

Voorkomen van libellenlarven in de Nederlandse Delta in relatie tot saliniteit

R.H. Witte & D. Groenendijk

Inleiding

In zoet water leven andere soorten dieren en planten dan in zout water. Waar zoete wateren overgaan in zoute, verandert de soorten-samenstelling, maar deze verandering is meestal geleidelijk en de diversiteit aan soorten neemt af. Het is algemeen bekend dat brakke wateren vergeleken met het zoete water en de zee bijzonder soortenarm zijn. Bekend bij onderzoekers in het zoute milieu is de Kromme van Remane, die aangeeft dat matig brak water (3 - 4‰) een minimum aan soorten laat zien. Deze kromme is voor een belangrijk deel gebaseerd op de macrofauna, maar ook op de (kleinere) meiofauna en het zoöplankton (REMANE & SCHLIEPER, 1971). Meestal is er een overgangsgebied met kenmerkende brakwater-soorten. Onder deze kenmerkende soorten bevinden zich echter geen libellen. Bij een oplopend zoutgehalte en afnemende diversiteit verdwijnen de meeste libellensoorten namelijk snel (UMEOZOR, 1993). Slechts enkele libellensoorten kunnen zich nog in licht brak water voortplanten en de mate van saliniteit waarbij deze voortplanting nog voorkomt verschilt per libellensoort. Juist in de Nederlandse Delta (de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden die tezamen de Nederlandse Delta vormen worden in dit artikel verder aangeduid als 'de Delta') is de overgangszone van zout naar zoet in diverse geleidingen aanwezig.

In de Delta zijn tot op heden 36 soorten libellen (Odonata) waargenomen waarvan veertien juffers (Zygoptera) en 22 echte libellen (Anisoptera). Hiervan is bij tien soorten juffers en veertien soorten echte libellen succesvolle voortplanting vastgesteld in de Delta (WITTE, 1999), waarbij bleek dat 60% respectievelijk 65% van deze soorten zich voort kunnen planten in min of meer brak water. In totaal werden in de Delta op circa 225 locaties larven gevangen dan wel huidjes verzameld en de chloriden-waarde bepaald (BELLE, 1986; KREBS, 1981; 1984; 1985; 1990a; 1990b; WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN (1986-1998); WEEBER, 1979 en veldmetingen van de eerste auteur in het seizoen van 1998). Het bestaan van voortplanting van libellen in brak water is bij veel libellenwaarnemers niet of nauwelijks bekend. In deze bijdrage wordt daarom de schaarse bestaande (veelal buitenlandse) kennis van de invloed van saliniteit op het voorkomen van libellenlarven en resultaten van veldmetingen in de Delta samengevat.

Brakwater definitie

Alle oppervlaktewateren bevatten opgeloste en vaste organische en anorganische verbindingen. De totale ionenconcentratie noemt men de saliniteit. Deze wordt bijna volledig bepaald door de positief geladen ionen Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}

Tabel 1.

Classificatie van het water naar saliniteit gebaseerd op Venice (1959). De saliniteitsgehaltenes (‰) geven het gehalte weer van de totale hoeveel-

heid ionen.

Salinity classification based on Venice (1959). The values present the total amount of ions (‰).

< 0,3‰	zoet / fresh	limnisch gebied
0,3 - 3‰	licht brak / slightly brackish	oligohalien
3 - 5,5‰	matig brak / moderately brackish	β mesohalien
5,5 - 10‰	brak / brackish	α mesohalien
10 - 16,5‰	sterk brak / strongly brackish	polyhalien
> 16,5‰	zout / marine	euhalien

en K^+ en de negatief geladen ionen HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} en Cl^- . In brakke wateren gebruikt men als maat voor het totale ionengehalte vaak de chloriniteit, omdat de concentratie van chloride-ionen vele malen hoger is dan die van alle andere anionen gezamenlijk. Er zijn veel pogingen gedaan om brakke wateren te classificeren al naar gelang fauna, flora en het erbij behorende zoutgehalte (SCHMIDT-VAN DORP, 1979; VRIE, 1987). De in deze studie gebruikte en in tabel 1 weergegeven typering van brakke wateren is ontleend aan VENICE (1959). In de Delta zijn in al deze klassen levende larven aangetroffen.

Osmoregulatie

De meeste dieren die in een aquatisch milieu leven, worden geconfronteerd met het probleem van hun waterhuishouding en zoutregulatie (osmoregulatie). In zoet water heeft het lichaamsszout, veelal natriumchloride, de neiging om op te lossen in het omgevingswater terwijl dit omgevingswater, door de hogere zoutconcentratie in de lichaamscellen, de tegenovergestelde weg wil volgen (het lichaam in). In zout water is de situatie juist andersom. In het geval van zout of brak water is het negatief geladen ion chloride (Cl^-) de belangrijkste limiterende factor die het voorkomen van libellen bepaalt (KIAUTA, 1968). Libellenlarven die blootgesteld worden aan verhoogde zoutconcentraties, moeten hun lichaamsvloeistof op een constante ionensamenstelling zien te houden om te kunnen overleven. Regulatie van de interne ionensamenstelling vindt plaats met behulp van gespecialiseerde huidcellen. Deze gespecialiseerde cellen bevinden zich bij larven van de echte libellen in de ademhalingskamer. Deze wordt gevormd door de einddarm, direct achter de achterlijfsopening. Veel libellenlarven pompen actief water door de achterlijfsopening naar binnen en buiten. De larven pompen sneller in water met een zeer laag zout gehalte (WICHARD & KOMNICK, 1974; KOMNICK, 1978). Het pompen van de einddarm is dus nodig voor zowel de ademhaling als de osmoregulatie. In gespecialiseerde cellen bevinden zich kanaaltjes die, door actief ionen op te nemen of uit te scheiden, de samenstelling van de lichaamsvloeistof constant houden (TEMBHARE & KHAN, 1988). De meeste libellensoorten kunnen dat slechts in beperkte mate,

want wereldwijd is er maar één libel die zijn optimale voorkomen in zeewater heeft. Dit is *Erythrodiplex berenice* (Libellulidae), een heidelibelachtige soort van zoutwatermoerassen aan de kusten van Noord-Amerika. Larven van deze libel kunnen de samenstelling van hun lichaamsvloeistof nog constant houden bij een extern zoutgehalte van ongeveer driemaal het gehalte van zeewater (DUNSON, 1980).

Libellenlarven en saliniteitsgehalte

In totaal is in de Delta op circa 225 locaties waar voortplanting van libellen werd vastgesteld de chloridewaarde bepaald. In ruim 90% van de locaties zijn larven van het Lantaartje (*Ischnura elegans*) gevonden en in $\pm$ 20% larven van de Paardenbijter (*Aeshna mixta*). De Gewone oeverlibel (*Orthetrum cancellatum*) en de Kleine roodoogjuffer (*Erythromma viridulum*) zijn op $\pm$ 5% van de locaties aangetroffen terwijl de overige soorten slechts op één tot vijf locaties zijn gevonden. In figuur 1 is het voorkomen van libellenlarven van verschillende soorten weergegeven ten opzichte van de saliniteitsklasse. In onderstaande wordt het waargenomen voorkomen van libellenlarven beschreven voor de in tabel 1 weergegeven klassen.

Sterk brak tot zout water (> 10‰)

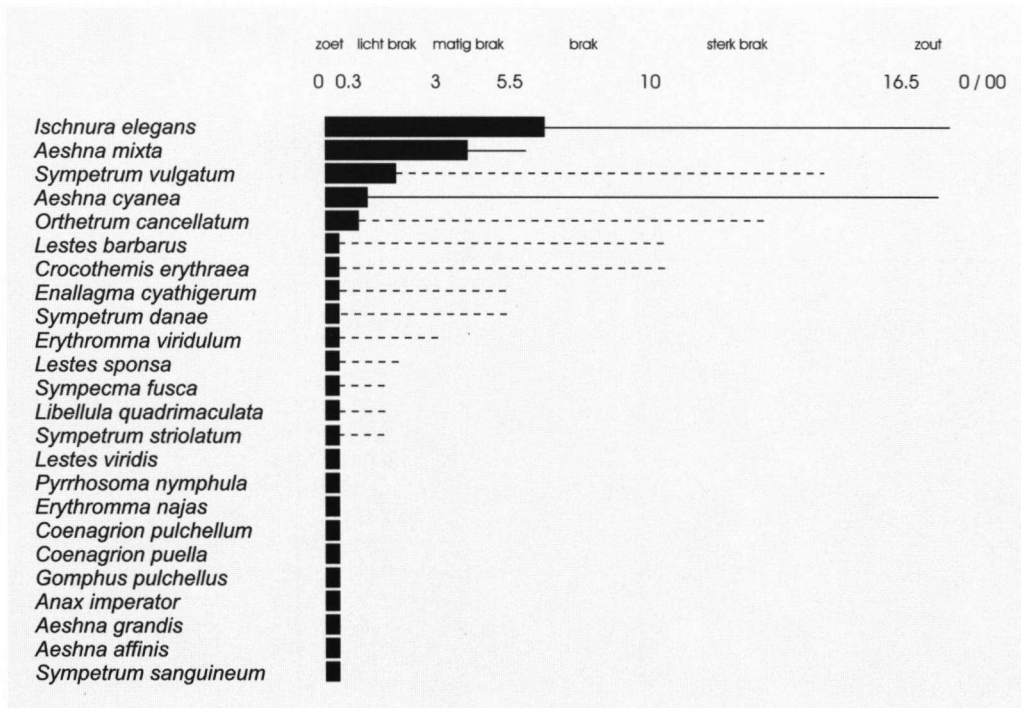
In sterk brak tot zout water kan waarschijnlijk geen enkele soort zich echt voortplanten. Wel zijn levende larven van verschillende soorten gevonden in wateren die in de zomer tijdelijk sterk brak werden (figuur 1). Het is de vraag of deze soorten zich ook onder dergelijke omstandigheden ontwikkelen.

Het Lantaartje komt nagenoeg overal in de Delta voor. Deze hoge abundantie kan worden verklaard doordat deze soort onder de libellen naast een hoge tolerantie voor eutrofiëring, ook een relatief hoog zoutgehalte kan weerstaan. In vele matig brakke tot brakke delen komt het Lantaartje dan ook als enige voortplantende soort voor. Boven een chloridewaarde 4,5‰ is echter duidelijk een afname in aantal te zien en boven 7‰ worden ze nauwelijks meer aangetroffen. Er zijn echter larven aangetroffen in water waar door verdamping gedurende een deel van de zomer het chloridgehalte toeneemt tot maar liefst 18,9‰ (LIEFTINCK, 1926; KIAUTA, 1965; KREBS 1990a).

De Blauwe glazenmaker is op Schouwen bij Zierikzee aangetroffen in water met een saliniteitsgehalte van 0,16 – 0,78‰, gemiddeld 0,34‰ (gebaseerd op negen metingen; n = 9). Eveneens werden in een sloot in de Groot Beddewaardepolder (Schouwen-Duiveland) larven aangetroffen. Dit is een ondiepe sloot waar het saliniteitsgehalte binnen één seizoen varieerde van 0,15‰ tot 1,15‰, met een gemiddelde van 0,43 (n=15) (KREBS, 1984; 1990b). In een andere sloot was de gemiddelde saliniteit 0,33‰, met een maximum van 1,17‰. In Zeeuws Vlaanderen is de soort als larve gevangen in een watergang met een saliniteit van gemiddeld 0,13‰ en met een maximum van 0,34‰ (WEEBER, 1979). Ook zijn in de Delta, naast in zoet en licht brak water,

larven waargenomen in wateren met een veel hoger saliniteitsgehalte. In een kanaal nabij Sas van Gent, waar een chloridengehalte van 18‰ werd vastgesteld, trof men larven van deze soort aan (KREBS, 1990a). Vermoedelijk werd dit hoge saliniteitsgehalte slechts gedurende korte tijd bereikt en kan de soort dit tijdelijk doorstaan.

In Europa wordt de Gewone oeverlibel soms in licht brak water aangetroffen (ASKEW, 1988; JAKOB, 1969). In Denemarken is deze soort zelfs gevonden in sterk brak water met een chloridengehalte van 13‰ (LARSEN, 1936). In de Delta zijn ze tot heden echter alleen in zoet en licht brak water aangetroffen. Zo werd op Schouwen in verschillende jaren larven aangetroffen in een put waarin het water een



Figuur 1.

Het voorkomen van verschillende soorten libellenlarven in relatie tot de saliniteit. De dikke balk geeft het hoogste chloridegehalte aan waarbinnen de larven (90%) regelmatig zijn aangetroffen in de Delta. De doorgetrokken streep geeft het maximale promilage aan waarbij in de Delta nog één of meerdere libellenlarven zijn aangetroffen. De stipellijnen geven de maximale waarde aan volgens (inter)nationale literatuurgegevens.

The occurrence of odonata larvae in relation to salinity. Black bars represents the highest salinity measured on locations in the Delta where larvae were recorded regularly (90% of records). Bold lines represents the maximum salinity level recorded at locations in the Delta area where at least one larvae was found. Dashed lines represent maximum values recorded according to (inter)national literature.

gemiddeld chloridengehalte heeft van 0,87‰ en een maximum van 0,92‰ (figuur 1).

De Kleine roodoogjuffer is eiafzettend waargenomen in het Verdrongen land van Saeftinghe waar het water overal een hoge saliniteit heeft. Daarnaast werden in de slenken van het Verdrongen land van Saeftinghe in de nazomer massaal eiafzettende tandems van verschillende soorten heidelibellen (*Sympetrum* sp.) waargenomen (waarneming Wieland & Arts). Van al deze soorten kan van succesvolle voortplanting op deze locatie waarschijnlijk geen sprake zijn. Het is echter wel zo dat larven van enkele soorten heidelibellen, met name de Bruinrode heidelibel (*S. striolatum*) en de Steenrode heidelibel (*S. vulgatum*) een zeker chloridengehalte kunnen verdragen (AGUESSE, 1961; KIAUTA, 1965).

gesteld in watertypes die variëren van brak tot zelfs puur zeewater, maar waarin tot heden nooit larven zijn aangetroffen. AGUESSE (1968) geeft als limiet voor Zuid-Europa en Noord-Afrika 5 - 6‰ op, terwijl voor Nederland maximaal 2‰ bekend stond (LIEFTINCK, 1926; KIAUTA, 1965; KREBS, 1990; BARNES, 1994).

Daarnaast is op Walcheren in brakwatersloten (maximaal 3,6‰) ook eiafzet bij de Watersnuffel (*Enallagma cyathigerum*) en de Kleine roodoogjuffer (*Erythromma viridulum*) waargenomen. Succesvolle voortplanting is daarbij niet vastgesteld. In Nederland zijn nog nooit levende larven van deze soort in brak water aangetroffen. In Canada zijn larven van de Watersnuffel en Zwarte heidelibel (*Sympetrum danae*) aangetroffen in brak water (CANNINGS & CANNINGS, 1987).

Foto: R. Witte



Figuur 2.

Biotoop van *Aeshna affinis* bij Fort den Haak (Walcheren).

Habitat of Aeshna affinis near Fort den Haak.

Matig brak tot brak water (3 - 10‰)

De Paardenbijter (*Aeshna mixta*) komt in de Delta zeer algemeen voor. De soort is tolerant voor licht tot matig brak water, alwaar succesvolle reproductie plaatsvindt (figuur 1). In de Delta zijn uitsluitende exemplaren gevonden in allerlei poelen, plassen, sloten, evenals kreken en op schorren. Nabij Hulst werden drie larven gevangen in een waterloop met een gemiddeld chloridengehalte van 4,28‰ en een maximum van 6,80‰. Daarnaast werd voortplantingsgedrag, waaronder eiafzet, vast-

Licht brak water (0,3 - 3‰)

Op Walcheren is een ongedetermineerde larve van een pantserjuffer (*Lestes* sp.) gevangen in een watergang waarin het saliniteitsgehalte varieerde van 1,14 tot 2,90‰. In het heggegebied van Sluishoek (Zuid Beveland) werden bij putten met licht brak water (> 0,8‰) naast het Lantaarntje en de Paardenbijter ook voortplantende Kleine roodoogjuffers aangetroffen. Voorplanting van de Kleine roodoogjuffer is volgens de literatuur vaker waargenomen in licht brak water (ASKEW, 1988). In andere putten met water van 0,4 - 0,8‰ werden

daarnaast voortplantende Gewone pantserjuffers (*Lestes sponsa*) en Zwervende pantserjuffers (*L. barbarus*) waargenomen. Verder werden hier rondvliegende Houtpantserjuffer (*L. viridis*), Azuurwaterjuffer (*Coenagrion puella*), Grote keizerlibel (*Anax imperator*), Vuurlibel (*Crocothemis erythraea*), Geelvlakheidelibel (*Sympetrum flaveolum*), Bloedrode heidelibel (*S. sanguineum*), Bruinrode heidelibel en Steenrode heidelibel aangetroffen (BAAIJENS, 1999). In het komende jaar zal worden onderzocht in hoeverre deze soorten zich ook in licht brakke wateren voortplanten. Larven van de Steenrode heidelibel zijn op Zeeuws Vlaanderen aangetroffen in een sloot met een saliniteit van gemiddeld 0,95‰ en een maximum van 1,97‰ (WEEBER, 1979). Verder zijn in het verleden larven van de Variabele waterjuffer (*C. pulchellum*) op de

Waddeneilanden in zwak brak water ($Cl^- = 0,4\text{‰}$) aangetroffen (KIAUTA, 1968).

In Zuid-Europa planten de Vuurlibbel evenals de Zwervende pantserjuffer zich voort in brak water (NIELSEN, 1954; GEJSKES & VAN TOL, 1983; ASKEW, 1988). De plek op Walcheren waar de Vuurlibbel zich heeft voortgeplant en de locaties in Zeeuws Vlaanderen (CALLE, 1998) en in Limburg (HERMANS & GUBBELS, 1997) waar de Vuurlibbel gedurende meerdere opeenvolgende jaren is aangetroffen worden echter gekenmerkt door zoet water. In Spanje zijn larven van de Bruine winterjuffer (*Sympecma fusca*), Grote keizerlibel, Viervlek (*Libellula quadrimaculata*), Vuurlibbel, Zwervende heidelibbel (*S. fonscolombii*) en Bruinrode heidelibbel aangetroffen in een licht brakke lagune waarin het zoutgehalte binnen het jaar varieerde van $0,4\text{‰}$ tot $1,8\text{‰}$ (GONZÁLEZ MARTINEZ & VALLADARES DIEZ, 1996). Uit onderzoek in Canada en Engeland blijkt dat in licht brak water soms larven van de Tangpantserjuffer (*L. dryas*) voorkomen (CANNINGS *et al.*, 1980; Drake, 1991) terwijl in Duitsland naast larven van de Gewone oeverlibel ook larven van de Tengere grasjuffer (*I. pumilio*), Gewone pantserjuffer, Watersnuffel en Steenrode heidelibbel in water met een saliniteitsgehalte tot $2,3\text{‰}$ zijn aangetroffen (JACOB, 1969). In Sleeswijk-Holstein zijn in water met een saliniteitsgehalte van $1,6 - 1,9 \text{‰}$ naast eerder genoemde larven ook larven van de Platbuik (*L. depressa*) aangetroffen (KREUZER, 1940). Larven van de Weidebeekjuffer (*Calopteryx splendens*) zijn in Bremen gevonden in water met een saliniteitsgehalte van $0,5 - 1\text{‰}$ (MOSSAKOWSKI *et al.*, 1985).

Discussie en conclusie

De meest bekende Europese soorten die een relatief hoge mate van tolerantie voor brak water vertonen zijn het Lantaarntje en de Paardenbijter. Dit zijn dan ook de meest algemene soorten in de Delta. Voor verschillende libellensoorten, die in de meeste studies naar voren komen als typische zoetwater-soorten, worden incidenteel vondsten van larven in zoute situaties gemeld. De grootste uitschieters hierbij (tot 18‰) zijn waargenomen bij de Blauwe glazenmaker en Gewone oeverlibel. Het is mogelijk dat veel soorten in staat zijn om gedurende een korte tijd hoge saliniteitsgehalten te overleven. Vermoedelijk

vindt gedurende een dergelijke zoute periode wel een stagnatie van de ontwikkeling plaats. In licht brak water lijken de Kleine roodoogjuffer, de Zwervende pantserjuffer en enkele soorten heidelibellen, met name de Bruinrode heidelibbel en de Steenrode heidelibbel zich te kunnen voortplanten.

De Paardenbijter komt in de nazomer zeer massaal voor in de kustzone. Op Walcheren werden in 1995 en 1996 bijvoorbeeld tienduizenden exemplaren geteld. Een deel hiervan zal waarschijnlijk door migratie van buiten de Delta afkomstig zijn. Zo werden ook bij het Hollumberbos op Ameland dergelijke aantallen aangetroffen (DE VLEET, 1998). In dezelfde periode zijn in de Delta veel huidjes gevonden, meestal bij zoete of slechts licht brakke wateren. Het zou zeer zinvol zijn om meer vegetatie van brakke wateren te controleren op de aanwezigheid van uitgeslopen Paardenbijters. Gezien de in Zuid-Europa vaker aangetroffen grotere tolerantie voor saliniteit, is het mogelijk dat voortplanting in brakke wateren een deel van de oorsprong van deze grote aantallen kan verklaren.

Volgens een oude studie in het gebied rond de Oostzee (LINDENBERG, 1948), zou de helft van de in die regio aanwezige libellensoorten voor-



Foto: R. Witte

Figuur 3.
Tandem *Aeshna cyanea*.

komen in water met een chloridgehalte van 3 - 6‰ (matig brak). De soorten waar het hier om ging en die ook in de Delta zijn waargenomen zijn de Watersnuffel, Variabele waterjuffer, Grote roodoogjuffer (*E. najas*), Glassnijder (*Brachytron pratense*), Bruine glazenmaker (*A. grandis*), Viervlek, Geelvlek-heidelibel en Zwarte heidelibel. In de Delta is bij deze soorten nooit voortplanting vastgesteld in brak water. Het is de vraag of deze soorten bij de Oostzee alleen gezien zijn of dat er ook succesvolle voortplanting is vast-

phula), Azuurwaterjuffer, Variabele waterjuffer, Grote roodoogjuffer, Plasrombout (*Gomphus pulchellus*), Grote keizerlibel, Bruine glazenmaker, Viervlek en Bloedrode heidelibel.

De in brak water voorkomende soorten hebben mogelijk een bepaalde mate van adaptatie ontwikkeld onder de normaliter niet optimale, brakke omstandigheden. Door het ontbreken van concurrerende soorten is er meer voedsel en ruimte beschikbaar en kan de larvale ontwikkeling sneller worden voltooid, wat de minder gunstige omstandigheden compenseert (CANNINGS *et al.*, 1980). Ook andere factoren kunnen de keuze voor licht brak water bepalen. Zo bleek de in Engeland zeer schaarse Tangpantserjuffer aldaar zoet water te vermijden, evenals sterk brak water (DRAKE, 1991). Het voorkomen van libellenlarven werd er niet alleen direct door de hoogte van de saliniteit bepaald, maar ook indirect door invloed van saliniteit op de dichtheid aan vegetatie (REYNOLDS & REYNOLDS, 1975) waar-tussen de larven zich konden verbergen voor predators.

Foto: R. Witte



Figuur 4.

Biotoop van *Crocothemis erythraea* in een verbreding van de kasteelgracht van Kasteel Westerhove.

Broadening of the ditch round Castle Westerhove: habitat of Crocothemis erythraea.

gesteld. Zelfs indien er eiafzetting plaats heeft gevonden is dit nog geen bewijs van succesvolle voortplanting. Vrijwel altijd gaat het in dergelijke gevallen om zwervende en trekende dieren, die zich naar alle waarschijnlijkheid niet bewust zijn van het hoge zoutgehalte, maar tot eiafzet worden aangezet door lichtreflectie van het water (UTZERI, 1986, 1991). Hiermee kunnen ook de eerder genoemde nazomerse waarnemingen van eiafzet door heidelibellen in het Verdrongen land van Saeftinge verklaard worden.

Overige soorten waarvan in de Nederlandse Delta de larven alleen in (zoet) water met een chloridgehalte van minder dan 0,3‰ zijn aangetroffen zijn Gewone pantserjuffer, Houtpantserjuffer, Vuurjuffer (*Pyrrhosoma nym-*

Dankwoord

Allereerst gaat er veel dank uit naar het Waterschap Zeeuwse Eilanden en daarbij ook het laboratorium Zeeuwse Waterschappen en de Adviesdienst Waterbeheer Zeeuws-Vlaamse Waterschappen voor het belangeloos verstrekken van een groot aantal gegevens omtrent larvenvangsten en saliniteitsgehalten in de Delta. Eveneens is dank verschuldigd aan Delta Nuts, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten voor de toestemming om in gebieden in de Delta, die bij hen in beheer zijn, te mogen inventariseren.

Richard Witte
Parelsplein 36
4337 MS Middelburg
e-mail: R.H.Witte@rikz.rws.minvenw.nl

Dick Groenendijk
De Vlinderstichting
Postbus 506
6700 AM Wageningen

Literatuur

- ASKEW, R.R., 1988. The Dragonflies of Europe. - Harley Books, Colchester, Essex.
- AUGUESSE, P., 1961. Contribution à l'étude écologique des Zygoptères de Camargue. - Dissertation, Paris 1-156.
- AUGUESSE, P., 1968. Les Odonates de l'Europe Occidentale, du Nord de l'Afrique et des Îles Atlantiques. Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen 4. 258pp.
- BAAIJENS, A., 1999. Inventarisatie Nisse, heggengebied Sluishoek 1998. - De Zeeuwse Prikkebeen, Vlinder- en Libellenwerkgroep Zeeland 7 (1): 19-26.
- BARNES, R.S.K., 1994. The brackish-water fauna of northwestern Europe. An identification guide to brackish-water habitats, ecology and macrofauna for field workers, naturalists and students. Cambridge University Press, Cambridge.
- BELLE, J., 1986. Waarnemingen van *Ischnura elegans* (VANDER LINDEN, 1820) op de Zeeuwse eilanden (Odonata: Coenagrionidae). - Entomologische Berichten, 46: 35.
- CALLE, L., 1998. Libellen in Zeeuws-Vlaanderen, een overzicht tot en met 1997. - Natuurbeschermingsvereniging de Steltkluut, Insectenwerkgroep, Terneuzen.
- CANNINGS, R.A., S.G. CANNINGS & R.J. CANNINGS, 1980. The distribution of the genus *Lestes* in a saline lake series in central British Columbia, Canada (Zygoptera: Lestidae). - Odonatologica 9(1): 19-28.
- CANNINGS, R.A. & S.G. CANNINGS, 1987. The Odonata of some saline lakes in British Columbia, Canada: Ecological distribution and zoogeography. - Adv. Odonatologica 3: 7-21.
- DE VLEET, 1998. Libellen. - Encyclopedie over de Noordzee, het waddengebied en de kust. EcoMare, Texel.
- DRAKE, C.M., 1991. The condition of *Lestes dryas* Kirby larval population in some Essex grazing marshes in May 1990. - Journal of British Dragonfly Society 7 (1): 10-17.
- DUNSON, W.A., 1980. Adaptations of nymphs of a marine dragonfly, *Erythrodiplosis berenice*, to wide variations in salinity. - Physiological Zoology 53 (4): 445-452.
- GEIJSKES, D.C. & J. VAN TOL, 1983. De libellen van Nederland (Odonata). - KNNV, Hoogwoud.
- GONZALEZ MARTINEZ, S.C. & L.F. VALLADARES DIEZ, 1996. The community of Odonata and aquatic Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) in a rehabilitated wetland: the Laguna de la Nava (Palencia, Spain). - Archiv für Hydrobiologie 136 (1): 89-104.
- JACOB, U., 1969. Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Ökologie und Verbreitung heimischer Libellen. Faun. Abh. Staatl. Mus. Tierk. Dresden 2: 197-239.
- HERMANS, J.T., & R.E.M.B. GUBBELS, 1997. De Vuurlibel (*Crocothemis erythraea* Brullé) in Limburg. - Brachytron 1 (1): 22-26.
- KIAUTA, B., 1965. Notes on the Odonate fauna in some brackish waters of Walcheren Island. - State Institute for Nature Conservation Research (RIVON). Zeist, RIVON-mededeling 204. Entomologische Berichten 25: 54-58.
- KIAUTA, B., 1968. Additions to the list of Odonata of Dutch Wadden Islands, with an account of water quality data of larval habitats, and a review of the dragonfly fauna of the Dutch and German North Sea Islands. - State Institute for Nature Conservation Research (RIVON), Zeist, the Netherlands. RIVON-Communication 296.
- KOMNICK, H., 1978. Osmoregulatory role and transport ATPases of the rectum of dragonfly larvae. - Odonatologica 7: 247-262.
- KREBS, B.P.M., 1981. Aquatische macrofauna van binnendijkse wateren in het deltagebied. Deel I: Zuid-Beveland. - Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.
- KREBS, B.P.M., 1984. Aquatische macrofauna van binnendijkse wateren in het deltagebied. Deel II: Zeeuws-Vlaanderen, oostelijk deel. - Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.
- KREBS, B.P.M., 1985. Aquatische macrofauna van binnendijkse wateren in het deltagebied. Deel III: Noord-Beveland, Tholen en St. Philipsland. - Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.
- KREBS, B.P.M., 1990a. Libellenlarven in Zeeland (Odonata). - Entomologische Berichten 50 (3): 25-32.
- KREBS, B.P.M., 1990b. Aquatische macrofauna van binnendijkse wateren in het deltagebied, Deel IV: Schouwen Duiveland. - Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Yerseke.
- KREUZER, R., 1940. Limnologische-ökologische Untersuchungen an holsteinischen Kleingewässern. Archiv für Hydrobiologie. Suppl. 10: 359-572.
- LARSEN, K., 1936. The distribution of the invertebrates in the Dybsø fjord. Rep. Danish. Biol. Stat. 41: 3-36.
- LIEFTINCK, M.A., 1926. Odonata Neerlandica. De libellen of waternimfen van Nederland en het aangrenzend gebied. Tweede gedeelte: Anisoptera. - Tijdschrift voor Entomologie 69: 85-226.
- LINDBERG, H., 1948. Zur Kenntnis der Insektenfauna im Brackwasser des Baltischen Meeres. - Soc. Sci. Fenn. Comment. Biol. 10: 1-206.
- MOSSAKOWSKI, D., M. BREUER, C. RITZAU, J. RUDDEK, J. SEITZ & W. VOGT, 1985. Die ergassung der Libellen im Land Bremen. Verh. Ges. Ökol. 13: 731-737.
- NIELSEN, C., 1954. Notule odonatologische. II. Notizie sul gen. *Lestes* Leach. - Bolletino dell' Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 20: 65-79.
- REMANE, A., & C. SCHLIEPER, 1971. Die Binnengewässer, Einzeldarstellungen aus der limnologie und ihren Nachbargebieten. - E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- REYNOLDS, J.D. & S.C.P. REYNOLDS, 1975. Aquatic angiosperms of some British Columbia saline lakes.

Syesis 8: 291-295.

SCHMIDT - VAN DORP, A.D., 1979. Literatuuronderzoek naar de soortenrijkdom van het makrozoobenthos in relatie tot het zoutgehalte. - Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke. Rapporten en Verslagen nr. 1979-5.

TEMBHARE, D.B. & M.W. KHAN, 1988. Effect of external salinity of the rectal epithelial ionic transport in the larvae of *Pantala flavescens* (Fabricius) (Anisoptera: Libellulidae). Indian Odonatology. 1: 17-24.

UMEZOR, O.C., 1993. Dragonfly distribution along new calabar river, near Port Hartcourt, Nigeria (Anisoptera). Notulae Odonatologica 4(1): 1-20.

UTZERI, C., 1986. Oviposition of *Sympetrum* into sea water and other records of unusual dragonfly behaviour (Zygoptera: Calopterygidae: Anisoptera: Aeshnidae, Libellulidae). Notul. Odonatol. 2(7): 109-120.

UTZERI, C., 1991. Again on the oviposition of *Sympetrum* into sea water (Anisoptera: Libellulidae). Notulae Odonatologica 3(8): 135-136.

VENICE SYSTEM, 1959. Final resolution of the symposium on the classification of brackish waters. Arch. Oceanogr. Limnol. 11 (Suppl.): 243-245.

VRIE, 1987. Op zoek naar indices voor de kwaliteitsbeoordeling van zoute aquatische ecosystemen in Zuidwest-Nederland. Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.

WEEBER, I.J., 1979. Typologie van een aantal Zeeuwse binnenwateren voornamelijk sloten en watergangen, op grond van de soortensamenstelling van hun makrofauna. - Rapporten en Verslagen nr. 1979 -2, Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.

WICHARD, W. & H. KOMNICK, 1974. Fine structure and function of the rectal chloride epithelia of damselfly larvae. Journal of Insect Physiology 20: 1611-1621.

WITTE, R.H., 1999. Voorkomen van Libellen in Zeeland, met de nadruk op de periode 1995-1998. Vlinder- en Libellenwerkgroep Zeeland. De Zeeuwse Prikkebeen 7(2): 5-12.

Summary

Witte, R.H. & D. Groenendijk, 1999. The occurrence of dragonfly larvae in the Dutch Delta in relation to salinity. Brachytron 3(2): 3-10

In Europe, no characteristic dragonfly species are known to occur in saline or brackish waters. However, some dragonfly species may successfully breed in brackish waters in the southwestern part of The Netherlands. At about 225 localities in the mostly brackish Dutch Delta area dragonfly larvae were caught (or exuviae were collected) and salinity values were measured simultaneously. This information was amplified by known literature (figure 1). Results showed that only *Ischnura elegans* was found to be able to breed successfully in polyhaline (table 1) waters. However, numbers decreased strongly when ion concentrations exceeded 4.5‰. *Aeshna mixta* (larvae) was found regularly in mesohaline waters with an average ion content of 4.3‰, temporarily increasing during summer to a maximum value of 6.8‰. A maximum of only 2‰ was formerly known for this species in The Netherlands. *Aeshna cyanea* larvae were found in oligohaline waters, in which the salt concentration increased up to 18‰ during a short period in summer. This observation is highly congruent

with results from Denmark, where larvae of *Orthemtrum cancellatum* occurred in brackish waters with an ion content of 13‰. It seems that larvae of several dragonfly species can survive during short periods of high salinity. However, it is highly likely that larval development will be inhibited during these temporary situations. Oviposition in mesohaline waters was recorded for *Erythromma viridulum* and *Enallagma cyathigerum*. However, no successful reproduction could be proven. In Canada *E. cyathigerum* larvae have been found in brackish waters, as well as *Sympetrum danae* larvae. Several *Sympetrum* species are known to be tolerant for brackish water conditions and in the Delta area egg-laying behaviour was even recorded in polyhaline waters during some occasions. In addition, exuviae of *Lestes sponsa* and *L. barbarus* were found in oligohaline waters. Larvae of several *Sympetrum* species and *E. viridulum* were recorded here also. No other dragonfly species in the Delta area could be traced in brackish waters, although some other species were found in brackish waters elsewhere in Europe.

Keywords

Odonata, salinity, larvae, Delta, The Netherlands.