

WAVOMIJ; Watervogels in de Veluwerandmeren

Aantallen van herbivoren en benthivoren in relatie tot
voedselbeschikbaarheid en waterpeil

WAVOMIJ: Watervogels in de Veluwerandmeren

**Aantallen van herbivoren en benthivoren
in relatie tot voedselbeschikbaarheid en
waterpeil**

RIZA
Werkdocument 2001.187x
auteur: Ruurd Noordhuis
datum: december 2001

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. Methoden.....	5
3. Voedselbeschikbaarheid.....	7
3.1. Kranswier.....	7
3.2. Driehoeksmosselen.....	9
4. Keuze van te modelleren vogelsoorten.....	12
4.1. Aantalsontwikkelingen op lange termijn.....	12
4.2. Recente ontwikkelingen.....	15
5. Soortbesprekingen.....	16
5.1. Knobbelzwaan.....	18
5.2. Kleine Zwaan.....	23
5.3. Pijlstaart.....	28
5.4. Krooneend.....	33
5.5. Tafeleend.....	34
5.6. Kuifeend.....	39
5.7. Brilduiker.....	44
6. Discussie.....	50
7. Conclusies.....	58
8. Verantwoording.....	59
Bijlage 1, Verspreidingskaartjes.....	60
Bijlage 2, Vermenigvuldigingsfactoren diepte.....	73

1. Inleiding

Herstel van het ecosysteem in de Veluwerandmeren, dat als gevolg van eutrofiering eind jaren zestig was ingestort, bracht in de jaren negentig met de kranswieren en de Driehoeksmosselen ook de herbivore en benthivore watervogels terug. Een aantal soorten is sinds de jaren tachtig zodanig toegenomen, dat het gebied zijn internationale betekenis voor watervogels inmiddels heeft teruggewonnen. Deze functie van het gebied heeft een rol gespeeld bij het tot stand komen van een integraal inrichtingsplan voor de Veluwerandmeren (IIVR). Gezien de betekenis voor watervogels zijn inmiddels zowel het Veluwemeer als het Wolderwijd/Nulder nauw aangewezen in het kader van de Europese Vogelrichtlijn. In het Veluwemeer hebben daartoe het voorkomen van relatief grote aantallen van Kleine Zwaan, Pijlstaart, Tafeleend en Meerkoet aanleiding gegeven, in het Wolderwijd kwalificeerden de Kleine Zwaan en de Tafeleend. De aanwijzing onder de Vogelrichtlijn betekent dat beoogde ingrepen in het gebied moeten worden getoetst op hun effecten op de aantallen vogels die van het gebied gebruik maken. De analyses die in dit rapport worden gepresenteerd hebben tot doel gehad rekenregels te bieden waarmee een dergelijke toetsing kan worden uitgevoerd. Door koppeling van aantallen en verspreiding van vogels aan de beschikbaarheid van met name kranswieren en Driehoeksmosselen zijn rekenregels geconstrueerd die directe effecten van ruimtelijke ingrepen (ver(on)diepingen, peilveranderingen) kunnen berekenen.

Grotere ingrepen kunnen via wijzigingen in de waterkwaliteit (doorzicht, zwevend stof) grotere effecten hebben op de voedselbeschikbaarheid dan de directe ruimtelijke effecten door bv. verdieping of peilverandering. Deze effecten zijn met de gepresenteerde rekenregels pas na afzonderlijke kwantificering van het effect van waterkwaliteitsverandering op de voedselbeschikbaarheid om te zetten in aantallen vogels.

De hier gepresenteerde rekenregels zijn een update van de regels in RIZA werkdocument 2000.093X; WAVOMIJ, voorspellingsmodel voor watervogels, rekenregels Veluwemeer (Noordhuis, van der Molen en van den Berg). Het geeft bovendien afzonderlijke rekenregels voor het Wolderwijd/Nulder nauw en de mogelijkheid de uitkomst van de rekenregels te corrigeren voor het exacte verloop van het dieptegebruik van de betreffende soorten.

2. Methoden

Aantalsontwikkelingen watervogels

De ontwikkelingen in de aantallen vogels worden weergegeven in gemiddelde aantallen vogels per maand, over het "watervogelseizoen" dat loopt van juli tot en met juni van het volgend jaar, 1987/88 t/m 2000/01. Hiervoor zijn de boottellingen gebruikt die maandelijks zijn uitgevoerd door Provincie Flevoland (voorheen NBLF). Voor het opstellen van rekenregels zijn die soorten gebruikt die gedurende de jaren 90 een aantalstoename hebben laten zien als reactie op ontwikkelingen in het gebied zelf (kranswier en Driehoeksmosselen). Soorten die niet zijn toegenomen en soorten die een aantalstoename hebben laten zien die niet afwijkt van de aantalsontwikkelingen in een groter gebied (zoete rijkswateren totaal of landelijk) zijn uitgesloten.

Verspreiding watervogels

In de seizoenen 1994/95, 1995/96, 1996/97 en 1999/2000 zijn door Bureau Waardenburg karteringen uitgevoerd van foeragerende watervogels in het Veluwemeer en in 2000/2001 gebeurde hetzelfde in het Wolderwijd/Nuldernauw. Voor dit rapport zijn de laatste twee karteringen, die het meest gedetailleerd zijn, uitgewerkt. In de periode september t/m februari zijn deze karteringen wekelijks uitgevoerd, in maart en april tweewekelijks. In mei-augustus 1999 zijn in het Veluwemeer bovendien maandelijks karteringen uitgevoerd. De veldkaarten zijn door Bureau Waardenburg gedigitaliseerd en omgezet naar dichtheden op de hoekpunten van een 100x100m grid per teldatum. Deze gegevens zijn gekoppeld aan grids met waterdiepten en bedekkingsklassen van waterplanten. De waterplantenkarteringen en de dieptelodgingen die daarvoor werden gebruikt zijn uitgevoerd door RWS Dir. IJsselmeergebied, de waterplantenkarteringen zijn gerapporteerd in:

Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1999. B.J. de Witte, G. Bongertman & J. Postema 2000. RDII-rapport 2000-4, Lelystad

Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 2000. B.J. de Witte, L. van Pelt & J. Postema 2000. RDII-rapport 2000-11, Lelystad

Na koppeling van vogel, planten en dieptebestanden kon enerzijds worden vastgesteld in welke mate de verspreiding van foeragerende vogels overeenkwam met die van waterplanten of mosselen, anderzijds wat de verspreiding van de vogels over de dieptegradient was.

Rekenregels kranswier

De maximum diepte per soort werd gedefiniëerd als de waterhoogte waarbinnen in het Veluwemeer in 1999/2000 90% van de foerageer activiteit van de betreffende soort werd uitgevoerd. Deze waterhoogte werd vermeerderd met 30cm (winterpeil) tot de NAP-diepte waarboven de kranswierbiomassa voor deze soort beschikbaar werd geacht. De op deze dieptereange in het Veluwemeer en in het Wolderwijd/Nuldernauw aanwezige biomassa kranswier (en draadwier en Schedefonteinkruid) werd uitgedrukt als inwendige bedekking (areaal dat de planten zouden bedekken als ze zouden worden ineengeschoven tot 100% bedekking) en gerelateerd aan het gemiddelde aantal vogels per maand.

De rekenregels die zo zijn ontstaan houden dus geen rekening met de diepte van een te beoordelen locatie en het exacte verloop van de foerageer activiteit over de dieptegradient. Dat gebeurt door de uitkomst van de rekenregel te vermenigvuldigen met een factor die per cm is berekend door het verloop van

de activiteit over de diepterange te delen door de dichtheid van foeragerende vogels over het hele veld. Deze factoren worden gegeven in bijlage 2.

Waterpeil

Door de dieptevoorkeur van de herbivoren om te zetten in een verloop van karakteristieke foerageerdichtheden over de dieptegradient, deze per cm diepteklasse te vermenigvuldigen met het areaal kranswier op deze diepte bij een bepaalde waterstand wordt, door die waterstand te variëren, een eenvoudig model geconstrueerd dat voorspelt hoe het aantal foeragerende vogels varieert met de waterstand.

Driehoeksmosselen

De verspreiding van Driehoeksmosselen is door Bureau Waardenburg gekarteerd in 1996, 1998 en 2000 en gerapporteerd in de volgende drie rapporten:

Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in het Wolderwijd/Nuldernauw en Veluwemeer in 1996. G.W.N.M. van Moorsel 1996. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 96.46, Culemborg.

Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in de randmeren in 1998. G.W.N.M. van Moorsel, A. Bak & R. Munts 1999. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 98.065, Culemborg.

Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in de randmeren in 2000. G.W.N.M. van Moorsel, A. Bak & R. Munts 2001. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 01.009, Culemborg.

Andere karteringen zijn uitgevoerd in 1987 (A. Naber), 1991 en 1992 (F. Kerkum) en 1993 (MWTL). De gevonden dichtheden zijn omgerekend tot totale aantallen in het meer om gebruik van de rekenregels in andere meren mogelijk te maken.

Bij het koppelen van mosseldichtheden en aantallen benthivore watervogels is geen rekening gehouden met de verspreiding van de mosselen over de diepterange. Bij de belangrijkste herbivoren, Kuifeend en Tafeleend, is dit niet zinvol omdat deze soorten vooral 's nachts op mosselen foerageren, zodat de verspreidingskaarten geen duidelijk beeld geven van de ruimtelijke verdeling van foeragerende vogels. Op grond van de in de bovenstaande rapporten vastgestelde verspreiding van mosselen en beschikbare kennis over duikdiepte van de betrokken soorten is aangenomen dat alle mosselen in de twee meren voor de benthivoren bereikbaar zijn.

Wolderwijd

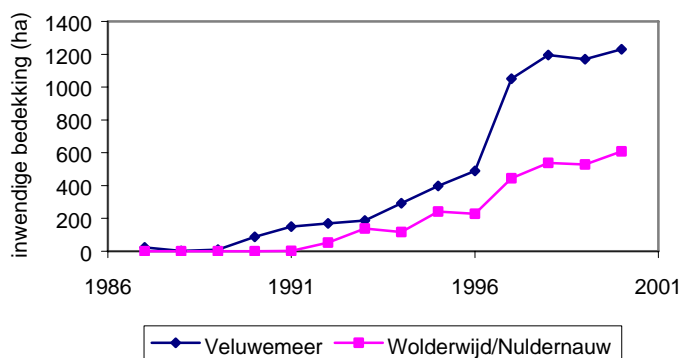
De rekenregels voor het Wolderwijd zijn samengesteld met behulp van de aantallen vogels en de beschikbare hoeveelheid voedsel in het Wolderwijd boven de dieptegrens (kranswier) die in het Veluwemeer was vastgesteld. De rekenregels uit het Veluwemeer worden getoetst door toepassing op het Wolderwijd en vergelijking met het werkelijke aantal vogels in het Wolderwijd. In de discussie worden de structurele verschillen tussen de twee meren besproken en worden de mogelijke oorzaken hiervan geanalyseerd.

3. Voedselbeschikbaarheid

3.1. Kranswier

Biomassaverloop 1987-2000

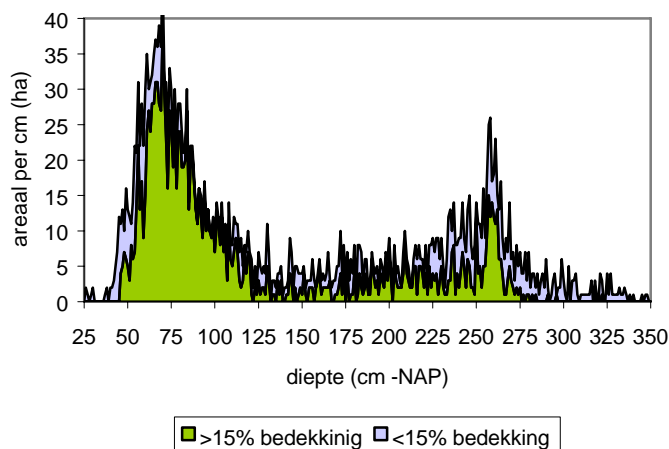
De toename van de biomassa van kranswier is in het Veluwemeer nog slechts beperkt sinds 1998. Na een lichte afname in 1999 was de biomassa (om praktische redenen hier uitgedrukt als inwendige bedekking; figuur 3.1) in 2000 iets hoger dan die in 1998. Het totale areaal oversteeg dat van 1998 echter niet. In het Wolderwijd, waar de biomassa ongeveer de helft van die in het Veluwemeer bedraagt, was nog wel sprake van geringe uitbreiding.



Figuur 3.1. Verloop van de inwendige bedekking (areaal dat bedekt zou zijn als alle planten aaneen geschoven zouden worden tot 100% bedekking bereikt is) van kranswier in Veluwemeer en Wolderwijd/Nuldernauw.

Diepteverdeling biomassa

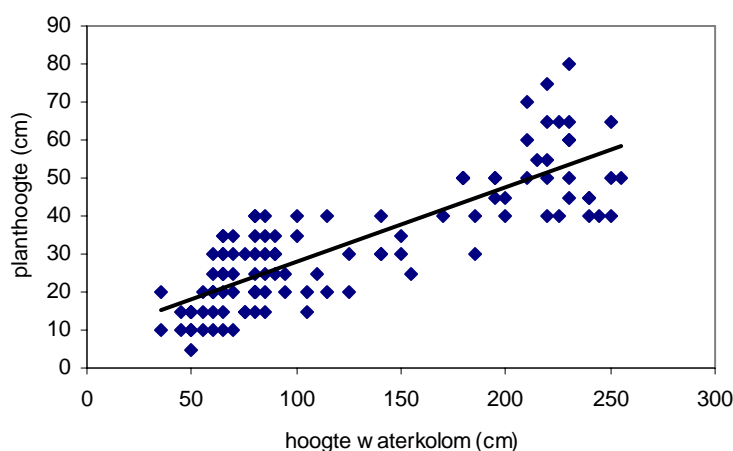
In het Veluwemeer heeft kranswier inmiddels de bodem tot op c.a. 2.75 m gekoloniseerd. Ruim twee derde van de biomassa bevindt zich echter op minder dan 1.25 m diepte (figuur 3.2). Op grotere diepte is ongeveer de helft van het areaal bezet, maar deze diepten komen relatief weinig voor. De diepteverdeling van het kranswier in het Wolderwijd is voor dit rapport niet gebruikt. De verspreiding in beide meren is weergegeven in bijlage 1.



Figuur 3.2. Diepteverdeling van het Veluwemeer en van het kranswierveld (>15% bedekking) in 1999.

Planthoogte

De hoogte van het kranswier is langs een aantal raaien in het Veluwemeer vastgesteld in augustus 1999 en gerelateerd aan de diepte ter plaatse. De planthoogte vertoonde een sterk lineair verband met de diepte: $\text{planthoogte} = 0.16 \cdot \text{diepte} + 8.25$ ($R^2 = 0.69$, $P = 5.3 \cdot 10^{-30}$; figuur 3.3). Dit betekent dat met toename van de diepte met 10 cm de planthoogte toenam met 2 cm. Het verloop van de planthoogte over het seizoen werd in 1999 eveneens onderzocht. In de loop van het najaar zakten de planten in tot begin november de hoogte nog slechts ongeveer een kwart van de oorspronkelijke waarde bedroeg. Dit gold ook voor de diepe locatie (1.5m), hoewel in dat geval de degeneratie later begon, en vrijwel geheel in de loop van oktober plaatsvond. Voor vogels zijn de verschillen in hoogte dus alleen in de nazomer van betekenis, terwijl bij wijzigingen van het peilregime nauwelijks voor vogels interessante compensatie via planthoogte optreedt. Bij de bewerkingen die in dit rapport worden gepresenteerd is daarom geen rekening gehouden met verschillen in planthoogte.



Figuur 3.3. Verband tussen de waterhoogte (bij waterstand -5 cm NAP) en de hoogte van de vegetatie in het kranswieveld in het Veluwemeer, augustus 1999.

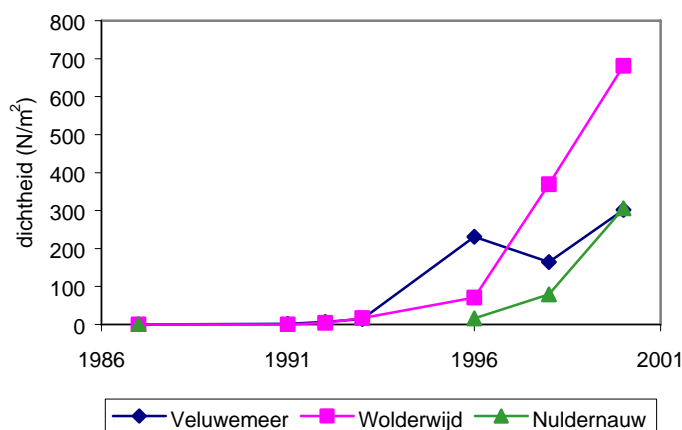
Soortsamenstelling

Zes soorten kranswier zijn inmiddels vastgesteld in de Veluwerandmeren: *Chara aspera*, *C. vulgaris*, *C. globularis*, *C. contraria*, *Tolipella glomerata* en *Nitellopsis obtusa*. De laatste twee komen slechts in geringe mate voor in het Veluwemeer en zijn nog niet vastgesteld in het Wolderwijd. In het Wolderwijd kwam ook *Chara aspera* aanvankelijk niet voor, maar tegenwoordig is de soort wel degelijk present en veldwaarnemingen wijzen op een toename van het aandeel van deze soort (M. van den Berg). In het Veluwemeer is tijdens de eerder genoemde raai-inventarisatie in augustus 1999 onderscheid gemaakt tussen deze soorten. Het veld bleek daarbij hoofdzakelijk te worden gevormd door drie *Chara*-soorten, nl. *C. aspera*, *C. contraria* en *C. globularis*. Daarbij had *C. aspera* sterk de overhand in de meest ondiepe delen en *C. contraria* in de diepere delen, terwijl *C. globularis* een tussenpositie innam. *Chara aspera* verschilt van de andere *Chara* soorten door overvloedig bulbillen te produceren, *C. contraria* en *C. globularis* doen dat niet of nauwelijks. De voedselrijke bulbillen zijn dus meer dan de kranswieren zelf geconcentreerd in de ondiepe delen van het meer.

3.2 Driehoeksmosselen

Dichtheden

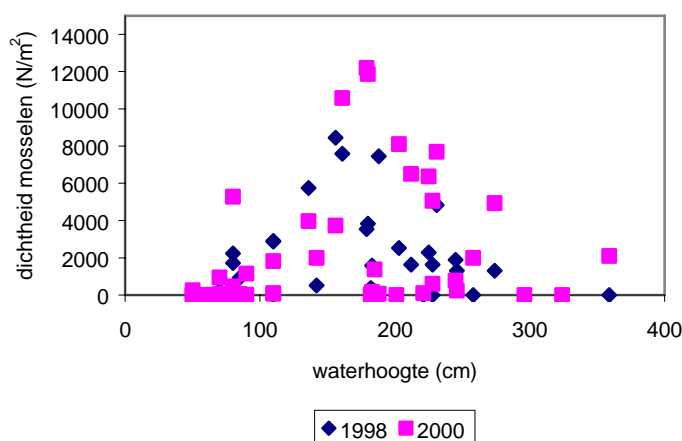
De Driehoeksmosselen zijn in beide meren in 2000 gekarteerd. Ten opzichte van de vorige kartering in 1998 waren de dichtheden toegenomen, met name in het Wolderwijd en Nulderneau. Voor de analyses in dit rapport zijn deze dichtheden omgerekend in de totale aantallen in de meren, waarbij Wolderwijd en Nulderneau zijn samengenomen volgens de verhouding 1825 : 664 ha.



Figuur 3.4. Verloop van de dichtheden van Driehoeksmosselen in het Veluwemeer, Wolderwijd en Nulderneau, 1987-2000.

Diepte

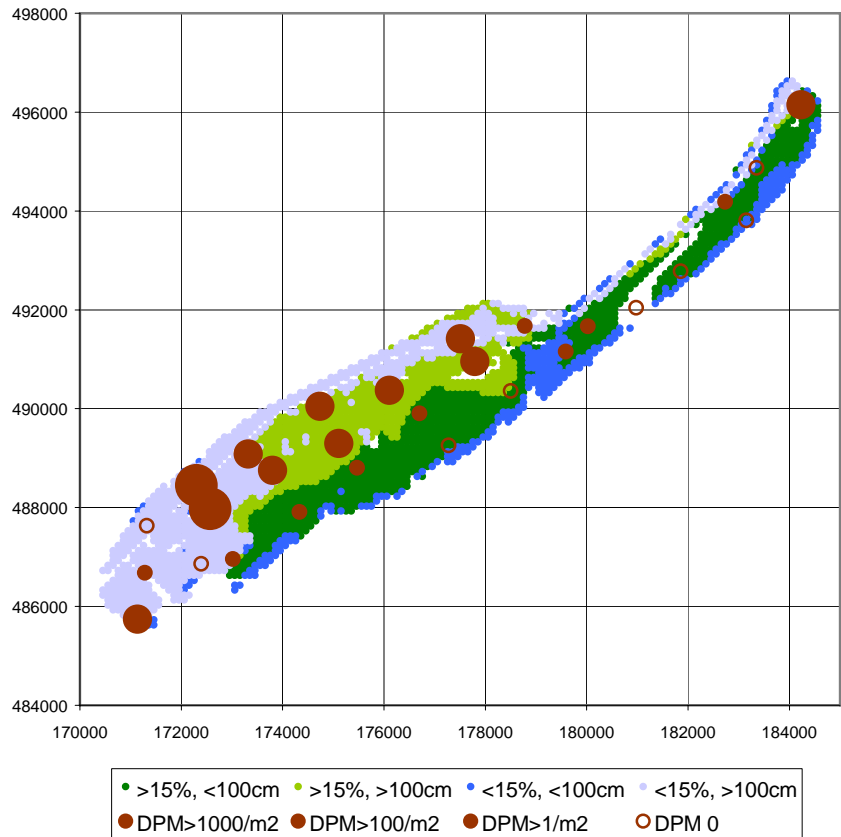
In beide meren bereikten de mosselen hun hoogste dichtheden op diepten van ongeveer 2 m -NAP. In 2000 lijken de mosselen t.o.v. 1998 iets te zijn opgeschoven naar grotere diepten. Op diepten van minder dan ca. 80 cm – NAP waren mosselen min of meer afwezig (figuur 3.5).



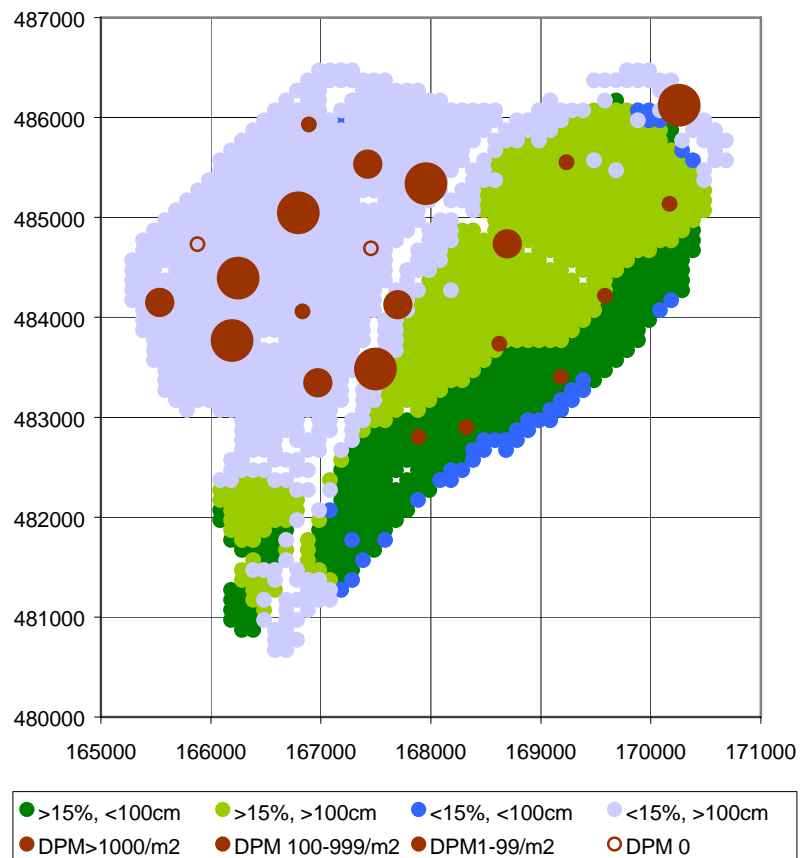
Figuur 3.5. Verband tussen de dichtheid van Driehoeksmosselen (totale dichtheid, incl. mosselen <7 mm) en de waterdiepte tijdens de karteringen. De waterstand bedroeg in 1998 ca. 0 cm NAP en in 2000 10 cm –NAP.

Verspreiding

De voorkeur voor diepere delen betekent dat de mosselen in het Veluwemeer vooral in het zuidwestelijke deel talrijk zijn, waar een belangrijke overlap bestaat met het deel van het kranswielveld dat zich op diepten van meer dan een meter bevindt (figuur 3.6). Ook in het Wolderwijd bestaat enige overlap in het diepere deel van het kranswielveld ten oosten van de vaargeul (figuur 3.7).



Figuur 3.6. Ligging van het kranswielveld (>15% bedekking) in het Veluwemeer in 1999 boven en onder 100 cm –NAP en de dichtheden van Driehoeksmosselen (aantal >7mm per m², gemiddelde van 1998 en 2000)



Figuur 3.7. Ligging van het kranswieveld (>15% bedekking) in het Wolderwijd in 2000 boven en onder 100 cm -NAP en de dichtheden van Dreieksmosselen (aantal >7mm per m2, gemiddelde van 1998 en 2000)

4. Keuze van te modelleren vogelsoorten

4.1. Aantalsontwikkelingen op lange termijn

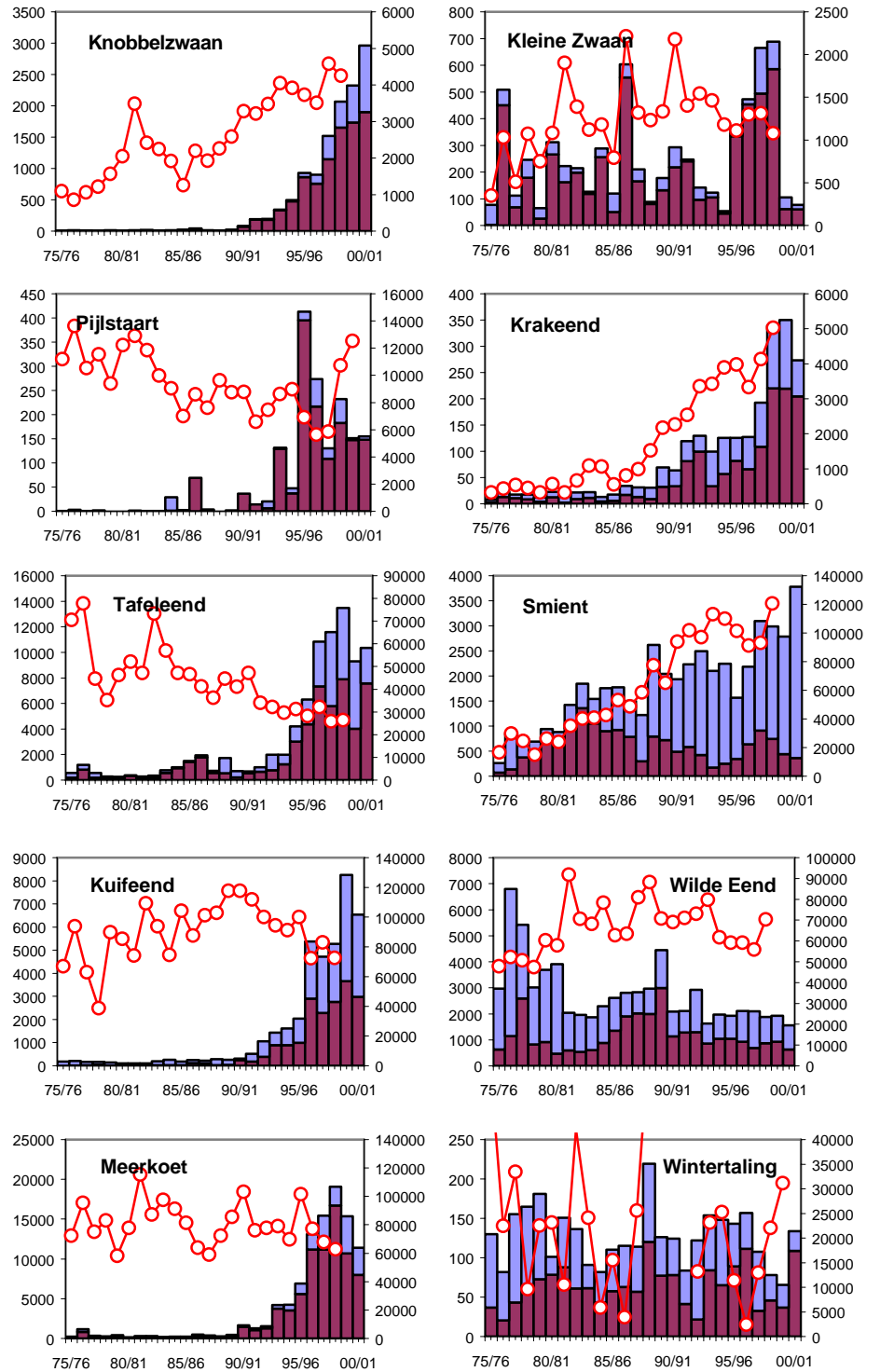
Dertien watervogelsoorten uit de categorie herbivoren en benthivoren komen in de Veluwerandmeren met enige regelmaat voor. Daarnaast wordt binnen deze paragraaf de Slobeend behandeld, een planktoneter. Binnen deze categorie hebben negen soorten sinds 1987 een duidelijke toename laten zien in het Veluwemeer en Wolderwijd: Knobbelzwaan, Kleine Zwaan, Pijlstaart, Krakeend, Tafeleend, Kuifeend, Krooneend, Brilduiker en Meerkoet. In het Nuldernauw is bovendien het aantal Smienten toegenomen. Het opstellen van rekenregels die de relatie tussen aantallen vogels en voedselbeschikbaarheid beschrijven is echter alleen zinvol bij soorten waarbij de toename een gevolg is van ontwikkelingen in het gebied zelf. Dit wordt onderzocht door de aantalsontwikkelingen in de Veluwerandmeren te vergelijken met de ontwikkelingen in de zoete rijkswateren als geheel of op landelijk niveau (tabel 4.1, figuur 4.1).

Tabel 4.1

Correlatie tussen aantalsontwikkelingen in Veluwemeer en Wolderwijd/Nuldernauw enerzijds en die in de landelijke januaritotalen en in de zoete rijkswateren totaal en anderzijds. De gegeven waarden zijn Pearson correlatie coëfficiënten: * P<0.05, ** P<0.01. N=14.

	Veluwe- meer trend	Veluwe- meer/ ZRW	Veluwe- meer- landelijk Jan	Wolder wijd trend	Wolderwijd -ZRW	Veluwe- meer- landelijk Jan
Knobbelzwaan	+	0.72**		+	0.58**	
Kleine Zwaan	+	0.36		+	-0.03	
Bergeend	-			-		
Pijlstaart	+	nb	-0.11	-	nb	-0.34
Smient	-	-0.14		+	0.94**	
Wilde Eend	-	0.11		-	-0.52**	
Slobeend	-	0.56**		-	0.58**	
Wintertaling	-	nb	-0.02	-		0.25
Krakeend	+	0.86**		+	0.92**	
Tafeleend	+	-0.54**		+	-0.52**	
Kuifeend	+	-0.21		+	-0.21	
Krooneend	+	nb	nb	+	nb	nb
Brilduiker	+			+		
Meerkoet	+	-0.25		+	-0.24	

Soorten die hebben gereageerd op ontwikkelingen in de meren zijn soorten met een positieve trend die afwijkt van de trend op hoger niveau (zoete rijkswateren). Bergeend, Wilde Eend, Wintertaling en Slobeend vertonen geen positieve trends en vallen af. In het geval van de Krakeend en de Smient correspondeert de toename met een toename op hoger (internationaal) niveau. Ook bij de Knobbelzwaan is dat het geval, maar uit figuur 4.1 blijkt dat de toename in de randmeren veel sneller is verlopen dan op hoger niveau.



Figuur 4.1. Aantalsontwikkelingen van een aantal herbivoren en benthivoren in het Veluwemeer (paarse staven) en Wolderwijd/Nuldernauw (blauwe staven) (sept-apr) vergeleken met de ontwikkeling in de zoete rijkswateren totaal (rode lijn, rechter as; bij Pijlstaart en Wintertaling landelijke jaartrends).

In de categorie herbivoren en benthivoren zijn er acht soorten waarvan de aantalsontwikkelingen mogelijk gekoppeld zijn aan wijzigingen in de voedselbeschikbaarheid ter plaatse:

Knobbelzwaan (herbivoor)

Kleine Zwaan (herbivoor)

Pijlstaart (herbivoor)

Krooneend (herbivoor)

Tafeleend (herbivoor/benthivoor)

Kuifeend (benthivoor)

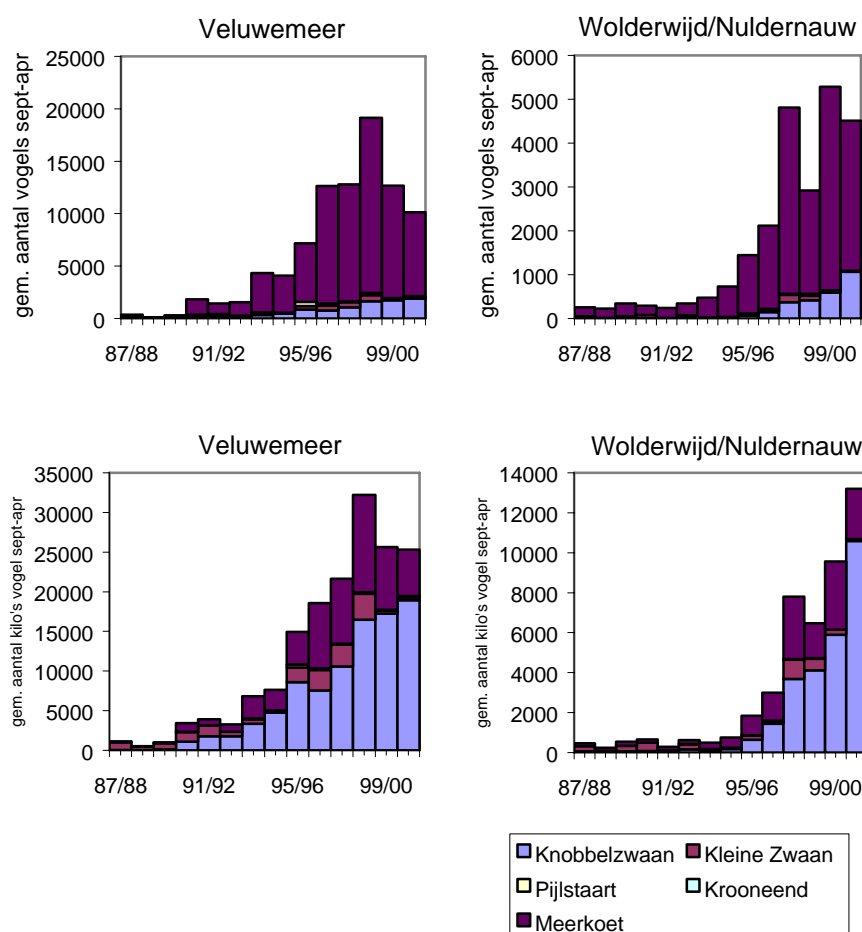
Brilduiker (benthivoor)

Meerkoet (herbivoor en benthivoor)

Voor de overige vier soorten is het toepassen van op waterplanten en mosselen gebaseerde rekenregels minder zinvol.

4.2. Recente ontwikkelingen

Recent is de toename van het totaal aantal herbivoren en benthivoren in beide meren tot staan gekomen, of is zelfs sprake van afname. Die afname betreft vooral de herbivoren in het Veluwemeer en wordt veroorzaakt door afname van het aantal Meerkoeten en het vrijwel wegblijven van de Kleine Zwanen in de seizoenen 1999/2000 en 2000/01. De Knobbelzwaan nam daarentegen verder toe, met name in de nazomer. Als de omvang van de vogelpopulaties wordt uitgedrukt in massa, als maat voor de graasdruk op kranswier, dan wordt de afname van de Meerkoeten gecompenseerd door de toename van de veel zwaardere Knobbelzwanen. In het Wolderwijd neemt de totale graasdruk op deze manier bekeken nog steeds toe (figuur 4.2). Het aantal vogels lijkt dus te worden gestuurd door de draagkracht van het gebied, waarbij, nu de hoeveelheid kranswier nauwelijks meer toeneemt, seizoensgestuurde verschuivingen tussen vogelsoorten beginnen plaats te vinden. Dit betekent een verzwakking van de rekenregels per soort, maar door het volgen van deze processen wordt tegelijkertijd het inzicht in de betrokken processen groter.



Figuur 4.2. Ontwikkelingen in aantallen en gewicht van de meest specifieke kranswiereters in het Veluwemeer en Wolderwijd.

5. Soortbesprekingen

In dit hoofdstuk worden de relaties van de acht soorten herbivoren en benthivoren besproken, die over de periode 1987-2000 een aantalstoename hebben laten zien die afwijkt van de landelijke trend: Knobbelzwaan, Kleine Zwaan, Pijlstaart, Krooneend, Tafeleend, Kuifeend, Brilduiker en Meerkoet. Twee daarvan, de Krooneend en de Brilduiker, komen verspreid op de meren voor in kleine aantallen. Deze soorten zijn daarom niet gekarteerd en in dit hoofdstuk wordt daarom volstaan met rekenregels. De overige soorten worden gepresenteerd met de volgende indeling:

Ruimtegebruik

De verspreiding van de vogels binnen en buiten het kranswieveld over de periode mei 1999 – april 2000 (verder genoemd seizoen 1999/2000) wordt aangegeven in percentages van het aantal foeragerende vogels per dichtheidsklasse kranswier (0-7). De volledige verspreiding van foeragerende vogels in Veluwemeer 1999/2000 en in Wolderwijd/Nuldernauw 2000/2001 is weergegeven in bijlage 1.

Het dieptegebruik binnen het kranswieveld (gedefinieerd als areaal met >15% bedekking) wordt aangegeven als de foerageerdichtheid per cm waterhoogte, d.w.z. gecorrigeerd voor waterstand op de dag van kartering, en vervolgens gecorrigeerd voor het areaal met de betreffende diepte (voor toepassing op andere meren). Deze waarden zijn vervolgens gerelateerd aan de gemiddelde foerageerdichtheid op het veld, zodat per cm een vermenigvuldigingsfactor ontstaat waarmee de uitkomst van de rekenregels kan worden gecorrigeerd.

Rekenregels

Relatie tussen gemiddelde aantallen vogels van juli-juni per jaar en de voedselbeschikbaarheid, voor planten vastgesteld in de dieptezone bepaald door de waterhoogte waarboven 90% van de vogeldagen is doorgebracht, vermeerderd met 30 cm i.v.m. winterstreefpeil. De eenheden in de formule zijn als volgt:

vogels in gemiddelde aantallen over juli t/m juni van het volgend jaar,
kranswier, draadwier en **schedefonteinkruid** in inwendige bedekking over het gehele meer

mosselen in miljoenen individuen in het hele meer

De keuze van de parameters die zijn gebruikt in de rekenregels is gebaseerd op Noordhuis et al. 2000; WAVOMIJ, voorspellingsmodel voor watervogels, rekenregels Veluwemeer, RIZA werkdocument 2000.093X.

Effect van peilveranderingen

Dit effect blijkt allereerst uit grafieken van aantallen foeragerende vogels tegen de waterstand. Het effect wordt daarna modelmatig benaderd door de dieptevoorkeur van de vogelsoort te combineren met het diepteverloop in de hoeveelheid kranswier en deze laatste factor te verbinden aan het waterpeil. De waarden uit bijlage 2 (vermenigvuldigingsfactoren) worden daartoe per cm verrekend met het volgens de kranswier rekenregels uit het Veluwemeer verwachtte aantal vogels. Door deze getallen te vermenigvuldigen met het areaal kranswier per cm en de uitkomsten te sommeren over de gehele diepterange ontstaat een nieuwe schatting voor het gemiddelde aantal vogels over het betreffende seizoen, bij een bepaald waterpeil. Vervolgens kan dit peil worden gevarieerd, zodat een model ontstaat dat het effect van peil op het verwachtte aantal vogels voorspelt.

Ruimtegebruik Wolderwijd

Beschrijving van het ruimtelijke gebruik van het meer in het seizoen 2000/2001, geïllustreerd in bijlage 2.

Rekenregels Wolderwijd

De rekenregels voor het Wolderwijd zijn gebaseerd op aantallen en voedselbeschikbaarheid in het Wolderwijd/Nuldernauw, waarbij voor het vaststellen van de beschikbare hoeveelheid voedsel de dieptegrens is gebruikt die in het Veluwemeer was vastgesteld.

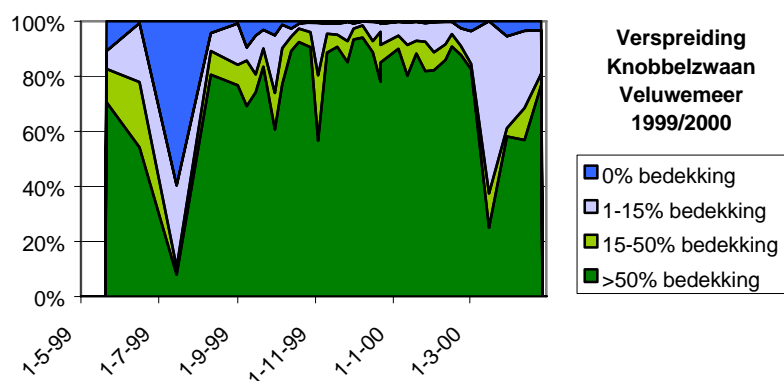
Vergelijking Veluwemeer

Door de rekenregels uit het Veluwemeer toe te passen op het Wolderwijd worden de relaties uit beide meren vergeleken. Effect van een andere diepteverdeling van kranswier wordt bestudeerd door deze resultaten te leggen naast een berekening van het aantal vogels op grond van het volledige verloop in dieptevoorkeur in het Veluwemeer, zoals daar beschreven onder "effect van peilveranderingen".

5.1a. Knobbelzwaan Veluwemeer

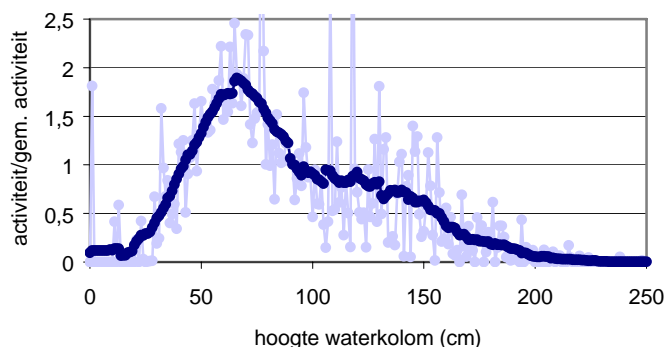
Ruimtegebruik seizoen 1999/2000

In 1999/2000 vond **91.1%** van de activiteit van foeragerende Knobbelzwanen binnen het kranswierveld plaats (bedekking >15%). Deze verdeling was in de loop van het seizoen min of meer constant, alleen in het voor- en naseizoen waren de zwanen wat meer verspreid (figuur 5.1).



Figuur 5.1. Verdeling van foeragerende Knobbelzwanen over delen van het meer met verschillende dichtheidsklassen kranswier.

De zwanen waren verspreid over de gehele lengte van het kranswierveld en gebruikten vrijwel alle delen van het veld die qua diepte bereikbaar waren (bijlage 1a). Het verloop van de relatieve dichtheid in het kranswierveld over de diepterange wordt weergegeven in figuur 5.2. De optimum waterdiepte voor Knobbelzwanen in het Veluwemeer lag in 1999/2000 op 66 cm waterdiepte. De verdeling is gecorrigeerd voor verschillen in beschikbaar oppervlak per diepteklasse, dus de lage dichtheden bij geringe dieptes zijn niet het gevolg van verminderd voedselaanbod, maar van bijv. een fysiek minder gunstige situatie of van concurrentie met kleinere soorten. De relatief hoge waarden tussen 100 en 150 cm zijn waarschijnlijk een gevolg van naar verhouding grote effecten van geringe fouten in de afstandschatting van zwanen die vlak buiten de vaargeul foerageerden.



Figuur 5.2. Foerageerdichtheid van Knobbelzwanen binnen het kranswierveld (dichtheidsklasse 4-7) over de range van waterhoogten, ten opzichte van de gemiddelde foerageerdichtheid binnen het veld. Waarden per cm en lopend gemiddelde over 25 cm, gecorrigeerd voor beschikbare areaal per cm diepteklasse.

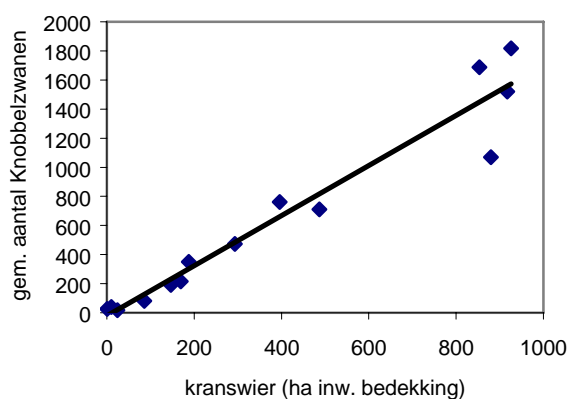
Rekenregels

In 1999/2000 foerageerde 90% van de Knobbelzwanen, binnen of buiten het kranswierveld, in een waterkolom van minder dan **103 cm**. De relatie tussen het gemiddeld aantal aanwezige vogels over juli-juni en de totale hoeveelheid kranswier die zo bij het winterstreefpeil van -30cm NAP beschikbaar is, wordt beschreven door de volgende rekenregel:

form 1: Gem. aantal vogels = 1.721 x inw. bed. kranswier – 20.418
($R^2=0.938$, $P=1.3 \cdot 10^{-8}$, $N=14$)

Door het opnemen van draadwier in de rekenregel kan de relatie nog enigszins verbeterd worden:

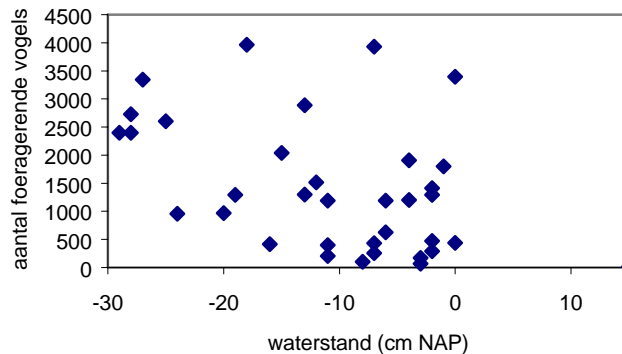
form 2: Gem. aantal vogels = 1.506 x kranswier + 2.974 x draadwier – 12.182
($R^2=0.952$, $P=5.7 \cdot 10^{-8}$, $N=14$)



Figuur 5.3. Verband tussen de inwendige bedekking van kranswier en het gemiddelde aantal Knobbelzwanen (juli-juni) in het Veluwemeer, 1987-2000. Lijn beschreven in formule 1.

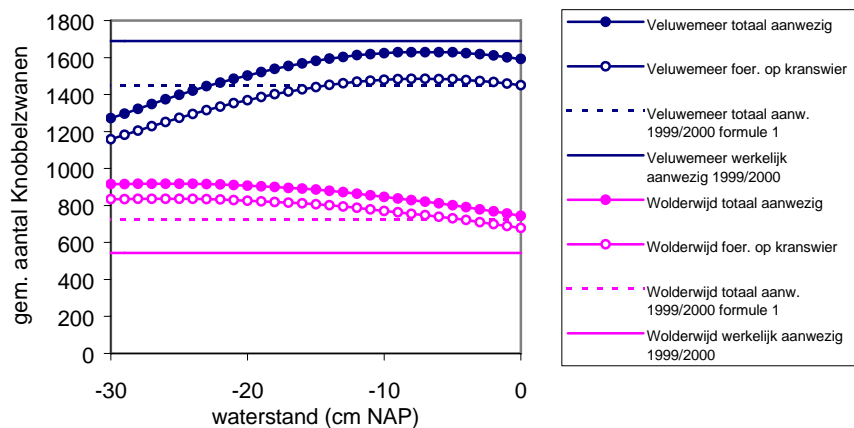
Effect van peilverandering en integraalbenadering schatting aantal vogels:

In het seizoen 1999/2000 was er nauwelijks effect van fluctuaties van de waterstand op het aantal foeragerende Knobbelzwanen (figuur 5.4).



Figuur 5.4. Aantal foeragerende Knobbelzwanen in het Veluwemeer, 1999/2000, in relatie tot de waterstand.

De berekende dichtheid van foeragerende Knobbelzwanen binnen het kranswierveld (bijlage 2a, figuur 5.2, formule 1) bedroeg in 1999/2000 $(1448 \text{ zwanen} \times 91.1\%) / 1579 \text{ ha kranswier klasse 4-7} = 0.835 \text{ zwanen per ha}$. In het Veluwemeer lag het optimum aantal zwanen op een waterstand van -8 cm NAP : bij hogere, maar ook bij lagere waterstanden wordt het geschatte aantal zwanen lager (figuur 5.5). Dat komt omdat bij lagere waterstanden de piek in de diepteverdeling van het kranswier ondieper komt te liggen dan de piek van de dieptevoorkeur van de foeragerende zwanen; een steeds groter deel van het veld komt terecht op voor de Knobbelzwaan ongemakkelijke, of door concurrentie minder bruikbare ondiepten.



Figuur 5.5. Voorspeld aantal Knobbelzwanen in relatie tot de waterstand volgens de dieptevoorkeur zoals vastgesteld in het Veluwemeer in 1999/2000, bij de kranswierverdeling als gemeten in 1999. Ter vergelijking de aantallen voorspeld met formule 1 en de werkelijke gemiddelde aantallen in 1999/2000.

5.1b. Knobbelzwaan Wolderwijd

Ruimtegebruik seizoen 2000/2001

In seizoen 2000/2001 werd door de Knobbelzwanen een groot deel van het kranswieveld ten oosten van de vaargeul benut. Alleen in het wat diepere, noordelijke deel daarvan werden nauwelijks foeragerende Knobbelzwanen waargenomen. Ten westen van de vaargeul werd vooral gefoerageerd op het kranswieveld in het zuidelijke deel van het Wolderwijd, vlak voor de overgang naar het Nulder nauw (bijlage 1b).

Rekenregels

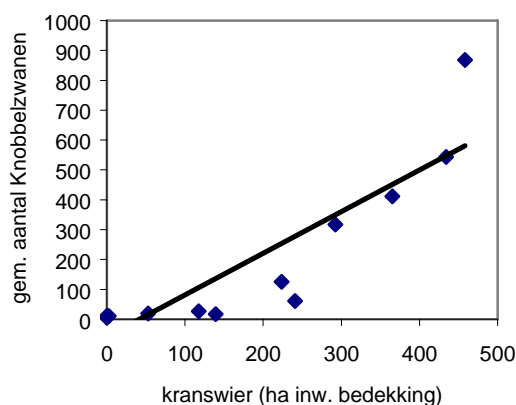
De rekenregels samengesteld met gegevens uit het Wolderwijd (op basis van de dieptegrens vastgesteld in het Veluwemeer) zijn als volgt:

form 3: Gem. aantal vogels = 1.393 x inw. bed. kranswier – 57.831
($R^2=0.793$, $P=2.0 \cdot 10^{-5}$, $N=14$)

Het opnemen van draadwier in de rekenregel levert in dit geval geen verbetering op:

form 4: Gem. aantal vogels = 1.452 x kranswier – 0.727 x draadwier – 54.425
($R^2=0.794$, $P=1.7 \cdot 10^{-4}$, $N=14$)

Met of zonder draadwier is het vervand aanzienlijk minder sterk dan in het Veluwemeer. De verhouding zwanen-kranswier lijkt in de loop der jaren toe te nemen (figuur 5.6)

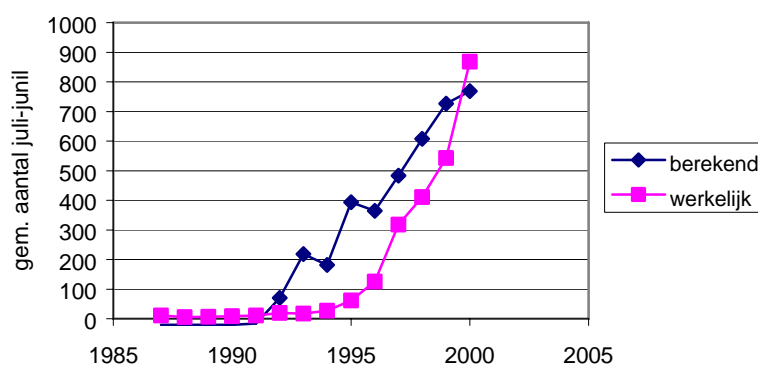


Figuur 5.6. Verband tussen de inwendige bedekking van kranswier en het gemiddelde aantal Knobbelzwanen (juli-juni) in het Wolderwijd, 1987-2000. Lijn beschreven in formule 3.

Vergelijking Veluwemeer:

Toepassing van de rekenregel uit het Veluwemeer op het Wolderwijd resulteert in een overschatting van het aantal zwanen in alle jaren behalve 1999/2000 (figuur 5.7). Percentueel wordt de omvang van de overschatting echter ook daarvoor al kleiner.

Door verschillen in de diepteprofielen van de meren ligt het kranswierveld in het Wolderwijd gemiddeld op grotere diepte dan in het Veluwemeer. Het optimum van het voorspelde aantal zwanen ligt daardoor ook bij een lagere waterstand; bij verlaging van de waterstand gaat het aantal zwanen omhoog tot een maximum bereikt is bij een waterstand van -25 cm NAP (figuur 5.5). Bij vergelijking van de waarde voor 1999 in figuur 5.7 met het verloop van het voor het Wolderwijd voorspelde aantal zwanen in figuur 5.5 blijkt dat ongeacht de waterstand het aantal zwanen dat op deze manier wordt voorspeld nog hoger is dan het aantal dat de rekenregel van het Veluwemeer voorspelt. Dat suggereert dat de overschatting van het aantal Knobbelswanen geen gevolg is van de grotere diepte van het kranswier in het Wolderwijd.

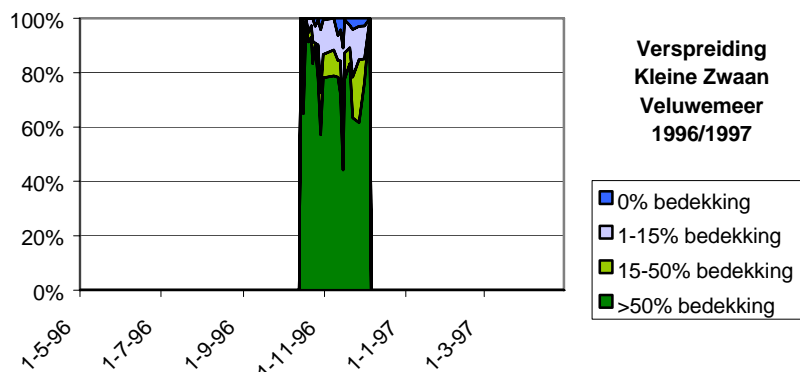


Figuur 5.7. Gemiddelde aantallen Knobbelswanen in het Wolderwijd als voorspeld met de rekenregel uit het Veluwemeer (formule 1), vergeleken met het werkelijke seizoensgemiddelden.

5.2a. Kleine Zwaan Veluwemeer

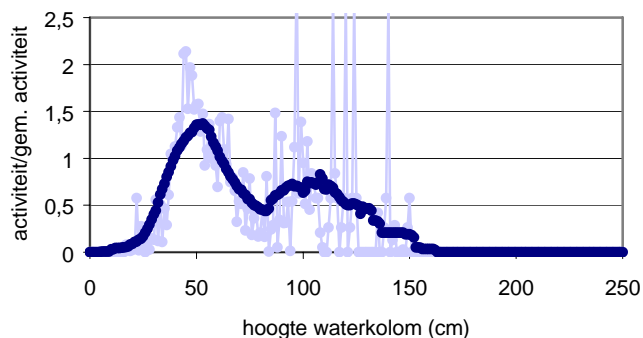
Ruimtegebruik seizoen 1996/1997

Kleine Zwanen verschenen in seizoen 1999/2000 slechts in lage aantallen. Voor het ruimtegebruik moet daarom worden teruggegrepen op het vorige seizoen waarin watervogelkarteringen hebben plaatsgevonden; 1996/1997. Toen vond **83.7%** van de activiteit van foeragerende Knobbelzwanen binnen het kranswierveld plaats (bedekking >15%). Dit percentage was in het begin van het seizoen hoger, maar daalde enigszins vanaf eind oktober (figuur 5.8).



Figuur 5.8. Verdeling van foeragerende Kleine Zwanen over delen van het meer met verschillende dichtheidsklassen kranswier.

De Kleine Zwanen gebruikten in 1996 bijna het hele toen aanwezige kranswierveld, uitgezonderd een smalle strook langs de oever van het oude land (bijlage 1c). De verloop van de relatieve dichtheid in het kranswierveld over de diepterange wordt weergegeven in figuur 5.9. De optimum waterdiepte voor Kleine Zwanen in het Veluwemeer lag in 1996 op 47 cm waterdiepte. Net als bij Knobbelzwanen is tussen 100 (80) en 150 cm sprake van verhoogde waarden (met grote spreiding omdat deze diepten relatief weinig voorkomen), waarschijnlijk veroorzaakt door geringe overschatting van de afstand van zwanen die net buiten de vaargeul foerageerden.



Figuur 5.9. Foerageerdichtheid van Kleine Zwanen binnen het kranswierveld (dichtheidsklasse 4-7) over de range van waterhoogten, ten opzichte van de gemiddelde foerageerdichtheid binnen het veld. Waarden per cm en lopend gemiddelde over 25 cm, gecorrigeerd voor beschikbare areaal per cm diepteklasse.

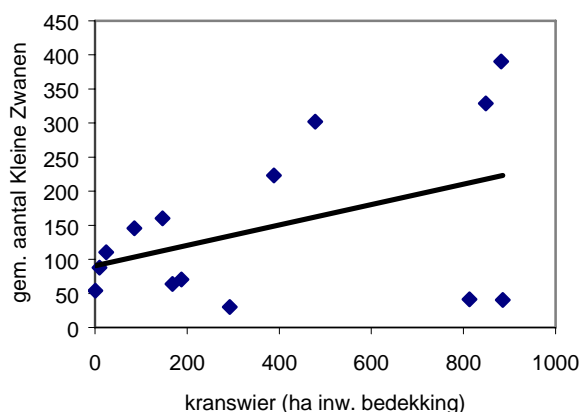
Rekenregels

In 1999/2000 waren nauwelijks Kleine Zwanen op de kranwiervelden aanwezig. Het dieptegebruik wordt daarom afgeleid uit de situatie in 1996. Toen foerageerde 90% van de Kleine Zwanen, binnen of buiten het kranwieveld, in een waterkolom van minder dan **74 cm**. De relatie tussen het gemiddeld aantal aanwezige vogels over juli-april en de totale hoeveelheid kranwier die zo bij het winterstreefpeil van -30cm NAP beschikbaar is, wordt beschreven door de volgende rekenregel:

$$\text{form 5: Gem.aantal vogels} = 0.150 \times \text{inw.bed.kranwier} + 90.682 \\ (\text{R}^2=0.189, \text{P}=0.120, \text{N}=14)$$

Deze rekenregel is dus niet significant. Met name de lage aantallen Kleine Zwanen in het najaar van 1999 en 2000 hebben de voorheen wel significante relatie verslechterd (punten rechtsonder in figuur 5.10). De hoeveelheid Schedefonteinkruid correleert nog slechter met het aantal Kleine Zwanen ($\text{R}^2=0.043$, $\text{P}=0.477$). Het opnemen van Schedefonteinkruid in de rekenregel resulteert niet overtuigend in een verbetering van de relatie:

$$\text{form 6: Aantal vogels} = 0.185 \times \text{kranwier} + 0.186 \times \text{schedefont} + 60.818 \\ (\text{R}^2=0.202, \text{P}=0.289, \text{N}=14)$$



Figuur 5.10. Verband tussen de inwendige bedekking van kranwier en het gemiddelde aantal Kleine Zwanen (juli-juni) in het Veluwemeer, 1987-2000. Lijn beschreven in formule 5.

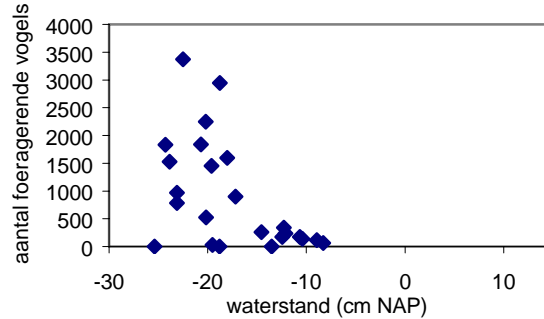
Het opnemen van het aantal Knobbelzwanen dat in de periode juli-oktober aanwezig was levert wel een aanzienlijke verbetering op en resulteert in een significante relatie:

$$\text{form 7: Gem. aantal vogels} = 0.688 \times \text{kranwier} - 0.273 \times \text{Knobbels} + 99.357 \\ (\text{R}^2=0.589, \text{P}=7.5 \times 10^{-3}, \text{N}=14)$$

Er lijkt dus sprake te zijn van toegenomen concurrentie tussen de twee zwanensoorten.

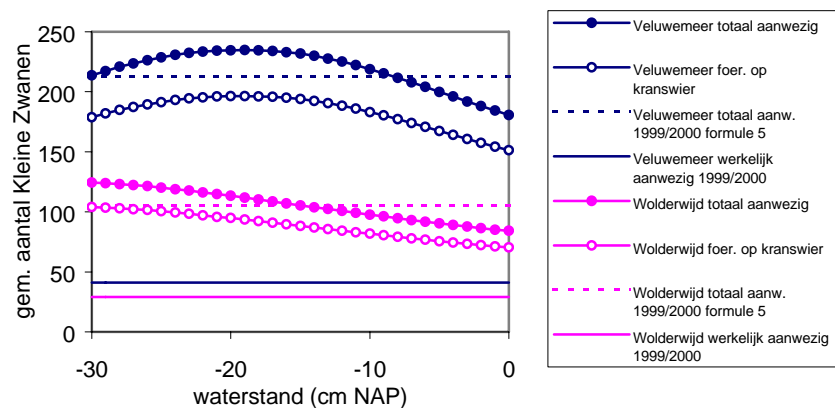
Effect van peilverandering en integraalbenadering schatting aantal vogels:

Het aantal foeragerende Kleine Zwanen vertoonde in 1996 een sterke relatie met de waterstand, waarbij nauwelijks zwanen in het meer foerageerden bij waarden beneden -15 cm NAP (figuur 5.11).



Figuur 5.11. Aantal foeragerende Kleine Zwanen in het Veluwemeer, 1996/1997, in relatie tot de waterstand.

De berekende dichtheid van foeragerende zwanen op het kranswierveld in 1999/2000 (bijlage 2b, figuur 5.9, formule 5) bedroeg $(213 \text{ zwanen} \times 83.7\%) / 977 \text{ ha kranswier klasse 4-7} = 0.182 \text{ zwanen per ha}$. In het Veluwemeer ligt het optimum aantal Kleine zwanen op een waterstand van -19 cm NAP: Bij hogere, maar ook bij lagere waterstanden wordt het geschatte aantal zwanen lager (figuur 5.12). Dat komt omdat bij lagere waterstanden de piek in de diepteverdeling van het kranswier ondieper komt te liggen dan de piek van de dieptevoorkeur van de foeragerende zwanen; een steeds groter deel van het veld komt terecht op voor de Kleine Zwaan ongemakkelijke ondiepten, waar tevens grote aantallen grondeleenden foerageren.



Figuur 5.12. Voorspeld aantal Kleine Zwanen in relatie tot de waterstand volgens de dieptevoorkeur zoals vastgesteld in het Veluwemeer in 1999/2000, bij de kranswierverdeling als gemeten in 1999. Ter vergelijking de aantallen als voorspeld met formule 5 en de werkelijke gemiddelde aantallen in 1999/2000.

4.2b. Kleine Zwaan Wolderwijd

Ruimtegebruik 2000/2001

De Kleine Zwanen gebruikten in 2000/2001 een aanzienlijk kleiner deel van het kranswieveld ten oosten van de vaargeul, terwijl ten westen daarvan helemaal geen foeragerende Kleine Zwanen werden waargenomen. Met deze verspreiding kan het totale beschikbare areaal enigszins worden onderschat, aangezien het aantal foeragerende vogels dit seizoen laag bleef (bijlage 1d).

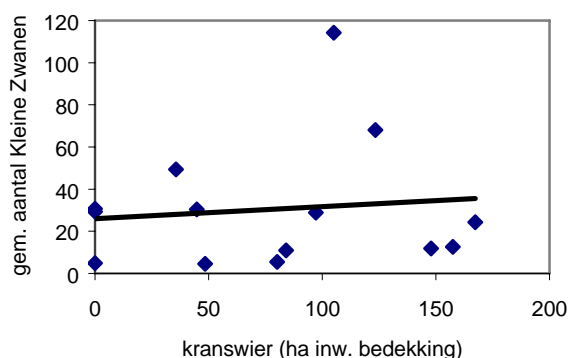
Rekenregels

De rekenregels samengesteld met gegevens uit het Wolderwijd, op grond van de dieptegrens zoals vastgesteld in het Veluwemeer, zijn als volgt:

form. 8: $\text{Gem.aant.vogels} = 0.057 \times \text{inw.bed.kranswier} + 25.959$
($R^2=0.012$, $P=0.707$, $N=14$)

De relatie met Schedefonteinkruid is niet veel beter ($R^2=0.046$, $P=0.525$) en de combinatie levert net als in het Veluwemeer geen duidelijk betere relatie op:

form. 9: $\text{Aant.vogels} = -0.126 \times \text{kranswier} - 0.531 \times \text{schedefont} - 54.425$
($R^2=0.068$, $P=0.756$, $N=11$)



Figuur 5.13. Verband tussen de inwendige bedekking van kranswier en het gemiddelde aantal Knobbelswanen (juli-juni) in het Wolderwijd, 1987-2000. Lijn beschreven in formule 3.

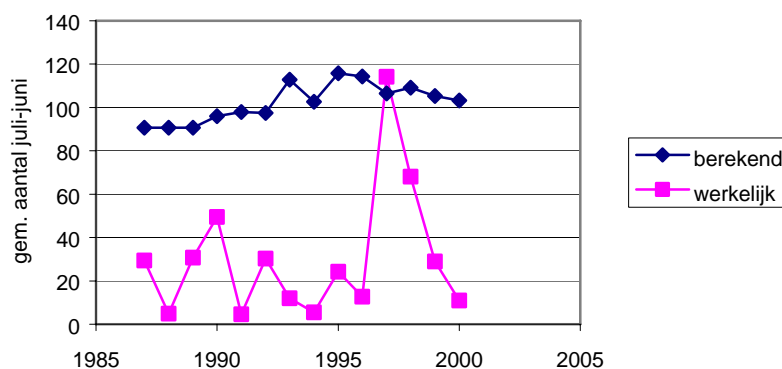
De invloed van consumptie door Knobbelswanen in juli-oktober is over de gehele periode veel minder duidelijk dan in het Veluwemeer:

form 10: $\text{Gem. aantal vogels} = 0.014 \text{ kranswier} + 0.026 \text{ Knobbels} + 24.149$
($R^2=0.065$, $P=0.692$, $N=14$)

Vergelijking Veluwemeer:

Toepassing van de rekenregel uit het Veluwemeer op het Wolderwijd resulteert in een overschatting van het aantal zwanen in alle jaren behalve 1997/98 (figuur 5.14). Ook de schatting voor 1998/99 ligt dicht bij het werkelijke aantal dan tot 1996/97 het geval was, maar de laatste twee seizoenen viel het werkelijke aantal weer sterk terug. Mogelijk is er sprake van toenemende concurrentie met Knobbelzwanen.

Als rekening wordt gehouden met de diepteverdeling van kranswier, dan komt de voorspelling van het aantal zwanen voor 2000/2001 op waarden uit die vergelijkbaar zijn met de berekende waarde in figuur 5.14 (zie figuur 5.12). Dat suggereert dat de overschatting van het aantal Knobbelzwanen geen gevolg is van de grotere diepte van het kranswier in het Wolderwijd. Wel blijft volgens dit model het aantal Kleine Zwanen toenemen bij peilverlaging over het hele traject (figuur 5.12).



Figuur 5.14. Gemiddelde aantallen Kleine Zwanen in het Wolderwijd als voorspeld met de rekenregel uit het Veluwemeer (formule 5), vergeleken met de werkelijke seizoen gemiddelden.