

De belangrijkste conclusies van dit proefschrift zijn:

- Verminderde uitstoot van verzurende stoffen heeft in vennen geleid tot een gedeeltelijk herstel van de waterkwaliteit.
- Verminderde verzuring lijkt ook te hebben geleid tot een verhoogde afbraak van organisch sediment, leidend tot een afname van gevoelige dansmugsoorten.
- Actief beheer in de vorm van verwijderen van organische sedimenten is momenteel de enige optie voor een spoedig herstel van biota in verzuurde vennen.
- Baggeren van vennen vermindert de overleving van soorten door een hoge sterfte tijdens uitvoering van maatregelen en tijdelijke ongeschiktheid van habitat na uitvoering.
- De lange termijn respons van dansmuggen op herstelmaatregelen indiceert een ontwikkeling in de richting van de periode voorafgaand aan de grootschalige verzuring. Andere soorten aquatische macrofauna vertonen minder veerkracht en dienen behouden te worden tijdens en na uitvoering van herstelmaatregelen.
- Intensieve natuurbeheermaatregelen, zoals het baggeren van vennen en de aanleg van nieuwe poelen, kunnen invasies van de uitheemse zonnebaars faciliteren en zodoende leiden tot het niet behalen van beheersdoelen.
- Inlaat van beekwater kan onder bepaalde omstandigheden in grondwatergevoede vennen leiden tot gradiënten in de waterchemie en habitat voor bedreigde soorten, die karakteristiek zijn voor overgangen in hydrologisch intacte hoogveenlandschappen.
- Door bij de analyse van de respons van soorten gebruik te maken van biologische eigenschappen wordt onze kennis van de mechanismen betrokken bij de vorming van levensgemeenschappen vergroot. Daardoor zijn methodieken, die gebruik maken van biologische eigenschappen, een waardevol hulpmiddel bij het identificeren en voorkomen van ongewenste ecologische ontwikkelingen.

Key factors for biodiversity of urban water systems

Kim Vermonden, Radboud Universiteit Nijmegen, promotiedatum 25 november 2010

In onze snel verstedelijkende wereld spelen watersystemen een belangrijke rol.



Watersystemen zorgen voor drinkwater, irrigatie, bescherming tegen overstroming, infrastructuur, recreatie en habitat voor flora en fauna. Kennis over de structuur en het functioneren van stedelijke watersystemen als habitat voor flora en fauna is nodig om de sleutelfactoren voor biodiversiteit in steden te achterhalen, zodat het ontwerp en beheer van dit soort systemen kunnen worden geoptimaliseerd. De hoofddoelstelling van deze studie was om de belangrijkste stuurvariabelen voor biodiversiteit in stedelijke watersystemen te achterhalen. Daarom hebben we onderzocht hoe lokale en regionale processen de soortensamenstelling en diversiteit van ongewervelde dieren en water- en oeverplanten beïnvloeden. Voor de biologische beoordeling van biodiversiteit in stedelijke watersystemen is gebruik gemaakt van hedendaagse ecologische kennis, zoals de soortenpoelhypothese, matige verstoring hypothese, overlevingsstrategieën van soorten en biologie van uitheemse soorten. De onderzochte stedelijke watersystemen, de zuidelijke delen van de stad Arnhem en de westelijke delen van de stad Nijmegen, bevinden zich in de voormalige uiterwaarden van de rivieren Maas en Waal, in het oosten van Nederland.

De waterkwaliteit in de stedelijke watersystemen van Nijmegen werd beïnvloed door regenwaterafvoer en kwel vanuit het Maas-Waal kanaal. Dit kanaal wordt gevoed door water van de rivieren Rijn en Maas. Kwel was significant positief gecorreleerd met de nitraat-, kalium-, natrium- en chlorideconcentraties en significant negatief gecorreleerd met de alkaliniteit en de calcium-, magnesium- en ijzerconcentraties in het stedelijke

oppervlaktewater. Gedurende een grote regenbui waren de concentraties ammonium, lood, zink en fosfor veel hoger dan gedurende een droge periode. De hoeveelheid verhard oppervlak had geen significante invloed op de waterkwaliteit van stedelijke oppervlaktewatersystemen.

De vegetatiesamenstelling en -diversiteit van water- en oeverplanten in stedelijke watersystemen kunnen onder andere worden bepaald door lokale omgevingsfactoren of de regionale soortenpool. Vegetatiesamenstelling en -diversiteit in stedelijke watersystemen werden vergeleken met die in rurale en half-natuurlijke watersystemen. In de stedelijke en rurale watersystemen waren verschillende uitheemse soorten, karakteristiek voor voedselrijke omstandigheden, aanwezig. In de half-natuurlijke wateren waren uitheemse soorten afwezig. Hier komen vooral soorten voor die karakteristiek zijn voor lichtzure en voedselarme omstandigheden. In de half-natuurlijke wateren was de soortenrijkdom van water- en oeverplanten hoger dan verwacht kon worden op basis van relaties tussen soortenrijkdom en oppervlakte van watersystemen in rurale gebieden. De soortenrijkdom van water- en oeverplanten in stedelijke watersystemen was vergelijkbaar met die in rurale gebieden. Hoewel de lokale soortenrijkdom van water- en oeverplanten beïnvloed kan worden door de grootte en samenstelling van de regionale soortenpool, bleken vooral lokale omgevingsfactoren (waaronder waterkwaliteit) bepalend te zijn voor de lokale soortensamenstelling en diversiteit in stedelijke en half-natuurlijke watersystemen.

De biodiversiteit van macrovertebraten in stedelijke watersystemen werd vergeleken met die in watersystemen in rurale gebieden en de totale soortenpool in Nederland. Soortenrijkdom, Shannon-index, aantal rode lijst soorten, aantal uitheemse soorten en zeldzaamheid van de macrovertebratenfauna waren ongeveer gelijk in stedelijke en rurale watersystemen. Vier stedelijke watersysteemttypen werden onderscheiden op basis van verschillen in soortensamenstelling, abundantie en diversiteit van de aquatische macrovertebratenfauna en omgevingsfactoren. De troebele wateren en de meest nutriëntenrijke wateren met zeer weinig vegetatie hadden een lage macrovertebratendiversiteit. De nutriëntenarmere systemen en de wateren met veel ondergedoken vegetatie hadden een hoge macrovertebratensoortenrijkdom. Sturende factoren voor de soortensamenstelling van de macrovertebratenfauna in stedelijke watersystemen waren

de nitraatconcentratie, het doorzicht van het water, het soort substraat (klei vs. zand), en bedekkingspercentage van waterplanten met drijfbladeren (bijv. waterlelies) en ondergedoken vegetatie. Stedelijke watersystemen droegen significant bij aan de macrovertebratenfaunadiversiteit in Nederland.

Larven van chironomiden (dansmuggen), hun relatie met het milieu en de korte-termijn effecten van baggerwerkzaamheden op de chironomiden zijn in meer detail geanalyseerd. Drie verschillende associaties van chironomiden konden worden onderscheiden en gerelateerd aan de dikte van de baggerlaag en substraattype (zand vs. klei), de abundantie van kroos, ondergedoken vegetatie, algen en het doorzicht van het water. Soortenrijkdom, Shannon-index en zeldzaamheid van de chironomiden waren ongeveer gelijk in stedelijke en rurale watersystemen. De soortenrijkdom van chironomiden ging significant omhoog na baggerwerkzaamheden. Veranderingen over de jaren in chironomiden met bepaalde overlevingsstrategieën indiceerde dat zuurstofcondities verbeteren na het baggeren.

De abundantie en diversiteit aan uitheemse macrovertebratensoorten in stedelijke watersystemen werd onderzocht en gerelateerd aan de omgevingsfactoren. Lokale factoren zoals abiotische factoren of biotische interacties kunnen de potenties van stedelijke watersystemen voor kolonisatie door uitheemse soorten beïnvloeden. De diversiteit en abundantie van inheemse macrovertebratenfauna werden positief beïnvloed door de hoeveelheid ondergedoken en drijfbladvegetatie (maat voor heterogeniteit van het milieu), terwijl de diversiteit en abundantie van uitheemse soorten positief werden beïnvloed door nutriëntenhoeveelheden en de dikte van de baggerlaag (een maat voor eutrofiëring). Taxonomisch verwante, inheemse en uitheemse kreeftachtigen leken elkaar niet te beïnvloeden door competitie. Beiden waren vooral aanwezig in nutriëntrijke wateren. De uitheemse soorten waren vooral detritivoor of omnivoor en profiteerden van nutriëntrijke omstandigheden waar de afbraak van organisch materiaal en daardoor de voedselbeschikbaarheid hoog waren.

In tegenstelling tot verwachtingen op basis van literatuur, liet dit onderzoek zien dat oppervlaktewatersystemen in steden met een verhard oppervlakte van ongeveer 30% nog steeds een hoge biodiversiteit kunnen herbergen. In de onderzochte watersystemen bleek de invloed van vervuild regenwater relatief laag, terwijl de invloed van lokale kwel

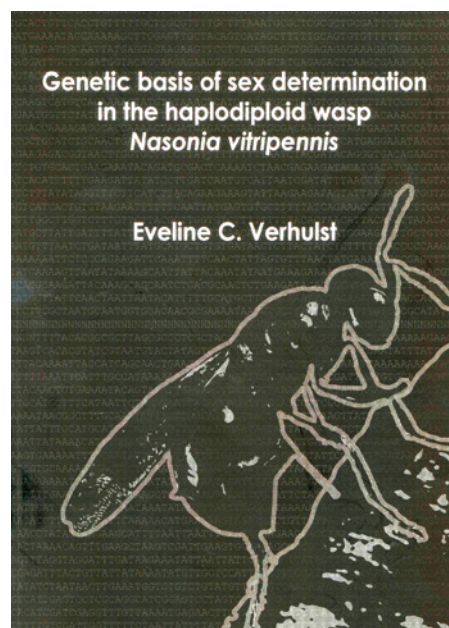
van vervuild rivierwater relatief groot was. De biodiversiteit in de onderzochte, stedelijke wateren werd niet beperkt door de regionale soortenpoel, maar wel door het verstoringniveau, de nutriëntenrijkdom en de abundantie van ondergedoken en drijvende vegetatie. Eutrofiëring vergroot de kans op vestiging van uitheemse soorten. Een hogere biodiversiteit in stedelijke wateren kan worden gestimuleerd door het verlagen van nutriëntenconcentraties, door bijvoorbeeld regelmatig baggeren, verminderen van de kwel van vervuild riverwater, beperking van de inlaat van nutriëntrijk water, en het voeren van vissen en eenden en het verhogen van de stroomsnelheid van het water. Een hogere biodiversiteit kan ook gestimuleerd worden door de ontwikkeling van ondergedoken en drijfblad- en oevervegetatie, door bijvoorbeeld de aanleg van natuurvriendelijke oevers en het optimaliseren van het maaibeheer.

Genetic basis of sex determination in the haploid wasp *Nasonia vitripennis*

Eveline C. Verhulst, Rijksuniversiteit Groningen, promotiedatum 21 januari 2011

Recent hebben wetenschappers van de vakgroep Evolutionaire Genetica aan de Rijksuniversiteit Groningen geslachtsbepaling van een belangrijke sluipwespsoort, *Nasonia*, ontrafeld. Dit is beschreven in het proefschrift van promovenda Eveline C. Verhulst dat vrijdag 21 januari 2011 werd verdedigd. Gebruikmakend van het recent in kaart gebrachte DNA van deze sluipwespsoort (gepubliceerd in *Science* van 15 januari 2010), wisten de onderzoekers genen te identificeren die belangrijk zijn voor de ontwikkeling tot mannetjes- of vrouwtjessluipwesp. Uit het onderzoek blijkt dat de sluipwesp *Nasonia* een heel andere manier van geslachtsbepaling heeft dan de nauwverwante (bekendere) honingbij (*Apis mellifera*). In het geval van de sluipwesp blijkt het vrouwtje vrijwel volledige controle over het geslacht van haar nakomelingen te hebben.

Nasonia-sluipwespen leggen hun eieren in poppen van vliegen, die in de natuur voorkomen in vogelnesten en kadavers, maar ook gemakkelijk te kweken zijn in het laboratorium. Mede hierdoor heeft *Nasonia* zich in de afgelopen decennia ontwikkeld tot een modelorganisme voor genetisch en evolutionair onderzoek. De ontdekking van genen die bepalen welk geslacht een sluipwesp krijgt, kan belangrijk zijn voor het gebruik voor biologische bestrijding.



Fruitvliegen zijn jarenlang een modelorganisme geweest voor genetische studies, in eerste instantie omdat ze gemakkelijk te houden zijn in het laboratorium en een generatietijd van twee weken hebben. Daardoor zijn kruisingen gemakkelijk uit te voeren, wat erg belangrijk is voor goed genetisch onderzoek. *Nasonia*-wespen hebben al deze eigenschappen ook, maar er is een belangrijke eigenschap die de *Nasonia* extra aantrekkelijk maakt. Omdat *Nasonia*-mannetjes ontstaan uit onbevuchte eitjes (evenals bij de honingbij) hebben *Nasonia*-mannetjes maar één set chromosomen, in plaats van twee (zoals bij fruitvliegen en mensen). *Nasonia*-vrouwtjes ontstaan uit bevruchte eitjes en hebben wel twee sets chromosomen. Deze voortplantingsvorm noemt men 'haplodiploid' en is erg handig bij het opsporen van genen en onderzoek naar interacties tussen genen. Een ander verschil met fruitvliegen is dat deze wespen net als mensen en andere gewervelde dieren, de chemische structuur van hun DNA kunnen veranderen door een proces wat methylatie wordt genoemd. Dit proces speelt een belangrijke rol in het aan- en uitschakelen van genen tijdens de ontwikkeling, maar kan, als er iets mis gaat, ook ten grondslag liggen aan aangeboren afwijkingen. Daarom is de *Nasonia* ook erg belangrijk bij het onderzoek naar de wetmatigheden achter dit epigenetische proces van genregulatie.

Verrassenderwijs is het juist deze mogelijkheid tot modificatie van het DNA, die ten grondslag ligt aan de geslachtsbepaling van de *Nasonia*. De spil waar alles om draait is het *transformer* (*tra*) gen, dat het enzym TRANSFORMER (TRA) produceert. Dit TRA-enzym is nodig voor het