9	31	45	51	24	3	
Typha latif (sal=3)	19	58	57	57	35	18	
Glyce pl.pl (sal=3)	2	1	2	9	8	4	
Catab aquat (sal=3)	2	9	19	22	11	0	
Glyce maxim (sal=3)	26	66	84	82	30	9	
Glyce fluit (sal=3)	31	76	86	85	46	14	
Oenan fistu (sal=3)	7	7	9	10	6	10	
Carex acutf (sal=3)	6	36	34	14	2	2	
Scirp la.la (sal=3)	3	16	12	7	3	1	
Potam grami (sal=3)	0	3	0	0	0	0	
Myrio alter (sal=3)	0	1	0	0	0	0	
Litto unifl (sal=3)	0	3	0	0	0	0	
Ranun aquat (sal=3)	4	10	7	10	9	6	
Nymph alba (sal=3)	3	26	24	12	2	0	
Elode canad (sal=3)	3	26	27	13	1	1	
Myrio verti (sal=3)	1	8	4	4	1	0	
Hydro mo-ra (sal=3)	8	41	47	26	4	1	
Utric vulga (sal=3)	3	18	6	5	0	0	
Potam trich (sal=3)	5	28	26	15	2	0	
Lemna trisu (sal=3)	8	36	49	59	31	12	
Elode nutta (sal=3)	11	48	58	64	33	5	
Potam lucen (sal=3)	3	22	17	8	1	0	
Nupha lutea (sal=3)	7	45	49	24	2	0	
Potam natan (sal=3)	8	53	42	21	3	2	
Myrio spica (sal=3)	3	10	13	26	19	5	
Alism grami (sal=3)	0	2	7	5	1	0	
Rorip nastu (sal=3)	1	5	4	4	2	0	
Veron caten (sal=3)	8	12	19	35	19	6	
Lemna minor (sal=3)	20	62	60	42	12	9	
Potam mucro (sal=3)	1	9	16	11	4	2	
Potam crisp (sal=3)	7	27	29	28	13	4	
Potam pusil (sal=3)	7	36	38	46	29	7	
Polyg amphi (sal=3)	35	61	77	91	70	58	=>4
Spiro polyr (sal=3)	8	36	49	53	18	6	
Azoll filic (sal=3)	2	6	20	22	12	2	
Lemna gibba (sal=3)	7	19	40	55	45	18	
Cerat demer (sal=3)	9	33	46	61	37	5	
Limos aquat (sal=3)	1	0	1	1	0	0	
Calli obtus (sal=3)	1	2	8	11	3	0	
Najas marin (sal=3)	0	1	0	0	0	0	
Hippu vulga (sal=3)	1	8	4	8	6	3	
Potam perfo (sal=3)	2	14	6	7	2	1	
Zanni pa.pa (sal=3)	4	4	13	35	43	28	=>4
Potam pecti (sal=3)	8	21	27	56	51	31	=>4
Scirp la.ta (sal=4)	2	2	7	26	31	21	
Scirp marit (sal=4)	15	9	26	58	97	89	
Zanni pa.pe (sal=4)	0	0	0	1	2	4	
Ranun baudo (sal=4)	1	0	0	2	5	6	
Ruppi cirrh (sal=5)	0	0	0	0	0	11	
Ruppi marit (sal=5)	0	0	0	0	0	30	
Zoste marin (sal=5)	0	0	0	0	0	59	
Zoste nolti (sal=5)	0	0	0	0	0	25	

Bijlage 6 Resulterende indeling in ecologische soortengroepen

V17zt Soorten van verlandingsvegetaties in matig voedselrijk zoet water

Calla palustris, *Carex aquatilis*, *Carex elata*, *Carex paniculata*, *Carex pseudocyperus*, *Carex rostrata*, *Cicuta virosa*, *Equisetum fluviatile*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Menyanthes trifoliata*, *Oenanthe aquatica*, *Peucedanum palustris*, *Potentilla palustris*, *Sium latifolium*, *Sparganium emersum*

V17 Soorten van verlandingsvegetaties in matig voedselrijk zoet tot licht brak water

Alisma plantago-aquatica, *Apium nodiflorum*, *Berula erecta*, *Butomus umbellatus*, *Carex acuta*, *Carex riparia*, *Eleocharis palustris* ssp. *palustris*, *Eleocharis palustris* ssp. *uniglumis*, *Iris pseudacorus*, *Juncus subnodulosus*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Phragmites australis*, *Rumex hydrolapathum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium erectum* ssp. *neglectum*, *Typha angustifolia*

W17zt Soorten van watervegetaties in matig voedselrijk zoet water

Callitriche hamulata, *Groenlandia densa*, *Hottonia palustris*, *Luronium natans*, *Nymphoides peltata*, *Oenanthe aquatica*, *Potamogeton acutifolius*, *Potamogeton alpinus*, *Potamogeton compressus*, *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton polygonifolius*, *Potamogeton praelongus*, *Ranunculus hederaceus*, *Ranunculus peltatus*, *Scirpus fluitans*, *Stratiotes aloides*

W17 Soorten van watervegetaties in matig voedselrijk, zoet tot licht brak water

Alisma gramineum, *Butomus umbellatus*, *Callitriche obtusangula*, *Eleocharis acicularis*, *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Hippuris vulgaris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Najas marina*, *Rorippa microphylla*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton trichoides*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium minimum*, *Utricularia vulgaris*, *Utricularia australis*, *Veronica catenata*

V18 Soorten van verlandingsvegetaties in zeer voedselrijk, zoet tot licht brak water

Acorus calamus, *Alisma plantago-aquatica*, *Berula erecta*, *Butomus umbellatus*, *Catabrosa aquatica*, *Eleocharis palustris* ssp. *palustris*, *Glyceria plicata* ssp. *plicata*, *Glyceria fluitans*, *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites australis*, *Sagittaria sagittifolia*, *Scirpus lacustris* ssp. *lacustris*, *Scirpus lacustris* ssp. *tabernaemontani*, *Scirpus maritimus*, *Scirpus triquetrus*, *Sium latifolium*, *Sparganium erectum* ssp. *neglectum*, *Sparganium erectum* ssp. *erectum*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*

W18 Soorten van watervegetaties in zeer voedselrijk water

Alisma gramineum, *Azolla carolinina*, *Butomus umbellatus*, *Callitriche hermaphrodita*, *Callitriche obtusangula*, *Callitriche platycarpa*, *Callitriche stagnalis*, *Ceratophyllum submersum*, *Elodea nuttallii*, *Lemna trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Rorippa microphylla*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton berchtoldii*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton mucronatus*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton pusillus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Vallisneria spiralis*, *Veronica catenata*, *Zannichellia palustris* ssp. *palustris*

W18sa Soorten van watervegetaties in zeer voedselrijk polysaproob water

Azolla filiculoides, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Potamogeton pectinatus*, *Spirodela polyrhiza*, *Wolffia arrhiza*

bV10 Soorten van verlandingsvegetaties in brak water

Eleocharis palustris ssp. *uniglumis*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* ssp. *tabernaemontani*, *Scirpus maritimus*

bW10 Soorten van watervegetaties in brak water

Ceratophyllum submersum, *Najas marina*, *Potamogeton coloratus*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus baudotii*, *Ruppia cirrhosa*, *Ruppia maritima*, *Zannichellia palustris* ssp. *palustris*, *Zannichellia palustris* ssp. *pedicellata*