



Herintroductie en herstel van kopvoorn- populaties (*Leuciscus Cephalus*) in het Vlaamse Gewest

Wetenschappelijke opvolging van lopende projecten en onderzoek naar
de habitat binding in laaglandrivieren

Johan Coeck
Sandra Collazo
Patrick Meire
Rudi Verheyen



*instituut
voor*

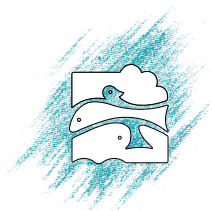


natuurbehoud

Instituut voor Natuurbehoud

Wijze van citeren :

Coeck J. , Colazzo S., Meire P., Verheyen R.F., 2000. Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus Cephalus*) in het Vlaamse Gewest. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2000.15. Brussel



Colofon

Auteurs:

Johan Coeck(IN), Sandra Colazzo (IN, UIA),
Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25
1070 Brussel
info@instnat.be

Patrick Meire (UIA) en Rudi F. Verheyen (UIA)
Universiteit Antwerpen, dept. Biologie
Onderzoeksgroep ecosysteembeheer
Universiteitsplein 1
2610 Antwerpen
pmeire@uia.ua.ac.be

Voorpagina:

foto :

Verantwoordelijke uitgever:

Eckhart Kuijken
Algemeen directeur van het Instituut voor Natuurbehoud

Opmaak en druk:

Johan Coeck, Helen Blow
Drukkerij van de Vlaamse Gemeenschap, departement LIN

Depotnummer: D/2002/3241/250

ISBN: 90-403-0157-3

NUGI: 924

Kostprijs : 8 EUR (plus 5 EUR verzendingskosten voor 1 tot 5 exemplaren)

Hoe bestellen?

Door een storting te doen op rekening 091-2226013-86 op naam van het Eigen Vermogen van het Instituut voor Natuurbehoud met vermelding van 'Herintroductie & herstel van kopvoornpopulatie' R/2000.15'. Gelieve tegelijkertijd een briefje of mail te sturen t.a.v. Helen Blow, Instituut voor Natuurbehoud, Kliniekstraat 25, 1070 Brussel (bestellingen@instnat.be). Na ontvangst van uw betaling sturen wij u het rapport op, tesamen met een factuur waarop de vermelding 'betaald' staat.

© 2001, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel

gedrukt op gerecycleerd, chloorvrij papier.

Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel
e-mail : info@instnat.be
website: www.instnat.be
tel : 02-528 88 82
fax : 02-558 18 05

Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus cephalus*) in het Vlaamse Gewest

Wetenschappelijke opvolging van lopende projecten en
onderzoek naar de habitatbinding in laaglandrivieren

Studie in opdracht van AMINAL, Afdeling Bos en Groen

Johan COECK⁽¹⁾, Sandra COLAZZO^(1,2), Patrick MEIRE⁽²⁾ & Rudi F. VERHEYEN⁽²⁾

(1) Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25
1070 Brussel
Tel.: 02/558.18.41
Fax: 02/558.18.05
E-mail: johan.coeck@instnat.be

(2) Universiteit Antwerpen – U.I.A.
Departement biologie
Onderzoeksgroep ecosysteembeheer
Universiteitsplein 1
2610 Antwerpen
Tel.: 03/820.22.64
Fax: 03/820.22.71
E-mail: pmeire@uia.ua.ac.be

Rapport IN 2000.15

2000

Inhoud

Dankwoord	6
Voorwoord	7
1. Voorstelling van de soort en het studiegebied	9
1.1. De kopvoorn	9
1.1.1. Morfologie	9
1.1.2. Ecologie en voortplanting	10
1.1.3. Verspreiding	11
1.1.3.1. Kopvoorn in Europa	11
1.1.3.2. Historiek van de kopvoorn in België	11
1.1.3.3. Huidige verspreiding en status van de kopvoorn in Vlaanderen	12
1.1.4. Herinfectie-uitzettingen van kopvoorn in Vlaanderen	14
1.1.5. Onderzoek naar de herinfectie van kopvoorn	16
1.1.5.1. De problematiek van herinfecties	16
1.1.5.2. Herinfectie van kopvoorn in het stroomgebied van de Kleine Nete	16
1.1.5.3. Herinfectie van kopvoorn in het stroomgebied van de Grote Nete	17
1.2. Het studiegebied : de Grote Nete	20
1.2.1. Situering van het studiegebied	20
1.2.2. De fysische kwaliteit	21
1.2.3. De waterkwaliteit	23
2. Materiaal en methoden voor het populatieonderzoek en het onderzoek naar de habitatbinding van kopvoorn	24
2.1. Elektrische visvangst	24
2.1.1. Principe	24
2.1.2. Verantwoording van de methode	25
2.1.3. Werkwijze en apparatuur op het veld	25
2.1.4. Bemonsteringsstrategie	26
2.1.5. Manipulatie van de vis	26
2.1.6. Lengtemeting	26
2.1.7. Gewichtsbepaling	26
2.2. Biotelemetrie	28
2.2.1. Keuze en verantwoording van de methode	28
2.2.1.1. Technieken voor het verzamelen van gegevens i.v.m. het gebruik van tijd en ruimte door vissen	28
2.2.1.2. Definitie en toepassingsveld van de biotelemetrie	29
2.2.1.3. Radio- of ultrasone golven	29
2.2.2. Gebruikte materialen in de radiotelemetrie	30
2.2.2.1. Het principe van de radiopositionering in een aquatisch milieu	30
2.2.2.2. Keuze van ontvangstapparatuur en geschikte frequentie	30
2.2.2.3. Keuze van de zendapparatuur	35
2.2.2.4. Localisatie van de radiozenders en positiebepaling van de vis	38

3. Populatie dynamica van geherintroduceerde kopvoornpopulaties in het Vlaams Gewest	39
3.1. De kopvoornherintroductie in het Demerbekken	39
3.1.1. Inleiding	39
3.1.2. Materiaal en methode	39
3.1.3. Resultaten, bespreking en besluit	39
3.2. De kopvoornherintroductie in het Netebekken	40
3.2.1. Algemene inleiding	40
3.2.2. Densiteit, biomassa en populatieopbouw van kopvoorn in de Grote Nete	41
3.2.2.1. Inleiding	41
3.2.2.2. Materiaal en methode	41
3.2.2.3. Resultaten en bespreking	41
3.2.2.4. Besluit	45
3.2.3. Groei van kopvoorn in de Grote Nete	46
3.2.3.1. Inleiding	46
3.2.3.2. Materiaal en methode	46
3.2.3.3. Resultaten en bespreking	48
3.2.3.4. Besluit	55
4. Onderzoek naar de habitatbinding van kopvoorn in een laagland-rivier - de Grote Nete	56
4.1. Inleiding	56
4.1.1. Algemene situering van het onderzoek	56
4.1.2. Habitatonderzoek	56
4.2. Habitatgebruik op macroschaal	58
4.2.1. Doelstelling	58
4.2.2. Materiaal en methoden	58
4.2.2.1. Situering van de proeftrajecten	58
4.2.2.2. Bemonstering van de kopvoornpopulatie in de proeftrajecten	58
4.2.2.3. Opmeting van het macrohabitat in de proeftrajecten	58
4.2.2.4. Gegevensanalyse i.v.m. het habitatgebruik op macroschaal	59
4.2.3. Resultaten	61
4.2.3.1. Intercorrelatie tussen de onderzochte macrohabitatvariabelen	61
4.2.3.2. Verband tussen de habitatvariabelen en het aantal kopvoorns in de onderzochte trajecten	63
4.2.3.3. Factoren die de verspreiding van de kopvoorn op macrohabitatniveau verklaren	67
4.2.4. Bespreking en besluit	68
4.3. Microhabitatgebruik	70
4.3.1. Doelstelling	70
4.3.2. Materiaal en methode	70
4.3.2.1. Situering van het proeftraject	70
4.3.2.2. Bemonstering van de kopvoornpopulatie in het proeftraject	70
4.3.2.3. Bepalen van het microhabitatgebruik van de gevangen dieren	71
4.3.2.4. Opmeting van het microhabitaat aanbod in de proeftrajecten	72
4.3.2.5. Gegevensanalyse i.v.m. het habitatgebruik op microschaal	73
4.3.3. Resultaten	77
4.3.3.1. Gebruik en selectie van het diepte- en stroomsnelheidshabitat	77

4.3.3.2. Gebruik en selectie van oever- en centrale biotopen van het rivierkanaal	86
4.3.3.3. Gebruik en selectie van holle oevers	86
4.3.3.4. Gebruik en selectie van 'riparian cover'	93
4.3.3.5. Gebruik en selectie van overhangende 'cover'	93
4.3.3.6. Substraatgebruik en –selectie	94
4.3.3.7. Gebruik en selectie van plaatsen met 'debris'	94
4.3.4. Bespreking en besluit	96
4.4. Radiotelemetriestudie van de jaarlijkse mobiliteitscyclus en de home range	100
4.4.1. Inleiding en doelstelling	100
4.4.2. Materiaal en methode	100
4.4.2.1. Studiegebied	100
4.4.2.2. Vangst van proefdieren	101
4.4.2.3. Eigenschappen van het gebruikte telemetriemateriaal	103
4.4.2.4. Het inplanten van de radiozenders	103
4.4.2.5. De gebruikte ontvangstapparatuur	105
4.4.2.6. De positiebepaling van de gezenderde vissen	106
4.4.2.7. Gegevensanalyse i.v.m. de jaarlijkse mobiliteitscyclus	106
4.4.3. Resultaten en bespreking	109
4.4.3.1. Beschrijving van de jaarlijkse mobiliteitscyclus van de gezenderde vissen	109
4.4.3.2. Analyse van de jaarlijkse mobiliteitscyclus van de gezenderde vissen	124
4.4.4. Besluit	136
4.5. Radiotelemetriestudie van het dagelijkse activiteitspatroon	138
4.5.1. Inleiding	138
4.5.2. Materiaal en methoden	138
4.5.3. Resultaten en bespreking	139
4.5.4. Besluit	139
4.6. Reproductie en paaiplassen	141
4.6.1. Inleiding	141
4.6.2. Materiaal en methode	141
4.6.3. Resultaten en bespreking	142
4.6.3.1. Karakterisatie van de voortplantingsactiviteit	142
4.6.3.2. Karakterisatie van het voortplantingshabitat	145
4.6.4. Besluit	149
5. Algemene besluiten en aanbevelingen	150
5.1. Besluiten i.v.m. het onderzoek van de geherintroduceerde kopvoornpopulaties	150
5.2. Aanbevelingen m.b.t. het herstel van kopvoornpopulaties in het Vlaams Gewest	152
Literatuurreferenties	157
Bijlagen	164
Samenvatting	167
Summary	171

Dankwoord

Het kopvoornonderzoek dat sinds 1996 in samenwerking tussen het Instituut voor Natuurbehoud en het departement biologie van de Universiteit Antwerpen wordt uitgevoerd, is slecht mogelijk geweest door de gewaardeerde medewerking en steun van tal van personen die we hierbij van harte willen danken.

- *De Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen nam het initiatief voor een eerste inleidende evaluatiestudie naar de herintroductie van de soort in het Netebekken.*
- *Ir. Paul Vandenabeele van de afdeling Bos en Groen van AMINAL steunde dit initiatief en verzorgde de financiering voor deze gedetailleerde opvolgingsstudie naar het herstel van kopvoornpopulaties.*
- *Prof. Dr. Jean-Claude Philippart en zijn medewerkers Dr. Etienne Baras en Dr. Michael Ovidio van de Université de Liège hielpen ons van bij de aanvang van dit onderzoek met hun kennis en ervaring i.v.m. de kopvoorn in het algemeen en radiotelemetrieonderzoek in het bijzonder.*
- *Dr. Dirk Bauwens van het Instituut voor Natuurbehoud adviseerde ons bij de planning van het veldonderzoek en de statistische verwerking achteraf.*
- *Rudi Yseboodt van het departement biologie van de Universiteit Antwerpen en de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen hielp met zijn “visteam” bij het merken van de jonge kopvoorns voor de herintroductie-experimenten.*
- *Roald Steeno, Seth Martens en vooral Raf Baeyens, technici van het Instituut voor Natuurbehoud, assisteerden bij het veldwerk en het digitaliseren van gegevens.*
- *Julie Kruijne & Mattias Vansteenwegen van de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen (KULeuven) en Adeliën Vergote & Vicky Hugelier van de Faculteit Wetenschappen, Vakgroep Biologie (Universiteit Gent) hielpen in het kader van hun eindverhandeling bij het verzamelen van de veldgegevens.*
- *De afdeling Water van AMINAL (Jan de Schutter en Ludo Mensels) zorgde voor de plaatsing van een limnigraaf in Meerhout, stelde ons digitale terreinkaarten ter beschikking van de Grote Nete en gaf ons de toelating om het onderzoeksmateriaal te stallen in de gebouwen van het pompstation Herentals.*
- *De inwoners van Meerhout moesten ons gedurende jaren verdragen op hun grondgebied.*

Voorwoord

De kopvoorn is een stroomminnende vissoort, die vroeger op veel plaatsen in beken en rivieren in Vlaanderen voorkwam. Vandaag komen natuurlijke populaties van de soort enkel nog voor in de Grensmaas en in beperkte mate in enkele zijbeken ervan. Een kleine relictpopulatie wordt ook nog aangetroffen in het stroomgebied van de Mark (Noorderkempen).

Volgens plaatselijke hengelaars kwam kopvoorn tot het einde van de jaren '60 op een aantal plaatsen in het stroomgebied van de Grote en de Kleine Nete in behoorlijke aantallen voor. Ten gevolge van rivierregulatie en waterverontreiniging moet de soort er in het begin van de jaren '70 uitgestorven zijn. Omdat de waterkwaliteit op veel plaatsen in het stroomgebied van de Nete in de jaren '80 verbeterde, besloot de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen in 1989 van start te gaan met een herintroductieprogramma voor kopvoorn, waarbij in de Grote en de Kleine Nete jaarlijks op vaste punten jonge kopvoorn werd uitgezet.

Een eerste evaluatie van dit herintroductieprogramma toonde aan dat de soort er op sommige plaatsen in het Netebekken in geslaagd was om een reproducerende populatie op te bouwen (Colazzo et al., 1997). Omwille van dit succes en omdat vanuit de hengelsport ook een groeiende interesse bestaat voor het herstel van de soort in Vlaanderen, besloot AMINAL, afdeling Bos en Groen voorliggende studie te laten uitvoeren ter opvolging en ter ondersteuning van herintroductieprogramma's van kopvoorn in Vlaanderen.

In deze studie wordt de evaluatie van de herintroductie van kopvoorn verder uitgediept. Daarnaast wordt een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar patronen en processen die de verspreiding en voortplanting van de soort in onze sterk gereguleerde laaglandbeken en –rivieren bepalen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het stroomgebied van de Grote Nete waar de herintroductie het meest succesvol blijkt te zijn.

Voorliggende studie werd opgesplitst in 5 delen. In de eerste plaats wordt de algemene biologie, de status en de verspreiding van kopvoorn kort toegelicht en worden de resultaten van de eerste evaluatiestudie kort samengevat. In een tweede deel volgt een algemeen overzicht en verantwoording van de gebruikte onderzoekstechnieken. In een derde deel wordt een verdere evaluatie gemaakt van de herintroductie van kopvoorn. In een vierde deel worden een aantal aspecten van de habitatbinding van de soort bestudeerd in een typische laaglandrivier, zoals die in Vlaanderen veelvuldig voorkomen. Tenslotte worden in een vijfde en laatste deel, op basis van de resultaten van het onderzoek, een aantal aanbevelingen geformuleerd, ten behoeve van het herstel van de soort in Vlaanderen. Deze aanbevelingen situeren zich enerzijds op het vlak van het beheer van de leefomgeving van de vissen (rivierbeheer) en anderzijds op het vlak van het beheer van de populaties (herintroductieprogramma's).

1. Voorstelling van de soort en het studiegebied

1.1. De kopvoorn

De kopvoorn behoort tot de familie van de karperachtigen (Cyprinidae).

Wetenschappelijke naam : *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758),
(vroeger: *Squalius cephalus*)

Nederlandse naam : kopvoorn

Engelse naam : chub

Franse naam : chevaine

Duitse naam : Döbel

In het Nederlandse taalgebied worden o.a. volgende volksnamen gebruikt : dikkop, dikkopvoorn, hesseling, moan, meun, meuning, snapper, munne, walhapper (Nijssen & de Groot, 1987), schieter, molenaar, (Kempen = meulder) (Van Damme & De Pauw, 1995)

1.1.1. Morfologie

De kopvoorn is gedrongen en vrij robuust met een langgerekt, bijna cilindrisch lichaam bezet met grote zwartgerande schubben. De zijanten zijn zilverkleurig. De rug- en staartvin hebben een grijsgroene kleur, de anaalvin en de buikvinnen zijn oranje-rood (Cihar & Maly, 1981). De kop is tamelijk plat en breed **(1)** en de bek vrij groot. In het eerste levensjaar wordt een lengte van 3-7 cm bereikt en een volwassen vis kan tot 65 cm lang worden (De Nie, 1996). De kopvoorn kan verward worden met de uit China afkomstige graskarper (*Ctenopharyngodon idella*), ondanks de verschillen van kop (platter bij de graskarper) en oog (het kleinere oog van de graskarper ligt lager). Er is ook een verschil in het aantal rijen schubben onder de zijlijn : dit zijn er 3-4 bij kopvoorn **(2)** en 5 bij de graskarper. Jonge kopvoorns zijn op het eerste zicht ook vaak moeilijk te onderscheiden van verwante soorten zoals serpeling (*Leuciscus leuciscus*) en winde (*Leuciscus idus*). De achterrand van de anaalvin is echter bolrond bij de kopvoorn **(3)**, terwijl deze bij andere soorten hol ingesneden is. Een ander verschil ligt in het aantal schubben op de zijlijn: 44-46 bij kopvoorn, 48-51 bij serpeling, terwijl winde er 56-61 telt (ANON, 1990).



Foto van een volwassen kopvoorn (lengte: 40 cm) met aanduiding van de veldkenmerken

1.1.2. Ecologie en voortplanting

De kopvoorn wordt omschreven als een alom voorkomende soort, die zich handhaaft in de meeste zoetwatermilieus vanaf de forelzone tot de brasemzone (Huet, 1962), met een voorkeur voor stromende en zuurstofrijke wateren (Poulbot, 1991; Philippart & Vrancken, 1983). In enkele gevallen werd hij zelfs gesignaleerd in brakwater (o.a. de Oostzee). Voorwaarde blijft dat dergelijke milieus in verbinding staan met voor zijn voortplanting geschikte wateren.

De kopvoorn brengt zijn eerste levensjaren door in scholen, terwijl oudere dieren steeds meer solitair gaan leven. Hij is een omnivoor en heeft zodoende flexibele eetgewoonten: veel hangt af van het plaatselijk voedselaanbod (Lammens & Hoogenboezem, 1991). Aanvankelijk eet de jonge kopvoorn zoöplankton, later kan het dieet uit dierlijk en plantaardig materiaal bestaan: insecten(larven), weekdieren, kreeftachtigen en visjes, waterplanten, algen en detritus.

Volgens Philippart (1976) vindt de voortplanting plaats tussen mei en juni wanneer de watertemperatuur tussen 15 en 18°C ligt. Meerdere perioden van ei-afzetting binnen één voortplantingsseizoen zouden kunnen voorkomen, indien watertemperatuur en voedselaanbod dit toelaten (Poncin et al., 1989; Penaz et al., 1978; Pecl et al., 1978). Volgens de eerste waarnemingen van Colazzo et al. (1997) zou in 1996 in de Grote en de Kleine Nete de voortplanting van kopvoorns plaatsgevonden hebben tussen half mei en eind juni. De watertemperatuur bedroeg toen ca. 16°C. Zowel mannetjes als vrouwtjes vertonen gedurende deze periode paaiuitslag onder de vorm van witte knobbeltjes, waarbij deze meestal intenser is bij de mannetjes.

De zich reproducerende dieren zouden tijdens de ei-afzetting grote scholen vormen, waarbij mannetjes talrijker zijn dan vrouwtjes. In de diepere delen van de rivier, achtervolgen de mannetjes (doorgaans herkenbaar door hun kleinere afmetingen) de vrouwtjes tot één van deze laatste beslist naar een stroomopwaarts gelegen "riffle" te zwemmen (tot waar ze de stroming nog net aankan). Het vrouwtje gaat daar kuit schieten en wordt daarin onmiddellijk gevolgd door de stroomafwaarts wachtende mannetjes die hun hom over de eitjes loslaten (Changeux, ongepubliceerde gegevens).

Over het algemeen is de paaiplaats een "riffle" met vrij uitgesproken stroming en dieptes tussen de 20 en 25 cm. De aanwezigheid van lidtekens op de flanken van gevangen individuen vormen het bewijs van harde contacten met stenen en rotsen van de site. De geel-oranje eieren, 2 à 2,5 mm in doorsnede, zijn kleverig en hechten zich vast aan het stenig substraat. Hoewel volgens de meeste auteurs kopvoorn een lithofiele soort zou zijn, spreken sommige waarnemingen dit ten dele tegen. Bij gebrek aan stenig substraat, zouden kopvoorns ook gebruik kunnen maken van planten voor de vasthechting van de eitjes. Indien geschikte paaiplaatsen niet voorhanden zijn, zullen de dieren zich gaan verplaatsen in een poging om ze te vinden. De ouderdieren voeren hierbij vaak sterke stroomopwaartse migraties uit naar zijrivieren en bovenlopen (Kirka, 1965) of naar zijarmen (Carrel, 1986).

Afhankelijk van de auteur en het studiegebied bestaan er uiteenlopende gegevens omtrent de leeftijd van geslachtsrijpheid bij kopvoorn (Neophitou, 1988; Bianco, 1988). Algemeen is men het er over eens dat mannetjes op jongere leeftijd geslachtsrijp zijn dan vrouwtjes (Bianco, 1988). Anderzijds worden vrouwtjes doorgaans groter en ouder dan mannetjes (Philippart, 1977; Libosvářsk_ & Baru_, 1978). Het jongste door Colazzo et al (1997) determineerbare mannetje (aanwezigheid van hom), was 2 jaar oud (108 mm), terwijl het jongste vrouwtje met eitjes vermoedelijk 4 jaar oud was (241mm). Ook omtrent de maximaal bereikte leeftijd van kopvoorn lopen de gegevens sterk uiteen in de verschillende studies. Mann (1976) ving een individu van 22 jaar oud, tot nog toe de hoogst genoteerde leeftijd voor kopvoorn in Europa.

1.1.3. Verspreiding

1.1.3.1. Kopvoorn in Europa

De kopvoorn komt in heel Europa voor (figuur 1.1.), met uitzondering van Ierland, Schotland en het noordelijk deel van Scandinavië. Een verder noordelijke verspreiding wordt vermoedelijk begrensd door de temperatuureisen van de soort. Zijn verspreidingsgebied strekt zich verder uit tot het westelijk deel van Azië en Turkije, waarbij de zuidelijke en oostelijke grenzen duidelijk samen vallen met onoverbrugbare hindernissen: het zeewater van de Middellandse Zee, de droogte van de Saoedische woestijnen en het reliëf van het Oeralgebergte.

De soort wordt niet vermeld als bedreigde vissoort, noch door Lelek (1980), noch door Bannister (1982).

Figuur 1.1. Verspreiding van kopvoorn in Europa



1.1.3.2. Historiek van de kopvoorn in België

Zowel De Selys-Longchamps (1942) als Gens (1885) vermelden dat de kopvoorn algemeen voorkomt in het Maasbekken, behalve in de zeer snelstromende riviertjes. Ook Poll (1956) bevestigt deze bevindingen, maar voegt eraan toe dat hij door de waterverontreiniging uit het Scheldebekken is verdwenen.

Volgens Bamps & Geraerts (1897) kwam de kopvoorn ook voor in de Demer (zelfs tot Aarschot) en in enkele van haar zijlopen (vooral in de Zonderikbeek). Hij werd door Timmermans in de Herk gevangen in 1957, maar Bruylants et al. (1989) vond de soort er niet meer. Uit een studie van de verspreiding van zoetwatervissen in onze Vlaamse beken en rivieren tussen 1985 en 1987 (Bruylants et al., 1989) blijkt dat er slechts enkele kopvoorns gevangen werden in twee zijriviertjes (de Vritselbeek en de Berwijn) van de Maas, wat voor de auteurs tot het besluit leidde dat de soort in Vlaanderen op het punt stond uit te sterven.

In het Waalse gedeelte van het Maasbekken komt de kopvoorn nog algemeen voor (Philippart & Vrancken, 1983).

1.1.3.3. Huidige verspreiding en status van de kopvoorn in Vlaanderen

Figuur 1.2. toont een recent overzicht van de verspreiding van de kopvoorn in Vlaanderen . In de Rode Lijst van de Vlaamse beek- en riviervissen werd de kopvoorn ondergebracht in de categorie 'Zeldzaam' (IUCN-Susceptible) (Vandelannoote & Coeck, 1998). We bespreken hierna de verspreiding en status van de soort per rivierbekken.

Het Netebekken

In tegenstelling tot wat Poll (1956) schrijft, zou volgens plaatselijke vissers de kopvoorn tot het einde van de jaren '60 of het begin van de jaren '70 nog zijn voorgekomen in de Grote Nete, met name in het traject tussen Olmen-Meerhout en Geel. Ook verder stroomafwaarts in de Grote Nete werd vroeger kopvoorn gevangen (J. De Busser, persoonlijke mededeling). In 1979 werd de soort er bij inventarisaties in ieder geval niet meer aangetroffen (Bruylants, 1979).

Sinds er in 1989 door de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen gestart werd met de herintroductie van kopvoorn in de Kleine en de Grote Nete, komt de soort er plaatselijk weer in min of meer grote populaties voor (zie verder).

Het bekken van de Mark

De kopvoorn komt nog voor in de Mark en het Merkske (Hoogstraten). De Backer (1972) meldt de vangst van enkele kopvoorns in de Noordermark te Minderhout en Baarle-Hertog. Bruylants et al. (1989) kon de aanwezigheid van de soort in het Markbekken niet meer bevestigen, maar Colazzo et al. (1997) vingen 0+ juvenielen in de benedenloop van het Merkske. Deze waarnemingen doen vermoeden dat in de Mark nog een kleine natuurlijke zichzelf instandhoudende relictpopulatie aanwezig is.

Het Demerbekken

Zoals eerder aangehaald kwam de kopvoorn volgens Bamps & Geraerts (1897) voor in de Demer (zelfs tot Aarschot) en in enkele van haar zijlopen (vooral in de Zonderikbeek). Hij werd door Timmermans in de Herk gevangen in 1957, maar Bruylants et al. (1989) vond de soort er niet meer. In 1991 ving een team van de KUL 2 exemplaren van de soort in de Kleine Gete, nabij de taalgrens (Vandelannoote et al., 1998).

In 1995 werden door de Provinciale Visserijcommissie van Vlaams-Brabant 2880 kopvoorns (8-12 cm) uitgezet in de Grote Gete te Hoegaarden. Bij een bevissing van 3 trajecten van de Grote Gete te Hoegaarden op 3 juli 1997 troffen we echter geen enkel exemplaar van de uitgezette dieren aan. Of een tweede uitzetting door de Provinciale Visserijcommissie van Vlaams-Brabant in 1998, met iets grotere kopvoorns (10-14 cm) op verschillende plaatsen in het Demerbekken (de Zwarte Beek, de Motte, de Kleine Gete en de Grote Gete) meer succesvol was, kon binnen het kader van dit project echter niet meer nagegaan worden.

De Grensmaas en enkele zijbeken

De kopvoorn komt nog in behoorlijke aantallen voor in de Grensmaas (Vriese, 1991). Daarnaast is de soort blijkbaar terug bezig aan een opmars in een aantal zijbeken van Maas. Vandelannoote et al. (1998) melden de aanwezigheid van de soort in de Voer en de Berwijn,

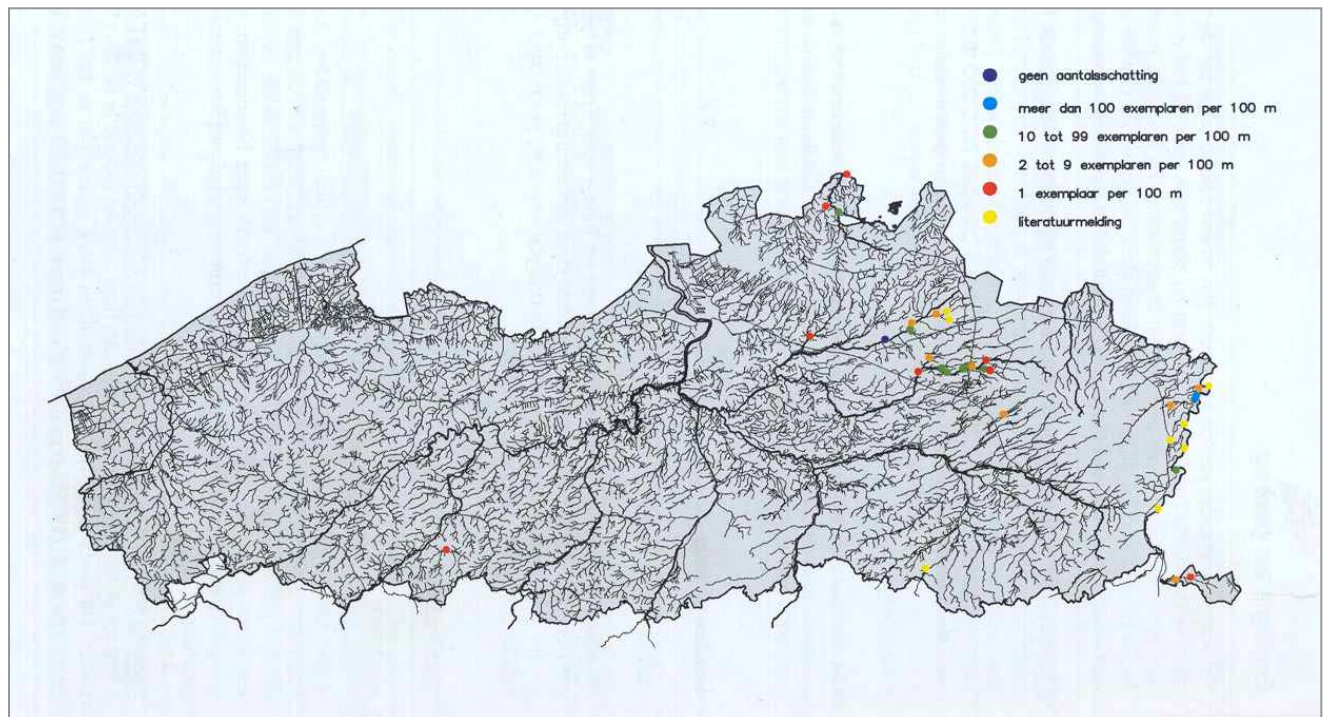
alsook in de Zanderbeek, de Bosbeek en de Zijpbeek en dit vooral in de stroomafwaartse gedeelten. In de Zanderbeek en de Zijpbeek is er volgens Viaene (1996) zelfs sprake van een vrij omvangrijke populatie met behoorlijke recrutering. Mogelijk hebben de grote overstromingen van de laatste jaren de mondingen van deze beken (tijdelijk) weer toegankelijk gemaakt voor kopvoorn uit de Maas. Enkel in de Vritselbeek, waar Bruylants et al. (1989) de soort nog aantreffen, kon Vandelannoote et al. (1998) de aanwezigheid van de soort niet meer bevestigen.

Occasionele waarnemingen in de rest van Vlaanderen

Zowel in de Kempische kanalen als in het Albertkanaal worden geregeld kopvoorns gevangen. Zo melden Yseboodt et al. (1991) de vangst van verschillende kopvoorns in het Kanaal Dessel-Turnhout-Schoten te Sint-Job-in-'t-Goor (ter hoogte van Sas 3). Vermoedelijk ging het hier om vissen uit herbepotingen, die op deze plaats door de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen werden uitgezet. Aangezien de Kempische kanalen en het Albertkanaal gevoed worden met Maaswater, is er natuurlijk steeds immigratie van de soort uit de Maas mogelijk.

Verder melden Vandelannoote et al. (1998) ook de vangst van 1 kopvoorn in de Markebeek van het Denderbekken.

Figuur 1.2. Verspreiding van de kopvoorn in Vlaanderen (naar: Vandelannoote et al., 1998)



1.1.4. Herintroductie-uitzettingen van kopvoorn in Vlaanderen

In 1989 werd door de Provinciale Visserijcommissie Antwerpen gestart met de herintroductie van de kopvoorn in de Grote en de Kleine Nete. Afhankelijk van het aanbod van de soort op de markt, werden jaarlijks enkele duizenden juveniele of adulte kopvoorns uitgezet. Meestal ging het om juvenielen die eerst gedurende 1 zomer opgekweekt werden in vijvers. Een overzicht van de kopvoorn-uitzettingen in het Netebekken tussen 1989 en 1999 wordt schematisch weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1. Overzicht van de kopvoornuitzettingen in de Grote en de Kleine Nete van 1989 tot 1999.

Uitzettingspunt	Leeftijd	Hoeveelheid	Gemiddelde lengte en/of gewicht
<i>Herbepoting 1989. Herkomst kopvoorn: Corten</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Meerhout: watermolen	1+	3000 stuks	8-10 cm
Balen: Straalmolen	1+	3000 stuks	8-10 cm
Olmen: Hoolstmolen	1+	3000 stuks	8-10 cm
<u>Kleine Nete</u>			
Lichtaart	1+	2000 stuks	8-10 cm
Kasterlee (Oostereind)	1+	2000 stuks	8-10 cm
Kasterlee (Stwg. Retie)	1+	2000 stuks	8-10 cm
Watermolen Retie	1+	2000 stuks	8-10 cm
Witte Nete	1+	850 stuks	8-10 cm
<i>Herbepoting 1990. Herkomst kopvoorn: Corten</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Meerhout: watermolen	2+/3+	18 kg	15-27 cm
Balen: Straalmolen	2+/3+	18 kg	15-27 cm
Olmen: Hoolstmolen	2+/3+	18 kg	15-27 cm
<u>Kleine Nete</u>			
Lichtaart	2+/3+	12 kg	15-27 cm
Kasterlee (Oostereind)	2+/3+	12 kg	15-27 cm
Kasterlee (Stwg. Retie)	2+/3+	12 kg	15-27 cm
Watermolen Retie	2+/3+	8 kg	15-27 cm
Witte Nete	2+/3+	8 kg	15-27 cm
Zwarte Nete	2+/3+	3 kg	15-27 cm
<i>Herbepoting 1991. Herkomst kopvoorn: X. Van de Put</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Geel - Malesbroek	?	10 kg/21 st	gem. 31,2 cm/427 g
Meerhout: watermolen	?	10 kg/18 st	gem. 31,2 cm/427 g
Balen: Straalmolen	?	10 kg/18 st	gem. 31,2 cm/427 g
Olmen: Hoolstmolen	?	27 kg/78 st	gem. 31,2 cm/427 g
<i>Herbepoting 1993. Herkomst kopvoorn: Piscimeuse</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Meerhout: watermolen	0+	2 kg	ca. 5 cm/2,5 g
Balen: Straalmolen	0+	2 kg	ca. 5 cm/2,5 g
Olmen: Hoolstmolen	0+	2,4 kg	ca. 5 cm/2,5 g
<u>Kleine Nete</u>			
Lichtaart	0+	4,9 kg	ca. 5 cm/2,5 g
Kasterlee - molen	0+	6,2 kg	ca. 5 cm/2,5 g
Watermolen Retie	0+	6,1 kg	ca. 5 cm/2,5 g

Tabel 1.1. (Vervolg). Overzicht van de kopvoornuitzettingen in de Grote en de Kleine Nete.

<i>Uitzettingspunt</i>	<i>Leeftijd</i>	<i>Hoeveelheid</i>	<i>Gemiddelde lengte en/of gewicht</i>
<i>Herbepoting 1994</i>			
<i>Herkomst kopvoorn Grote Nete: Piscimeuse (opgekweekt te Rijkevorsel)</i>			
<i>Herkomst kopvoorn Kleine Nete: Piscimeuse (opgekweekt te Lozen)</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Westerlo	1+	200 stuks	ca. 15 cm
Geel - Malesbroek	1+	200 stuks	ca. 15 cm
Meerhout: watermolen	1+	200 stuks	ca. 15 cm
Balen: Straalmolen	1+	200 stuks	ca. 15 cm
Olmen: Hoolstmolen	1+	200 stuks	ca. 15 cm
<u>Kleine Nete</u>			
Grobbendonk	1+	840 stuks	ca. 15 cm
Herentals	1+	840 stuks	ca. 15 cm
Lichtaart	1+	840 stuks	ca. 15 cm
Kasterlee	1+	840 stuks	ca. 15 cm
Watermolen Retie	1+	840 stuks	ca. 15 cm
<i>Herbepoting 1995 (uitzetting 21 en 29/11/95). Herkomst kopvoorn: Piscimeuse (opgekweekt te Rijkevorsel)</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Geel - Malesbroek	1+	415 stuks	10-13 cm
Meerhout: watermolen	1+	853 stuks	10-13 cm
Balen: Straalmolen	1+	855 stuks	10-13 cm
Olmen: Hoolstmolen	1+	890 stuks	10-13 cm
<i>Herbepoting 1996 (uitzetting 19 en 21/03/97). Herkomst kopvoorn: Corten (opgekweekt te Rijkevorsel)</i>			
<u>Grote Nete</u>			
Geel - Malesbroek	1+	500 stuks	9-12 cm
Meerhout: watermolen	1+	1050 stuks	9-12 cm
Balen: Straalmolen	1+	1005 stuks	9-12 cm
Olmen: Hoolstmolen	1+	1011 stuks	9-12 cm

Daarnaast werden door de Provinciale Visserijcommissie van Vlaams-Brabant tussen 1995 en 1999 op verschillende plaatsen in het Demerbekken kopvoorns uitgezet. Een overzicht van de uitzettingen in het Demerbekken wordt weergegeven in tabel 1.2.

Tabel 1.2. Overzicht van de kopvoornuitzettingen in Vlaams-Brabant van 1995 tot 1999.

<i>Uitzettingspunt</i>	<i>Datum</i>	<i>Hoeveelheid</i>	<i>Gemiddelde lengte en/of gewicht</i>
<i>Herbepoting 1995</i>			
Grote Gete (Hoegaarden: watermolen)	11/10/95	2880 stuks	8-12 cm (22,3 kg)
<i>Herbepoting 1998</i>			
Grote Gete (Hoegaarden: watermolen)	26/10/98	375 stuks	10-14 cm (6,0 kg)
Zwarte beek (Gestelse molen)	26/10/98	565 stuks	10-14 cm (9,0 kg)
Motte (Rillaar)	26/10/98	190 stuks	10-14 cm (3,0 kg)
Kleine Gete (Koningsmolen)	26/10/98	565 stuks	10-14 cm (9,0 kg)

1.1.5. Onderzoek naar de herintroductie kopvoorn

1.1.5.1. De problematiek van herintroducties

De rechtstreekse invloed van de mens op zijn omgeving (intensivering van de landbouw, verstedelijking, industrialisatie) en de daarmee gepaard gaande vervuiling en versnippering van de nog resterende natuur, hebben ertoe geleid dat steeds meer soorten aan een angstwekkend tempo lokaal en zelfs mondiaal verdwijnen. Natuurlijke habitats worden verwoest en de populaties die er alsnog in slagen te overleven, verliezen contact met andere populaties van dezelfde soort, waardoor de mogelijkheid tot uitwisseling van genetisch materiaal tussen verschillende populaties verhinderd wordt.

In een poging om deze tendens tegen te gaan, werden en worden dieren en planten uitgezet op verschillende plaatsen (al dan niet de plaats waar deze soort in het verleden voorkwam). Ook het uitzetten van vis is een techniek die regelmatig wordt angewend, voornamelijk in het kader van visserijbeheer maar ook ten behoeve van het natuurbehoud. Dit gebeurt in de overtuiging dat dergelijke ingrepen zullen bijdragen tot de verbetering van de kwaliteit of kwantiteit van de vangsten en dat ze op langere termijn zelfs positieve effecten zullen hebben op de algemene visstand. Jaarlijks worden door allerlei interessegroepen duizenden uitzettingen uitgevoerd, waarmee miljoenen vissen gemoeid gaan.

Terwijl aanzienlijke geldsommen besteed worden aan de uitvoering van deze (her)bepotingen, dient opgemerkt te worden dat in het verleden relatief weinig van deze projecten op voldoende grondige wijze werden geëvalueerd. Nochtans is reeds meerdere malen bewezen dat ze zelden tot positieve resultaten leiden op lange termijn. De oorzaken kunnen wellicht gezocht worden in de willekeurige uitvoering van deze uitzettingen zonder een duidelijke formulering van de doelstellingen of een a priori onderzoek naar de haalbaarheid van het project. De kansen op slagen van dergelijke projecten kunnen op gevoelige wijze worden verbeterd door het duidelijk definiëren van de doelstellingen en het maken van een planning, die het bereiken van deze doeleinden nastreeft. Een zorgvuldige voorbereiding en een wetenschappelijke opvolging van herintroducties zijn nochtans de sleutel tot het welslagen van een dergelijk programma, dat kan gedefinieerd worden als **'het bekomen van een vrije, leefbare en zichzelf reproducerende populatie van een soort, die in vrije wisselwerking staat met zijn omgeving'** (Jungius, 1985). Een overzicht van de problematiek rond de herintroductie van vissoorten wordt gegeven door Colazzo et al. (1997).

Ondanks de relatief talrijke studies rond de ecologie van kopvoorn, vnl. in Engeland en Polen (o.a. Penczak et al., 1976; Mann, 1976; Copp, 1992a, 1992b; Copp & Jurajda, 1993; Baras et al., 1995; Garner, 1996) werd rond herintroducties van deze soort, in België of elders, tot op heden zeer weinig gepubliceerd. Enkel Colazzo et al. (1997) voerden in opdracht van de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen een eerste evaluatie uit naar de herintroductie van de soort in het stroomgebied van de Grote en de Kleine Nete. Een mogelijke reden hiervoor is de beperkte interesse die hiervoor bestaat, in vergelijking met commercieel interessante vissoorten zoals zalm en forel, waarrond de laatste decennia heel wat onderzoek verricht wordt. Anderzijds worden herintroducties van kopvoorn vermoedelijk slechts op een beperkt aantal plaatsen uitgevoerd, vermits het in de rest van Europa een nog veel voorkomende soort is.

1.1.5.2. Herintroductie van kopvoorn in het stroomgebied van de Kleine Nete

De uitgevoerde herintroductie van kopvoorn in de bovenloop tot de middenloop heeft blijkbaar enkel geleid tot een zichzelf reproducerende populatie in de Daalmansloop (Geel / Kasterlee). Het

gaat in dit geval om een zeer klein gebied (1 km waterloop) van waaruit de vissen zich waarschijnlijk in beperkte mate stroomafwaarts verspreiden in de Kleine Nete.

Stroomopwaartse kolonisatie van de bovenlopen wordt tegengehouden door de aanwezigheid van stuwen. Het eerste obstakel is de stuw ter hoogte van de watermolen van Kasterlee. De geplande projecten voor de aanleg van visdoorgangen in de Kleine Nete zullen in de toekomst, in beperkte mate, voor verspreiding van de soort naar de bovenlopen zorgen.

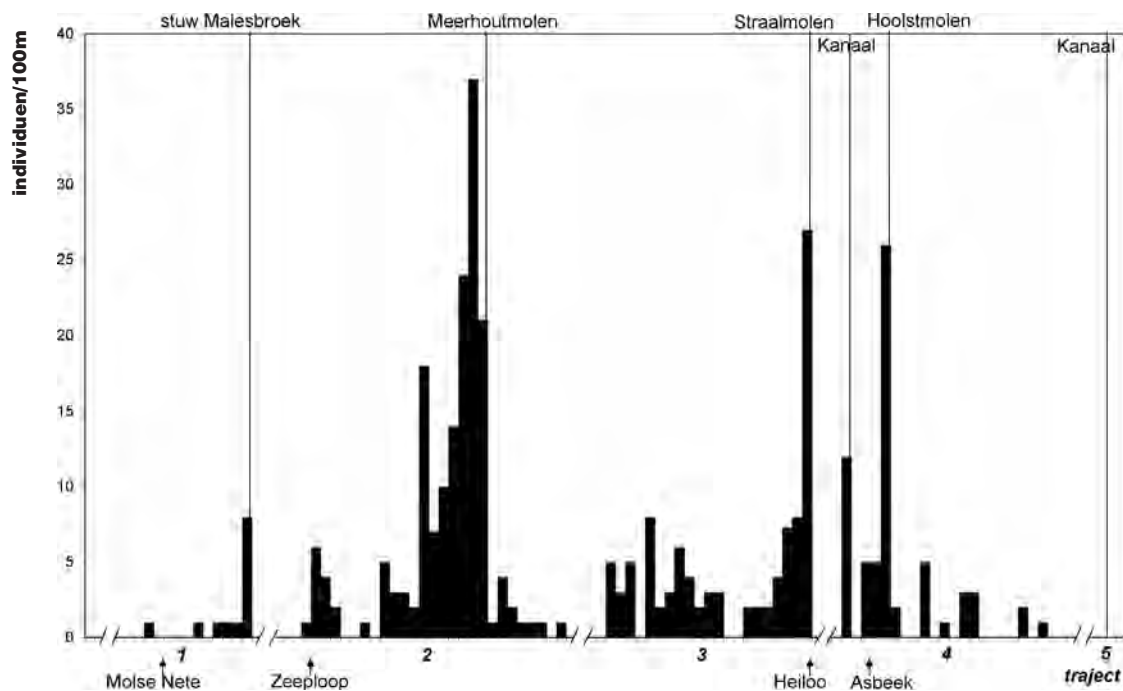
Bij ongewijzigd beheer zijn Colazzo et al. (1997) echter pessimistisch over mogelijke voortplanting van de soort in de bovenlopen van de Kleine Nete, aangezien de uitzettingen van voorgaande jaren in het stroomgebied boven de stuw van Kasterlee niet geleid hebben tot een reproducerende populatie. De bovenlopen van de Kleine Nete, die voor het grootste deel sterk gereguleerd zijn, bieden vermoedelijk te weinig geschikte paaiplaatsen voor adulten en/of niet genoeg opgroeihabitat voor larven en juvenielen. Colazzo et al. (1997) menen het daarom belangrijk dat er in de eerste plaats beekherstel wordt uitgevoerd, zoals voorgesteld in het "Pilotproject voor de bescherming van de Kleine Nete" (Yseboodt et al., 1991). Hierdoor zou in de Witte Nete en in de Desselse Nete een méér optimaal biotoop voor kopvoorn kunnen ontstaan. Daarnaast kan via de aanleg van visdoorgangen voor paaihabitat gezorgd worden, indien deze ten minste als een goed voortplantingshabitat aangelegd worden. De helling uit stortsteen, die als visdoorgang stroomopwaarts de monding van de Wamp voorzien is, kan misschien reeds dienst doen als sneller stromend habitat voor het afleggen van eieren. Voldoende stroomkuilen en schuilplaatsen met wat dood hout in de buurt kunnen vermoedelijk de geschiktheid van het habitat nog verhogen. Verder zou ook de geplande visdoorgang, voorzien als een lang omleidingskanaal rond de watermolenstuw van Retie, mits ingericht met afwisselend sneller en trager stromende delen en stroomkuilen, een geschikte voortplantingsplaats worden voor kopvoorn en andere stroomminnende soorten.

In de overige zijlopen van de Kleine Nete zijn volgen Colazzo et al. (1997) weinig geschikte reproductiehabitats aanwezig. Het betreft immers voor het grootste deel sterk geregleerde (gekanaliseerde) beken, die door het uitgebreid ruimingsbeleid grotendeels ongeschikt zijn voor de soort. Beekherstel en een meer ecologisch beheer zijn hier eerst noodzakelijk.

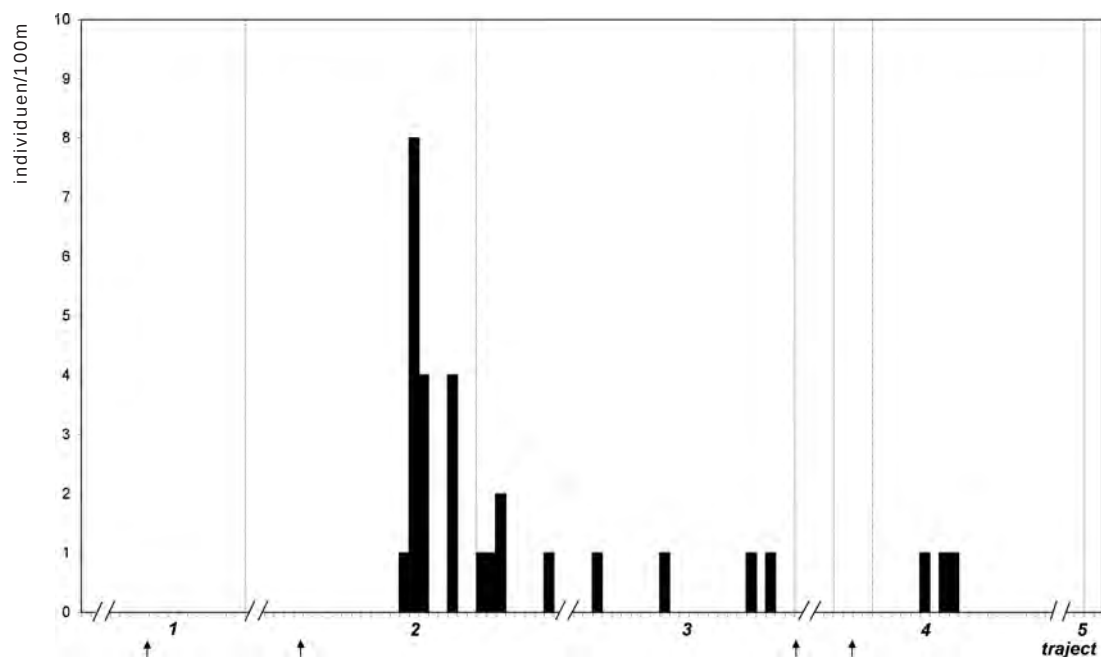
1.1.5.3. Herintroductie van kopvoorn in het stroomgebied van de Grote Nete

Het resultaat van de herintroductie van kopvoorn in het stroomgebied van de Grote Nete is een vrij goede verspreiding van de soort, van stroomafwaarts de monding van de Molse Nete (Geel) tot stroomopwaarts de monding van de Hoofdgracht (Balen), met kolonisatie van o.a. het benedenloop-traject van de Molse Nete (tot de molenstuw van Kievermont) en de Asbeek tot aan de monding van de Brisdilloop. De densiteit is echter op de meeste plaatsen laag tot zeer laag. Enkel in een beperkt aantal trajecten komt een hogere densiteit aan kopvoorn voor (Colazzo et al, 1997). Een overzicht van de verspreiding van de kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete wordt gegeven in figuur 1.3. In figuur 1.4. wordt een overzicht gegeven van de opbouw van de kopvoornpopulatie in de Grote Nete, zoals die aanwezig was tijdens de zomer van 1996.

Figuur 1.3. Overzicht van de verspreiding van alle gevangen kopvoorns in de hoofdloop van de Grote Nete. Per traject van 100 m wordt de densiteit (CPUE) aan gevangen kopvoorns voor 1 elektrische bevissing van het traject weergegeven. Tevens worden de obstakels (stuwen, kanalen) in het bestudeerde gebied weergegeven. (naar: Colazzo et al., 1997)



Figuur 1.4. Overzicht van de verspreiding van alle gevangen 0+ juvenielen van kopvoorns in de hoofdloop van de Grote Nete. Per traject van 100 m wordt de densiteit (CPUE) aan gevangen kopvoorns voor 1 elektrische bevissing van het traject weergegeven. Tevens worden de obstakels (stuwen, kanalen) in het bestudeerde gebied weergegeven. (naar: Colazzo et al., 1997)

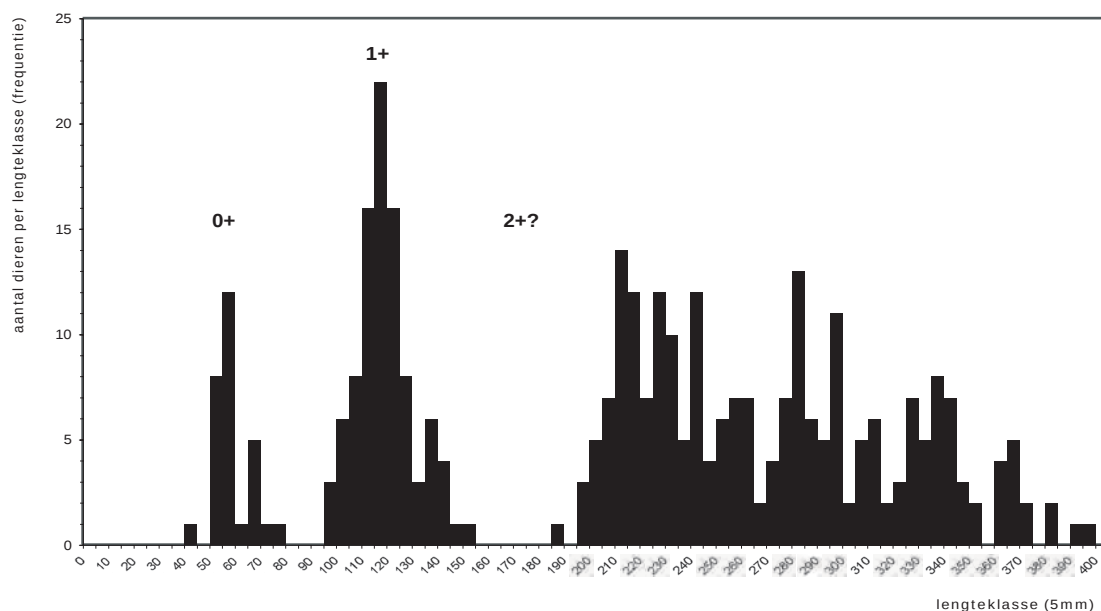


In het traject van de Grote Nete tussen de stuw aan het Malesbroek en de monding van de Hoofdgracht, een traject van een 15-tal km, is er een beperkte natuurlijke recrutering van de soort. Een goede recrutering komt énkél voor in het traject van $\pm 1,5$ km onder de watermolen van Meerhout (figuur 1.5). Op alle andere plaatsen is de recrutering eerder beperkt te noemen, maar de jaarlijkse (aanvullende) uitzettingen zorgen ervoor dat er toch over een groot deel van de boven- en middenloop kopvoorns voorkomen.

De overleving, 6 maanden uitzetting, van 1+ juvenielen wordt in de Grote Nete in 1996 door Colazzo et al. (1997) op 4,1 % geraamd voor het traject tussen de Straalmolen en de Meerhoutmolen en op 5,5 % in het traject tussen de Meerhoutmolen en de stuw ter hoogte van de baan Meerhout-Geel. Hoewel deze overlevingscijfer niet bijzonder hoog lijken, zijn de jarenlange uitzettingen blijkbaar toch voldoende geweest om op verschillende plaatsen in het stroomgebied een levensvatbare populatie van de soort op te bouwen.

Als besluit stellen Colazzo et al. (1997) dat, in het kader van een integraal beheer van de rivieren, zou moeten gezocht worden naar oplossingen die enerzijds voor een beter habitataanbod zorgen voor soorten als kopvoorn en die anderzijds de migratieknelpunten wegwerken en vervangen door sneller stromende biotopen die paai- en opgroeiplaatsen bieden aan de kopvoorn. De eerste waarnemingen van Colazzo et al. (1997) wijzen immers in de Grote Nete vooral op een gebrek is aan paaihabitat voor adulten en/of aan opgroeihabitat (schuilplaatsen, voedingshabitats) voor 0+ juvenielen, al zou verder onderzoek hierover uitsluitsel moeten geven. Momenteel worden er in het stroomgebied van de Grote Nete enkel plannen uitgewerkt om de molenstuw van Meerhout van een visdoorgang te voorzien.

Figuur 1.5. Overzicht van de populatieopbouw van de kopvoornpopulatie in de boven- en middenloop van de Grote Nete, in de zomer van 1996 (naar: Colazzo et al., 1997).



1.2. Het studiegebied : de Grote Nete

Als studiegebied voor een diepgaander onderzoek naar een aantal aspecten van de herintroductie en het herstel van kopvoornpopulaties werd in de eerste plaats gekozen voor het Netebekken. Deze keuze is te verantwoorden, aangezien uit eerder onderzoek (Colazzo et al., 1997) is gebleken dat er op een aantal plaatsen in het stroomgebied sprake is van de opbouw en het herstel van een reproducerende populatie die ook nog een voldoende hoge densiteit kent om onderzoek op populatieniveau toe te laten. Het zwaartepunt van ons onderzoek concentreert zich in de middenloop van het stroomgebied ter hoogte van Meerhout, waar de beste reproductie en de hoogste densiteit aangetroffen worden.

Daarnaast werd ook nog een evaluatie gemaakt van de tot nog toe enige herintroductie van kopvoorn in Vlaanderen buiten het stroomgebied van de Netes, met name in de Grote Gete. Aangezien deze evaluatie zich beperkte tot een eenmalige bevissing van 3 trajecten en aangezien geen enkele kopvoorn in de drie trajecten aangetroffen werd, laten we een uitgebreide bespreking van dit studiegebied achterwege.

1.2.1. Situering van het studiegebied (naar Bervoets & Schneiders, 1990)

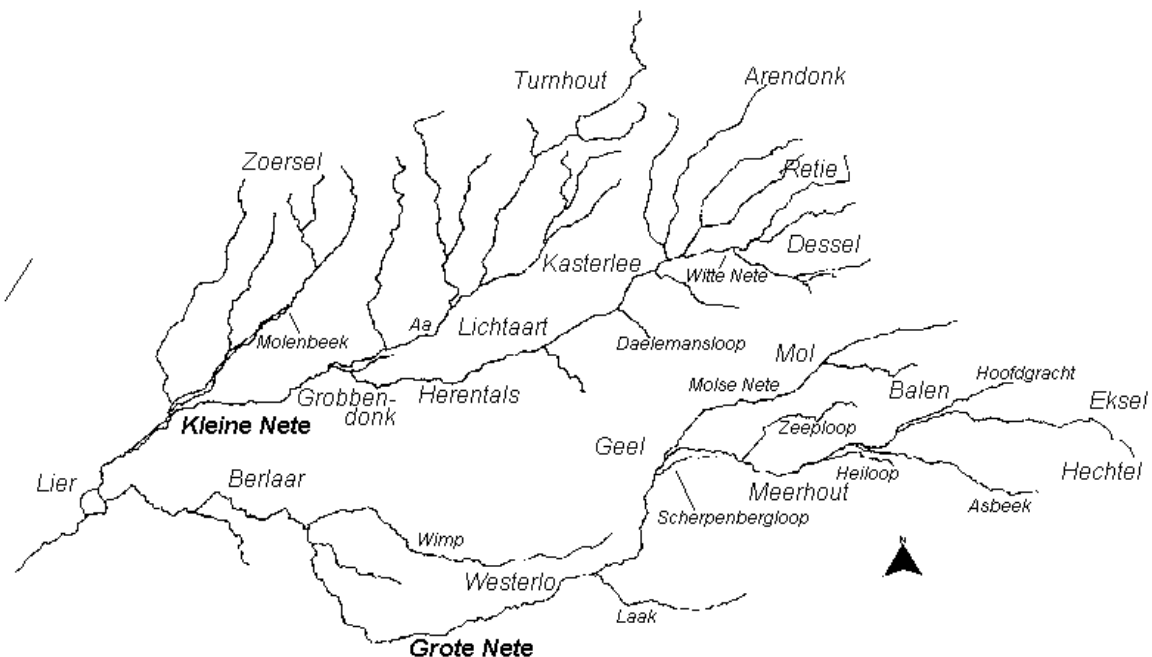
Het Netebekken behoort tot het stroomgebied van de Schelde. De totale oppervlakte bedraagt ongeveer 1680 km². Het bestaat uit twee grote subbekkens: het stroomgebied van de Kleine Nete (815 km²) en dat van de Grote Nete (730 km²), die in Lier samenvloeien en daar de Beneden Nete (135 km²) vormen (figuur 1.6.). Heel het stroomgebied wordt doorsneden door talrijke kanalen, die gevoed worden met Maaswater.

De belangrijkste zijlopen van de Kleine Nete zijn de Aa, de Wamp en de Molenbeek-Bollaak, die alle ten noorden van de Kleine Nete zijn gesitueerd. Ze ontspringen op de Kempische microcuesta en stromen in zuidwestelijke richting. De zijbeken ten zuiden van de Kleine Nete zijn kleiner en hebben een geringer debiet. Ze ontspringen op de noordelijke helling van een microcuesta die beide Netes van elkaar scheidt en stromen in noordelijke en noordwestelijke richting (Vandelannoote & Verheyen, 1985). Het bovenlopenstelsel van de Kleine Nete is een verzameling van kleine beken (Looiendse Nete, Klein Neetje, Zwarte Nete, Desselse Nete, Voorste Nete, Achterste Nete, Witte Nete). Het bevindt zich op de overgang van de Kempische microcuesta naar het Kempisch Plateau en is daarom meer westelijk georiënteerd. De eigenlijke bovenloop van de Kleine Nete, de Waterstraatloop, is van het stroomgebied afgesneden door de aanleg van de zandwinningsputten (de Miramar te Mol-Sluis). Stroomafwaarts verandert de naam in Witte Nete.

De belangrijkste zijrivieren van de Grote Nete worden gevormd door de Molse Nete, de Grote Laak en de Wimp. De Molse Nete, de Grote Nete en de Grote Laak ontspringen op de zuidwestelijke flank van het Kempisch Plateau, waarna de zandelijke laagvlakte wordt doorlopen in westelijke richting. De Wimp ontspringt op het interfluvium tussen beide Netes nabij Geel, stroomt ongeveer parallel met de Grote Nete en mondt erin uit te Herenthout.

De Beneden Nete verbindt de Kleine en de Grote Nete met de Rupel en stroomt in zuidwestelijke richting. Haar zijbeken, waarvan de belangrijkste de Ifterbeek is, verlopen meestal volgens een noordwest-zuidoost gerichte as (Vercauteren & Verheyen, 1984).

Figuur 1.6. Situering van de Grote en de Kleine Nete met hun belangrijkste zijlopen



De Kleine en de Grote Nete zijn typische Kempense laaglandbeken. Ze hebben een klein verval en van nature een sterk meanderend karakter. Meestal worden vrij lage stroomsnelheden gemeten (0,1 tot 0,5 m/s), die uitzonderlijk kunnen oplopen tot ongeveer 1 m/s na perioden van extreem hevige neerslag (Verheyen & Vercauteren, 1981). De rivierbedding bestaat voornamelijk uit ijzerhoudend zand en zandsteen.

De beken van de Kleine en de Grote Nete hebben geen echte bron maar worden gevoed door oppervlakkig kwelwater dat via een netwerk van grachten en sloten in de beek terecht komt. De waterlopen ontvangen hun water voornamelijk d.m.v. infiltratie van het oppervlaktewater. De stijging (vochtige perioden) en daling (droge perioden) van de grondwaterspiegel kan leiden tot aanzienlijke debietschommelingen, waardoor zowel de bovenloop als de kleinere zijloopjes vaak droog komen te staan.

De getijdenwerking op de Grote Nete is merkbaar tot in Itegem. Op de Kleine Nete is de tijwerking waarneembaar tot Grobbendonk.

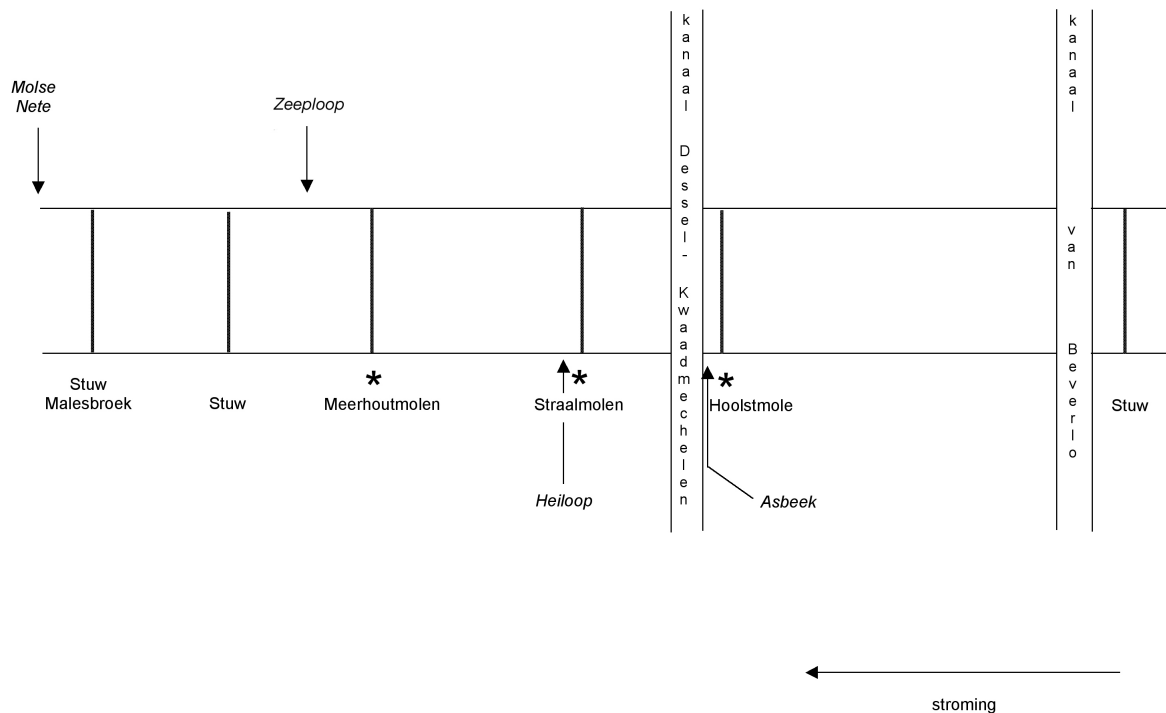
1.2.2. De fysische kwaliteit

De waterlopen van de Kleine en de Grote Nete werden zeer vroeg aangepast aan de noden van de samenleving. Reeds in de Middeleeuwen werden waterlooptrajecten gekanaliseerd en waterbekkens aangelegd om in de behoeften van voedsel (riviervisserij), energie (oude molens) en transport (scheepvaart) te voorzien.

De jaren '60 en '70 vormen de periode van de grote reguleringswerken. Deze periode komt ook overeen met de periode waarin soorten zoals kopvoorn uit het Netebekken verdwenen zijn. Herkalibratiewerken werden uitgevoerd om wateroverlast tegen te gaan en om de valleigebieden,

veelal met veengronden, te ontginnen voor de landbouw. Grote delen van het bekken werden herleid tot brede, rechte kanalen waar stuwen voor de gewenste waterhoogte zorgen. Een schematisch overzicht van de verschillende obstakels (stuwen en duikers onder kanalen in de boven- en middenloop van de Grote Nete worden weergegeven in figuur 1.7.).

Figuur 1.7. Schematisch overzicht van stuwen, watermolens en kanaalduikers in de Grote Nete tussen de monding van de Molse Nete en het brongebied.



Zowel de werken zelf (uniforme uitbaggering, rechtekking,...) als de gebruikte materialen (beton, tropisch hardhout,...) leidden tot een verregaande verarming van het habitataanbod van de rivier, waarbij fysisch interessante delen van de rivier zoals onderspoelde oevers, afwisselende diepten/ondiepten (pool-riffle patroon), overhangende oeverbegroeiing enz. op vele plaatsen volledig werden weggewerkt.

In 1982 werd in het kader van het Sigmaplan door de Dienst der Zeeschelde gestart met de saneringswerken aan de beneden- en middenloop van de Grote Nete en de benedenloop van de Kleine Nete. Over het volledig verloop werden verdiepingen, profielverruiming, dijkverhogingen en oeververstevingen uitgevoerd.

Op dit ogenblik zijn enkel nog de bovenloop en een deel van de middenloop van de Grote Nete (tot Meerhout) en de Desselse Nete en het Klein Neetje uit het bovenloopstelsel van de Kleine Nete, van verregaande herkalibratie en rechtekking gespaard gebleven.

1.2.3. De waterkwaliteit

Monitoring van de waterkwaliteit van de Kleine en de Grote Nete wordt sinds 1983 systematisch uitgevoerd door de U.I.A., in opdracht van de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen. De resultaten hiervan werden telkens in een tweejaarlijks rapport gebundeld. In 1997 werd tevens een tienjaarlijks overzicht van de waterkwaliteit opgesteld (Yseboodt et al., 1997). De recente rapporten van 1997 en 1999 komen tot het besluit dat de waterkwaliteit in het Netebekken in positieve zin evolueert, hoewel enkele trajecten door toenemende vervuiling nog problematisch blijken. We vernoemen hier enkel die trajecten, die ons in het kader van het kopvoorn-onderzoek aanbelangen:

- Lozingen van huishoudelijk afvalwater te Hechtel blijven de bovenloop van de Grote Nete verontreinigen terwijl diverse saneringsmaatregelen reeds jarenlang worden aanbevolen (Van Loon, 1986; Yseboodt et al., 1991; Yseboodt et al., 1993; Yseboodt et al., 1997; Yseboodt et al., 1999).
- Ondanks de goede zuurstofhuishouding, zorgt de toenemende zink- en cadmiumvervuiling in de Scheppelijke Nete voor problemen in de Molse en de Grote Nete. Ook hier is in diverse rapporten reeds gewezen op de nodige sanering van de zware (industriële) verontreiniging (Coeck & Verhaert, 1990; Yseboodt et al., 1991; Yseboodt et al., 1993; Yseboodt et al., 1997; Yseboodt et al., 1999).

Zowel de vervuiling zelf als de hieruit resulterende zuurstofdaling kunnen een water ongeschikt maken voor o.a. de voortplanting van vissen en in ultieme gevallen leiden tot vissterftes.

Zeer positieve ontwikkelingen wat betreft de waterkwaliteit werden in 1996 waargenomen in de Asbeek (zijbeek van de Grote Nete), waar enkele maanden na de sanering van de zwaarste lozingspunten van rioolwater, duidelijke verbeteringen in de fysisch-chemische kwaliteit werden vastgesteld - een evolutie die kort nadien werd bevestigd door gevoelige verbeteringen in de visstand, met o.a. een uitbreiding van de verspreiding van de kopvoorn.

Tevens dienen we te vermelden dat sinds 10/05/1999 nu ook de verontreiniging van de bovenloop van de Grote Nete te Hechtel gestopt werd, door de afvoer van het afvalwater naar een RWZI. Hierdoor wordt dus, wat de waterkwaliteit betreft, in principe de hele bovenloop van de Grote Nete geschikt voor de voortplanting van kopvoorn.

2. Materiaal en methoden voor het populatieonderzoek en het onderzoek naar de habitatbinding van kopvoorn

2.1. Elektrische visvangst

2.1.1. Principe

Het basisprincipe van deze vistechiek is het opwekken van een elektrisch veld in het water tussen twee erin ondergedompelde elektroden, met de bedoeling een zwemreactie uit te lokken bij de vissen die zich in de buurt van de elektroden bevinden, of deze tenminste te verdoven om ze bij het bovendrijven met een net op te scheppen (Coeck, 1996). De elektrische stroom, opgewekt door een generator of batterij, wordt via geleiders (elektroden) in het water verspreid. Het water fungeert beide als weerstand en als geleider. Bij gebruik van gelijkstroom is sprake van één of meerdere positieve handelektroden (anode) en een negatieve elektrode (kathode).

De mate waarin een vis reageert op deze stroom is afhankelijk van heel wat factoren, waarvan de meeste niet door de mens kunnen worden gecontroleerd. We geven hierna een overzicht van de voornaamste factoren:

- ➔ stroomsterkte / (Ampère):
De stroomsterkte wordt bepaald door de geleverde spanning V (Volt) en de weerstand R (Ohm) van de geleiders (o.a. het water) volgens de formule: $I = V/R$.
- ➔ vorm en grootte van de elektrode:
Het is wenselijk de “gevaarzone” (dicht bij de elektrode - kan dodelijk zijn) te minimaliseren terwijl de “effectieve zone” (waarbinnen de vissen reageren op de stroom) zo groot mogelijk gehouden wordt (Novotny, 1990).
- ➔ stroomtype:
Bij de door ons gebruikte gelijkstroom zwemt de vis, eens hij in de invloedssfeer van de handelektrode terecht komt, naar de positieve pool (anode) toe terwijl wisselstroom geen gerichte maar spastische zwembeweging uitlokt of soms enkel verdovend werkt.
- ➔ grootte van de vis:
Grote vissen ervaren een groter potentiaalverschil tussen kop en staart dan kleinere soortgenoten, waardoor zij beter reageren op elektriciteit.
- ➔ vissoort:
Sommige vissoorten zijn veel gevoeliger voor elektrische stroom dan andere, hetgeen de vangstefficiëntie beïnvloedt. Hierin speelt o.a. de geleidbaarheid van het lichaam van de vis een rol (Kolz & Reynolds, 1990).
- ➔ watertemperatuur en -geleidbaarheid:
Koudbloedige dieren zoals vissen, zijn voor hun metabolisme afhankelijk van de omgevingstemperatuur en zullen ook in hun reactie op elektriciteit verschillen in functie van de heersende watertemperatuur. Bij stijgende geleidbaarheid zal bovendien de stroomsterkte tussen de elektroden toenemen.

Andere factoren die de vangstefficiëntie kunnen beïnvloeden zijn:

- ➔ habitatkenmerken:
In uniforme habitats, waar de bewegingen van de vis niet beperkt worden door obstakels zoals waterplanten, wortels e.d., hebben de vissen eerder de neiging weg te vluchten bij verstoring. Hierdoor wordt het moeilijker de vis binnen de “efficiënte zone” van de elektrode te krijgen.

Anderzijds kunnen potentieel meer vissen gevangen worden in habitats met meer waterplanten, vermits vissen daar meer gegroepeerd voorkomen. Diezelfde planten kunnen de vissen terzelfdertijd minder zichtbaar maken voor het visteam, waardoor ze in extremis nog zouden kunnen ontsnappen.

→ helderheid van het water:

Ondanks goede reactie van de vissen op de elektrische stroom, bestaat de mogelijkheid dat ze onopgemerkt blijven door de troebelheid van het water.

→ diepte en breedte van de rivier:

Aangezien de invloedssfeer van de elektrode beperkt is, kunnen vissen, die zich op de rand van het spanningsveld bevinden, vluchten naar plaatsen waar men met de elektrode niet meer bij kan.

→ ervaring van het visteam:

“Oefening baart kunst” geldt ook in deze discipline. Zowel degenen die de elektroden hanteren als de personen met het schepnet moeten de vissen zo snel mogelijk opmerken en hier efficiënt op reageren.

2.1.2. Verantwoording methode

Voor stromende wateren van beperkte afmetingen, qua diepte en breedte, is elektrische visvangst veruit de meest geschikte vangsttechniek. Tot deze bevinding kwam ook Mann (1979) die de efficiëntie van verschillende vangsttechnieken testte in de studie van de populatie-opbouw van snoek.

Het gebruik van gelijkstroom heeft het voordeel dat de vissen binnen de invloedssfeer van de elektroden gedwongen maar gericht zwemmen in de richting van de positieve handelektrode. Hoewel langdurige blootstelling ook hier tot tetanos kan leiden, wordt de kans dat de dieren onnodig lang in het elektrisch veld liggen geminimaliseerd door het feit dat ze snel opgemerkt worden door het visteam.

2.1.3. Werkwijze en apparatuur op het veld

Voor al onze bemonsteringen werkten we met een 230 V wisselstroomgenerator (Honda 2,4 kVA), die via een Electracatch WFC 7 controlebox verbonden was met de elektroden. De controlebox, die wisselstroom omzet in een vlakke gelijkstroom, werd steeds ingesteld op 200 V. Afhankelijk van de geleidbaarheid van het water werd op deze manier een stroom van 2-9 A opgewekt tussen de elektroden.

Er werd steeds in stroomopwaartse richting gewerkt, omdat de bedwelmden vissen dan met de stroming van het water meedrijven in de richting van de schepnetten en omdat de vertroebeling van het water zo achter het werkplek plaatsvindt, waardoor de verdoofde vissen zichtbaar blijven. De elektrische apparatuur werd in een kleine plastic sloep geplaatst, samen met 1 of meerdere met water gevulde plastic kuipen, waarin de gevangen vissen werden bewaard. De kathode, een gevlochten metalen lint, hing hierbij achteraan uit de sloep in het water. De persoon die de handelektrode bediende, trok de sloep voort zodat degenen met het schepnet vrij konden bewegen om alle verdoofde vissen op te scheppen.

2.1.4. Bemonsteringsstrategie

Er dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de bemonsteringsstrategie in trajecten die bevestigd werden voor populatiestudies en deze die bemonsterd werden voor habitatstudies.

Voor de populatiestudies gebruikten we in een aantal gevallen de CPUE-methode (Catch per Unit Effort). Bij deze methode worden alle trajecten éénmaal met dezelfde inspanning bevestigd zodat we een idee kregen van de relatieve dichtheid van de verschillende trajecten. Op deze manier kan in relatief beperkte tijd een groot aantal trajecten bevestigd worden. Daarnaast werden een aantal trajecten twee maal na elkaar bevestigd, waarbij de dieren tussen twee opeenvolgende vangsten niet werden vrijgelaten zodat aantalsschattingen konden worden gemaakt met behulp van de depletiemethode van De Lury (Laurent & Lamarque, 1975). Deze techniek liet ons vervolgens toe om een gemiddelde efficiëntie voor de eerste vangst te berekenen, zodat ook voor eenmalig bemonsterde trajecten dichtheidsschattingen konden gemaakt worden.

Voor de microhabitatstudies bevisten we de trajecten ook éénmalig, maar werden puntbevissingen uitgevoerd (techniek van de Point Abundance Sampling of PAS). Hierbij werd de positieve elektrode willekeurig (15 maal per riviertraject van 10 m) in het water gestoken en werden de vissen die zich in de omgeving van de elektrode bevonden verrast en verdoofd.

2.1.5. Manipulatie van de vis

Alle gevangen vissen werden in afgesloten bakken met water bewaard, aangezien kopvoorns snel de neiging hebben om uit een kuip te springen. De kuipen werden steeds belucht om zuurstofgebrek te voorkomen. De kopvoorns werden vóór manipulatie verdoofd in een oplossing van MS222 (0,2 g/l) of 2-Phenoxy-ethanol (0,4 ml/l).

2.1.6. Lengtemeting

Van alle gevangen kopvoorns werd de individuele lengte gemeten. Hierbij werd geopteerd voor de vorklengte, die gemeten wordt vanaf de voorste rand van de gesloten mond tot het uiteinde van de mediane staartvinstralen. Alternatieve lengtematen zijn de totale lengte, waarbij gemeten wordt tot het uiteinde van de grootste lob van de staartvin, of de standaardlengte, die de lengte geeft van de voorzijde van de kop tot de basis van de mediane staartvinstralen (staartvin wordt dus niet mee gemeten). Hoewel de drie lengtematen even courant gebruikt worden in aquatische studies, kiezen we de vorklengte omdat deze steeds op dezelfde manier gemeten wordt en het minst aanleiding geeft tot fouten, zelfs bij vissen met beschadigde vinnen. De dieren werden op een plexi-glazen plaat met schaalverdeling gelegd, waarop de lengte tot op 1 mm nauwkeurig kon worden afgelezen.

2.1.7. Gewichtsbepaling

Het gewicht van alle kopvoorns werd tot op 1 gram nauwkeurig bepaald met behulp van een elektronische balans (Mettler BD 6000).



Elektrische bevissing van de Grote Nete



Tijdens het microhabitatonderzoek werden alle vissen onmiddellijk gemeten.



Op de vangstplaats werden vervolgens een aantal variabelen opgemeten die het microhabitat bepalen. Hier wordt de stroomsnelheid gemeten.



Alle gezenderde kopvoorns werden dagelijks gelocaliseerd en hun positie werd bepaald a.d.h.v. vaste referentiepunten.

2.2. Biotelemetry

2.2.1. Keuze en verantwoording van de methode

2.2.1.1. Technieken voor het verzamelen van gegevens i.v.m. het gebruik van tijd en ruimte door vissen: een korte inventaris

Habitat- en mobiliteitsstudies bij vissen kunnen worden uitgevoerd met behulp van elkaar aanvullende observatietechnieken waarbij de efficiëntie van de respectievelijke technieken grotendeels bepaald wordt door de bestudeerde soort en de eigenschappen van het studiegebied (omvang, bereikbaarheid,...). Een onderscheid kan gemaakt worden tussen technieken die een vangst van de dieren vereisen en technieken die enkel observatie van de dieren vragen. Tot de eerste groep van technieken behoort o.a. de elektrische visvangst. Voor een beschrijving en het gebruik van deze techniek verwijzen we naar paragraaf 2.1. Tot de tweede groep van technieken behoren o.a. directe waarnemingen, gebruik van sonar en het gebruik van al dan niet uitwendige merken.

Het voornaamste voordeel van directe observatie (vanaf de oever of onder water) is het uitblijven van rechtstreeks contact met of manipulatie van de dieren, waardoor hun gedrag minimaal of helemaal niet beïnvloed wordt. Anderzijds kunnen de niet gemerkte dieren niet individueel herkend worden en zijn troebelheid en diepte van het water, alsook cryptisch of nachtactief gedrag van de dieren sterk beperkende factoren.

Hoewel ook sonar geen vangst of manipulatie van de vissen vereist, dient te worden vermeld dat herkenning van individuen onmogelijk en observatie van benthische soorten bijzonder moeilijk is.

Onder aangebrachte merken kan onderscheid gemaakt worden tussen 3 methoden.

Passieve uitwendige individuele merken (Visible Implant Tags, Spaghetti-tags, ...) kunnen relatief snel worden aangebracht maar laten niet noodzakelijk een snelle herkenning van de dieren toe, waardoor lange manipulatielijden bijdragen tot verhoogde stress.

Semi-actieve merken (de zgn. PIT-tags) beschikken niet over een eigen energiebron voor het uitzenden van een signaal maar kunnen worden aangezet tot het verzenden van een unieke code onder invloed van een elektromagnetisch veld van een welbepaalde frequentie. Het aanbrengen van de PIT-tags, die overigens een onbegrensde levensduur hebben, vergt een minimale behandeling van het dier. De beperkte draagwijdte van het signaal (< 3 m) vereist echter in de meeste gevallen hervangst en herhaalde manipulatie van de dieren. Zowel de passieve als de semi-actieve merken laten slechts puntwaarnemingen toe en leiden tot verhoogde vangststress bij de dieren.

Actieve merken zoals radiozenders of ultrasone zenders kunnen door het gebruik van een eigen energiebron zelf golven uitzenden die met een aangepaste ontvanger kunnen worden waargenomen. Deze merken laten een onmiddellijke individuele herkenning en continue observatie toe zonder nood aan hervangsten. De merkprocedure is doorgaans echter ingrijpender en langduriger en zal bovendien een langer genezingsproces vergen in vergelijking met de andere merken. Hoewel een grote hoeveelheid individuele gegevens kan worden verzameld, verschaft deze observatietechniek geen informatie over het "groepsleven" van de bestudeerde dieren.

Waar rechtstreekse observatie van vissen uitgesloten is door slechte zichtbaarheid in het water, aanwezigheid van en bijgevolg mogelijke verwarring met andere sterk gelijkende vissoorten, aanzienlijke migraties of overwegend nachtelijke activiteit van de bestudeerde soorten, kunnen onrechtstreekse observatietechnieken zoals vangst-merk-hervangst of biotelemetry uitkomst bieden. In ons studiegebied, waar het water gedurende het grootste deel van het jaar bijzonder troebel is, opteerden wij voor het gebruik van actieve zenders voor de studie van de mobiliteit van de kopvoorns.

2.2.1.2. Definitie en toepassingsveld van de biotelemetrie

Biotelemetrie vindt zijn toepassing in alle onderzoek waarbij gebruik wordt gemaakt van actieve merken en metingen, zowel voor vaste zenders als aan dieren gehechte zenders. Meest voor de hand liggend is de “tracking”, de bepaling van de positie van de zender. Verder kan een zender informatie doorzenden aangaande omgevingsfactoren, fysiologische eigenschappen en gedragingen. Sinds de ontwikkeling van de eerste zenders heeft verregaande miniaturisatie van de elektronische componenten en batterijen bijgedragen tot de aanzienlijke verkleining van het gewicht en omvang van de zenders (tot min. 0.8 g) waardoor nu ook kleinere diersoorten kunnen worden gevolgd. Op wereldvlak is deze onderzoeksmethode in de aquatische eco-ethologie zelfs één van de meest toegepaste observatietechnieken geworden.

2.2.1.3. Radio- of ultrasone golven?

De keuze voor radiogolven boven ultrasone (akoestische) golven voor onze studie wordt verduidelijkt in tabel 2.1. Waar ultrasone golven zeer goed kunnen aangewend worden in wateren met grote diepte en/of hoge geleidbaarheid, wordt hun gebruik beperkt op plaatsen waar watervegetatie of turbulentie hun absorptie verhoogt. Bovendien wordt hun toepassing op vele plaatsen sterk bemoeilijkt door het noodzakelijk gebruik van een ondergedompelde hydrofoon.

De specifieke kenmerken van ons studiegebied, een traject van 3 km van de Grote Nete stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout (relatief lage geleidbaarheid tussen 200 en 300 $\mu\text{S/cm}$, een geringe diepte tussen 20 en 200 cm, turbulentie op verschillende snelstromende ondiepe trajecten en plaatselijk dichte watervegetatie tijdens de zomermaanden) werken duidelijk in het voordeel van het gebruik van radiogolven.

Tabel 2.1. Overzicht van de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van radiogolven versus ultrasone golven

EIGENSCHAPPEN	RADIOGOLVEN	AKOESTISCHE GOLVEN
frequentie	30-150 MHz	20-300 KHz
INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE SIGNAALSTERKTE		
diepte	snelle afname	kleine afname
geleidbaarheid	snelle afname	kleine afname
regen	-	achtergrondruis kan ontstaan
watervegetatie	-	absorptie
turbulentie	-	absorptie door luchtbellens
ijs	-	ondoordringbare barrière
thermocline	-	ondoordringbare barrière
belangrijkste toepassingen	rivieren, waterlopen en meren met beperkte diepte en/of lage geleidbaarheid	zee, estuaria, diepe en/of sterk geleidende meren en rivieren

2.2.2. Gebruikte materialen in de radiotelemetrie

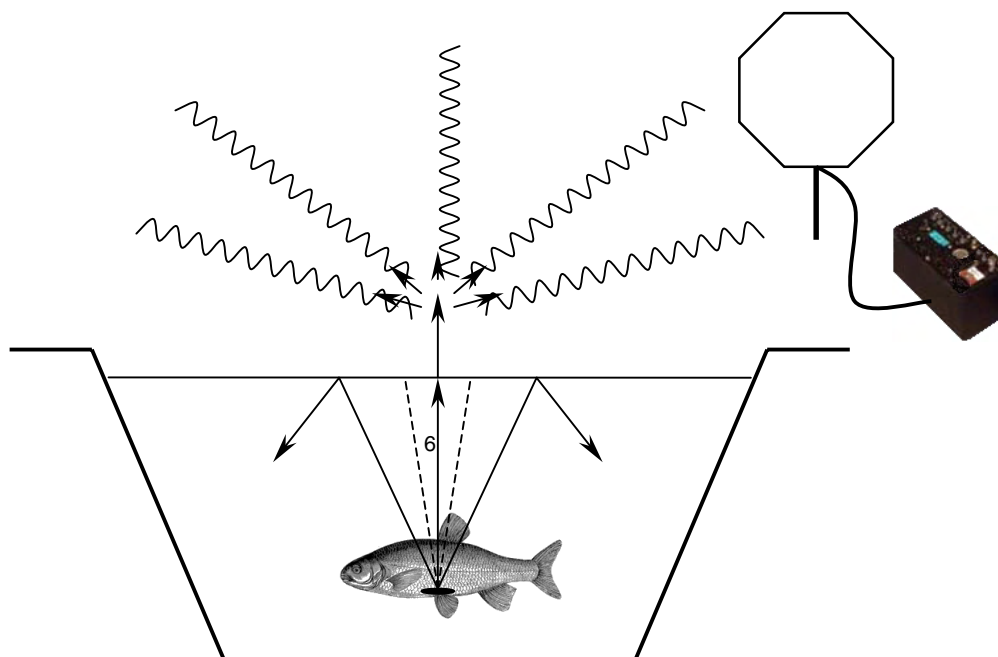
Radiotelemetrie vraagt het gebruik van radiozenders die een signaal uitzenden, ontvangers die dit signaal detecteren (en eventueel opslaan) en een aantal accessoires die de detectie vergemakkelijken.

2.2.2.1. Het principe van radiopositionering in een aquatisch milieu

De vis is uitgerust met een radiozender met batterij die op een vaste frequentie een gepulseerd signaal uitzendt (om het stroomverlies te minimaliseren en aldus de levensduur te optimaliseren) onder de vorm van elektromagnetische golven. Hoewel deze golven zich in alle richtingen in het aquatisch milieu verplaatsen, treedt enkel een fractie ervan uit het water, namelijk de golven die een hoek van minder dan 6° vormen met de loodrechte op het wateroppervlak. Andere golven worden terug in het water gereflecteerd (figuur 2.1.).

Het uittrekkende signaal kan worden waargenomen met behulp van een antenne en een ontvanger, die de pulsen filtert en versterkt tot een hoorbare biepgeluid en/of analoog of digitaal weergeeft.

Figuur 2.1. Schematische voorstelling van uittrekkende radiogolven en de detectie ervan van op de rivieroever (de onderbroken lijn geeft de 6° hoek aan, waarbuiten alle golven terug in het water gereflecteerd worden).



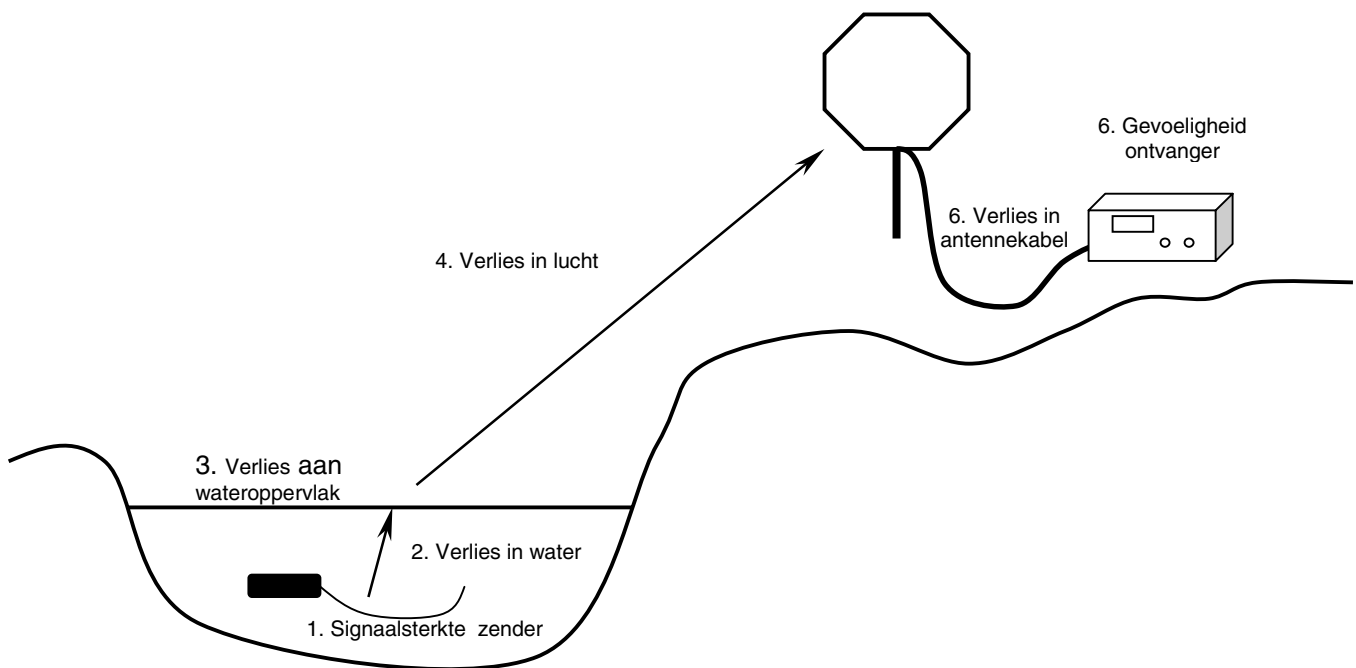
2.2.2.2. Keuze van de ontvangstapparatuur en de geschikte frequentie

Terwijl de keuze tussen radio- en akoestische golven vaak voor de hand liggend is door de fysische omgevingsfactoren, is de keuze van de precieze (radio-)frequentie niet even duidelijk. Verschillende overwegingen beslissen in de keuze tussen lage (VHF) frequenties (rond 50 MHz) en de hogere (rond

150 MHz). In eerste instantie mag er geen interferentie zijn met frequenties die gebruikt worden door radio-omroepen, hulpdiensten of een ander commercieel gebruik kennen. Gezien de in gebruik zijnde frequentieband voor alle landen kan verschillen, dient hiermee verder rekening gehouden te worden in geval grensoverschrijdende studies worden voorzien.

De gebruikte frequentie moet een maximale detecteerbaarheid van de zenders toelaten en dus wordt er gestreefd naar minimaal signaalverlies binnen haalbare grenzen. De afname van de signaalsterkte vindt plaats op verschillende niveaus tussen zender en ontvanger, zoals weergegeven in figuur 2.2.

Figuur 2.2. De 7 niveaus van mogelijk signaalverlies in een systeem van radiotelemetry



1. De effectief uitgezonden signaalsterkte van de radiozender

Het signaal van de zender betreft de elektromagnetische energie (radiogolven) die wordt uitgezonden via de antenne van de zender. De hoeveelheid "radio-energie" die door een bepaalde radiozender kan geleverd worden is afhankelijk van de grootte van de elektrische stroom die door de batterij geleverd wordt (*Eng.: current drain*) uitgedrukt in mA (= onafhankelijk van de gekozen frequentie) en van de hoeveelheid energie die door de zenderantenne in het water wordt afgegeven. Deze laatste is afhankelijk van de antennelengte. Volgens fabrikanten van telemetriemateriaal dient een "efficiënte" antennelengte voor onderzoeksdoeleinden minstens 25% van de golflengte van de gekozen frequentie te bedragen (Sisak & Lotimer, 1998).

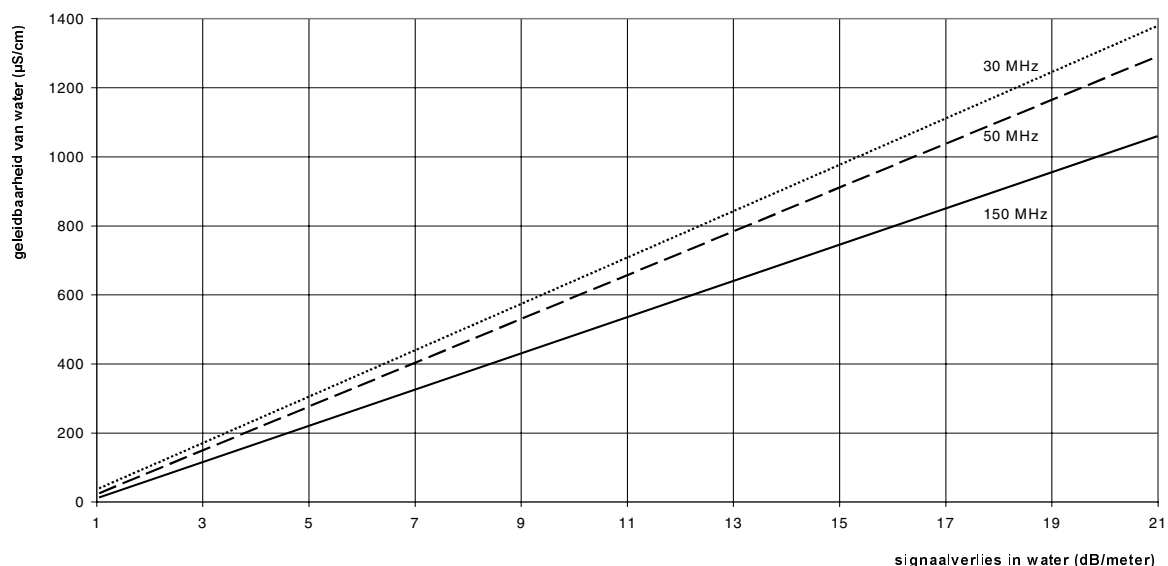
Aangezien de golflengte wordt uitgedrukt als de verhouding tussen de lichtsnelheid (300.000.000 meter per seconde) en de frequentie in Hertz, betekent dit dat bij een frequentie van 50 MHz, de golflengte $300.000.000 / 50.0000 = 6$ meter bedraagt. De minimale lengte van de zenderantenne zou dan $6 \times 0.25 = 1,5$ m moeten bedragen.

Dezelfde berekening voor 40 MHz en 150 MHz levert respectievelijk voor efficiënte zenders antennelengten van 1,9 m en 0,5 m op. Vanuit dit opzicht is het bijgevolg beter te werken met frequenties van 150 MHz, vermits een zenderantenne van meer dan 0,5 meter meer dan waarschijnlijk problemen zal opleveren voor de bestudeerde dieren. Nochtans kan dit euvel gedeeltelijk verholpen worden mits het gebruik van inwendige spiraalantennes (*Eng.: internal coiled*), waardoor de ideale antennelengte beter kan benaderd worden. Aan de andere kant dient opgemerkt te worden dat inwendige antennes doorgaans een zwakker signaal uitzenden dan uitwendige zweepantennes (*Eng.: external whip*).

2. Signaalverlies in water

Het uitgezonden signaal plant zich zowel in lucht als in water omni-directioneel voort. In water dooft de sterkte van het radiosignaal veel sneller uit dan in lucht. De afname van de signaalsterkte verloopt exponentieel met stijgende diepte en is des te groter bij hoge geleidbaarheid van het water. Bovendien veroorzaken de elektromagnetische golven die zich in het water verspreiden zelf een plaatselijk verhoogde geleidbaarheid (waardoor het medium minder doorlaatbaar wordt voor de verspreiding), die recht evenredig is met de zendfrequentie. Velle et al. (1979) stelden vast dat in water met eenzelfde geleidbaarheid en temperatuur (200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 10°C) de signaalsterkte met 3,6 dB/m daalde bij een frequentie van 50 MHz, terwijl deze met 4,8 dB/m afnam bij 150 MHz. Naarmate de geleidbaarheid van het water stijgt, neemt ook het verschil in signaalverlies (dB/m) tussen hogere en lagere frequenties toe (zie figuur 2.3.).

Figuur 2.3. Effect van de geleidbaarheid op het verlies aan signaalsterkte in water bij 30 MHz, 50 MHz en 150 MHz (naar: Velle et al., 1979)



Om deze reden worden frequenties tussen 30 en 50 MHz vaak aangewend voor radiotelemetrie onder water, terwijl de hogere frequenties (150-160 MHz) eerder voor terrestrisch onderzoek worden aangewend.

Rekening houdend met vrij beschikbare frequenties en deze die in het studiegebied zo min mogelijk elektromagnetische storing van omgevingsfactoren ondervonden, werd in deze studie gekozen voor frequenties gelegen tussen 40 en 42 MHz.

3. Signaalverlies aan het wateroppervlak

De overgang van de radiogolven van water naar lucht gaat gepaard met een energieverlies van 30 dB. Vermits het verlies in signaalsterkte enkel bijdraagt tot een gereduceerde draagwijdte van het signaal maar verder onafhankelijk is van de gekozen zendfrequentie, wordt dit aspect verder buiten beschouwing gelaten.

4. Signaalverlies in de lucht

Dit energieverlies kan nauwkeurig berekend worden en is frequentieafhankelijk. Zo zal een signaal, uitgezonden op 150 MHz, over een bepaalde afstand ongeveer 10 dB meer verlies vertonen ten opzichte van een zelfde signaal over dezelfde afstand, maar uitgezonden bij 50 MHz.

5. Ontvangstantenne

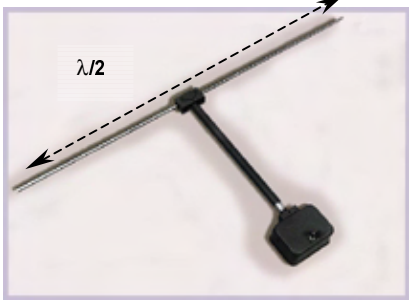
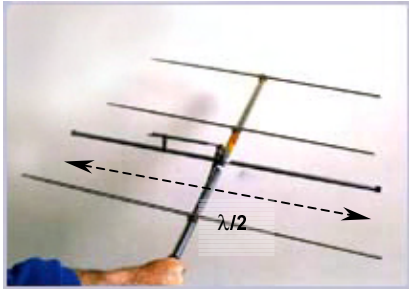
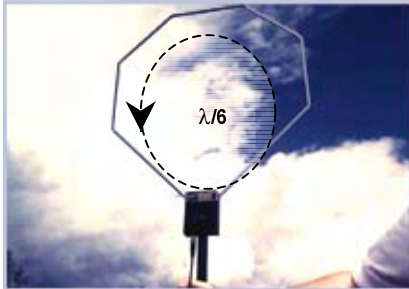
Net zoals bij de zenderantenne, zijn de afmetingen van de ontvangstantenne recht evenredig met de gebruikte golflengte. De drie meest gebruikte antennes in de biotelemetrie zijn een Yagi-antenne, een Dipool-antenne en de Loop-antenne (of Diamond). De drie antenne-types worden in tabel 2.2. kort besproken.

Optimale ontvangst wordt verzekerd, wanneer de zijden van de antenne de helft van de golflengte λ bedragen ($\lambda/2$). Vermits een lengte van 3,75 m (of een oppervlakte van 14 m^2) voor de ontvangst binnen de 40 MHz band in de praktijk niet haalbaar is, werd voor de lage frequenties de Loop-antenne ontwikkeld, die een compromis sluit tussen hanteerbaarheid en elektrische karakteristieken. Hoewel het bereik van dit soort antennes een derde tot de helft kleiner is dan deze van een aangepaste Yagi-antenne, kan de gevoeligheid van de Loop-antenne enigszins geoptimaliseerd worden door het gebruik van een tuner. Bovendien werkt het kortere ontvangstbereik van de Loop-antenne in zijn voordeel bij positioneringen van op korte afstand, waar een gevoelige Yagi-antenne minder efficiënt zou worden door een zogenaamde “overload” van de ontvanger en weerkaatsingen van het signaal op naburige objecten.

6. Signaalverlies in de antennekabel

Het signaalverlies in de kabel tussen ontvangstantenne en ontvanger kan worden berekend maar wordt pas belangrijk in de frequentiekeuze indien de kabel langer is dan 50 m. Dergelijke systemen komen in de praktijk echter pas voor bij vaste monitoring-stations, waar meerdere antennes op langere afstand van een ontvanger-datalogger zijn aangesloten. Allerlei technieken (equalisers, amplifiers,...) maken het overigens mogelijk de verschillen tussen de frequenties uit te vlakken, waardoor dit argument verder vervalst.

Tabel 2.2. Overzicht van de 3 meest gebruikt ontvangstantennetypes in de biotelemetrie. De “gain” van de antenne is een maat voor de efficiëntie van de antenne in het opvangen van radiogolven. Vaak worden deze uitgedrukt in verhouding tot de efficiëntie van een Dipool-antenne (decibel-dipool of dBd), die gelijkgesteld wordt aan een gain van 0 dBd. Door het gebruik van “directors” (kortere elementen vóór het centrale antenne-element) en “reflectors” (langer element aan de basis van de antenne) kan de gain van een Yagi-antenne worden verhoogd. Een Loop-antenne is een compromis tussen hanteerbaarheid en ontvangstefficiëntie voor lagere frequenties: de gain ligt 6 dBd lager dan deze van een Dipool-antenne, maar vereist geen onhandelbaar grote antenne-elementen.

type antenne	kenmerken	antennelengte – golflengte (λ = lichtsnelheid/frequentie)
 Dipool - antenne	gain = 0 dBd gemakkelijk hanteerbaar goed bruikbaar vanuit vervoermiddelen tussen 30 en 220 MHz	150 MHz → $\lambda/2 = 1\text{m}$ 40 MHz → $\lambda/2 = 3.75\text{ m}$
 Yagi - antenne	gain = +7 dBd hoge mechanische en elektrische stabiliteit montage op vervoermiddel vervaardigd per 4MHz bereik	150 MHz → $\lambda/2 = 1\text{m}$ [oppervlakte → $(\lambda/2)^2 = 1\text{m}^2$] 40 MHz → $\lambda/2 = 3.75\text{ m}$ [oppervlakte → $(\lambda/2)^2 = 14\text{m}^2$]
 Loop - antenne	gain : -6 dBd robuuste bouw voor gebruik vanuit vervoermiddel vervaardigd op specifieke (smalle) frequentieband	150 MHz → $\lambda/6 = 0.33\text{ m}$ 40 MHz → $\lambda/6 = 1.25\text{ m}$ [doorsnede = 0.4 m]

7. Gevoeligheid van de ontvanger

De gevoeligheid van de ontvanger kan worden gedefinieerd als de mate waarin een zwak signaal kan worden opgevangen of gedecodeerd en wordt, net zoals achtergrondruis van de meetomgeving, uitgedrukt in dBm (aantal decibels t.o.v. 1 milliwatt). Achtergrondruis is afkomstig van elektromagnetische storingen van zowel natuurlijke als antropogene oorsprong. Enkele voorbeelden hiervan zijn de zon, hoogspanningslijnen en elektriciteitscentrales, radiostoring, motorstoringen (auto, boot, brommer, generator enz...). De interferentie van al deze storingsbronnen draagt bij tot de totale

achtergrondruis en is vanzelfsprekend hoger in dicht bewoonde gebieden. Achtergrondruis is de begrenzendende factor in een ontvangststelsel indien deze hoger is dan de gevoeligheid van de ontvanger. Omgekeerd zal de gevoeligheid van de ontvanger de beperkende factor zijn. Het is belangrijk op te merken dat, terwijl de meeste ontvangers signalen kunnen opvangen en decoderen tot -135 dBm, het menselijk brein signalen kan ontwaren tot -145 dBm. Hoe dan ook is de impact van achtergrondruis belangrijker bij lagere frequenties.

2.2.2.3. Keuze van de zendapparatuur (radiozenders)

1. Zendereigenschappen

De keuze van de zenders wordt bepaald door het beste compromis tussen verschillende criteria:

- biologisch (het gedrag van de bestudeerde vissen moet zo min mogelijk worden beïnvloed);
- logistiek (sterkte en draagwijdte van het signaal);
- strategisch (levensduur van de zender).

Opdat het drijfvermogen en bijgevolg het gedrag van de vissen niet zou beïnvloed worden door de aanwezigheid van een zender, werden verschillende studies uitgevoerd naar de maximaal toegelaten verhouding van het zendergewicht t.o.v. lichaamsgewicht. Baras (1992) hanteert, in overeenstemming met Stasko & Pincock (1977), de 2 tot 2,5%-norm. Recent onderzoek bij zeebaars wijst echter uit dat ook bij zenders die tot 3 % van het lichaamsgewicht bedragen, geen beïnvloeding van het metabolisme van de vissen optreedt (Lefrançois et al., 1999).

Bij abdominaal ingeplante zenders (zie verder) kan bovendien de keuze worden gemaakt tussen de inwendige spiraalantenne of uitwendige zweepantenne. De laatste biedt het voordeel een veel grotere draagwijdte te hebben, maar verhoogt het risico van infectie, vermits de uitwendige antenne via een permanente wonde in direct contact staat met het abdomen. Bovendien bestaat het gevaar dat de vis met deze antenne verstrikt zou geraken tussen vegetatie of andere materialen.

Verschiede opties kunnen worden voorzien in de zenders, die niet alleen een registratie van omgevingsfactoren en fysiologische eigenschappen mogelijk maken, maar in sommige gevallen de levensduur van de zender gevoelig kunnen verlengen. De meest courante opties zijn:

- Mortaliteit: met deze optie verandert het pulstempo na een periode van inactiviteit. Indien de zender terug actief wordt, keert het pulstempo naar het oorspronkelijke ritme terug.
- Activiteit: extra pulsen worden ingevoegd telkens een klikschakelaar gesloten wordt. Het aantal pulsen varieert volgens de positie van de zender.
- Puls Code: verschillende unieke pulspatronen worden toegewezen aan éénzelfde frequentie, waardoor verschillende merken kunnen worden herkend binnen een smal frequentiebereik en de observatietijd aanzienlijk kan worden verkort.
- Temperatuur: temperatuursveranderingen van 0.1°C kunnen worden waargenomen en doorgeseind door veranderende pulsritmes.
- Diepte: kleine veranderingen in omgevingsdruk kunnen worden omgerekend tot veranderingen in diepte.
- Microprocessor: zenders met microcontrollers (= microprocessoren) maken gebruik van een kwarts kristalklok voor een precieze controle van timing, waarbij pulsritmes en puls-on tijden precies en constant zijn. Eén van de voordelen hiervan is de mogelijkheid om de zenders gedurende langere tijd uit te schakelen, om ze daarna weer te activeren. Zo kan bijv. een zender 12 uur aan en 12 uur af staan, of slechts beginnen werken 3 maanden na bevestiging op het dier. Op deze wijze wordt de levensduur van de zender aanzienlijk verlengd.

2. Zendertypes

Een radiozender bestaat in principe uit 3 delen: de batterij (die in de meeste gevallen het grootste deel van de zender uitmaakt), de eigenlijke radiozender zelf (eventueel met een aantal opties) en de zendantenne. Afhankelijk van het type antenne wordt een onderscheid gemaakt tussen interne (spiraal)antennes en uitwendige (zweep)antennes.

Een voorbeeld van de twee zendertypes, zoals die gemaakt worden door Advanced Telemetry Systems, Inc. (ATS) is te zien op de onderstaande foto's.



A



B

ATS radiozenders. A: zenders met interne spiraalantennes; B: zenders met uitwendige zweepantennes. Voor eenzelfde stroomsterkte zal de signaalsterkte van zenders met inwendige antenne zwakker zijn dan deze met uitwendige antenne.

3. Bevestiging van de zenders

Elk onderzoek dat gebruik maakt van merken, veronderstelt dat de aanwezigheid van het merk zowel op korte als op lange termijn geen ingrijpende invloed heeft op de overleving en het gedrag van het gemerkte dier. Deze veronderstelling is van bijzonder belang bij studies met indirecte verzameling van gegevens, zoals radiotelemetry, waarbij de onderzoeker slechts beperkte kansen heeft om het gedrag van het dier op rechtstreekse wijze te observeren. Dit aspect van het probleem dient steeds in overweging te worden genomen, vermits het een onmiddellijke invloed heeft op de uitkomst en geldigheid van het onderzoek.

Drie hoofdmethoden worden toegepast voor de uitrusting van de vis met een radiozender:

- extern, doorgaans dorsaal of latero-dorsaal aangehecht;
- intern in het maagdarmkanaal (stomacal), geforceerd of door inslikken;
- intern in de buikholte, via intraperitoneale (abdominale) inplanting.

Een bibliografische studie naar deze problematiek (Baras, 1991) wees uit dat de bevestigingsmethode van de zender een ingrijpende invloed kan hebben op het welslagen en de geldigheid van het gevoerde onderzoek (tabel 2.3.). Bij dit overzicht dient te worden opgemerkt dat geen enkele van de toegepaste methoden zonder problemen is en dat de bijwerkingen en problemen van elke methode sterk afhankelijk zijn van de vissoort. Dit geldt zelfs voor zeer nauw verwante soorten. Atlantische zalm (*Salmo salar*) is een anadrome trekker, die zich niet meer voedt tijdens de voortplantingstrek, waardoor een zender in het maagdarmkanaal zeer goed wordt verdragen. Zeeforel (*Salmo trutta*

trutta) daarentegen, vertoont een gelijkaardig trekgedrag, maar blijft zich voeden tijdens de stroomopwaartse migratie, waarbij de zender - gemiddeld 7 dagen na het merken -systematisch wordt uitgestoten (Solomon & Storeton-West, 1983). In vele gevallen vervalt de mogelijkheid tot gebruik van zenders in het maagdarmkanaal vermits vele cypriniden – zoals de kopvoorn – geen duidelijke afgescheiden maag hebben.

Tabel 2.3. Overzicht in de literatuur van de effecten van verschillende bevestigingsmethoden van radiozenders.

PROBLEEM	BEVESTIGINGSPLAATS		
	EXTERN	STOMACAAL	ABOMINAAL
mortaliteit	X		X
negatief drijfvermogen	X	X	
uitbraken		X	
gescheurde oesophagus		X	
atrofie van het spijsverteringskanaal		X	
hyperactiviteit na het vrijlaten		X	
verslechtering van zwemcapaciteiten	X	X	
stroomafwaarts afdrijven		X	
verlies van de zender	X		
zender verstrikt in de watervegetatie	X		
zender weggerukt op stenig substraat	X		
slijtage van de schubben	X		
slijtage van de dorsale spieren	X		
hypoactiviteit	X		
verminderde voedselopname	X		
verhoogd zuurstofgebruik	X		
verslechterde hydrodynamica	X		
veranderd evenwicht	X		
gehinderde beweging van de rugvin	X		
onregelmatig zwemmen	X		
gescheurde incisie			X
inkapseling van de zender door peritoneum			X
interne expulsie			X
schimmelinfectie		X	X
permanente irritatie van het weefsel rond de hecht draad			X
necrose van de bekkengordel			X
slijtage van het rectum			X
verandering van de gonaden			X
interne bloedingen			X
gewichtsverlies op lange termijn			X
gedragsstoornis (willekeurig gedrag)			X
verminderd sociaal gedrag			X

Intraperitoneale implantaten blijken doorgaans de beste resultaten te geven, indien gebruik wordt gemaakt van verteerbare hechtmaterialen en indien een herstelperiode van 3-5 dagen wordt voorzien voor de vissen, binnen dewelke de gedragingen van het dier als afwijkend moeten worden beschouwd. Het gedrag van de proefdieren wordt slechts in beperkte mate beïnvloed door de aanwezigheid van de zender, o.a. doordat deze zich dicht bij het natuurlijk zwaartepunt van de vis bevindt.

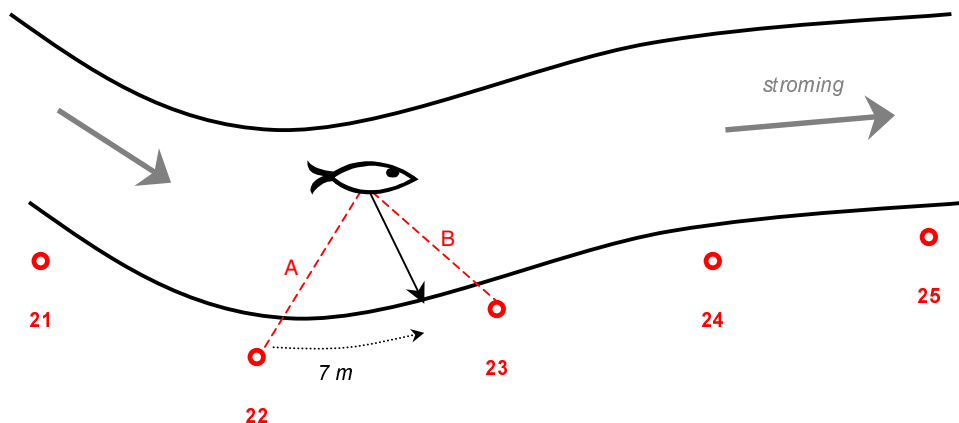
2.2.2.4. Localisatie van de radiozenders en positiebepaling van de vis

Wanneer het signaal van een radiozender (gezenderde vis) opgevangen wordt, kan de exacte positie van de vis bepaald worden met behulp van triangulatie. Hierbij wordt de richting waaruit het signaal komt gezocht vanop 2 of meer gekende punten. Het principe van triangulatie, zoals toegepast in ons onderzoek, wordt schematisch voorgesteld in figuur 2.4.

De positie van de vissen werd in ons onderzoek op twee manieren genoteerd:

1. door de positie van het dier loodrecht op de oever te “projecteren” en vervolgens de afstand tot het stroomopwaarts gelegen referentiepunt te noteren (in het voorbeeld in figuur 2.4. bedraagt deze afstand 7 m);
2. door op het referentiepunt met een kompas de hoek van de richting A en de richting B t.o.v. het noorden te noteren, om zo via het inmeten van de referentiepunten en met behulp van driehoeksmmeetkunde en een geografisch informatiesysteem (GIS) de exacte posities van de vissen in de rivier in kaart te kunnen brengen.

Figuur 2.4. Principe van triangulatie. De cirkels zijn een voorstelling van genummerde referentiepunten langs de oever van de rivier. A en B geven de twee richtingsbepalingen aan van op resp. punt 22 en punt 23. Het snijpunt van deze twee lijnen is de plaats waar de gezenderde vis zich bevindt.



3. Populatiedynamica van geherintroduceerde kopvoornpopulaties in het Vlaams Gewest

3.1. De kopvoornherintroductie in het Demerbekken

3.1.1. Inleiding

Een natuurlijke kopvoornpopulatie komt in het Demerbekken nergens voor, al zou de soort er vroeger talrijk geweest zijn (Bamps & Geraerts, 1897). Door de Provinciale Visserijcommissie van Vlaams-Brabant zijn er in de loop van de laatste jaren 2 maal kopvoorns uitgezet. Dit onderzoek stelt zich o.a. als doel die herintroducties te evalueren. Voor een overzicht van de uitgezette aantallen en herintroductieplaatsen verwijzen we naar hoofdstuk 1.

3.1.2. Materiaal en methoden

Enkel de eerste herintroductiepoging (die van 1995) in de Grote Gete kon in het kader van huidig project worden geëvalueerd. Dit gebeurde na de (eenmalige) elektrische bevissing van 3 juli 1997 in 3 trajecten met een lengte van ongeveer 100 m te Hoegaarden (waar de kopvoorns uitgezet werden). Voor deze steekproef kozen we trajecten die volgens de inzichten van het eerder uitgevoerde onderzoek als biotoop het meest geschikt zouden moeten zijn voor kopvoorn (snelstromend, ondiep met stroomkuilen, hard substraat).

De bemonsterde trajecten zijn:

- Locatie 1: Hoegaarden, stroomafwaarts van de watermolen in het centrum, een traject van 60 m stroomafwaarts van de eerste brug onder de watermolen;
- Locatie 2: Hoegaarden, stroomafwaarts van de watermolen in het centrum, een traject van 100 m tussen de brug en de watermolen;
- Locatie 3: Hoegaarden, stroomafwaarts van de Kleine Molen, een traject van 100 m stroomafwaarts van de (vervallen) stuw van de Kleine Molen.

Voor een overzicht van de gehanteerde bevissingsmethode verwijzen we naar hoofdstuk 2.

3.1.3. Resultaten, bespreking en besluit

De soorten en hun aantallen gevangen in de 3 trajecten zijn weergegeven in tabel 3.1. Geen enkel individu oorspronkelijk behorende tot de herintroductie-uitzetting van ongeveer anderhalf jaar voordien werd teruggevangen! De herintroductiepoging dient dus als niet succesvol te worden beschouwd. Nochtans laten de gegevens niet toe te besluiten dat er in de gehele Grote Gete of stroomafwaarts in de Demer geen kopvoorns aanwezig zijn. Wel stellen we dat de uitgezette dieren er niet in slaagden ter plaatse een kleine populatie op te bouwen. Van de vestiging van een potentieel reproducerende populatie in het Demerbekken is bijgevolg vooralsnog geen sprake. Aangezien we trajecten bestudeerden die wat betreft hun fysische structuur redelijk geschikt zijn als potentieel kopvoornbiotoop, was mogelijk de waterkwaliteit ten tijde en/of na de herintroductie-uitzetting (periodiek) nog te slecht voor de overleving van de soort.

Tabel 3.1. Vangstgegevens van de elektrische bevissing van de Grote Gete (Hoegaarden) op 3/7/97.

Vissoort	Locatie 1		Locatie 2		Locatie 3	
	Aantal	Gewicht (g)	Aantal	Gewicht (g)	Aantal	Gewicht (g)
Beekforel	7	1810	1	227	1	179
Regenboogforel	1	274	-	-	-	-
Baars	5	57	-	-	1	10
Bempje	10	89	25	281	15	152
Blankvoorn	1	29	8	165	-	-
Rietvoorn	-	-	-	-	1	1
Grondel	3	17	4	28	-	-
Giebel	-	-	-	-	1	18
Driedoornige stekelbaars	10	20	-	-	12	31
Tienddoornige stekelbaars	1	1	-	-	16	29

3.2. De kopvoornherintroductie in het Netebekken

3.2.1. Algemene inleiding

Zoals eerder aangehaald in hoofdstuk 1 werd door de Provinciale Visserijcommissie van Antwerpen gedurende het voorbije decennium met succes een kopvoornpopulatie geherintroduceerd in het Netebekken. Colazzo et al. 1997 toonden aan dat de soort voornamelijk in de boven- en middenloop van de Grote Nete in verschillende trajecten opnieuw voorkomt en reproduceert. In opvolging van dit onderzoek willen met de huidige studie een aantal populatiedynamische aspecten van de nieuw opgebouwde populatie meer in detail te bestuderen. Dit gebeurt enerzijds via een jaarlijkse monitoring (bevissing) van 3 trajecten van de Grote Nete en anderzijds aan de hand van een uitgebreide groeistudie van een steekproef uit de populatie.

3.2.2. Densiteit, biomassa en populatieopbouw van kopvoorn in de Grote Nete

3.2.2.1. Inleiding

Een jaarlijkse monitoring kan trends en evoluties in de opbouw van de populatie aanwijzen zonder echter de oorzaken voor die trends aan te tonen. Voor dit laatste is immers meer diepgaand procesonderzoek nodig. Wel kunnen dergelijke monitoringsgegevens suggereren op welk vlak procesonderzoek noodzakelijk is (bv. waar een “flessenhals” in de populatie voorkomt). Trendgegevens kunnen ook gebruikt worden om de status van een populatie of een soort te bepalen.

Omdat het praktisch moeilijk kan zijn een zeer grote steekproef in beschouwing te nemen, gebeurt monitoring best op vaste plaatsen zodat variatie te wijten aan habitatverschillen tussen de monsterpunten wordt vermeden. Toch blijft een steekproefsgewijze monitoring van mobiele dieren (zoals vissen) zeer moeilijk en kan ondermeer het monitoringstijdstip alsnog variatie in de gegevensset brengen. Interpretatie van de gegevens dient dan ook met de nodige omzichtigheid te gebeuren.

3.2.2.2. Materiaal en methode

De kopvoornpopulatie van de Grote Nete werd binnen 3 trajecten, waar eerder onderzoek de grootste densiteiten aantoonde, gemonitord. Alle trajecten werden gedurende 3 opeenvolgende jaren in het voorjaar bemonsterd. Het voorjaar beslaat een relatief ruime periode voor het verzamelen van “vergelijkbare” stalen (in de zomer groeien vissen snel) waarin ook het geslacht van de dieren kan bepaald worden (schub staalname, individuen selecteren en voorzien van een zender voor radiotelemetry). In het traject stroomafwaarts van de molen in Meerhout gebeurden nog 2 extra bevissingen. Het monstertijdstip was o.a. afhankelijk van de noden en beperkingen van andere onderzoeksluiken, zoals het radiotelemetry-onderzoek. We visten steeds bij basisdebieten van de rivier (periodes zonder neerslag) om de vangstefficiëntie hoog en constant te houden. Daarnaast werd ook gepoogd om tijdens stroomopwaartse migratiegolven van de dieren te vissen. Een overzicht van de beviste trajecten en vangstdata is weergegeven in tabel 3.2.

De bevissingen gebeurden met behulp van elektrische visvangst (1 vangst) zoals beschreven in hoofdstuk 2. Alle gevangen dieren werden gemeten (tot op 1 mm nauwkeurig) en gewogen (tot op 1 g nauwkeurig).

Densiteitsberekeningen gebeurden met behulp van de gemiddelde vangstefficiëntie-coëfficiënt van 0.87 voor de eerste vangst. Deze efficiëntie-coëfficiënt werd berekend op basis van de gemiddelde efficiëntie van de eerste vangst t.a.v. de geschatte populatie die bepaald met de depletiemethode van De Lury (Laurent & Lamarque, 1975) en dit voor een groot aantal bemonsterde trajecten (Colazzo et al., 1997).

3.2.2.3. Resultaten en bespreking

Tabel 3.3. geeft de jaarlijkse elektrische visvangst resultaten op de 3 hogergenoemde trajecten van de Grote Nete. Met uitzondering van de locatie “Meerhoutmolen” (traject van 500m dat zo werd gekozen in het kader van andere onderzoeksluiken uit dit project) bevisten trajecten van 300 m. Om vergelijkbare gegevens te bekomen rekenen we de gevangen aantallen om naar densiteits- en biomassaschattingen per traject van 100 m (tabel 3.4). Het gebruik van densiteiten en biomassa’s per eenheid van rivierlengte in plaats van per oppervlakte-eenheid is gerechtvaardigd omdat

Tabel 3.2. Bemonsterde trajecten (gerangschikt van stroomopwaarts naar stroomafwaarts) en vangstdata voor de monitoring van de geïntroduceerde kopvoornpopulatie in het stroomgebied van de Grote Nete.

Monsterpunt	Omschrijving traject	Trajectlengte	Aanvangsdata voor de bevissing van het traject				
			1996	1997	1998 (1)	1998 (2)	2000
Hoolstmolen	stroomafwaarts watermolen	300 m	24-04-96	09-06-97	10-07-98		
Straalmolen	stroomafwaarts watermolen	300 m	24-05-96	02-06-97	12-05-98		
Meerhoutmolen	stroomafwaarts watermolen	500 m	13-05-96	15-04-97	20-02-98	25-09-98	10-01-00

Tabel 3.3. Aantal en gewicht van de gevangen kopvoorns in 3 trajecten van de Grote Nete (1 vangst per traject).

Jaar	Hoolstmolen (300 m)		Straalmolen (300 m)		Meerhoutmolen (500 m)	
	Aantal ind./traject	Gewicht g/traject	Aantal ind./traject	Gewicht g/traject	Aantal ind./traject	Gewicht g/traject
1996	29	4280	35	8161	116	29393
1997	34	4832	26	690	50	7863
1998 (1)	20	4341	23	4054	54	6542
1998 (2)					85	8103
2000					119	9675

Tabel 3.4. Densiteit- en biomassaschatting voor kopvoorn in de gemonitorde trajecten van de Grote Nete (schatting per 100 m rivierlengte, op basis van 1 vangst en een gemiddelde vangstefficiëntie voor de eerste vangst van 87 % van de aanwezige populatie, cfr. de berekeningen van de gemiddelde vangstefficiëntie voor kopvoorn voor een groot aantal elektrische bevissing in de Grote Nete van Colazzo et al. 1997).

Jaar	Hoolstmolen (300 m)		Straalmolen (300 m)		Meerhoutmolen (500 m)	
	Densiteit ind./100m	Biomassa kg/100m	Densiteit ind./100m	Biomassa kg/100m	Densiteit ind./100m	Biomassa kg/100m
1996	11	1,640	13	3,127	27	6,757
1997	13	1,851	10	0,264	11	1,808
1998 (1)	8	1,663	9	1,553	12	1,504
1998 (2)					20	1,863
2000					27	2,224

Tabel 3.5. Densiteit- en biomassaschatting voor kopvoorn in de gemonitorde trajecten van de Grote Nete (schatting per ha, op basis van 1 vangst met een gemiddelde vangstefficiëntie van 87 %).

Jaar	Hoolstmolen (300 m)		Straalmolen (300 m)		Meerhoutmolen (500 m)	
	Densiteit ind./ha	Biomassa kg/ha	Densiteit ind./ha	Biomassa kg/ha	Densiteit ind./ha	Biomassa kg/ha
1996	222	32,8	206	48,1	333	84,5
1997	261	37,0	153	4,1	144	22,6
1998 (1)	153	33,3	136	23,9	155	18,8
1998 (2)					244	23,3
2000					342	27,8

kopvoordensiteiten eerder op oevereigenschappen reageren dan op de breedte van de rivier en wordt verder in deze studie verantwoord (hoofdstuk 4, paragraaf 4.2 & 4.3). In tabel 3.5 geven we echter ook de densiteits- en biomassaschatting per ha, die ons toelaat vergelijkingen met gegevens uit de literatuur te maken.

De hoogste densiteiten en biomassa's worden aangetroffen onder de Meerhoutmolen. Nochtans blijkt in alle trajecten een vrij constante biomassa per 100 m rivierlengte aanwezig (1,5 tot 2,2 kg/100m). Uitzonderingen zijn Straalmolen 1996 en Meerhoutmolen 1996, met uitzonderlijk hoge biomassa's die mogelijk te wijten aan een paaimigratiegolf stroomopwaarts en aan blokkage ter hoogte van de molenstuw. Anderzijds valt Straalmolen 1997 op door de extreem lage biomassa. Verklaring hiervoor dient vermoedelijk gezocht in het feit dat het ogenblik van de vangst (2/6/97) de voortplanting net volgde. Later (hoofdstuk 4, paragraaf 4.6) zullen we zien dat de paai inderdaad meestal gevolgd wordt door stroomafwaartse migratie. De densiteit blijkt echter sterk te schommelen. Met de nodige omzichtigheid menen we dan ook te mogen besluiten dat densiteitsschommelingen voornamelijk worden bepaald door de aanwezigheid van meer of minder juveniele dieren in het traject.

Een vergelijking met kopvoornbiomassa's in andere rivieren leert ons echter dat de "goede" kopvoorntrajecten uit het stroomgebied van de Grote Nete (18,8 tot 37,0 kg/ha) slecht matig scoren in vergelijking met de waarden in andere (meer natuurlijke) rivieren. Philippart (1977) vermeldt een gemiddelde kopvoordensiteit voor de Ourthe van 20,6 kg/ha en Smith (1989) komt zelfs tot een gemiddelde densiteit van 65 kg/ha voor de rivier Wensum in Engeland.

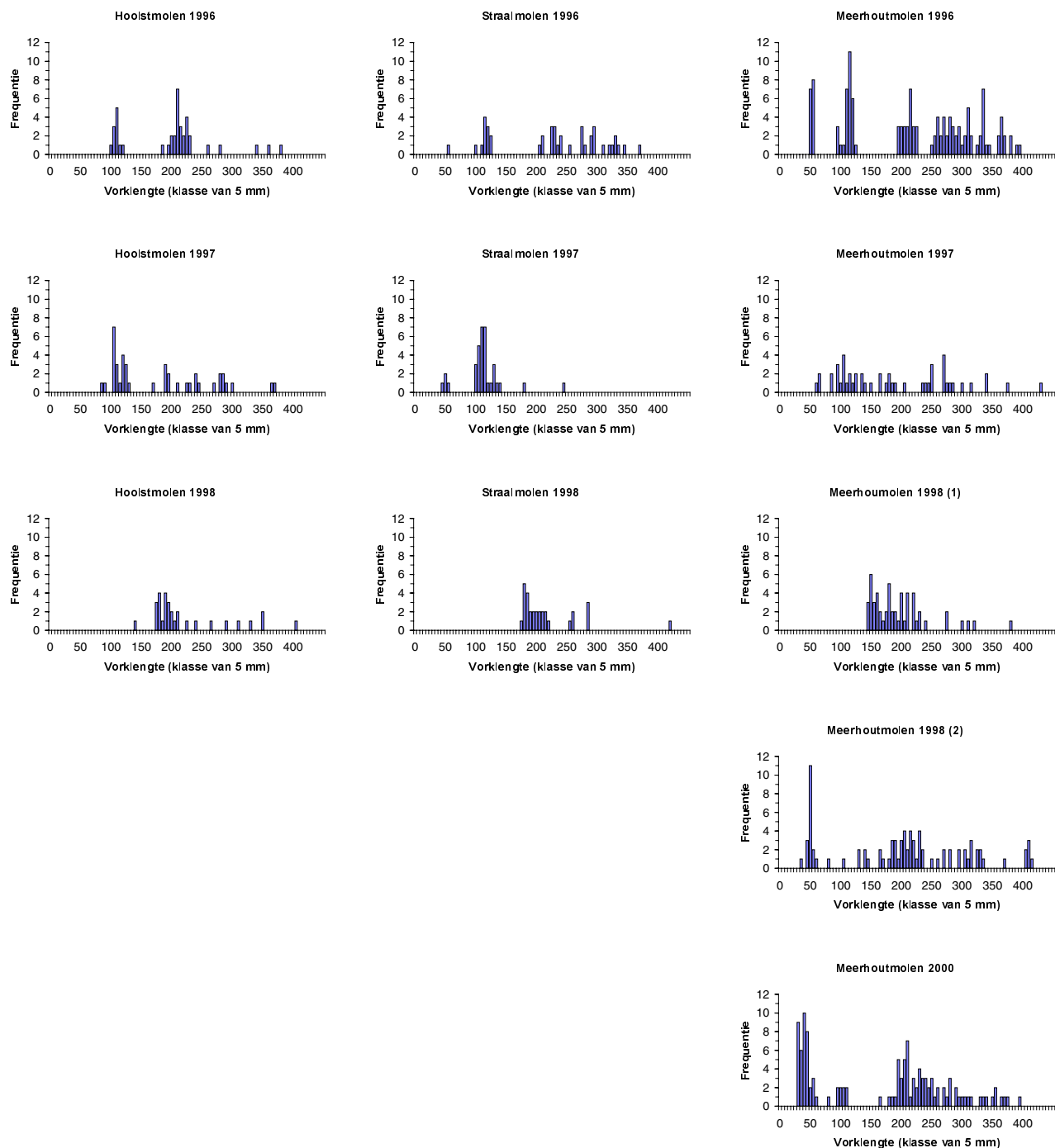
Wanneer we de lengte-frequentieverdeling van de gevangen kopvoorns bekijken (figuur 3.1), kunnen een aantal opmerkelijke vaststellingen gedaan worden. In de eerste plaats blijken 1+ juvenielen (9-13 cm) in de 3 trajecten in 1996 en 1997 sterk vertegenwoordigd. In deze groep zitten natuurlijk de uitgezette vissen uit de herbepoting van 1995 en 1996. De kleinste individuen in deze piek (soms zelfs waar te nemen als een afzonderlijk piekje) konden door de afwezigheid van merktekens (Colazzo et al., 1997) geïdentificeerd worden als de 1+ juvenielen van natuurlijke reproductie.

Uit de lengte-frequentiedistributies kan ook afgeleid worden dat in 1995 en 1996 onder de Straalmolen (in beperkte mate) en onder de Meerhoutmolen (in hogere mate) natuurlijke recrutering voorkwam (= aanwezigheid van 0+ juvenielen in het voorjaar van 1996 en 1997). Onder de Hoolstmolen vinden we geen 0+ juvenielen, maar de aanwezigheid van 1+ juvenielen van natuurlijke recrutering toont aan dat er toch succesvolle paai optreedt in dit traject. Mogelijk is het bemonsterde traject niet zo geschikt voor de 0+ juvenielen.

De kleine aantallen 0+ juvenielen in het voorjaar van 1997 zijn mogelijk een gevolg van de strenge winter van 1996-1997, toen de Grote Nete op de meeste plaatsen voor een periode van meer dan 2 weken volledig dichtgevroren was. Ook het praktisch volledig ontbreken van grote kopvoorns onder de Straalmolen in 1997 en 1998 is mogelijk een gevolg van een grote sterfte in de populatie ten gevolge van deze strenge winter. De sterke klasse van de 1+ juvenielen die in de 3 trajecten in 1997 wordt waargenomen komt (zoals eerder aangehaald) van de uitgezette dieren uit de herbepoting van 1996, die slechts na de vorstperiode in het begin van 1997 werd uitgevoerd.

Opmerkelijk genoeg vinden we in het voorjaar van 1998 in geen van de 3 trajecten 0+ juvenielen. Wij hebben hiervoor geen verklaring maar stellen als hypothese dat er een probleem is opgetreden bij de reproductie of recrutering van 1997. Deze hypothese kan gestaafd worden doordat ook in de 2 extra bemonsteringen onder de Meerhoutmolen (september 1998 en januari 2000) respectievelijk de 1+ en 2+ jaarklasse als een gat in de distributiegrafiek achterblijft. Dat de falende recrutering van 1997 geen plaatselijk probleem was wordt bewezen door het feit dat ze in geen van de 3 trajecten in 1998 terug te vinden was. Aangezien de winter 1997-1998 eerder zacht kan genoemd worden, moet de oorzaak misschien gezocht worden in andere klimatologisch ongunstige omstandigheden vóór (strenge winter van 1996-1997) tijdens of vlak na de paaiperiode.

Figuur 3.1. Lengte-frequentiedistributie (vorklengte in klassen van 5 mm) van de gevangen kopvoorns in 3 trajecten van de Grote Nete in het voorjaar van 1996, 1997 en 1998. Voor het traject 'Meerhoutmolen' worden ook nog gegevens van een bemonstering in het najaar 1998 en het voorjaar 2000 getoond. Bemonsteringsdata en trajectlengtes worden vermeld in tabel 3.2.



In de Grote Nete is er zich duidelijk opnieuw een zichzelf instandhoudende kopvoornpopulatie aan het opbouwen. We kunnen dit afleiden uit de toenemende aantallen 0+ juvenielen in het traject onder de Meerhoutmolen, gedurende de laatste 5 jaar. Of dezelfde positieve trend zich ook in de andere trajecten doorzet konden we in het kader van dit onderzoek niet meer nagaan.

De aanwezigheid van een groot aantal adulte (oudere) kopvoorns in de verschillende trajecten van de Grote Nete kan in de eerste plaats uit de lengte-frequentiegrafieken van de gevangen vissen in 1996 worden afgeleid. Omdat het bevissingstijdstip van dat jaar samenviel met een stroomopwaartse migratiegolf konden veel adulte dieren worden gevangen die zich normaal stroomafwaarts ophouden in de diepere (en moeilijk te bemonsteren) trajecten. Het voorkomen van (massale) korte migratiegolven kon in het onderzoek van de jaarlijkse mobiliteitscyclus met behulp van radiotelemetrie worden aangetoond (hoofdstuk 4, paragraaf 4.4)

3.2.2.4. Besluit

Een jaarlijkse monitoring van 3 trajecten uit de boven- en middenloop van de Grote Nete toont aan dat op alle plaatsen natuurlijke recrutering van de soort voorkomt. De beste recrutering komt voor in het meest stroomafwaarts gelegen traject onder de Meerhoutmolen, waar we in de loop van 5 opeenvolgende jaren zelfs een toenemende trend in de recrutering waarnemen en waar er dus duidelijk sprake is van opbouw van een zichzelf instandhoudende kopvoornpopulatie. In dit traject komen ook de hoogste densiteit en biomassa per eenheid van rivierlengte voor. Gemiddeld ramen we de biomassa van de bestudeerde trajecten op 1,5 tot 2,2 kg per 100 m rivierlengte en op 18 tot 37 kg/ha. Uitzonderlijk worden uitschieters in densiteit en biomassa genoteerd ten gevolge van stroomopwaartse paaitrek tot vlak onder de molenstuwen die in de 3 gevallen een onoverbrugbare hindernis zijn voor de vissen. Rekening houdend met het feit dat enkel “goede” kopvoorntrajecten werden gevolgd, moeten we vaststellen dat de biomassa in de Grote Nete toch beduidend lager ligt dan in andere (meer natuurlijke) rivieren, hetgeen een indicatie is dat er aan het habitataanbod in de rivier toch nog een en ander schort.

Er zijn aanwijzingen dat de strenge winter van 1996-1997 een betrekkelijk grote sterfte zou veroorzaakt hebben onder de kopvoorns, in de eerste plaats onder de 0+ juvenielen, maar ook onder de grotere vissen.

Ondanks het feit dat we mogen spreken van een succesvolle herintroductie van de soort, stelden we een volledig falende recrutering vast in 1997. Een oorzaak voor dit fenomeen kan niet meteen aangeduid worden. Mogelijk liggen de klimatologische omstandigheden tijdens of vlak na de paai van 1997 aan de basis hiervan. Zwakke of zelfs totaal ontbrekende jaarklassen komen immers wel meer voor bij vissen en vormen in principe geen probleem voor de overleving van een populatie van langlevende soorten zoals kopvoorn.

Met betrekking tot nieuwe herintroductieprojecten stellen we slechts eenmaal een voldoende aantal (0+) juvenielen uit te zetten, die qua grootte aanleunen bij de natuurlijke lengte van de dieren. De herintroductie gebeurt best na de winter opdat een eventuele strenge vorstperiode niet reeds bij aanvang van het project grote mortaliteit veroorzaakt en zo de slaagkansen van de herintroductie beperkt. Een dergelijke herintroductiestrategie heeft het voordeel dat ze makkelijker op te volgen en te evalueren is. Door een jaarlijkse bevissing (bv. tijdens het voortplantingsseizoen) kan dan de groei van de vissen opgevolgd worden en kan tevens de geslachtsrijping gecontroleerd worden. Op deze manier kunnen eenvoudige en betrouwbare groeicurves voor beide geslachten opgesteld worden en kan ook de aanvang en omvang van recrutering nagegaan worden. Een optimaal evaluatieschema bestaat o.i. uit 2 bevissingen per jaar (voorjaar, voor voortplanting en najaar na zomergroei). Op deze manier kan naast recrutering ook wintermortaliteit nagegaan worden.

3.2.3. Groei van kopvoorn in de Grote Nete

3.2.3.1. Inleiding

De kopvoornpopulatie in de Grote Nete bestaat gedeeltelijk uit vissen die afkomstig zijn van herbepoting (uitgezette dieren die op vijvers gekweekt werden) en uit kopvoorns die afkomstig zijn van natuurlijke reproductie van de geherintroduceerde vissen in de Nete zelf. Dit onderzoeksluik heeft als doel te rapporteren over de algemene conditie van de geherintroduceerde populatie en als determinerende factor in dit verband dient zeker de groei van een steekproef individuele vissen onderzocht te worden. Groei kan je uitdrukken aan de hand van lengte- of gewichtstoename. Omwille van de grote seizoensgebonden schommelingen waaraan het gewicht van een vis onderhevig is, onderzoeken we de lengtegroei. We maken hierbij een onderscheid tussen mannelijke en vrouwelijk kopvoorns, hetgeen in de literatuur eerder zelden is gebeurd.

Er zijn verschillende methoden voor het bepalen van de lengtegroei (Bagenal & Tesch, 1978; Zaveta & Celakovska, 1990). Door gevangen vissen te merken zodat bij latere terugvangst het lengteverschil gemeten kan worden, kan je de groei bepalen op een directe manier. Er is echter discussie over de mogelijke beïnvloeding van de groei door bepaalde merktechnieken, wat veel onderzoekers hun toevlucht doet nemen tot het opstellen van indirect bepaalde (berekende) groeicurven (Laird & Stott, 1978; Bagenal & Tesch, 1978; De Maeseneer, 1990).

Bij de door ons gebruikte indirecte 'back-calculation' methode steunen we op de relatie tussen lichaamslengte en schubdoormeter (Bagenal & Tesch, 1978; Steinmetz & Müller, 1991). Omdat vissen koudbloedige dieren zijn hangt hun biochemische activiteit nauw samen met de temperatuur van het water waarin ze vertoeven. Een gevolg is o.a. dat een vis in de lente en de zomer sneller groeit dan in de winter. Schubben groeien evenredig met de lengtetoeename van een vis (Hofstede, 1971; Bagenal & Tesch, 1978; Hansen, 1978). Het aantal schubben dat het lichaam van een individuele vis bedekt is immers erfelijk bepaald en verandert niet tijdens het leven. Bij het laten van licht doorheen de schub verschijnen er duidelijk waarneembare concentrische lijnen of circuli (Bagenal & Tesch, 1978; Steinmetz & Müller, 1991). Schubben groeien dankzij de geleidelijke toename van hun aantal circuli. Perioden van weinig of geen groei (winter) zijn op schubben terug te vinden als onderbrekingen in het normale groeipatroon waarbij opeenvolgende circuli beduidend dichter bij elkaar gaan liggen en zich concentreren in jaarringen of annuli (Bruylants, 1979).

3.2.3.2. Materiaal en methode

1. Manipulatie van de vissen en staalname

De staalname voor het bepalen van de groei gebeurde in de periode van de voortplanting van de dieren (mei-juni), aangezien in deze periode geslachtsrijpe mannetjes en vrouwtjes duidelijk van elkaar te onderscheiden zijn door de aanwezigheid van hom bij de mannetjes.

De staalname gebeurde met behulp van elektrische visvangst in de Grote Nete te Meerhout, waar een voldoende grote zelfreproducerende populatie aanwezig is. De gevangen kopvoorns werden aan wal verdoofd met MS 222 (0.1 g/l), het zogenaamde "tricaine methaan sulfanaat metocaïnemesilaat" teneinde manipulatie van de vissen (meten van o.a. lengte en gewicht, verzamelen van schubben) te vergemakkelijken.

De "vorklengte" van een vis, zijnde de afstand tussen het uiteinde van de kop (met gesloten bek) en de tip van de mediane staartvinstralen, wordt bepaald met behulp van een uit plexiglas vervaardigde

plaat waaronder mm-papier is bevestigd. Vervolgens wordt de vis gewogen (g) met behulp van een Mettler weegschaal (type BD6000). Sommige mannetjes zijn als zodanig identificeerbaar wanneer ze tussen 100 mm en 150 mm groot zijn, maar de meeste Kopvoorns zijn niet geslachtsrijp vooraleer ze een lengte van 150 mm hebben bereikt. Daarom worden alle 'niet-mannetjes' kleiner dan 150 mm in een groep met niet-geslachtsbepaalde individuen verzameld. Vissen groter dan 150mm worden als vrouwtje bestempeld indien ze geen mannetje zijn, aangezien alle mannetjes groter dan 150 mm wel reeds herkenbaar geslachtsrijp zijn. "Mooie" (groot, symmetrisch) schubben (3 per individu) worden geselecteerd op de linkerzijde van de vis (boven de zijlijn en net achter de pectorale vin) en verwijderd met behulp van een pincet. Op de plaats van schub name zal later spontaan een nieuwe schub groeien (De Maeseneer, 1990). De schubben kunnen in het laboratorium gelezen worden en laten toe leeftijd en groei van de vispopulatie met elkaar in verband te brengen.

Aan de lucht gedroogde schubben worden in individueel gemerkte potjes bewaard. Vóór analyse wordt de opgedroogde slijm laag van de schubben verwijderd door ze te "weken" (15-30 minuten) in een 0.1M NaOH oplossing en te spoelen in gedemineraliseerd water. Drooggewreven schubben worden dan gemonteerd op voor microscopie vervaardigde draagglaasjes en afgedekt met behulp van een met kleefband bevestigd dekglasje. Schubben worden "gelezen" aan de binnenzijde (buitenzijde slijt af) met behulp van een Micro-Macro-projector (Projectina) bij vergrotingen van 10 of 20 maal. De afstand (mm) van de schubfocus tot de ringen en/of tot de rand (lengte) van elke schub kan zodoende bekomen worden.

2. Leeftijdsbepaling

Verschillende criteria kunnen helpen jaarringen te identificeren, en best wordt bij het nemen van een beslissing aan zoveel mogelijk van die criteria voldaan. Jaarringen kunnen herkend worden:

- wanneer de laatste circuli van het ene groeiseizoen afgesneden worden door de eerste circuli van het volgende groeiseizoen;
- wanneer dicht bijeen liggende circuli gevolgd worden door ver uiteen liggende circuli;
- als een rand of richel aan de caudale zijde van de schub.

Bij het opsporen van annuli op visschubben dient men zich te hoeden voor verwarring met zogenaamde schijnringen (Berg & Grimaldi, 1967; Bagenal & Tesch, 1978; Berlamont, 1977). Een schijnring ontstaat door een groeivertraging die niet te wijten is aan het groeiverschil tussen winter en lente maar die eerder een gevolg is van bruuske wijzigingen in het milieu (verontreiniging, aantasting door parasieten, veranderde conditie tijdens paai, ...). Schijnringen zijn niettemin doorgaans minder goed zichtbaar dan jaarringen en tot de laatste wordt slechts besloten wanneer ze op alle drie de verzamelde schubben duidelijk waarneembaar zijn. Geregenereerde schubben zijn anderzijds makkelijk te identificeren, aangezien deze op korte tijd gegroeid zijn tot dezelfde afmetingen als die van de oorspronkelijke schub en derhalve niet hetzelfde (eventueel grote) aantal jaarringen vertoont (Berg & Grimaldi, 1967; Bagenal & Tesch, 1978).

De eerste jaarring komt niet noodzakelijk overeen met een volledig levensjaar, aangezien vissen vaak in de lente/zomer geboren worden. Toch schakelen we gemakkelijheidshalve ring 1 gelijk met jaar 1. De periodes verlopen tussen het zich manifesteren van opeenvolgende jaarringen beschrijven evenwel een volledig levensjaar. Daarnaast is het mogelijk dat op het ogenblik van staal name (lente/zomer) sommige vissen alweer een variabel (meer of minder investering in reproductie) stuk zijn gegroeid, zodat het stukje schub volgend op de laatste waarneembare jaarring in feite niets zegt over het aantal verlopen maanden sinds de winter, en dus de leeftijd.

3. Analysen

De relatie tussen lichaamslengte en schublengete wordt enerzijds berekend voor een groep kopvoorns inclusief mannetjes, vrouwtjes en enkele waarvan het geslacht (nog) niet kan worden bepaald. Anderzijds wordt het verband tussen genoemde variabelen onderzocht voor mannelijke en vrouwelijke individuen afzonderlijk. De bekomen regressievergelijkingen worden dan aangewend om de lichaamslengte te berekenen die een individu zou hebben gehad bij het zich manifesteren van een bepaalde jaarring. De berekende waarden laten toe gemiddelde “geschatte” groeicurven op te stellen (Bagenal & Tesch, 1978; Steinmetz & Müller, 1991).

Het vergelijken van groeicurven kan gebeuren met een “two-way ANOVA”, die nagaat:

- of er een significant “effect” is van factor 1 (leeftijd);
- of er een significant “effect” is van factor 2 (vb. sex);
- of er een significante interactie is tussen beide factoren.

In ons onderzoek vergelijken we de gemiddelde groei van vrouwtjes binnen de bestudeerde populatie populatie met die van mannetjes.

3.2.3.3. Resultaten en bespreking

1. Groeigegevens

Tabel 3.6 bevat de vorklengte, schublengete en schubmetingen van mannelijke en vrouwelijke kopvoorns alsook van een aantal individuen waarvan het geslacht niet kon worden bepaald op het ogenblik (lente/zomer van 1996) van de schubname. Vissen uit de laatste groep zijn niet groter dan 150mm en tonen maximaal twee jaarringen op hun schubben, zo blijkt. Enkele kleine vissen ($100 < x < 150$ mm) met slechts twee schubannuli werden als mannetjes geïdentificeerd (aanwezigheid van hom), maar de meeste volwassen individuen waren groter dan 150mm en hun schubben telden drie jaarringen.

De gemiddelde lichaamslengte van volwassen vrouwtjes blijkt groter te zijn dan die van mannetjes. Nochtans blijkt uit de tabel dat de beschouwde vrouwtjes gemiddeld niet ouder zijn dan de mannetjes. Deze vaststelling suggereert een mogelijk verschil in groei-kinetiek tussen vrouwelijke en mannelijke kopvoorns.

Tabel 3.6. Groeigegevens van de gevangen kopvoorns uit de Grote Nete te Meerhout, met vermelding van het geslacht (F = vrouwtje; M = mannetje; J = juveniel), de vangstdatum, de vorklengte, de schublengete (schubfocus tot schubbrand) en de afstand van elke ring tot de schubfocus

Sex	Datum	Lengte	S-lengte	Ring 1	Ring 2	Ring 3	Ring 4	Ring 5	Ring 6	Ring 7
F	15-5-96	196	34	6	25	34				
F	15-5-96	212	37	6	24	35				
F	15-5-96	217	39	9	27	38				
F	14-6-96	229	41	7	25	38				
F	14-6-96	239	43	5	21	37				
F	26-6-96	246	43	6	26	36	41			
F	26-6-96	255	42	6	26	34	40			
F	24-5-96	295	53	8	21	35	45	50		
F	21-6-96	318	61	11	25	43	53	59		
F	28-5-96	307	59	9	26	38	46	51	56	
F	6-6-96	321	59	8	24	36	44	50	57	
F	15-5-96	325	63	8	24	36	51	57	62	

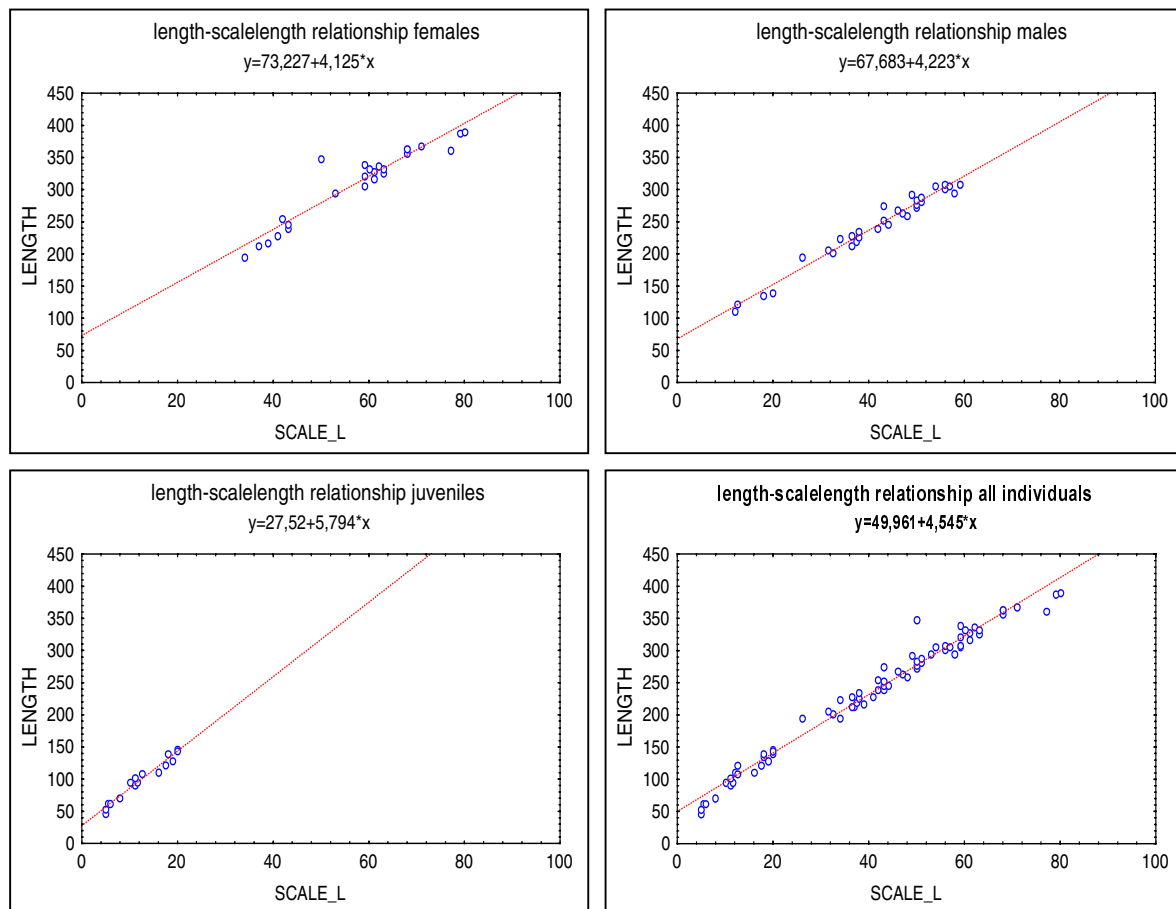
Tabel 3.6 (vervolg). Groeigegevens van de gevangen kopvoorns uit de Grote Nete

Sex	Datum	Lengte	S-lengte	Ring 1	Ring 2	Ring 3	Ring 4	Ring 5	Ring 6	Ring 7
F	14-6-96	328	61	8	23	36	44	53	59	
F	29-5-96	333	63	10	27	41	49	56	61	
F	10-6-96	340	59	9	27	39	47	53	58	
F	15-5-96	364	68	10	25	38	52	61	67	
F	15-5-96	332	60	8	25	39	45	52	56	59
F	14-6-96	338	62	10	23	40	51	56	59	62
F	26-6-96	348	50	8	21	30	38	42	46	49
F	15-5-96	357	68	6	21	34	46	55	61	67
F	15-5-96	362	77	10	25	44	52	65	71	77
F	15-5-96	363	68	9	23	37	49	57	63	68
F	28-5-96	367	71	11	19	29	43	54	63	70
F	15-5-96	387	79	8	23	39	53	66	74	79
F	15-5-96	391	80	10	28	41	59	67	73	78
M	24-5-96	111	12	6	10					
M	29-5-96	121	13	6	11					
M	30-5-96	135	18	7	16					
M	26-6-96	139	20	7	12					
M	15-5-96	194	26	6	20	26				
M	15-5-96	201	33	6	23	32				
M	15-5-96	206	32	7	22	26				
M	15-5-96	212	37	7	24	35				
M	15-5-96	220	38	7	24	38				
M	29-5-96	223	34	5	21	32				
M	10-6-96	226	38	8	25	37				
M	24-5-96	228	37	6	24	35				
M	30-5-96	240	42	5	22	40				
M	10-6-96	234	38	6	22	29	36			
M	15-5-96	247	44	9	25	34	43			
M	15-5-96	253	43	6	19	33	38	43		
M	29-5-96	276	43	8	17	28	35	43		
M	10-6-96	272	50	8	22	30	36	44	50	
M	15-5-96	259	48	8	23	34	40	45	48	
M	15-5-96	281	51	9	26	39	44	47	50	
M	30-5-96	283	50	6	22	31	39	44	49	
M	15-5-96	305	57	9	24	35	45	52	57	
M	10-5-96	309	56	9	26	36	44	47	54	
M	15-5-96	264	47	5	15	24	32	39	43	47
M	15-5-96	268	46	7	21	32	37	42	44	46
M	29-5-96	278	50	8	22	31	36	41	45	49
M	15-5-96	289	51	9	21	32	37	41	46	50
M	15-5-96	292	49	9	16	33	39	42	45	49
M	15-5-96	295	58	9	23	38	48	52	55	57
M	15-5-96	301	56	9	23	36	45	48	53	56
M	21-5-96	306	54	9	24	37	45	47	50	53
M	15-5-96	309	59	9	25	39	45	50	54	59
M	15-5-96	309	59	9	23	37	44	50	54	59
J	17-6-96	46	5							
J	17-6-96	54	5							
J	17-6-96	61	6							
J	17-6-96	62	6							
J	17-6-96	71	8							
J	15-5-96	91	11							
J	21-5-96	95	12							
J	13-5-96	101	11							
J	15-5-96	111	16							
J	24-5-96	96	10	9						
J	17-6-96	108	13	9						
J	17-6-96	121	18	6	14					
J	17-6-96	129	19	7	14					
J	17-6-96	140	18	5	13					
J	21-6-96	144	20	5	14					
J	21-6-96	146	20	6	10					

2. Relatie lichaamslengte/schublengte

Om een beeld te kunnen genereren van de groei-kinetiek van de onderzochte populatie kopvoorns wordt de relatie bepaald tussen de lichaamslengte (vorklengte) van de vissen en de lengte van hun verzamelde schubben (afstand tussen de schubfocus en de schubrand). In figuur 3.2 worden de resultaten weergegeven van een regressie-analyse tussen vorklengte en schublengte. Er blijkt een zeer significant lineair verband tussen deze twee variabelen bij zowel mannetjes ($r=0.99$; $p<0.00001$) en vrouwtjes ($r=0.95$; $p<0.00001$) als juveniele individuen ($r=0.98$; $p<0.00001$), wat zich vertaalt in een significant model wanneer de totale populatie ($r=0.99$; $p<0.0001$) in beschouwing wordt genomen.

Figuur 3.2. Relatie tussen vorklengte en schublengte voor de gevangen kopvoorns uit de Grote Nete, voor de vrouwtjes, de mannetjes, de juvenielen en alle vissen samen.



3. Geschatte gemiddelde lengtegroei

De significante lineaire regressies mogen gebruikt worden om terug te rekenen hoe groot een vis moet geweest zijn bij het zich manifesteren van zijn/haar verschillende jaarringen. We "schatten" de lengtes-per-leeftijd aan de hand van de regressievergelijking die het lengte/schublengte verband beschrijft voor de volledige populatie (vrouwtjes, mannetjes en juvenielen). De berekende waarden zijn voorgesteld in tabel 3.7. Deze waarden laten toe om de gemiddelde grootte van de gevangen kopvoorns te berekenen bij respectievelijke leeftijden van 1 tot 7 jaren. De resulterende "geschatte groeicurve" voor alle kopvoorns samen en voor mannetjes en vrouwtjes afzonderlijk wordt weergegeven in figuur 3.3.

Wanneer we de groeicurves van de vrouwtjes en de mannetjes vergelijken met een “two-way anova”, blijkt er een statistisch significant groeiverschil te bestaan tussen beide sexen, waarbij de vrouwtjes sneller blijken te groeien dan de mannetjes. De resultaten van de statistische test worden weergegeven in tabel 3.8.

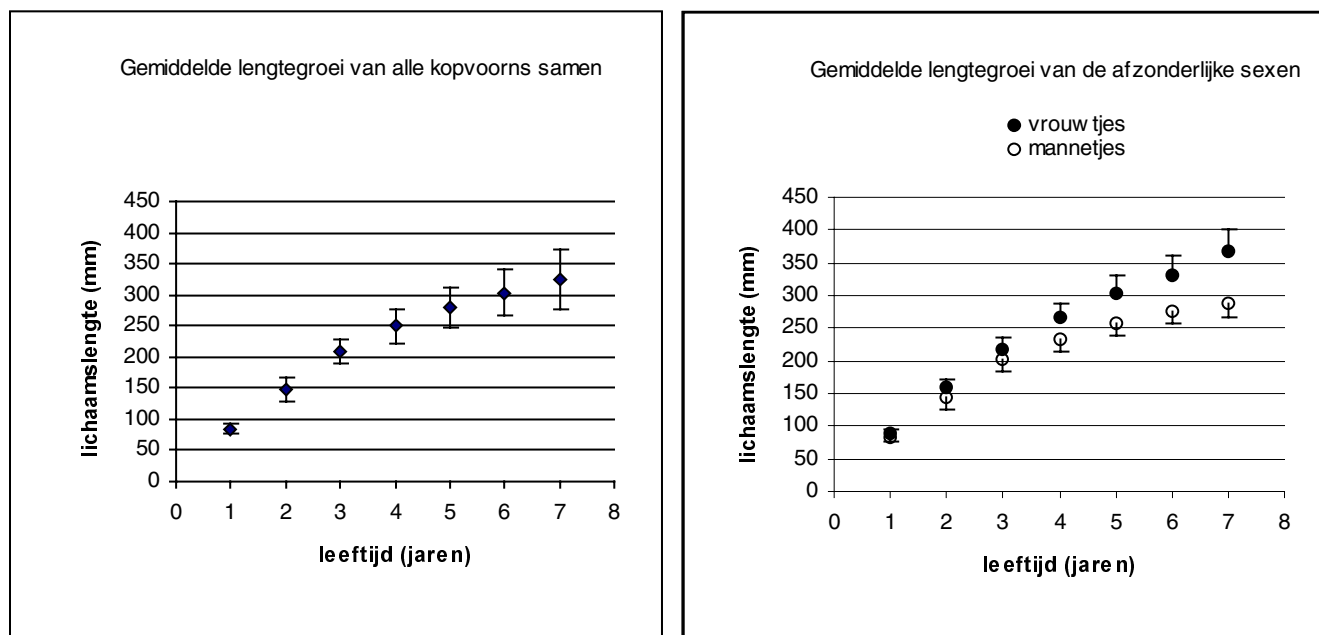
Tabel 3.7. “Back-calculation” van groeicurve van alle gevangen kopvoorns uit de Grote Nete te Meerhout, met vermelding van het geslacht (F = vrouwtje; M = mannetje; J = juveniel), de vangstdatum, de gemeten vorklengte bij vangst (mm), de schubblengte en de berekende vorklengte in elk levensjaar (mm.)

Sex	Datum	Lengte	S-lengte	L Jaar 1	L Jaar 2	L Jaar 3	L Jaar 4	L Jaar 5	L Jaar 6	L Jaar 7
F	15-5-96	196	34	77	164	204				
F	15-5-96	212	37	77	159	209				
F	15-5-96	217	39	91	173	223				
F	14-6-96	229	41	82	164	223				
F	14-6-96	239	43	73	145	218				
F	26-6-96	246	43	77	168	214	236			
F	26-6-96	255	42	77	168	204	232			
F	24-5-96	295	53	86	145	209	254	277		
F	21-6-96	318	61	100	164	245	291	318		
F	28-5-96	307	59	91	168	223	259	282	304	
F	6-6-96	321	59	86	159	214	250	277	309	
F	15-5-96	325	63	86	159	214	282	309	332	
F	14-6-96	328	61	86	154	214	250	291	318	
F	29-5-96	333	63	95	173	236	273	304	327	
F	10-6-96	340	59	91	173	227	264	291	314	
F	26-6-96	348	50	86	145	186	223	241	259	
F	15-5-96	364	68	95	164	223	286	327	354	
F	15-5-96	332	60	86	164	227	254	286	304	318
F	14-6-96	338	62	95	154	232	282	304	318	332
F	15-5-96	357	68	77	145	204	259	300	327	354
F	15-5-96	362	77	95	164	250	286	345	373	400
F	15-5-96	363	68	91	154	218	273	309	336	359
F	28-5-96	367	71	100	136	182	245	295	336	368
F	15-5-96	387	79	86	154	227	291	350	386	409
F	15-5-96	391	80	95	177	236	318	354	382	404
M	24-5-96	111	12	75	95					
M	29-5-96	121	13	75	98					
M	26-6-96	139	20	82	105					
M	30-5-96	135	18	82	120					
M	15-5-96	194	26	77	139	168				
M	15-5-96	201	33	75	152	195				
M	15-5-96	206	32	80	150	168				
M	15-5-96	212	37	80	157	207				
M	15-5-96	220	38	82	159	220				
M	29-5-96	223	34	73	143	193				
M	10-6-96	226	38	84	161	216				
M	24-5-96	228	37	77	157	209				
M	30-5-96	240	42	73	150	232				
M	15-5-96	247	44	91	164	204	245			
M	10-6-96	234	38	77	150	182	214			
M	15-5-96	253	43	77	136	200	223	245		
M	29-5-96	276	43	86	127	177	209	245		
M	15-5-96	259	48	86	154	204	232	254	268	
M	10-6-96	272	50	86	150	186	214	250	277	
M	15-5-96	281	51	91	168	227	250	264	277	
M	30-5-96	283	50	77	150	191	227	250	273	
M	10-5-96	309	56	91	168	214	250	264	295	
M	15-5-96	305	57	91	159	209	254	286	309	
M	15-5-96	264	47	73	118	159	195	227	245	264
M	15-5-96	268	46	82	145	195	218	241	250	259
M	29-5-96	278	50	86	150	191	214	236	254	273
M	21-5-96	306	54	91	159	218	254	264	277	291
M	15-5-96	289	51	91	145	195	218	236	259	277
M	15-5-96	292	49	91	123	200	227	241	254	273

Tabel 3.7 (vervolg). “Back-calculation” van groeicurve van de kopvoorns uit de Grote Nete te Meerhout

Sex	Datum	Lengte	S-lengte	L Jaar 1	L Jaar 2	L Jaar 3	L Jaar 4	L Jaar 5	L Jaar 6	L Jaar 7
M	15-5-96	295	58	91	154	223	268	286	300	309
M	15-5-96	301	56	91	154	214	254	268	291	304
M	15-5-96	309	59	91	164	227	254	277	295	318
M	15-5-96	309	59	91	154	218	250	277	295	318
J	17-6-96	46	5							
J	17-6-96	54	5							
J	17-6-96	61	6							
J	17-6-96	62	6							
J	17-6-96	71	8							
J	15-5-96	91	11							
J	21-5-96	95	12							
J	13-5-96	101	11							
J	15-5-96	111	16							
J	24-5-96	96	10	89						
J	17-6-96	108	13	89						
J	17-6-96	121	18	75	111					
J	17-6-96	129	19	82	114					
J	17-6-96	140	18	73	109					
J	21-6-96	144	20	73	114					
J	21-6-96	146	20	75	95					

Figuur 3.3. Groeicurve van de kopvoornpopulatie uit de Grote Nete te Meerhout.

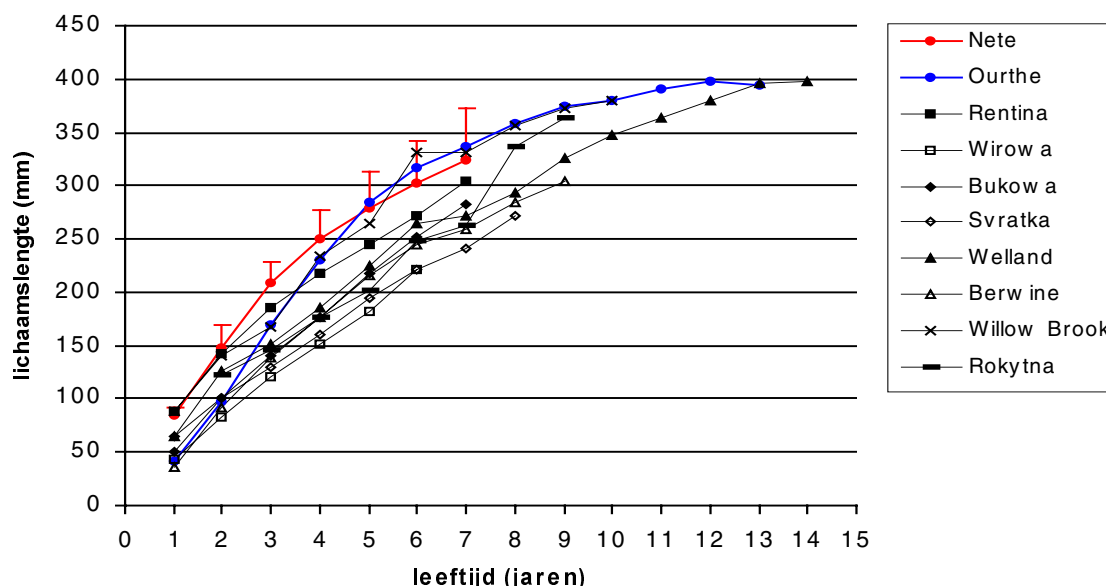


Tabel 3.8. Resultaten van een “two-way anova” voor de teruggerekende groeigegevens van de mannelijke en vrouwelijke kopvoorns uit de Grote Nete te Meerhout.

Factor	df	F	p
sex	1	178.44	< 0.000001
age	6	723.19	< 0.000001
sex * age	6	13.47	< 0.000001

In figuur 3.4 plaatsen we de groeicurve van de kopvoorns uit de Grote Nete (zonder onderscheid te maken in geslacht) naast deze gerapporteerd voor andere rivieren. Omdat wij niet beschikken over de ruwe data van de andere rivieren, maar slechts van gerapporteerde gemiddelden is een statistische vergelijking hier niet mogelijk. Toch kunnen we een aantal besluiten formuleren. Vooreerst ligt de groeicurve van de kopvoorns uit de Grote Nete nagenoeg over de gehele lijn boven de groeicurven die gepubliceerd werden voor andere rivieren. Anderzijds verloopt ze er dan weer parallel mee. Dit creëert het naar onze mening het valse beeld dat de dieren uit de Nete "het beter zouden doen" (sneller groeien) dan hun soortgenoten elders. Dat dit een "vals beeld" is menen we te mogen besluiten uit het feit dat de groeicurven allen nagenoeg evenwijdig verlopen en dat er dus vermoedelijk weinig verschil bestaat in groeidynamiek tussen de bestudeerde populaties. Er lijkt nochtans wel een klein groeiverschil te zijn tijdens de eerste levensjaren, waar de groeicurve van de Grote Nete bijzonder hoog ligt. Dit is wellicht te wijten aan het feit dat steeds jonge dieren in de populatie zijn uitgezet die een betere groei hebben gekend in hun eerste en tweede levensjaar door hun opkweek op vijvers (die warmer waren dan het rivierwater en/of waar meer voedsel voorhanden was) in vergelijking met de dieren van natuurlijke recrutering in de Nete zelf. Deze laatste stelling is een hypothese en dient in feite getoetst te worden door enerzijds de lengte en de leeftijd van uit te zetten dieren goed te controleren en vervolgens hun groei nadat ze zijn uitgezet nauwgezet op te volgen. Hiervoor zijn echter gedurende een aantal jaren hoge terugvangstpercentages noodzakelijk, iets wat meestal niet haalbaar is. Anderzijds kan wel nagegaan worden of er enkele jaren nadat een populatie kopvoorns in een riviersysteem wordt geherintroduceerd er een verschuiving optreedt naar een kleinere gemiddelde lengte van de 1 en 2 jarige dieren. Dit kan natuurlijk enkel nagegaan worden indien de herbepoting van kopvoorns in de rivier gestaakt wordt.

Figuur 3.4. Vergelijking van de gemiddelde groeicurves van kopvoornpopulatie in verschillende Europese rivieren.



De vrouwelijke kopvoorns uit onze populatie groeien gemiddeld sneller dan de mannetjes. Het groeiverschil (grootteverschil) wordt vooral duidelijk na de leeftijd van 3 jaren. In feite is dit niet zo onwaarschijnlijk, aangezien vrouwtjes pas geslachtsrijp worden wanneer ze groter zijn dan 200-

250mm. Of vrouwtjes groter, dan wel ouder moeten zijn om geslachtsrijp te kunnen worden kan hieruit niet worden afgeleid. Wel geven beide verklaringen hen de mogelijkheid een tijdlang meer te investeren in groei en minder in reproductie dan mannetjes, waardoor ze dus groter worden. Vreemd genoeg hebben eerdere studies tegenstrijdige conclusies hieromtrent aan het licht gebracht. Zo spraken de gegevens uit een Griekse stroom (de Rentina) een noemenswaardig groeiverschil tussen mannelijke en vrouwelijke kopvoorns tegen (Neouphitou, 1988), terwijl de betreffende publicatie toch reeds literatuur refereert die eerder wijst in de richting van onze huidige resultaten (Lelek, 1959; Hellawel, 1971; Mann, 1976). De Rentina studie maakte echter gewag van nog andere afwijkingen van de verwachte populatie dynamiek. Zo concludeerden de onderzoekers dat kopvoorns er sneller groeiden dan in andere rivieren en ook dat alle individuen geslachtsrijp waren tijdens het tweede levensjaar. Daartegenover stond dat de dieren een kortere levensduur hadden. Een duidelijke verklaring voor deze observaties kon evenwel niet worden gegeven. Wij stellen echter vast dat de dieren uit de Rentina studie op de leeftijd van 1 jaar, evenals onze individuen uit de Nete, in feite reeds groter waren dan de eenjarigen uit andere rivieren en dat hun groeicurven verder nagenoeg parallel verloopt met de overige. De kopvoorns van de Rentina groeien dus in feite niet sneller (zoals de auteur beweerde), maar hebben om een weliswaar niet voor de hand liggende reden een grotere lengte wanneer ze de leeftijd van 1 jaar bereiken.

Kopvoorns uit de Ourthe zijn bij een leeftijd van 1 jaar niet groter dan deze in andere rivieren (Pilipart, 1977), maar ze blijken wel zowat de hoogste groei te vertonen tijdens hun verdere levensloop en in de Ourthe blijken tevens de grootste vissen voor te komen. Uit figuur 3.4 blijkt dat de kopvoorns uit de Ourthe de oorspronkelijke groeiachterstand t.o.v. de vissen uit de Grote Nete inhalen, bij een leeftijd van 5 jaar, al kunnen we hier niet spreken van statistisch significante gegevens, alleen al doordat we moeten rekening houden met een zekere variatie op de metingen (cfr. standaardafwijkingen weergegeven voor onze dieren op de figuur). Toch menen we te mogen besluiten dat de soort in de Ourthe blijkbaar zeer goed gedijt en dat, uit de gegevens die we tot nu toe konden verzamelen, de groei van kopvoorn in de Grote Nete tot dezelfde grootte-orde behoort.

Sommige wetenschappers wijten eventueel bestaande groeiverschillen tussen kopvoorns uit verschillende rivieren voornamelijk aan verschillen in voedselvoorziening. Zo verklaarde Mann (1976) het feit dat kopvoorns uit Zuid-Engeland niet alleen sneller groeien maar ook nog eens in grotere aantallen voorkomen, door de aanwezigheid van "witvis" en grondel als voedselbron. Anderzijds zouden in rivieren levende kopvoorns nooit mogen vergeleken worden met kweekvissen (Pivnicka, 1991) noch met vissen in meren, aangezien in de laatste variatie in groei op lange termijn voor 88% verklaard worden door variatie in temperatuur en water niveau (Reckhan, 1986). Niettemin kan plotse grote aanwezigheid van voedsel de temperatuur als groeibepalende factor verdringen zodat in voedselrijke periodes vissen zelfs in koud water goed gaan groeien.

In huidig project ging geen aandacht uit naar de negatieve relatie tussen groei en de densiteit van de andere vissen (Walter, 1934; Wolny, 1962; Erofeev, 1985) en of van soortgenoten (Pecl et al, 1978). kopvoorns in rivieren zullen inderdaad al gauw migreren naarmate de populatie groter wordt, op voorwaarde althans dat er voldoende geschikt habitat bestaat in de ruime omgeving.

Hoewel er tot op heden geen aanwijsbaar bezwaar is tegen herintroductie met "grote" één- of tweejarige individuen (die dus op goed van voedsel voorziene vijvers zijn grootgebracht) lijkt het eerder aangewezen de conditie van de visjes zo goed mogelijk te laten overeenstemmen bij wat men in natuurlijke systemen aantreft. Jonge dieren die een initiële groei "boost" gekregen hebben zouden mogelijk vatbaarder kunnen zijn voor infecties wanneer ze in een andere omgeving terecht komen. Hierover zijn evenwel geen gegevens bekend.

Er wordt wel eens gewag gemaakt dat men bij herintroductie projecten er dient op te letten een "juist" aantal individuen uit te zetten, waarna de soort de mogelijkheid verwerft om te evolueren naar een zich "natuurlijk" regulerend systeem. Bij te grote aantallen zou men genooddakt kunnen zijn om later een aantal individuen weg te vangen (uitdunningsvisserij), waarvan gekend is dat het een positief

effect op de groei van de resterende vissen kan hebben (Anderson & Smith, 1971). We vermoeden echter dat deze problematiek zich eerder zal manifesteren in gesloten (vijver)systemen en niet zozeer een probleem vormt voor open riviersystemen.

3.2.3.4. Besluit

Zoals eerder aangehaald kunnen herintroductieprojecten o.i. best bestaan uit een eenmalige uitzetting van een voldoende aantal (0+) juvenielen, die qua grootte aanleunen bij de natuurlijke lengte van de dieren. Een dergelijke herintroductie heeft het voordeel dat ze veel makkelijker op te volgen en te evalueren is. Door een jaarlijkse bevissing (bv. tijdens het voortplantingsseizoen) kan dan de groei van de vissen opgevolgd worden en kan tevens de geslachtsrijping gecontroleerd worden. Op deze manier kunnen eenvoudige en betrouwbare groeicurves voor beide geslachten opgesteld worden en kan ook de aanvang en omvang van recrutering nagegaan worden.

We menen te mogen besluiten dat de groei van de soort, 7 jaar na de eerste herintroductie in de Grote Nete, zeer goed verloopt. Wel is het aangeraden om een groei studie binnen enkele jaren te herhalen om zo de verdere groei van de adulte dieren op te volgen. Wanneer er in de tussenperiode geen nieuwe herbepotingen meer gebeuren met de soort, kan ook een juistere analyse van de groei tijdens de eerste levensjaren gemaakt worden, aangezien er dan meer dieren van natuurlijke recrutering in de populatie aanwezig zullen zijn.

4. Onderzoek naar de habitatbinding van kopvoorn in een laaglandrivier - de Grote Nete

4.1. Inleiding

4.1.1. Algemene situering van het onderzoek

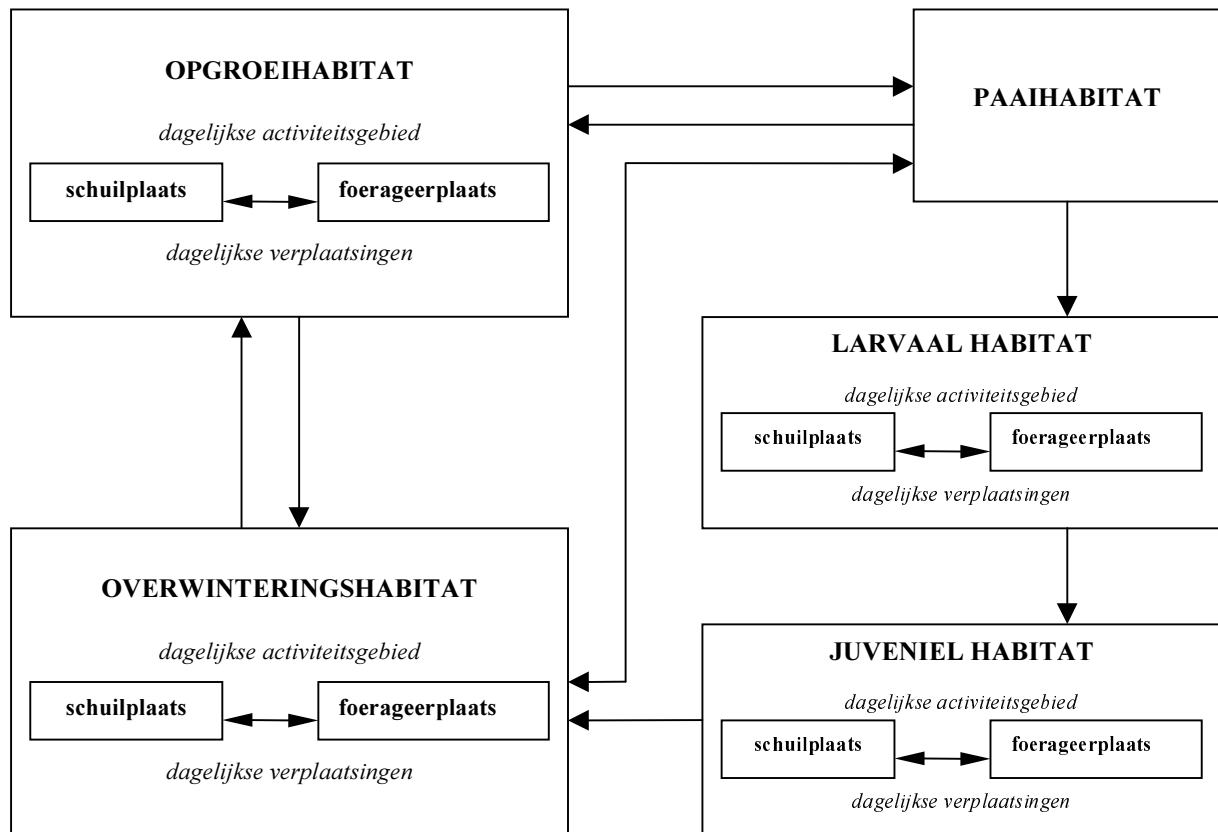
Het overgrote deel van de waterlopen in Vlaanderen is sterk gereguleerd ten behoeve van verschillende gebruiksfuncties (scheepvaart, landbouw, waterkracht,...). Wat de kleinere beken en rivieren betreft, werd kanaliseren, rechtekken en ruimen lange tijd gezien als de enige oplossing voor het optimaliseren van de waterafvoer om overstromingen te vermijden en om (landbouw)gebruik van valleigronen rondom beter te laten renderen. Hierbij werd meestal geen rekening gehouden met de ecologische functie van de waterloop. Door het vastleggen van de rivier en zo de natuurlijke dynamische processen ervan in te perken, gaan echter heel wat specifieke kenmerken eigen aan een rivierecosysteem verloren. Rivierregulatie heeft dan ook in hoge mate bijgedragen tot het verlies van levensnoodzakelijke patronen en processen die samengevat kunnen worden onder de noemer 'habitatverlies' en dit voor tal van water- en valleibewonende soorten. De diversiteit en densiteit aan autochtone soorten werd hierdoor sterk teruggedrongen (Ebersole *et al.*, 1997).

4.1.2. Habitatonderzoek

Om een beter inzicht te krijgen in een aantal patronen en processen die de verspreiding van kopvoorn bepalen in onze sterk geregleerde laaglandbeken en -rivieren werd in de Grote Nete een onderzoek uitgevoerd naar verschillende aspecten van de habitatbinding van de soort. Het habitat wordt hierbij gedefinieerd als de locale fysische, chemische en biologische kenmerken die een omgeving (leefruimte) voor de vis creëren (Smith, 1989) tijdens verschillende levensstadia, onder wisselende omgevingsomstandigheden en in een jaarcyclus. Individuele vissen spenderen zelden hun hele leven in hetzelfde habitat, en zelfs soorten die beschouwd worden als resident in een bepaald stuk van de rivier, voeren meestal toch migraties uit naar stroomop- of stroomafwaarts gelegen paaigronen. Elk individu heeft in zijn levenscyclus immers verschillende habitats of functionele eenheden met geschikte microhabitat-condities nodig, die aangepast zijn aan het specifieke levensstadium. Een overzicht van de functionele eenheden in de levenscyclus van vissen wordt weergegeven in figuur 1. De levenscyclus wordt in dit schema opgedeeld naar het bezoeken van leefgebieden. Geslachtsrijpe dieren zoeken in de paaiperiode geschikte paaigronen. Deze kunnen vlak bij de adulte leefgebieden liggen, maar om hun reproductief succes te verhogen, ondernemen veel riviervissen vaak grote migraties, bv. naar zijrivieren of bovenlopen waar ze zelf geboren zijn, plaatsen die vaak een heel eind van hun opgroei/foerageergebieden liggen. Andere oorzaken voor migraties of verplaatsingen zijn: optimale foerageer strategieën, het vermijden van ongunstige omstandigheden (te lage of hoge debieten, verontreinigingen,...) of kolonisatie van nieuwe gebieden (dispersie).

Naast een temporele component (jaarcyclus, dagcyclus) is het bepalen van habitatgebruik en habitatpreferenties in veldstudies grotendeels afhankelijk van de ruimtelijke schaal waarop gewerkt wordt. Hermansen & Krog (1984) beschrijven drie ruimtelijke schalen: 'superior condition', zoals bijvoorbeeld in Huet (1959), 'macrohabitat', zoals o.a. in Binns & Eiserman (1979) en 'microhabitat', zoals o.a. bekend uit de Instream Flow Incremental Methodology (Bovee, 1986).

Figuur 4.1. Functionele eenheden in de levenscyclus van vissen, met aanduiding van de bezochte leefgebieden en dagelijkse en seizoensgebonden verplaatsingen er tussen.



Om een inzicht te krijgen in het habitatgebruik en de habitatpreferentie van de soort worden voor dit onderzoek 5 verschillende invalshoeken gekozen, waarmee we een zo volledig mogelijk beeld willen krijgen van verschillende aspecten van de habitatbinding van de soort in laaglandrivieren, zoals die in Vlaanderen voorkomen:

- het habitatgebruik op macroschaal, waarbij we trachten een aantal “sleutelkenmerken” te vinden die de verspreiding van de dieren bepaalt in het stroomgebied;
- het habitatgebruik op microschaal, waarbij gezocht wordt naar voorkeuren voor microcondities van het rivierbiotoop waarin de vis verblijft;
- de jaarlijkse mobiliteitscyclus, waarbij migraties en mobiliteit van adulte dieren tijdens volledige jaarcycli worden bestudeerd met behulp van radiotelemetry;
- het activiteitspatroon van de adulte dieren tijdens een dagcyclus, waarbij gezenderde dieren gevolgd worden tijdens 24-uren cycli;
- het gedrag en habitatgebruik van geslachtsrijpe vissen tijdens de voortplantingsperiode.

4.2. Habitatgebruik op macroschaal

4.2.1. Doelstelling

Dit onderzoeksluik met betrekking tot de habitatbinding heeft tot doel inzicht te krijgen in de factoren die de verspreiding van de kopvoorn in het stroomgebied van de Grote Nete bepalen. Aan de hand van een beperkt aantal opgemeten variabelen met betrekking tot de stroomsnelheid, de diepte, het substraat en de oeverstructuur wordt nagegaan welke variabelen het voorkomen van de soort in de boven- en middenloop van de Grote Nete het best verklaren.

4.2.2. Materiaal en methode

4.2.2.1. Situering van de proeftrajecten

In totaal werden 87 trajecten van 100 m bestudeerd in de boven- en middenloop van de Grote Nete, gelegen tussen Geel (monding van de Scherpenbergloop) en Balen (Kerkhoven). Een plaatsbeschrijving van de opgemeten trajecten wordt gegeven in Tabel A in bijlage.

4.2.2.2. Bemonstering van de kopvoornpopulatie in de proeftrajecten

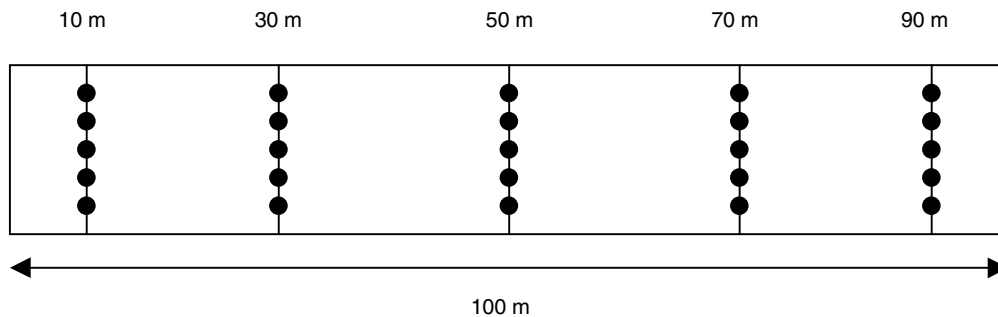
Alle bestudeerde trajecten werden bemonsterd met elektrische visvangst volgens een CPUE methode (catch per unit effort = 1 vangst per traject) en het totaal aantal gevangen individuen werd gebruikt als een maat voor de densiteit aan kopvoorns in het betrokken traject. De gegevens werden verzameld tussen mei en augustus 1996.

4.2.2.3. Opmeting van het macrohabitat in de proeftrajecten

In elk 100m-traject werden 25 meetpunten genomen, waarop een aantal variabelen opgemeten werden. Dit gebeurde door 5 transecten loodrecht op de oever van de waterloop te bepalen (op 10, 30, 50, 70 en 90 m, gemeten t.o.v. de beginpositie van het traject). Op ieder transect werden vervolgens 5 monsterpunten genomen (één in het midden, twee langs de oevers en twee ertussen), waarop de stroomsnelheid, de diepte en het substraat bepaald werden (Figuur 4.2.).

De metingen van de stroomsnelheid gebeurden op 10 cm boven de bodem door middel van een Marsh-McBirney Flo-Mate, Model 2000. De elektromagnetische sensor van de stroomsnelheidsmeter is bevestigd op een ijzeren staaf waarop tegelijk de diepte afgelezen kon worden. De stroomsnelheid werd afgelezen tot op 1 cm/s en de diepte tot op 1 cm. Voor de dieptegegevens werd vervolgens een (kleine) correctie doorgevoerd van enkele cm, teneinde alle opgemeten waarden in verhouding te brengen tot een standaarddiepte, die bepaald werd aan de hand van de gemiddelde waarde van de waterhoogte op de data van de opmetingen. Tijdens onze meetcampagne bedroeg de gemiddelde waterhoogte 40 cm, afgelezen op een vaste meetlat ter hoogte van de limnigraaf van Meerhout, die gesitueerd is in het midden van het proefgebied.

Figuur 4.2. Opmeting van het macrohabitat per traject van 100 m. Situering van de 5 transecten per riviertraject van 100 m en de 5 meetpunten per transect.



Het dominerende substraat op elk van de monsterpunten werd opgemeten in drie klassen: hard (stenen, ijzerzandsteen en kiezel), zandig of slibrijk (inzakken met voet) op basis van visuele waarneming.

Voor het gehele traject van 100 m werd er een schatting gemaakt van het aantal meter bedekking door struiken ('cover') op de linker- en rechteroever. Enkel bomen of struiken die op minder dan een halve meter boven het wateroppervlak of die in het water hingen, werden beschouwd als 'cover'. Overhangende struiken of bomen boven zandbanken met een waterdiepte kleiner dan 10 cm, werden niet meegerekend, aangezien deze plaatsen als te ondiep worden beschouwd voor de vissen en dus niet als 'cover'-habitat beschikbaar zijn. Daarnaast werd ook een schatting gemaakt van het aantal meter holle oever en het aantal meter oeververdediging langs beide rivieroever.

De opmeting van de proeftrajecten vond plaats in het najaar van 1998 en 1999, zoals eerder aangehaald tijdens dagen met een vergelijkbare (basis)afvoer. We gaan hierbij uit van de veronderstelling dat het habitat op macroschaal in de proeftrajecten sinds 1996 ongewijzigd is gebleven. We kunnen deze veronderstelling maken omdat de Grote Nete een weinig dynamische laaglandrivier is (relatief klein verval en energiegehalte) en omdat er in de tussenperiode geen wijzings- of onderhoudswerken zoals maaien van de oevers of slijkrijming gebeurden. Deze veronderstelling wordt tevens gestaafd door onze waarnemingen op het terrein, aangezien tijdens de studieperiode geen noemenswaardige veranderingen in de habitatstructuur van de rivier konden vastgesteld worden.

4.2.2.4. Gegevensanalyse i.v.m. het habitatgebruik op macroschaal

1. Berekening van de habitatvariabelen i.v.m. het macrohabitat

Uit de opmetingsgegevens werden 14 variabelen berekend die in de verdere analyse betrokken werden en die in 4 groepen onderverdeeld kunnen worden.

a. Variabelen m.b.t. de diepte van het riviertraject

- gemiddelde diepte: gemiddelde van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de gemiddelde diepte van het traject;
- variantie diepte: variantie van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de diversiteit in het dieptepatroon van het traject;

- maximale diepte: maximum van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de diepste stroomkuilen die in het traject voorkomen;
- variantie maximale diepte: variantie van de (5) diepste waarden van elk transect, als een maat voor het stroomkuilenpatroon (afwisseling tussen 'pools' en 'riffles').

b. Variabelen m.b.t. de stroomsnelheid van het riviertraject:

- gemiddelde stroomsnelheid: gemiddelde van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de gemiddelde stroomsnelheid van het traject;
- variantie stroomsnelheid: variantie van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de diversiteit in het stroomsnelheidspatroon van het traject;
- maximale stroomsnelheid: maximum van de 25 opgemeten waarden, als een maat voor de hoogste stroomsnelheden die in het traject voorkomen (indicatie voor het al dan niet voorkomen van stroomversnellingen ('riffles') in het traject);
- variantie maximale stroomsnelheid: variantie van de (5) hoogste stroomsnelheden van elk transect, als een alternatieve maat voor het stroomkuilenpatroon (afwisseling tussen 'pools' en 'riffles').

c. Variabelen m.b.t. het substraat van het riviertraject:

- percentage hard substraat: percentage van de 25 opgemeten waarden in de klasse 'hard' (stenen, ijzerzandsteen of kiezel);
- percentage zandig substraat: percentage van de 25 opgemeten waarden met overwegend zandige bodem;
- percentage slibrijk substraat: percentage van de 25 opgemeten waarden met slibrijk substraat.

d. Variabelen m.b.t. de structuur van de oever:

- percentage holle oever: percentage van de 200 m oeverzone dat onderspoeld is en bijgevolg holtes (donkere schuilplaatsen voor de vis) bezit;
- percentage overhangende 'cover': percentage van de 200 m oeverzone met overhangende bomen of struiken (eveneens donkere schuilplaatsen, maar ook bron van allochtone voedsel-input van landinvertebraten);
- percentage oeeververdediging: percentage van de 200 m oeverzone dat een of andere vorm van oeeververdediging bezit.

2. Correlatieberekening tussen macrohabitatvariabelen en kopvoordensiteiten

In de eerste plaats werd een correlatiematrix berekend tussen de macrohabitatvariabelen om de intercorrelatie tussen de verschillende variabelen na te gaan. Vervolgens werd voor elke macrohabitatvariabele de correlatie met het aantal gevangen kopvoorns per traject berekend. Hiertoe werden de gegevens van het aantal individuen per traject eerst logaritmisch getransformeerd door middel van een $\log_{10}(x + 1)$ transformatie, omdat er slechts enkele grote waarden waren en veel kleine waarden. Bij deze transformatie blijven de nul waarden nul aangezien $\log_{10}(0+1) = 0$ en de hoge waarden ondergaan een verlaging zodat er een betere verspreiding ontstaat van de gegevens. De distributie krijgt hierdoor meer het karakter van een normaalverdeling.

3. Onderzoek naar sleutelvariabelen die de verspreiding van kopvoorn bepalen

Om na te gaan welke variabelen de verspreiding van kopvoorns in de boven- en middenloop van de rivier het best verklaren (= sleutelvariabelen), werd een stapsgewijze voorwaartse multiple (lineaire) regressie-analyse uitgevoerd.

Een multiple regressie beschrijft het verband tussen een afhankelijke variabele (Y) en meerdere (k) onafhankelijke variabelen ($X_1 \dots X_k$) door middel van volgende vergelijking:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k$$

waarbij:

- a = snijpunt met de Y-as
- = de waarde van Y wanneer de waarden van X_k gelijk zijn aan nul
- b_1 tot b_k = partiële regressiecoëfficiënten
- = maten voor de helling van het vlak volgens de respect. dimensies
- Y = afhankelijke variabele of responsvariabele
- X_1 tot X_k = onafhankelijke of prediktor variabelen

Er wordt nagegaan hoe veranderingen in de onafhankelijke variabelen de waarden van de afhankelijke variabele beïnvloeden. Als afhankelijke variabele worden de getransformeerde data van het aantal gevangen kopvoorns per traject gebruikt. Als onafhankelijke variabelen worden de 14 macrohabitatvariabelen geselecteerd. Bij de analyse wordt gebruik gemaakt van een stapsgewijze voorwaartse selectie. Dit betekent dat eerst een selectie optreedt van de beste prediktor, daarna volgt de tweede beste en dit gaat zo verder tot de beste selectie bekomen is. Bij multiple lineaire regressie wordt rekening gehouden met de intercorrelatie tussen de onafhankelijke variabelen. Het nagaan van de totale significantie van de regressie gebeurt door middel van een F-test. De partiële regressiecoëfficiënten (b) zijn een maat voor de bijdrage van de verschillende onafhankelijke variabelen tot regressie. Om ze onderling te kunnen vergelijken dient men de gestandaardiseerde coëfficiënten (Beta) te bestuderen. Hoe groter deze is voor een bepaalde onafhankelijke variabele, hoe belangrijker deze variabele is in het verklaren van de variatie in de afhankelijke variabele. Aan de hand van een t-test wordt telkens nagegaan of de bijdrage van alle geselecteerde onafhankelijke variabelen ook wel significant is. Het percentage van de variatie dat verklaard wordt door de combinatie van onafhankelijke variabelen wordt in de regressie weergegeven door adjusted R^2 (R^2 gecorrigeerd voor het aantal onafhankelijke variabelen). De tolerantiewaarden zijn een maat voor de overlapping tussen de onafhankelijke variabelen. De tolerantiewaarde van $X_1 = 1 - R^2$. Deze R^2 is afkomstig van een regressie analyse met de betrokken onafhankelijke variabele X_1 als afhankelijke variabele en alle andere onafhankelijke variabelen X_n als onafhankelijke variabelen. Dus hoe groter deze R^2 waarde (hoe kleiner de tolerantiewaarde), hoe meer deze variabele kan beschreven worden door een combinatie van de overige onafhankelijke variabelen, dus hoe meer overlappend deze variabele is met de andere.

4.2.3. Resultaten

4.2.3.1. Intercorrelatie tussen de onderzochte macrohabitatvariabelen

Het resultaat van de intercorrelatie tussen de 14 variabelen wordt weergegeven in tabel 4.1. De sterkste correlaties treden op tussen de variabelen afgeleid van de stroomsnelheid, namelijk tussen de maximale en de variantie op de stroomsnelheid ($r = 0,95$ en $p < 0,001$), tussen de variantie op de stroomsnelheid en op de maximale stroomsnelheid ($r = 0,85$ en $p < 0,001$) en tussen de maximale stroomsnelheid en de variantie op de maximale stroomsnelheid per transect ($r = 0,80$ en $p < 0,001$). Tussen de vier variabelen afgeleid van de diepte is er telkens significante correlatie, maar minder sterk dan bij de stroomsnelheid.

Tabel 4.1. Intercorrelatie tussen 14 variabelen die het macrohabitat beschrijven in 87 bestudeerde trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete. In de tabel wordt naast de correlatiecoëfficiënt ook het significantieniveau weergegeven (*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; ns = niet significant).

	Gem. diepte	Max. diepte	Var. max. diepte	Var. diepte	Gem. snelheid	Max. snelheid	Var. max. snelheid	Var. snelheid	% hard substraat	% zandig substraat	% slibrijk substraat	% "cover"	% holle oever
Max. diepte	0,79 ***												
Var. max. diepte	0,25 *	0,69 ***											
Var. diepte	0,46 ***	0,80 ***	0,59 ***										
Gem. snelheid	-0,62 ***	-0,48 ***	-0,09 ns	-0,23 *									
Max. snelheid	-0,34 **	-0,14 ns	0,22 *	0,05 ns	0,72 ***								
Var. max. snelheid	-0,01 ns	0,16 ns	0,41 ***	0,20 ns	0,23 *	0,80 ***							
Var. snelheid	-0,25 *	-0,04 ns	0,27 **	0,13 ns	0,60 ***	0,95 ***	0,85 ***						
% hard substraat	0,11 ns	0,01 ns	0,09 ns	-0,10 ns	0,34 ***	0,50 ***	0,43 ***	0,55 ***					
% zandig substraat	-0,07 ns	0,01 ns	-0,03 ns	0,09 ns	-0,10 ns	-0,28 **	-0,29 **	-0,31 ***	-0,57 ***				
% slibrijk substraat	-0,06 ns	-0,02 ns	-0,07 ns	0,02 ns	-0,28 **	-0,28 **	-0,19 ns	-0,29 **	-0,54 ***	-0,38 ***			
% "cover"	-0,03 ns	0,17 ns	0,24 *	0,24 *	0,12 ns	0,12 ns	0,15 ns	0,12 ns	-0,01 ns	0,11 ns	-0,11 ns		
% holle oever	-0,15 ns	-0,16 ns	-0,18 *	0,00 ns	0,26 *	0,22 *	0,10 ns	0,24 *	0,23 *	-0,18 ns	-0,07 ns	0,03 ns	
% oeververdediging	-0,15 ns	-0,17 ns	-0,04 ns	-0,18 ns	0,04 ns	0,16 ns	0,21 *	0,19 ns	0,20 ns	-0,32 **	0,10 ns	-0,21 *	0,03 ns

Er is een positieve correlatie tussen de vier variabelen afgeleid van de stroomsnelheid en het percentage hard substraat ($p < 0,001$). Hoe groter het percentage hard substraat, hoe sneller het water stroomt. Binnen het substraat is er een negatieve correlatie tussen de drie onderscheiden klassen (hard, zand en slibrijk substraat). Het percentage zand en het percentage slib zijn significant ($p < 0,01$) gecorreleerd met drie variabelen van de stroomsnelheid, met uitzondering van zand dat niet significant gecorreleerd is met de gemiddelde snelheid en van slib dat niet significant gecorreleerd is met de variantie op de maximale stroomsnelheid per transect.

Het percentage holten is positief gecorreleerd met de variabelen van de stroomsnelheid (behalve met de variantie op de maximale snelheid per transect) en met het percentage hard substraat en het is negatief gecorreleerd met de variantie op de maximale diepte per transect. Deze correlaties zijn echter niet zo sterk (r is telkens ongeveer gelijk aan 0,2). Hetzelfde geldt ook voor de correlatie van het percentage 'cover' met de variantie op de diepte en op de maximale diepte per transect. De oeververdediging is op zijn beurt negatief gecorreleerd met het percentage zand, het percentage cover en de variantie op de maximale snelheid per transect.

Tenslotte zijn er nog correlaties tussen de variabelen van de diepte en die van de stroomsnelheid. De varianties van de maximale waarden per transect van deze variabelen zijn onderling gecorreleerd. De gemiddelde stroomsnelheid is negatief gecorreleerd met de gemiddelde diepte ($r = -0,62$; $p < 0,001$), met de maximale diepte ($r = -0,48$; $p < 0,001$) en met de variantie op de diepte ($r = -0,23$; $p < 0,05$).

De variantie op de stroomsnelheid en op de maximale stroomsnelheid per transect zijn gecorreleerd met de variantie op de maximale diepte per transect.

Algemeen kan men echter stellen dat er relatief weinig heel sterk gecorreleerde variabelen aanwezig zijn in onze gegevensset. We hebben daarom in de verdere analyses ook steeds alle opgemeten en afgeleide variabelen mee in beschouwing genomen.

4.2.3.2. Verband tussen de habitatvariabelen en het aantal kopvoorns in de onderzochte trajecten

De op 87 locaties gemeten waarden voor de 14 variabelen die het 'macrohabitat' van de onderzochte trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete beschrijven, worden weergegeven in tabel 4.2. Tevens wordt in deze tabel voor elk traject het aantal gevangen kopvoorns weergegeven. Slechts in 56 van de 87 trajecten werden kopvoorns aangetroffen. Opvallend is dat in meer dan de helft van de onderzochte trajecten (45 van de 87) blijkbaar geen of amper kopvoorns te vinden zijn (0 of 1 exemplaar per traject van 100 m). Slechts in 9 van de 87 trajecten werden meer dan 10 exemplaren gevangen. De 'goede' kopvoorstrajecten liggen bovendien meestal 'geclusterd'.

Tabel 4.2. Resultaten van de opgemeten waarden voor de 14 variabelen die het macrohabitat beschrijven in de 87 bestudeerde trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete. Tevens wordt voor elk traject het aantal gevangen kopvoorns weergegeven (1 vangst m.b.v. elektrische visserij).

TRAJECT	Kopvoorn (# ind./ traject)	Gem. diepte (cm)	Max. diepte (cm)	Var. max. diepte	Var. diepte	Gem. snelheid (cm/s)	Max. snelheid (cm/s)	Var. max. snelheid	Var. snelheid	% hard substraat	% zandig substraat	% slibrijk substraat	% "cover"	% holle oever	% oeeververdediging
1	0	70	100	81	219	16	30	31	68	44	28	28	6	0	0
2	0	76	95	35	303	17	35	31	85	48	16	36	4	0	0
3	1	70	82	8	92	13	32	25	77	16	32	52	2	0	0
4	0	64	95	85	295	17	38	64	102	12	4	84	9	0	31
5	0	56	83	32	260	13	26	13	33	20	16	64	3	0	2
6	0	51	77	81	215	16	30	11	45	16	24	60	5	0	33
7	0	51	82	146	334	15	26	5	63	24	24	52	4	0	9
8	1	52	90	168	312	16	30	14	68	4	40	56	11	0	13
9	0	49	66	14	116	18	33	14	93	4	48	48	12	0	29
10	1	49	82	143	274	16	30	7	68	4	40	56	5	0	25
11	1	48	75	92	168	16	27	5	67	4	36	60	3	0	62
12	1	48	80	177	297	17	30	14	49	36	44	20	4	0	28
13	4	46	77	347	266	23	62	263	316	72	24	4	3	2	67
14	14	50	100	684	504	21	87	880	581	56	28	16	10	0	77
15	1	57	126	1243	797	26	99	1164	786	64	20	16	9	0	50
16	0	74	115	106	805	19	34	14	91	16	52	32	14	0	0
17	0	74	125	251	839	18	37	10	156	12	56	32	23	0	7
18	1	68	128	212	971	19	33	7	125	12	60	28	18	6	0
19	6	65	118	73	962	21	44	56	98	32	36	32	8	11	0
20	4	69	125	274	846	22	41	29	117	16	64	20	0	6	0
21	2	67	86	6	315	23	45	42	129	4	68	28	0	0	0
22	0	70	145	634	1216	18	40	20	175	0	80	20	3	0	0
23	0	58	105	118	949	18	36	7	141	4	60	36	6	0	0
24	1	59	104	161	781	14	30	19	79	8	60	32	15	0	0
25	0	55	99	99	629	16	34	22	104	4	40	56	15	0	0
26	0	58	100	100	914	16	40	56	113	8	52	40	1	2	20
27	3	55	97	15	1086	22	40	12	137	28	28	44	9	8	23
28	3	47	72	70	235	25	49	34	183	0	64	36	2	0	5
29	2	45	90	222	472	22	47	33	205	4	48	48	0	0	1
30	18	45	88	290	514	26	60	70	347	52	24	24	1	0	0

Tabel 4.2. (vervolg) Resultaten van de opgemeten waarden voor de 14 variabelen die het macrohabitat beschrijven in de 87 bestudeerde trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete.

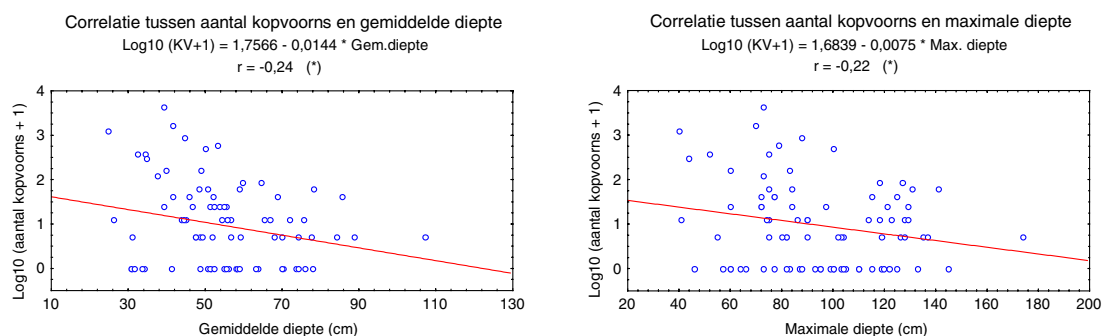
TRAJECT	Kopvoorn (# ind./ traject)	Gem. diepte (cm)	Max. diepte (cm)	Var. max. diepte	Var. diepte	Gem. snelheid (cm/s)	Max. snelheid (cm/s)	Var. max. snelheid	Var. snelheid	% hard substraat	% zandig substraat	% silbriek substraat	% "cover"	% holle oever	% oeversverdediging
31	7	38	73	198	351	31	88	432	566	36	40	24	1	2	0
32	12	34	75	237	478	32	105	876	779	68	16	16	11	7	4
33	24	42	70	81	199	29	51	12	219	16	64	20	0	18	0
34	37	39	73	104	374	27	56	59	256	36	28	36	2	16	21
35	21	25	40	8	131	51	98	180	696	92	4	4	18	18	55
36	1	107	135	88	181	7	18	20	42	60	24	16	1	0	50
37	4	86	115	194	397	11	25	22	65	64	28	8	0	0	25
38	2	76	114	249	346	15	30	28	80	44	52	4	7	0	0
39	1	89	174	1064	989	11	30	25	103	32	40	28	3	0	2
40	1	74	103	93	164	15	40	71	103	32	40	28	1	0	0
41	1	84	137	695	664	15	33	31	116	36	32	32	2	0	0
42	0	78	122	411	350	19	46	112	163	60	36	4	4	0	44
43	1	78	119	238	451	18	34	32	107	40	48	12	4	0	28
44	2	44	75	224	189	25	43	51	182	28	72	0	22	0	0
45	5	59	131	904	631	14	37	112	161	28	48	24	26	0	0
46	0	58	133	835	873	21	46	103	171	40	36	24	16	0	25
47	8	49	83	190	151	29	50	112	107	28	64	8	12	0	0
48	2	72	128	1298	1063	16	48	155	172	20	52	28	7	0	0
49	3	54	121	903	702	27	55	192	326	40	36	24	11	0	0
50	6	60	127	1103	730	24	43	121	151	36	52	12	16	0	0
51	4	52	77	128	168	24	58	153	165	32	44	24	6	0	0
52	2	57	118	833	605	23	45	187	236	24	60	16	5	0	0
53	3	51	84	141	200	26	46	44	100	24	48	28	9	0	0
54	3	52	72	16	186	20	36	8	107	40	52	8	6	1	0
55	0	55	110	753	512	20	42	147	115	28	68	4	11	1	0
56	0	52	103	646	519	21	44	55	184	16	64	20	7	0	0
57	2	45	74	140	217	21	36	21	120	28	48	24	9	1	0
58	2	65	123	675	478	15	37	84	135	28	40	32	14	0	0
59	2	54	129	979	916	18	49	158	161	8	64	28	33	0	0
60	4	42	72	127	163	25	44	24	160	8	40	52	7	0	0
61	11	35	44	16	43	32	54	38	200	60	36	4	7	0	0
62	12	32	52	79	88	33	60	84	324	92	8	0	4	0	0
63	5	78	141	848	921	17	86	1052	586	48	20	32	19	9	0
64	15	53	79	53	246	9	17	21	30	24	28	48	4	25	6
65	0	31	60	73	231	16	28	7	77	0	72	28	0	0	100
66	5	51	84	184	281	13	25	9	52	16	64	20	15	3	2
67	8	40	60	63	92	26	45	30	123	44	48	8	14	14	7
68	2	56	90	112	309	18	30	9	71	0	80	20	15	1	0
69	0	55	87	254	373	15	40	108	123	12	48	40	1	0	0
70	0	63	119	436	789	11	25	32	79	8	76	16	7	0	0
71	0	58	93	310	350	20	30	5	55	16	64	20	7	0	0
72	5	48	75	89	195	20	38	44	68	12	44	44	9	0	0
73	0	59	104	298	422	22	36	20	97	4	52	44	5	0	0
74	1	49	102	519	556	20	38	106	137	0	56	44	4	0	0
75	0	51	88	346	390	24	39	20	120	12	40	48	14	0	0
76	3	55	129	654	909	18	38	53	172	12	40	48	15	0	0
77	3	39	60	52	87	29	41	22	63	0	76	24	20	0	0
78	0	41	73	101	250	26	50	35	178	8	36	56	17	0	2
79	0	52	120	869	776	25	41	72	150	20	32	48	5	0	0
80	2	26	41	17	59	28	49	23	132	8	24	68	0	0	76
81	0	31	110	1060	375	20	39	42	78	0	8	92	2	0	39
82	0	34	46	134	87	18	31	9	68	32	28	40	12	0	0
83	1	31	55	69	136	20	40	14	205	0	76	24	1	0	8
84	0	34	60	95	145	23	50	90	133	0	88	12	1	0	13
85	0	31	64	128	167	23	42	14	171	20	72	8	15	0	0
86	0	32	57	68	147	23	42	28	167	16	84	0	1	0	0
87	0	44	85	587	435	25	59	476	426	32	62	0	7	0	22

De correlatie tussen de 14 variabelen en de logaritmisches getransformeerde gegevens van het aantal gevangen kopvoorns per traject wordt weergegeven in tabel 4.3. De sterkste significante correlatie treedt op met het percentage holten ($r = 0,58$; $p < 0,001$), waaruit een sterke voorkeur van de kopvoorn mag blijken voor riviertrajecten die veel holle oevers bevatten. Deze variabele verklaart 34% van de variatie ($r^2 = 0,34$) in de verspreiding van de kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete. De volgende variabelen die ook nog tamelijk sterk (positief) gecorreleerd zijn met het aantal kopvoorns, zijn: de maximale stroomsnelheid ($r = 0,49$; $p < 0,001$), de gemiddelde stroomsnelheid ($r = 0,48$; $p < 0,001$), het percentage hard substraat ($r = 0,47$; $p < 0,001$) en de variantie op de stroomsnelheid ($r = 0,45$; $p < 0,001$). Het aantal kopvoorns per traject is negatief gecorreleerd ($r = -0,32$; $p < 0,01$) met percentage slibrijk substraat in het traject, m.a.w. hoe slibrijker het traject, hoe minder kopvoorns erin voorkomen. In figuur 4.3. worden de correlatiegrafieken voor de verschillende variabelen weergegeven, alsook de lineaire regressies tussen het aantal kopvoorns per traject en de 14 variabelen van het macrohabitat.

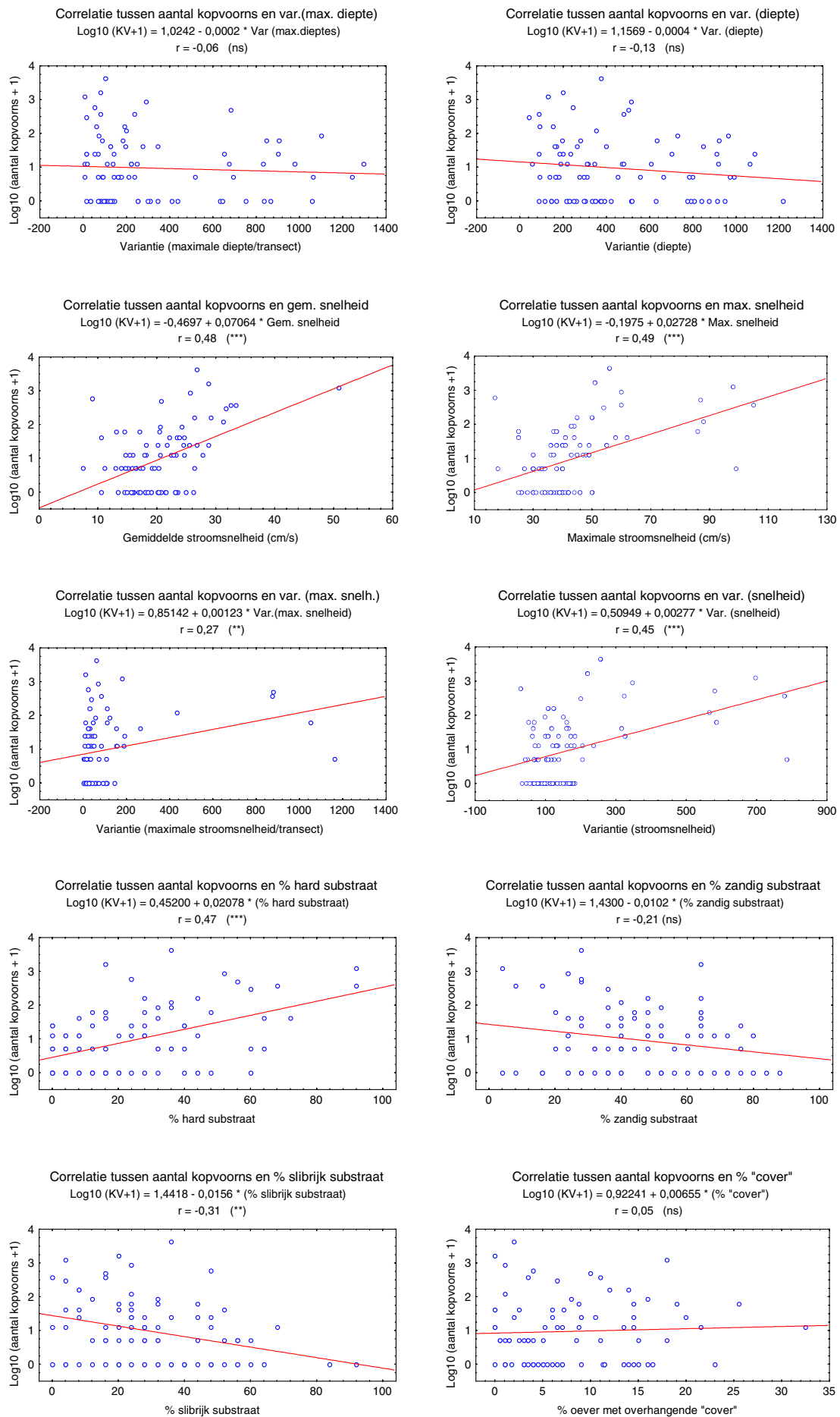
Tabel 4.3. Correlatie tussen het logaritmisches getransformeerde aantal gevangen kopvoorns ($\log_{10}$ van het aantal gevangen vissen) per traject van 100 m en 14 habitatvariabelen voor de 87 beviste trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete. Voor elke variabele wordt de correlatiecoëfficiënt (r), de verklaarde variatie (r^2), de t -waarde (t) en het significantieniveau (p) weergegeven.

	r	r^2	t	p
Gemiddelde diepte	-0,237	0,056	-2,233	0,028
Maximum diepte	-0,218	0,047	-2,044	0,044
Variantie maximum diepte	-0,058	0,003	-0,531	0,597
Variantie diepte	-0,133	0,018	-1,227	0,223
Gemiddelde snelheid	0,476	0,226	4,955	0,000
Maximum snelheid	0,487	0,238	5,116	0,000
Variantie maximum snelheid	0,274	0,075	2,607	0,011
Variantie snelheid	0,451	0,204	4,635	0,000
% hard substraat	0,471	0,222	4,896	0,000
% zandig substraat	-0,210	0,044	-1,966	0,053
% slibrijk substraat	-0,315	0,099	-3,039	0,003
% "cover"	0,047	0,002	0,432	0,667
% holle oever	0,584	0,341	6,599	0,000
% oeververdediging	-0,002	0,000	-0,020	0,984

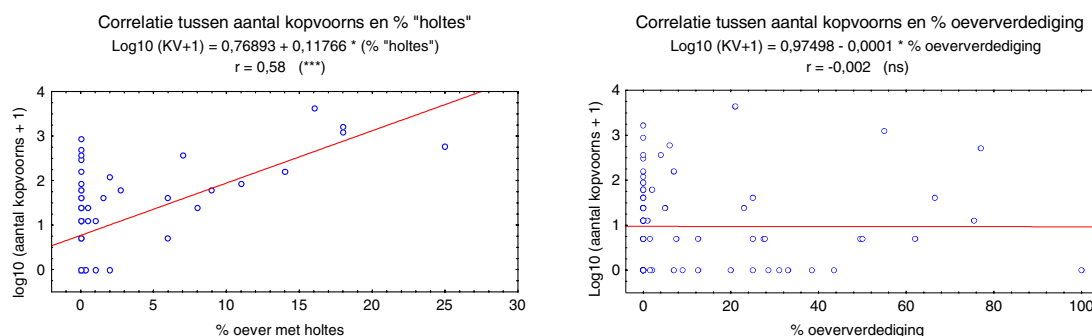
Figuur 4.3. Correlatie tussen het aantal gevangen kopvoorns (1 vangst m.b.v. elektrische visvangst) per traject van 100 m en een aantal habitatvariabelen van het beviste traject in de boven- en middenloop van de Grote Nete. Bij de grafieken wordt tevens de regressievergelijking en de correlatiecoëfficiënt (+ significantieniveau) weergegeven (*** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; ns = niet significant).



Figuur 4.3. (vervolg) Correlatie tussen het aantal kopvoorns en habitatvariabelen van het beviste traject



Figuur 4.3. (vervolg) Correlatie tussen het aantal kopvoorns en habitatvariabelen van het beviste traject



4.2.3.3. Factoren die de verspreiding van de kopvoorn op macrohabitatniveau verklaren

Met behulp van een multiple regressie worden de bepalende variabelen gezocht, die de verspreiding van de kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete verklaren. Aangezien de gebruikte techniek, een multiple regressie met stapsgewijze voorwaartse selectie, rekening houdt met de intercorrelatie tussen de verschillende variabelen (meer bepaald door bij elke stap slechts de resterende variatie in de analyse te betrekken), kunnen we alle 14 variabelen die het macrohabitat beschrijven in de analyse stoppen.

Tabel 5.4. geeft de resultaten van de stapsgewijze voorwaartse multiple regressie -analyse tussen de logaritmisches getransformeerde gegevens van het aantal gevangen kopvoorns per 100 m traject (afhankelijke variabelen) en de waarden van de 14 (onafhankelijke) variabelen van het macrohabitat in de 87 bemonsterde trajecten. De totale regressie is significant ($r = 0,72$; $p < 0,001$). Drie variabelen, met name het percentage holle oever, de maximale stroomsnelheid en het percentage hard substraat verklaren samen een relatief hoog percentage (51 %; $r^2 = 0,51$) van de variatie in de verspreiding van kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete. Enkel significante ($p < 0,05$) variabelen werden in de regressie-analyse weerhouden. De relatieve bijdrage van het percentage holten ($\beta = 0,47$) tot de regressie is het grootst. Aanwezigheid van holle oevers is, zoals eerder aangehaald, de belangrijkste factor die de variatie in de verspreiding van kopvoorns in het stroomgebied verklaart, aangevuld met de maximale stroomsnelheid en het percentage hard substraat. De regressievergelijking die het voorkomen van kopvoorns in het stroomgebied omschrijft, is:

$$\text{Log}(\# \text{ kopvoorns} + 1) = -0,08 + 0,10 (\% \text{ holten}) + 0,01 (\text{max. snelheid}) + 0,01 (\% \text{ hard substraat})$$

Tabel 4.4. Resultaten van een stapsgewijze voorwaartse multiple regressie-analyse voor de logaritmisches getransformeerde gegevens van het aantal gevangen kopvoorns per 100 m traject. De analyse werd uitgevoerd voor de 87 beviste trajecten in de boven- en middenloop van de Grote Nete. Enkel variabelen met een significantieniveau $p < 0.05$ werden ingebracht in het model en worden weergegeven in volgorde van inbreng.

Onafhankelijke variabele: $\log_{10}(\text{aantal kopvoorns} + 1)$					
F = 28,90		p < 0,001	DF = 82	R ² = 0,51	R = 0,72
Variabele	BETA	B	SF(B)	t(82)	p
Intercept		-0,08			
% holle oever	0,47	0,10	0,02	5,93	< 0,001
Max. snelheid	0,27	0,01	0,01	2,95	0,004
% hard substraat	0,23	0,01	< 0,01	2,56	0,012

4.2.4. Bespreking en besluit

Uit een analyse van 87 trajecten van 100 m in de boven- en middenloop van de Grote Nete blijkt dat kopvoorns in het stroomgebied het talrijkst voorkomen op plaatsen die gekenmerkt worden door de aanwezigheid van veel holle oevers, waar hogere stroomsnelheden voorkomen en die gedomineerd worden door hard substraat, bestaande uit kiezel, ijzerzandsteen of steen.

Hunt (1976) suggereerde reeds dat een gepaste uitdrukking van het aantal zalmen per eenheid van oeverlengte beter is dan per oppervlakte-eenheid. Ook in andere studies werd deze eenheid toegepast (Hermansen & Krog, 1984). Smith (1989) doet dezelfde suggestie om de verspreiding van kopvoorn in Engeland te beschrijven. Uit zijn onderzoek naar de habitateisen van kopvoorn in enkele rivieren in Engeland blijkt immers dat bredere rivierdelen niet noodzakelijk meer individuen bevatten dan smallere stukken. Hij suggereert dat kopvoorns eerder reageren op oevereigenschappen dan op eigenschappen van het centrum van het rivierkanaal. Onze resultaten bevestigen deze hypothese en wijzen meer bepaald in de richting dat beschutting door holtes in de oever de sleutelfactor zou zijn in deze reactie van kopvoorns op oevereigenschappen. In ons studiegebied verklaart de mate waarin holle oevers voorkomen immers in hoge mate de verspreiding van de soort op stroomgebiedniveau.

De voorkeur van kopvoorn voor hard substraat die ook uit onze resultaten blijkt, werd eerder ook reeds waargenomen (De Nie, 1996). Copp (1992a) vindt dat kopvoorn anderzijds vooral op slibrijke kiezelbodem. De voorkeur voor harde substraten vindt haar verklaring mogelijk in het feit dat kopvoorns doorgaans hun eieren afzetten op stenen.

Ook de bevinding in onze studie dat kopvoorns trajecten verkiezen waarin hoge stroomsnelheden voorkomen, is in overeenstemming met bevindingen uit andere studies. Smith (1989) stelt dat de dichtheid van kopvoorn in de rivier Wensum in Engeland het best kon beschreven worden in termen van stroomsnelheid en bedekking van het wateroppervlak door bomen en struiken op de oever. Ook Penczak & Zalewski (1974) plaatsen de aanwezigheid van kopvoorn in snelstromende stukken in de rivier Pilica in Polen tegenover de afwezigheid ervan in stilstaande rivierdelen. Leeming (1967) vermeldt dat hij 518 kopvoorns ving in een snelstromend stuk van de rivier Welland, t.o.v. slechts 1 individu in een traagstromend traject. Lewis (1969) en Everest & Chapman (1972) argumenteren dat zalmachtigen snelstromende habitats prefereren omdat deze een grotere aanvoer aan drijvend voedsel per eenheid van tijd hebben in een gegeven ruimte. Volgens Smith (1989) kan een gelijkaardige redenering aangehaald worden voor de biologische betekenis van stroomsnelheid voor kopvoorn.

In ons onderzoek naar de verspreiding van kopvoorn op macrohabitatniveau vinden we geen associatie van de soort met overhangende bedekking ('cover') door bomen en struiken. De correlatiecoëfficiënt tussen de variabele 'cover' en het aantal kopvoors bedraagt slechts 0,05. Dit is enigszins merkwaardig aangezien de sterke associatie van kopvoorn met 'cover' wel beschreven wordt in tal van andere studies. Kopvoorns worden meer aangetroffen in delen van de rivier Pilica in Polen waar de oevers sterk bebost zijn (Penczak & Zalewski, 1974). Ook Penczak (1972b) vond kopvoorn op plaatsen gekarakteriseerd door wilgen met overhangende takken in het stroomgebied van de Nida in Polen. Hij kwam tot dezelfde vaststelling in de rivier Mesta in Bulgarije (Penczak et al., 1985). Armstrong (1983) beschrijft een afname van het aantal kopvoorns na het verwijderen van ondergedompelde bomen in de Thames in Engeland en Swales (1982) rapporteert een migratie van kopvoorn naar andere delen van de rivier Soar in Engeland, na het verwijderen van de oeverbegroeiing. Bovendien stelde deze laatste auteur ook de aantrekking van kopvoorn vast door artificiële 'cover' van planken, aangebracht boven het wateroppervlak langs de rivier Percy in Engeland (Swales, 1983). Een eenduidige verklaring waarom in de Grote Nete de variabele 'cover' door bomen en struiken geen bepalende factor is in de verspreiding van kopvoorn in het stroomgebied, kan de huidige studie niet geven. Een mogelijke oorzaak, al is die louter hypothetisch,

zou kunnen gezocht worden in het feit dat de bedekking door struiken op de oever (zoals zwarte els en wilg) eerder marginaal is, aangezien het in de meeste gevallen om relatief jonge en dus kleine struiken gaat. De oorzaak hiervoor ligt in het feit dat de oevers van de Grote Nete, zoals de meeste beek- en rivieroevers in Vlaanderen, tot voor kort jaarlijks een oevermaaiing ondergingen waardoor opslag van struiken verhinderd wordt. In het traject van 1^e categorie van de Grote Nete werd deze onderhoudsmaatregel een tiental jaren geleden gestopt, zodat er nu wel her en der opslag van struiken aanwezig is, al zijn de struiken soms nog beperkt in omvang. Mogelijk is de grootte van de struiken dus nog te beperkt om een kwalitatief goed schuil('cover')habitat te creëren voor kopvoorns.

Wat betreft het beleid in verband met het rivierbeheer kunnen we uit dit onderzoeksluik naar de verspreiding van de kopvoorn op macroniveau reeds volgende besluiten trekken ten behoeve van het behoud en het herstel van de soort:

- Holle oevers zijn blijkbaar onontbeerlijk voor kopvoorns. Alle maatregelen die de aanwezigheid, de vorming en het behoud van holle oevers tegengaan, dienen dus vermeden te worden. In de praktijk betekent dit dat in de eerste plaats harde oeververdediging zo veel mogelijk beperkt moet worden. Betreding (bv. door vee) of bewerking van oeverstroken (omploegen van akkers) is eveneens nefast voor holle oevers. Oeverbegroeiing door struiken daarentegen kan de vorming van holle oevers in de hand werken en dient dus gestimuleerd. Maaien van oevers is bijgevolg uit den boze, des te meer aangezien literatuurgegevens overhangende struiken aanduiden als bijzonder gunstig voor kopvoorns .
- Trajecten waarin hogere stroomsnelheden voorkomen zijn bijzonder gunstig voor kopvoorns. Dit betekent in de eerste plaats dat rivieren zoveel mogelijk plaatsen met hogere stroomsnelheden moeten behouden of opnieuw verwerven. Het reduceren van het verval van rivieren door molen- of andere stuwen is dus in feite een slechte zaak voor de kopvoornpopulaties. Stuwen dienen dan ook waar mogelijk verwijderd te worden om sneller stromende habitats te herstellen. Een mitigerende maatregel kan gevonden worden in de aanleg van voldoende grote omleidingskanalen rond de stuwen, waarin plaatsen met hogere stroomsnelheden (stroomversnellingen) voorkomen. Om de maximale snelheid die in de trajecten voorkomt te verhogen, dient daarnaast in de rivieren voldoende structuur aanwezig te zijn zodat plaatselijke stroomversnellingen en vertragingen ontstaan. Dergelijke structuur kan bestaan uit de aanwezigheid van bijvoorbeeld dood hout (takken en boomstammen) die voor kleine vervalletjes of plaatselijke vernauwingen zorgen.
- Een element dat de kopvoornpopulaties eveneens ten goede komt is de aanwezigheid van hard substraat. Het ruimen van rivieren die van nature (eventueel plaatselijk) een hardere bodem hebben of kunnen ontwikkelen (bv. grindbanken, ijzerzandsteen,...) dient vermeden. Plaatselijk zouden in beken, die geschikt zijn en waar door hogere stroomsnelheden geen sedimentatie kan optreden, stenige of grindbodems aangelegd of hersteld moeten worden.

4.3. Microhabitatgebruik

4.3.1. Doelstelling

Dit onderzoek heeft tot doel een inzicht te krijgen in de voorkeur en de selectie van specifieke microhabitatcondities, die de plaats bepalen waar de vis zich ophoudt in de rivier. Hiervoor moeten we enerzijds kennis verzamelen i.v.m. het aanbod aan microhabitatcondities in de rivier en anderzijds nagaan bij welke condities de vis zich ophoudt. We zoeken daarom een antwoord op volgende (deel)onderzoeksvragen:

- Wat is het aanbod aan verschillende microhabitatvariabelen in de rivier?
- Welke selectie (preferentie) gebeurt er door de kopvoorn voor de verschillende microhabitatvariabelen in de rivier?
- Is er een verschuiving in het habitatgebruik bij het ouder worden (is er een verschil tussen 0+ juvenielen en oudere dieren)?
- Is er een verschillend habitatgebruik in zomer en winter?

4.3.2. Materiaal en methoden

4.3.2.1. Situering van het proeftraject

Dit onderzoeksluik spits zich toe op een proeftraject van 1810 m van de Grote Nete te Meerhout. Het proeftraject bevindt zich stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout (tussen baan Meerhout-Mol en de monding van de Zeeploop). De Grote Nete heeft op deze plaats een breedte van 8 tot 10 m.

4.3.2.2. Bemonstering van de kopvoornpopulatie in het proeftraject

Voor de techniek van het vissen met elektriciteit verwijzen we naar het algemeen methodologisch deel van dit rapport i.v.m. de gebruikte onderzoekstechnieken.

De elektrische bevissing voor het onderzoek naar het microhabitatgebruik gebeurde “wadend” waarbij de persoon met de handelektrode een sloep vooruit trok. In deze sloep stonden de wisselstroomgenerator en de controlebox. De kathode lag achter de sloep in het water. Een tweede persoon met een schepnet kon vrij bewegen om de verdoofde vissen te vangen. Het visteam verplaatste zich in stroomopwaartse richting omwille van twee redenen:

- de verdoofde vissen dreven met de stroming mee in de richting van het schepnet;
- de vertroebeling van het water gebeurde achter het vispunt, zodat de vissen zichtbaar blijven.

Als vangsttechniek werd gebruik gemaakt van de puntbevissing (PAS = Point Abundance Sampling). De handelektrode wordt hierbij op 15 punten per riviertraject van 10 m in het water gestoken, zodat in principe een random staal van het volledige oppervlak van het traject genomen wordt waarbij alle habitats bevestigd worden. Alle vissen die in de omgeving van de elektrode verdoofd worden, worden door een tweede persoon opgeschept.

Het volledige traject van 1810 m werd tijdens dit onderzoek twee maal bemonsterd (één maal in de zomer en één maal in de winter). De zomerbemonstering vond plaats op 22, 23, 24, 25, 29 en 30 september 1998 en de winterbemonstering gebeurde op 10, 11, 12, 13, 17 en 19 januari 2000. Er werd op toegezien dat alle bemonsteringen bij vergelijkbare omgevingsomstandigheden gebeurden,

meer bepaald in periodes zonder neerslag, zodat er in de rivier steeds een basisdebiet aanwezig was (gelijke waterhoogte en stroomsnelheden).

Van elke gevangen kopvoorn werd onmiddellijk de vorklengte bepaald (tot op 1 mm nauwkeurig), waarna de vis in een kuip met water werd gezet tot na de bevissing. Op deze manier kon dezelfde vis geen 2 maal na elkaar gevangen worden.

4.3.2.3. Bepalen van het microhabitatgebruik van de gevangen dieren

Op elke vangstplaats van een kopvoorn werden onmiddellijk een aantal variabelen gemeten. Een overzicht van de gemeten en geanalyseerde variabelen wordt gegeven in Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Overzicht van de opgemeten microhabitat variabelen in de rivier met hun meeteenheid

Variabele	Eenheid / Klasse
Diepte	cm
Stroomsnelheid (10 cm boven substraat)	cm/s
Rivierkanaalgebruik	oeverzone / centraal
Substraat (dominerend)	hard / zacht
Debris	aanwezig / afwezig
Holle oever	aanwezig / afwezig
Overhangende 'cover'	aanwezig / afwezig
'Riparian cover'	aanwezig / afwezig

De diepte en de stroomsnelheid van de vangstplaats werden bepaald met een draagbare stroomsnelheidsmeter Marsh-McBirney Flo-Mate model 2000. De diepte werd gemeten tot op 1 cm nauwkeurig, door middel van de ijzeren meetstaaf van de stroomsnelheidsmeter die voorzien is van een schaalverdeling. De stroomsnelheid op 10 cm boven het substraat werd bepaald tot op 0,01 cm/s nauwkeurig met behulp van de elektromagnetische sensor van de meter die op 10 cm hoogte aan de meetstaaf bevestigd was. We kozen in ons onderzoek niet voor het bepalen van de gemiddelde stroomsnelheid van de waterkolom (die zich in de waterkolom op 60 % van het oppervlak bevindt), daar die, zoals Orth (1983) signaleert, niet noodzakelijk overeenkomt met de 'biologische snelheid' of de snelheid die de vis effectief ervaart op de snuit 'nose or snout velocity'. In navolging van Baras (1992) kozen we dan ook voor een snelheid die overal gemeten werd op 10 cm boven het substraat, aangezien deze snelheid naar ons gevoel het best overeen komt met de snelheid die de vis ervaart.

Het gebruik van het rivierkanaal werd vastgesteld in twee klassen : 'gevangen in de oeverzone' of 'centraal in het rivierkanaal gevangen'. Als oeverzone werd 1/5 van de rivierbreedte genomen en de resterende 3/5 van het rivierkanaal werd als 'centraal' beschouwd.

Het dominerende substraat in de omgeving van de vangstplaats werd eveneens in twee klassen ingedeeld: zacht of hard. Onder zacht substraat werd slibrijke, kleige of zandige bodem gecatalogeerd; als hard substraat beschouwden we een bodem met een dominantie van kiezel, stenen of ijzerzandsteen.

De aanwezigheid van debris (riet en twijgen < 5 cm doormeter, takken tussen 5 en 10 cm doormeter en hout > 10 cm doormeter) rond de vangstplaats werd eveneens genoteerd in 2 klassen als aan- of afwezigheid van debris.

Verder werd ook de aan- of afwezigheid van overhangende 'cover' en 'riperian cover' op de vangstplaats genoteerd. Overhangende 'cover' of bedekking bestaat uit struiken, bomen of een brug die schaduw werpen op het wateroppervlak. Enkel de aanwezigheid op minder dan 0,5 m boven het wateroppervlak werd genoteerd, aangezien anders het 'schuilplaats-effect' ervan als onbestaande werd beschouwd. 'Riparian cover' zijn takken of kruidachtige vegetatie die in het water hangen.

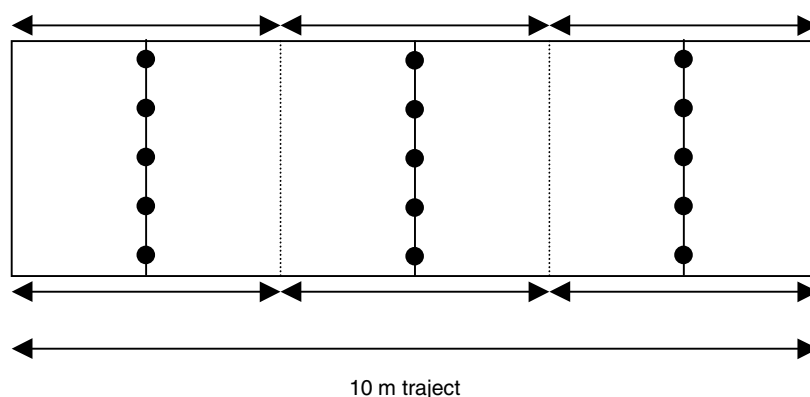
In ons onderzoek werd de watervegetatie als (micro)habitat-vormende factor buiten beschouwing gelaten. Macrofyten zijn immers slechts gedurende een beperkt aantal maanden in de rivier aanwezig en kunnen op die momenten wel voor bijkomende habitatstructuur zorgen, die echter de grootste tijd van het jaar niet aanwezig is. Daarenboven werden de 'zomermetingen' uitgevoerd in de maand september, met andere woorden aan het einde van het groeiseizoen van de vissen en dus op een moment dat de 0+ juvenielen reeds voldoende groot en vangbaar waren met klassieke elektrische vismethoden (gebruik van normale handelektrodes). Ten gevolge van de piekdebieten na de hoge neerslag in de maand september 1998 waren er op dat moment reeds geen waterplanten meer aanwezig in de waterloop.

4.3.2.4. Opmeting van het microhabitaatanbod in de proeftrajecten

Het microhabitaatanbod van het 1810 m lange traject werd bestudeerd in de periode september 1998 tot december 1998. Spreiding van het veldwerk over deze vier maanden heeft toegelaten om te werken bij een nagenoeg constant (basis)debiet. Bovendien heeft het veldwerk enkele weken stilgelegen ten gevolge van de zware regenval in het najaar 1998.

Langsheen het volledige traject zijn ten behoeve van ons radiotelemetrie-onderzoek om de 20 m genummerde landmeterspunten aangebracht. Van deze meetpunten werd gebruik gemaakt om het traject op te delen in vakken van 10 m. Per traject van 10 m werd het habitat vervolgens in detail opgemeten in drie deelvakken. In elk deelvak werd een transect loodrecht op de loop van de rivier uitgezet. Per transect werden dan 5 monsterpunten genomen, telkens op 0,5 m van de oever, in het midden van de rivier en dan nog één punt er tussenin (figuur 4.4). Op elk van deze monsterpunten werd de diepte, de stroomsnelheid, het substraat en de aan- of afwezigheid van debris bepaald. Aan beide oevers werd per deelvak de aan- of afwezigheid van een holle oever, overhangende 'cover' en 'riparian cover' nagegaan zoals beschreven onder paragraaf 4.3.2.3.

Figuur 4.4. Grondplan van een opgemeten riviertraject van 10 m voor de bepaling van het microhabitaatanbod, met aanduiding van de 15 monsterpunten in de rivier (bolletjes) en de 6 stroken waar het oeverhabitat werd nagegaan (pijlen).



Om het aanbod aan 'kanaalpositie' (centraal habitat of oeverhabitat) te kwantificeren werd elke van de 15 bemonsterde cellen in het 10 m traject als een eenheid genomen. Dit betekent dat er per traject van 10 m, 6 oevercellen en 9 centrale cellen aanwezig zijn.

Volgens de hierboven beschreven werkwijze werden bijgevolg in het bemonsterde traject van 1810 m voor elk van de variabelen 2715 metingen uitgevoerd.

4.3.2.5. Gegevensanalyse i.v.m. het habitatgebruik op microschaal

De analyse van de gegevens bestaat uit het bepalen van habitatvoorkeur en -selectie voor verschillende variabelen, alsook het zoeken naar verschillen en/of overlap in habitatgebruik tussen winter en zomer en tussen verschillende leeftijdsgroepen. Als leeftijdsgroepen maken we een onderscheid tussen 0+ juvenielen en 1+ en oudere dieren. Het opsplitsen van de 1+ en oudere vissen in meerdere lengte- of leeftijdsklassen was niet mogelijk, aangezien we hiervoor over onvoldoende waarnemingen (vangstgegevens) beschikten om statistische tests uit te voeren.

Voor de verwerking van de microhabitatgegevens wordt een onderscheid gemaakt tussen de gegevens die in klassen verzameld werden (kanaalgebruik, substraat, debris, holle oevers, overhangende 'cover' en 'riparian cover') en de gegevens die als continue getallen verzameld werden (diepte en stroomsnelheid).

1. Diepte en stroomsnelheid

Betreffende de verwerking van de dieptegegevens dient opgemerkt te worden dat, net zoals bij de studie naar het macrohabitat, de verzamelde gegevens i.v.m. aanbod en gebruik aangepast werden naar een standaarddiepte van 50 cm op de meelat van de debietsmeter te Meerhout. Deze diepte komt overeen met de gemiddelde waterdiepte die opgetekend werd tijdens het verzamelen van de gegevens.

Gebruiksinterval voor diepte en stroomsnelheid

Uit de gegevens van de elektrisch bevissingen werden gebruiksfrekwenties voor diepte- en stroomsnelheidsklassen door verschillende leeftijdsgroepen van de kopvoorn afgeleid. We gebruiken klassen van 10 cm voor de diepte en van 10 cm/s voor de stroomsnelheid.

De berekening van een gebruiksisindex voor elke klasse van de beschouwde variabele gebeurt door de frequentie te delen door de maximumwaarde van de distributie. Zo worden frequentieverdelingen bekomen met relatief genormaliseerde frequenties (door de aan de maximale amplitude de waarde 1 te geven) die gemakkelijk te vergelijken zijn (Baras, 1992).

Voor elke distributie werden de gebruiksintervallen (50, 75 en 90%) bepaald waarbij de beneden- en bovengrens van deze proporties (resp. p 0,25-0,75; p 0,125-0,875 en p 0,05-0,95) corresponderen met de tolerantielimieten van het corresponderende betrouwbaarheidsinterval (figuur 4.5.).

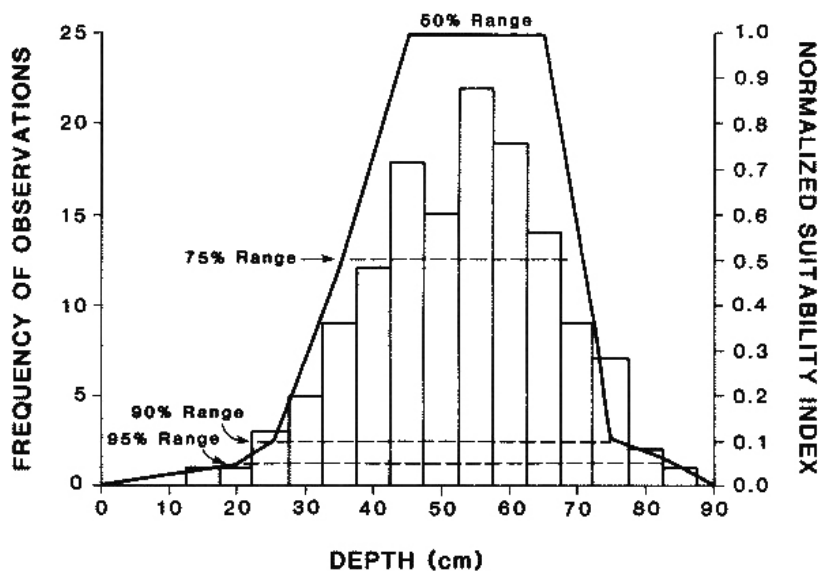
Zoals beschreven door Bovee (1986) wordt een genormaliseerde factor, de habitatwaarde (HW), van 0,2 0,5 en 1 toegekend aan de range van de variabele die respectievelijk 90%, 75% en 50% van de observaties bevat, het zogenaamde 90%, 75% en 50% gebruiksinterval. Deze habitatwaarden (HW) kunnen berekend worden volgens deze formule:

$$HW = 2(1-p)$$

waarbij :

p = proportie onder de curve (50, 75 en 90%) (Bovee, 1986)

Figuur 4.5. Frequentiehistogram met gebruiksintervallen (naar Bovee, 1986)



Wanneer van een variabele enkele extreme waarden gemeten worden, kan dit leiden tot een overschatting van het gebruiksinterval. Extreme waarden kunnen o.a. te wijten zijn aan een verplaatsing van de vis, veroorzaakt door het visteam bij de elektrische visvangst. Om dit probleem te vermijden wordt een gewogen gebruiksamplitude (A_i) berekend. Daarbij worden de gebruiksintervallen vermenigvuldigd met hun habitatwaarde (HW) en de som van deze producten wordt vervolgens gedeeld door de som van de verschillende habitatwaarden (Baras, 1992). De gewogen gebruiksamplitude (A_i) van de variabele i wordt dan :

$$A_i = \sum_{j=1}^p (Pb_{j,i} \times HW_j) / \sum_{j=1}^p HW_j$$

waarbij :

HW_j = habitatwaarde gerelateerd met j (1,0 voor gebruiksinterval van 50%, 0,5 voor interval van 75% en 0,2 voor interval van 90%)

$Pb_{j,i}$ = breedte van het gebruiksinterval van variabele i gerelateerd met j (50%, 75% of 90%)

We illustreren de gebruikte methode hierna aan de hand van een voorbeeld voor de waterdiepte:

Gebruiksinterval	Habitatwaarde	Product
P50 = 62-105 (43)	1.0	43 cm
P75 = 52-122 (70)	0.5	35 cm
P90 = 37-138 (101)	0.2	20.2 cm
Som van de producten =		92,8 cm
Som van de habitatwaarden =		1,7
Gewogen gebruiksamplitude =		57,8 cm

Overlap in gebruiksintervallen voor diepte en stroomsnelheid

Met behulp van een t-test kan nagegaan worden of twee steekproeven uit dezelfde statistische populatie komen (dezelfde gemiddelden en varianties verwacht voor beide stalen). Voor de gegevens van het diepte- en stroomsnelheidsgebruik berekenen we of er een significante gebruiksoverlap is tussen verschillende leeftijdsgroepen of tussen verschillende seizoenen.

Een methode om het percentage overlap te berekenen tussen twee leeftijdsgroepen in een bepaalde periode en voor een combinatie van meerdere variabelen wordt voorgesteld door Baras (1992). Een voordeel van deze methode is dat de verschillen of gelijkenissen gekwantificeerd worden. Daarbij wordt rekening gehouden met de intensiteit van het gebruik van de verschillende gebruiksintervallen van de bestudeerde variabelen. Het percentage overlap tussen bijvoorbeeld 2 leeftijdsgroepen wordt berekend als:

$$\% \text{ overlap } (1,2) = \sum_{j=1}^p [P_{i=1}^n (C_{j,i} / PI_{j,i,2}) \times HW_j] / \sum_{j=1}^p HW_j$$

waarbij:

- i = variabele (1 tot n)
- Σ_i = som afhankelijk van het aantal gebruiksintervallen gerelateerd met j
- P_i = product afhankelijk van het aantal variabelen i
- $C_{j,i}$ = deel van het gebruiksinterval van variabele i gerelateerd met j dat gemeenschappelijk is bij categorie 1 en 2
- $PI_{j,i,2}$ = breedte van het gebruiksinterval van de variabele i gerelateerd met j (50, 75 en 90%) voor categorie 2
- NSI_j = habitatwaarde gerelateerd met j

We illustreren de gebruikte methode hierna aan de hand van een voorbeeld met 2 categoriën:

	categorie 1	categorie 2	gemeenschappelijk deel	breedte gebruiks-interval categorie 1	breedte gebruiks-interval categorie 2
variabele a	P50 = 62-105	P50 = 25-68	6	43	43
	P75 = 52-122	P75 = 18-83	31	70	65
	P90 = 37-138	P90 = 15-108	71	101	93
variabele b	P50 = 15-35	P50 = 25-48	10	20	23
	P75 = 10-48	P75 = 18-63	30	38	45
	P90 = 7-60	P90 = 15-77	45	53	62

De overlap van categorie 2 door categorie 1 wordt als volgt berekend:

<i>Gebruiksinterval</i>		<i>HW</i>	<i>Product</i>
50%	$6/43 \times 10/23 = 6,1\%$	1,0	6,1
75%	$31/65 \times 30/45 = 31,8\%$	0,5	15,9
90%	$71/93 \times 45/62 = 55,4\%$	0,2	11,08
		<i>som =</i>	33,08
		<i>som HW =</i>	1,7
		<i>% overlap =</i>	19,5

Volgens deze berekeningen bedraagt de overlap van categorie 2 door categorie 1 dus 19,5%. De overlap van categorie 1 door categorie 2 wordt op dezelfde manier berekend en bedraagt 21,4%.

Preferentiecurves voor diepte en stroomsnelheid

Microhabitat-preferentiemodellen zijn gebaseerd op drie assumpties:

- het microhabitat dat gebruikt wordt door de vissen wordt verondersteld het geprefereerde microhabitat te zijn; er wordt dus o.a. aangenomen dat de vissen niet weggevlucht zijn vanuit hun oorspronkelijke positie;
- er wordt verondersteld dat de vissen steeds het optimale microhabitat selecteren voor hun groei en overleving;
- er wordt vanuit gegaan dat de voorkeur voor een bepaald microhabitat karakteristiek is voor een bepaalde soort.

Meestal wordt ook aangenomen dat deze voorkeuren kunnen doorgetrokken worden naar andere (gelijkaardige) waterlopen (Bozek & Rahel, 1992).

Uit de frequenties van de opgestelde gebruikshistogrammen worden voor elke klasse (10 cm voor de diepte en 10 cm/s voor de stroomsnelheid) de relatieve frequenties voor het microhabitatgebruik voor beide variabelen berekend. Hetzelfde gebeurt met de gegevens van het microhabitaataanbod voor beide variabelen. Zoals beschreven onder paragraaf 4.5. werd het aanbod aan beide variabelen opgemeten op 5 punten van elk van de 3 transecten per traject van 10 m. Dit gebeurde voor de 181 beviste 10 m - trajecten, zodat we in het totaal over 2715 monsterpunten (metingen) beschikken die het aanbod van beide variabelen beschrijven.

Vervolgens maken we de ratio van de relatieve gebruiksfrekwentie en de relatieve aanbodfrekwentie. Na normalisatie van deze verhouding (door de hoogste waarde gelijk te stellen aan 1) bekomen we een maat voor de preferentie van leeftijdsgroep voor de verschillende diepte- en stroomsnelheidsklassen (Bovee, 1986).

We illustreren de gehanteerde methode hierna aan de hand van een voorbeeld:

<i>Diepte(klasse)</i> <i>(cm)</i>	<i>Gebruik</i> <i>(relatieve frekw.)</i>	<i>Aanbod</i> <i>(relatieve frekw.)</i>	<i>Ratio</i>	<i>Preferentie</i> <i>(genormaliseerd)</i>
10	0,05	0,30	0,167	0,042
20	0,10	0,20	0,500	0,125
30	0,15	0,20	0,750	0,188
40	0,20	0,15	1,333	0,333
50	0,30	0,10	3,000	0,750
60	0,20	0,05	4,000	1,000

2. Kanaalpositie, substraat, debris, holtes, overhangende en riparian cover

Voor de 6 variabelen (kanaalpositie, substraat, debris, holtes, overhangende en riparian cover) worden gebruiksfrequenties opgemaakt op basis van de vangsten met de PAS-methode in het beviste traject van 1810 m (cfr. paragraaf 4.3.2.3.). Daarnaast worden voor dezelfde variabelen aanbods-frekwenties berekend op basis van de opmetingen van het habitataanbod in hetzelfde traject (cfr. paragraaf 4.3.2.4.).

Aan de hand van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of de geobserveerde waarde (gebruik van een bepaalde variabele door de kopvoorns) overeenkomt met verwachte waarde (op basis van het aanbod aan die variabele in de rivier). Anders gezegd: we gaan na of een bepaalde leeftijdsgroep in een bepaald seizoen een bepaalde klasse van een variabele meer of minder gebruikt (uitselecteert) dan de waarde die je op basis van het aanbod mag verwachten.

4.3.3. Resultaten

Tijdens de twee bemonsteringsperioden werden respectievelijk 191 (zomerbemonstering) en 276 (winterbemonstering) kopvoorns gevangen in het beviste traject van 1810 m tussen de watermolen van Meerhout en de monding van de Zeeploop. Om een voldoende grote steekproef te hebben, maken we voor beide seizoenen een analyse van het microhabitatgebruik van de kopvoornpopulatie op basis van 2 leeftijdsgroepen, namelijk de 0+ juvenielen en de 1+ en oudere dieren. De splitsing van de twee groepen gebeurt op basis van de lengte-frequentieverdeling van de gevangen vissen tijdens beide periodes. Dit geeft ons uiteindelijk een totaal van 92 gevangen 0+ juvenielen in de zomer en 159 exemplaren in de winter. De leeftijdsgroep van de 1+ en oudere dieren omvat 99 gevangen exemplaren in de zomer en 117 in de winter (tabel 6.6).

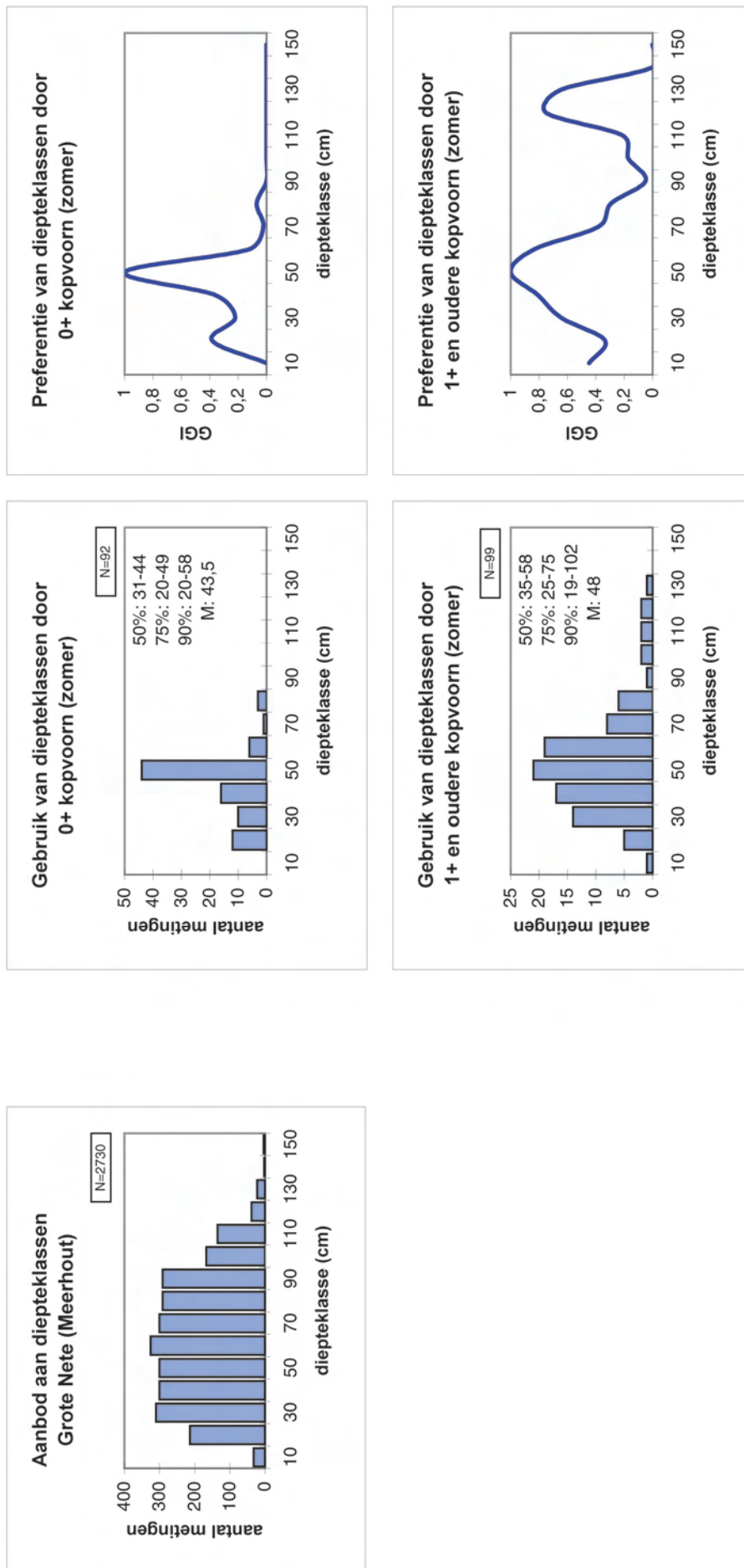
Tabel 6.6. Overzicht van de gevangen kopvoorns (lengte-range en gevangen aantallen) tijdens de bevissingen voor het onderzoek van microhabitatselectie van de soort in de Grote Nete.

	Zomer		Winter	
Leeftijdsgroep	Lengte (mm)	Gevangen aantal	Lengte (mm)	Gevangen aantal
0+ juvenielen	32 - 60	92	26 - 58	159
1+ en ouder	78 - 420	99	68 - 424	117

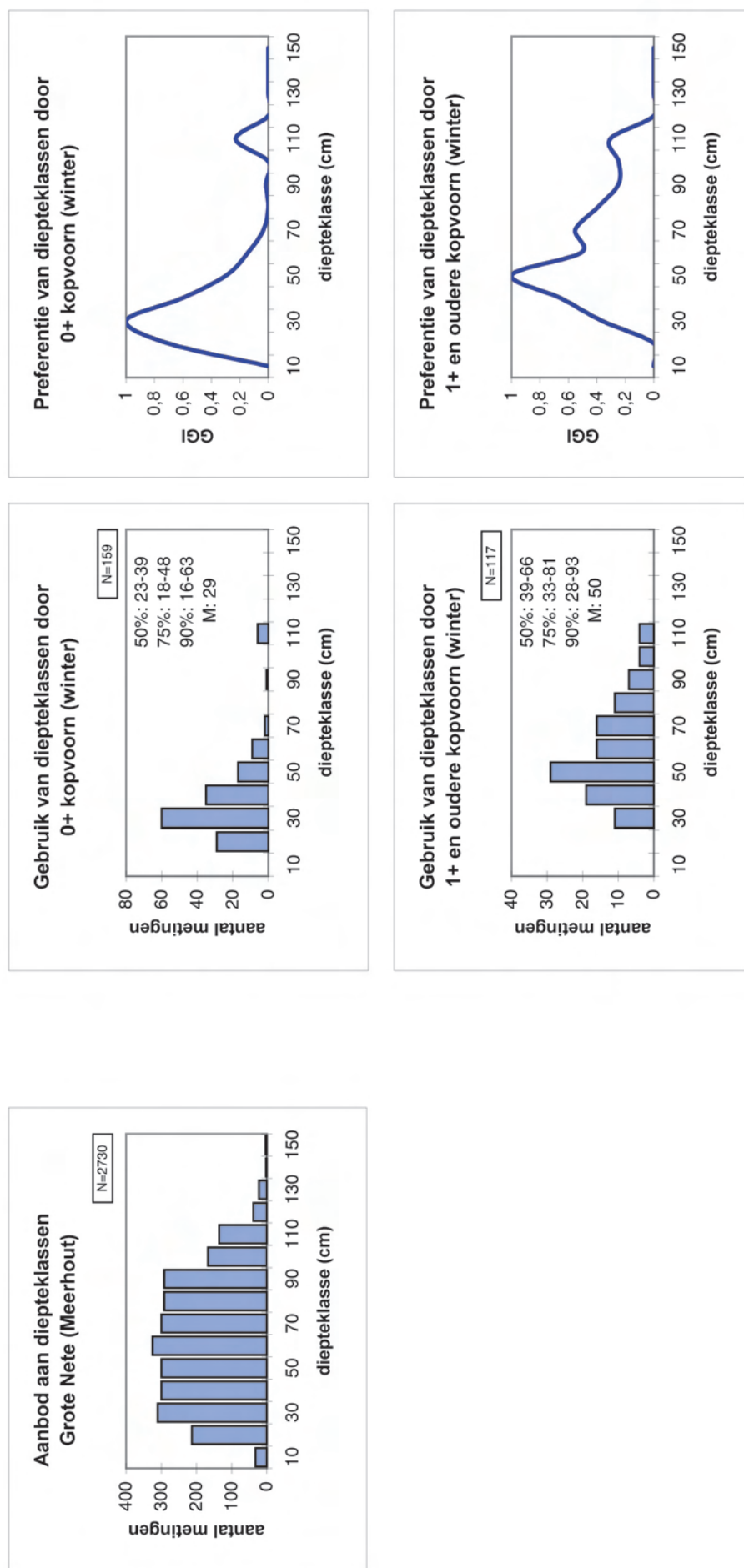
4.3.3.1. Gebruik en selectie van het diepte- en stroomsnelheidshabitat

In de figuren 4.6. t.e.m. 4.9. wordt een overzicht gegeven van het aanbod, het gebruik en de preferentie op basis van een genormaliseerde geschiktheidsindex (GGI) en dit voor diepteklassen van 10 cm en stroomsnelheidsklassen van 10 cm/s voor de gevangen kopvoorns in de bestudeerde zomer- en winterperiode in de Grote Nete. Op de gebruiksgrafieken wordt het gebruikinterval van respectievelijk 50%, 75% en 90% weergegeven, evenals het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) M en het aantal gevangen vissen N.

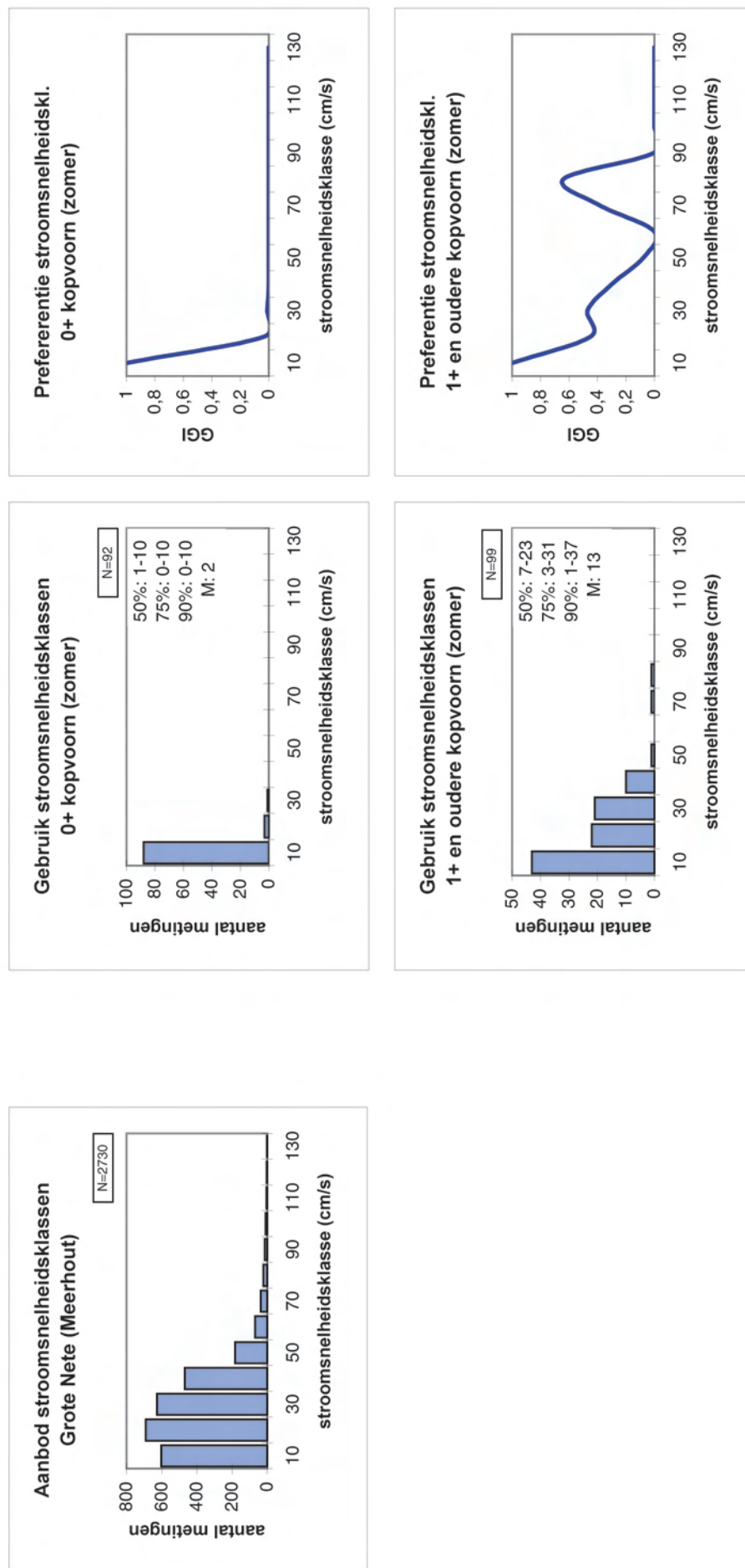
Figuur 4.6. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor diepteklassen van 10 cm, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de zomer, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiksamplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



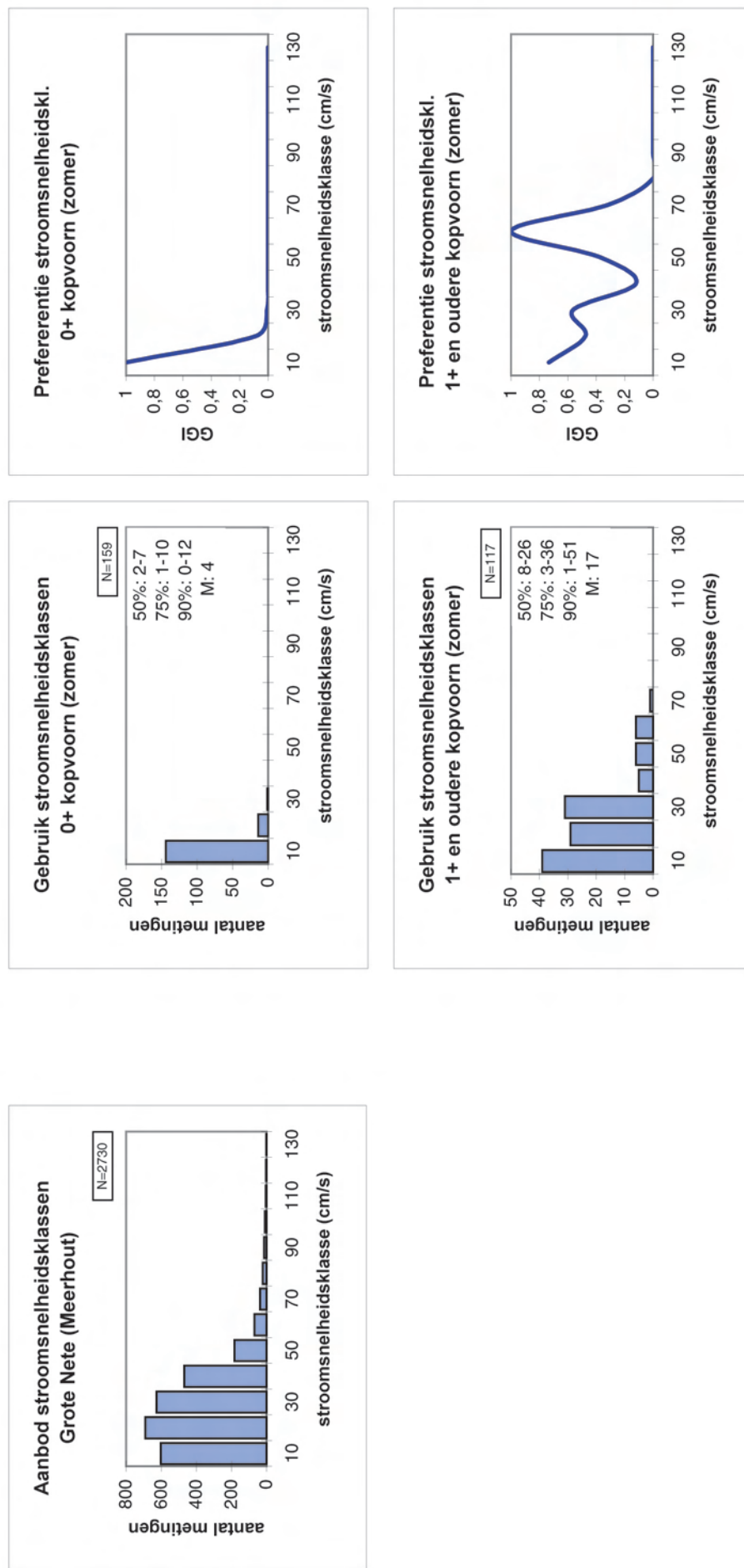
Figuur 4.7. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor diepteklassen van 10 cm, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiksamplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



Figuur 4.8. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor stroomsnelheidsklassen van 10 cm/s, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de zomer, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiks-amplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



Figuur 4.9. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor stroomsnelheidsklassen van 10 cm/s, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiks-amplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



1. Dieptegebruik en preferentie

Zomersituatie

Aanbod, gebruik en preferentie voor de variabele diepte worden voor beide leeftijdsgroepen weergegeven in figuur 4.6. Tijdens de zomerperiode blijken de kopvoorns praktisch de volledige gamma aan diepteklassen te gebruiken die aanwezig zijn in het bestudeerde traject (0-140 cm versus 0-160 cm). Enkel de twee diepste klassen, namelijk 140-150 cm en 150-160 cm, blijken dus niet door kopvoorns gebruikt te worden.

- 0+ juvenielen komen voor in diepteklassen van 10-80 cm. De diepterange waarbij 50 % van de 0+ juvenielen waargenomen werden, bedraagt 31-44 cm en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 40-50 cm. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde dieptegebruik bedraagt voor de 0+ juvenielen 20,6 cm (tabel 4.7.a).
- 1+ en oudere vissen komen voor in diepteklassen van 0-140 cm. De diepterange waarbij 50 % van de 1+ en oudere dieren waargenomen werden, bedraagt 35-58 cm en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 40-50 cm, maar er is nog een tweede preferentiepiek waar te nemen voor de klasse 110-120 cm. Vermoedelijk is deze tweede piek te wijten aan een voorkeur van de grotere exemplaren voor de diepere stroomkuilen in het bestudeerde traject. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde dieptegebruik is bijgevolg, zoals te verwachten, breder dan deze van de 0+ juvenielen en bedraagt voor de 1+ en oudere vissen 38,0 cm (tabel 4.7.a).

Tabel 4.7. Overzicht van het habitatgebruik (diepte en stroomsnelheid) van verschillende leeftijdsgroepen van de kopvoorn in zomer en winter in de Grote Nete (Meerhout)

	Gem. lengte (mm)	Gevangen aantal	Gem. diepte (cm)	Gewogen gebruiksamplitude (diepte)	Gem. stroomsnelheid (cm/s)	Gewogen gebruiksamplitude (stroomsnelheid)
A. Zomer						
0+ juvenielen	46	92	29	20,6	5	9,4
1+ en oudere vissen	231	99	50	38,0	16	21,9
B. Winter						
0+ juvenielen	41	159	34	23,8	5	7,0
1+ en oudere vissen	236	117	54	37,6	19	26,2

Wintersituatie

De wintersituatie i.v.m. aanbod, gebruik en preferentie voor de variabele diepte worden voor beide leeftijdsgroepen weergegeven in figuur 4.7. Tijdens de winterperiode blijken de kopvoorns ook nog een behoorlijk groot gamma van het aanbod aan diepteklassen te gebruiken (10-110 cm versus 0-160 cm), al is de gebruiksrage in de winter duidelijk beperkter dan in de zomerperiode (10-110 cm versus 0-140 cm).

- 0+ juvenielen komen voor in diepteklassen van 10-110 cm. De diepterange waarbij 50 % van de 0+ juvenielen waargenomen werden, bedraagt 23-39 cm en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek (GGI =1) voor de klasse 20-30 cm. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde dieptegebruik bedraagt voor de 0+ juvenielen in de winter 23,8 cm (tabel 4.7.b).
- 1+ en oudere vissen komen voor in diepteklassen van 20-110 cm. De diepterange waarbij 50 % van de 1+ en oudere dieren waargenomen werden, bedraagt 39-66 cm en er is een selectie(preferentie)piek (GGI =1) voor de klasse 40-50 cm. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde dieptegebruik is, zoals in de zomerperiode, breder dan deze van de 0+ juvenielen en bedraagt voor de 1+ en oudere vissen 37,6 cm (tabel 4.7.b).

Vergelijking van het dieptegebruik in zomer- en wintersituatie

Een analyse van de verschillen in het gebruik van de variabele diepte door de verschillende leeftijdsgroepen wordt weergegeven in de tabellen 4.7. en 4.8. Aangezien ervan uit gegaan wordt dat het habitataanbod in zomer en winter gelijk was, kan met een t-test gezocht worden naar gebruiksverschillen tussen de onderscheiden groepen.

Tabel 4.8. *Verschillen in habitatgebruik (diepte en stroomsnelheid) door kopvoorn tussen zomer en winter en tussen verschillende leeftijdsgroepen*

	Diepte			Stroomsnelheid		
	t	df	p	t	df	p
0+ juvenielen - 1+ en oudere vissen (zomer)	-3,99	189	***	-7,78	189	***
0+ juvenielen - 1+ en oudere vissen (winter)	-9,00	274	***	-11,87	274	***
zomer - winter (0+ juvenielen)	2,59	249	**	0,34	249	ns
zomer - winter (1+ en oudere vissen)	-1,51	214	ns	-1,49	214	ns

t = t-waarde

df = aantal vrijheidsgraden

p = significantieniveau (*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; ns = niet significant)

Er is een significant verschil in gebruik voor de variabele diepte tussen de 0+ juvenielen en de 1+ en oudere vissen en dit zowel tijdens de zomer ($t = -3,99$; $p < 0,001$; $df = 189$) als tijdens de winter ($t = -9,00$; $p < 0,001$; $df = 274$). Wanneer we naar de gebruiksintervallen kijken dan wordt duidelijk dat 0+ juvenielen ($P50 = 31-44$ cm) in de zomer gebruik maken van minder diepe rivierdelen dan de 1+ en oudere vissen ($P50 = 35-58$ cm). Hetzelfde geldt voor de winterperiode, maar opmerkelijk is dat er in de winter nog minder overlap is in het dieptegebruik tussen de leeftijdsgroepen. De 50% gebruiksintervallen voor 0+ juvenielen ($P50 = 23-39$ cm) en 1+ en oudere vissen ($P50 = 39-66$ cm) liggen in de winter zelfs volledig gescheiden. De gewogen gebruiksamplitudes rond het gemiddelde dieptegebruik is zowel in de zomer (29 cm versus 50 cm) als in de winter (34 cm versus 54 cm) breder voor de 1+ en oudere vissen. Dit betekent dat de 0+ juvenielen in beide bestudeerde periodes een smallere range aan dieptes gebruiken dan de 1+ en oudere vissen.

Wanneer we een vergelijking maken van het dieptegebruik in de zomer- en winterperiode, blijkt er enkel voor de juvenielen een significant verschil te zijn ($t = 2,59$; $p < 0,01$; $df = 249$). Voor de 1+ en oudere vissen kon er op basis van de uitgevoerde steekproef, geen significant verschil in dieptegebruik tussen zomer en winter gedetecteerd worden. Wanneer we naar de gebruiksintervallen kijken van de 0+ juvenielen dan wordt duidelijk dat 0+ juvenielen in de winter op minder diepe plaatsen verblijven ($P50 = 23-39$ cm) dan in de zomer ($P50 = 31-44$ cm). De gewogen

gebruiksamplitude van de 0+ juvenielen is in de winterperiode (34 cm) echter hoger dan in de zomer (29 cm).

2. Stroomsnelheidsgebruik en preferentie

Zomersituatie

Aanbod, gebruik en preferentie voor de variabele stroomsnelheid worden voor beide leeftijdsgroepen weergegeven in figuur 4.8. Tijdens de zomerperiode blijken de kopvoorns iets meer dan de helft van het gamma aan stroomsnelheidsklassen die aanwezig zijn in het bestudeerde traject ook effectief te gebruiken (0-80 cm/s versus 0-130 cm/s). De vijf snelst stromende klassen, namelijk 80-130 cm en de klasse 60-70 cm/s blijken niet door kopvoorns gebruikt te worden.

- 0+ juvenielen komen enkel voor in de laagste stroomsnelheidsklassen (0-30 cm/s). De range waarbij 50 % van de 0+ juvenielen waargenomen werden, bedraagt 1-10 cm/s en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 0-10 cm/s. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde stroomsnelheidsgebruik bedraagt voor de 0+ juvenielen 9,4 cm/s (tabel 4.7.a).
- 1+ en oudere vissen komen voor in een breder gamma aan stroomsnelheidsklassen van 0-80 cm/s. De range waarbij 50 % van de 1+ en oudere dieren waargenomen werden, bedraagt 7-23 cm/s en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 0-10 cm/s, maar er is nog een tweede preferentiepiek waar te nemen voor de klasse 70-80 cm/s. Mogelijk houdt een deel van de 1+ en oudere kopvoorns zich op in stroomversnellingen, of alleszins in de onmiddellijke omgeving ervan. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde stroomsnelheidsgebruik is bijgevolg, zoals te verwachten, breder dan deze van de 0+ juvenielen en bedraagt voor de 1+ en oudere vissen 21,9 cm/s (tabel 4.7.a).

Wintersituatie

De wintersituatie i.v.m. aanbod, gebruik en preferentie voor de variabele stroomsnelheid worden voor beide leeftijdsgroepen weergegeven in figuur 4.9. Tijdens de winterperiode blijken de kopvoorns, zoals in de zomer, ongeveer de helft van aanbod-range aan stroomsnelheidsklassen te gebruiken (0-70 cm/s versus 0-130 cm/s).

- 0+ juvenielen komen voor in de stroomsnelheidsklassen tussen 0-30 cm/s. De range waarbij 50 % van de 0+ juvenielen waargenomen worden, bedraagt 2-7 cm/s en er is een duidelijke selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 0-10 cm/s. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde stroomsnelheidsgebruik bedraagt voor de 0+ juvenielen in de winter 7,0 cm/s (tabel 4.7.b).
- 1+ en oudere vissen komen voor in de stroomsnelheidsklassen tussen 0-70 cm/s. De range waarbij 50 % van de 1+ en oudere dieren waargenomen worden, bedraagt 8-26 cm/s en er is een selectie(preferentie)piek ($GGI = 1$) voor de klasse 50-60 cm/s. De gewogen gebruiksamplitude rond het gemiddelde stroomsnelheidsgebruik is, zoals in de zomerperiode, breder dan deze van de 0+ juvenielen en bedraagt voor de 1+ en oudere vissen 26,2 cm/s (tabel 4.7.b).

Vergelijking van het stroomsnelheidsgebruik in zomer- en wintersituatie

Een analyse van verschillen in het gebruik van de variabele stroomsnelheid door de verschillende leeftijdsgroepen wordt weergegeven in de tabellen 4.7. en 4.8. Aangezien ervan uit gegaan wordt dat het habitataanbod voor de variabele in zomer en winter gelijk was, kan met een t-test gezocht worden naar gebruiksverschillen tussen de onderscheiden groepen.

Er is een significant verschil in habitatgebruik voor de variabele stroomsnelheid tussen de 0+ juvenielen en de 1+ en oudere vissen en dit zowel tijdens de zomer ($t = -7,78$; $p < 0,001$; $df = 189$) als tijdens de winter ($t = -11,87$; $p < 0,001$; $df = 274$). Uit de gebruiksintervallen blijkt dat 0+ juvenielen ($P50 = 1-10$ cm/s) in de zomer gebruik maken van trager stromende plaatsen in de rivier dan de 1+ en oudere vissen ($P50 = 7-23$ cm/s). Hetzelfde geldt voor de winterperiode, maar opmerkelijk is dat er in de winter nog minder overlap is in het stroomsnelheidsgebruik tussen de leeftijdsgroepen. De 50% gebruiksintervallen voor 0+ juvenielen ($P50 = 2-7$ cm/s) en 1+ en oudere vissen ($P50 = 8-26$ cm/s) liggen in de winter zelfs volledig gescheiden. De gewogen gebruiksamplitudes rond het gemiddelde stroomsnelheidsgebruik zijn zowel in de zomer (9,4 cm/s versus 21,9 cm/s) als in de winter (7,0 cm/s versus 26,2 cm/s) breder voor de 1+ en oudere vissen. Dit betekent dat de 0+ juvenielen in beide bestudeerde periodes een smallere range aan stroomsnelheden gebruiken dan de 1+ en oudere vissen.

Wanneer we een vergelijking maken van het stroomsnelheidsgebruik in zomer- en winterperiode, blijkt noch voor de 0+ juvenielen, noch voor de 1+ en oudere vissen een significant verschil tussen beide periodes. Zowel de 0+ juvenielen als de 1+ en oudere vissen blijken dus in beide periodes van het jaar in dezelfde stroomsnelheidshabitats te vertoeven.

3. Synthese van de overlap in habitatgebruik tussen verschillende leeftijdsgroepen en seizoenen

De resultaten van een berekening van de procentuele overlap in habitatgebruik door de twee leeftijdsgroepen en in de zomer- en de wintersituatie wordt weergegeven in tabel 4.9. Voor de combinatie diepte en stroomsnelheid bekomen we volgens de beschreven methode (paragraaf 4.3.2.5.) in de zomer een overlap van 22% van het microhabitat van de 0+ juvenielen door de 1+ en oudere vissen. Omgekeerd is er door de 0+ juvenielen een overlap van 17% op het microhabitat van de 1+ en oudere vissen. In de winterperiode blijkt er een grotere scheiding te zijn in het microhabitatgebruik van beide groepen. We vinden slechts een overlap van 13% door de 1+ en oudere vissen op het microhabitat van de 0+ juvenielen. Omgekeerd overlappen de 0+ juvenielen slechts voor 5% het microhabitat van de 1+ en oudere vissen.

Tabel 4.9. *Procentuele overlap in het habitatgebruik (combinatie van diepte en stroomsnelheid) tussen verschillende leeftijdsgroepen van kopvoorn in zomer en winter*

A. Zomer

0+ juvenielen door 1+ en oudere vissen	22 %
1+ en oudere vissen door 0+ juvenielen	17 %

B. Winter

0+ juvenielen door 1+ en oudere vissen	13 %
1+ en oudere vissen door 0+ juvenielen	5 %

4.3.3.2. Gebruik en selectie van oever- en centrale biotopen van het rivierkanaal

Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van oever- en centrale biotopen van het rivierkanaal door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van het oever- of het centrale habitat (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer voor 100% en in de winter voor 99% in oeverhabitats gevangen, hetgeen resulteert in een significante selectie (voorkeur) van oeverbiotopen in beide seizoenen (respectievelijk: $X^2 = 138$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 234$; $p < 0,001$; $df = 1$). 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 91% en in de winter voor 86% in oeverbiotopen aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen eveneens een significante selectie van het oeverbiotoop betekent (respectievelijk: $X^2 = 107$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 104$; $p < 0,001$; $df = 1$).

Toch blijkt er zowel in de zomer als in de winter een significant verschil te zijn in het kanaalgebruik van de 2 leeftijdsgroepen (respectievelijk: $X^2 = 7$; $p < 0,01$; $df = 1$ en $X^2 = 19$; $p < 0,001$; $df = 1$), waaruit naar voor komt dat in beide seizoenen de 0+ juvenielen sterker het oeverhabitat uitsélectioneren in vergelijking tot de 1+ en oudere dieren.

Binnen beide leeftijdsgroepen blijkt er echter geen significante verschuiving te zijn in het kanaalgebruik (meer of minder oeverzone of centrale biotopen) tussen zomer en winter.

4.3.3.3. Gebruik en selectie van holle oevers

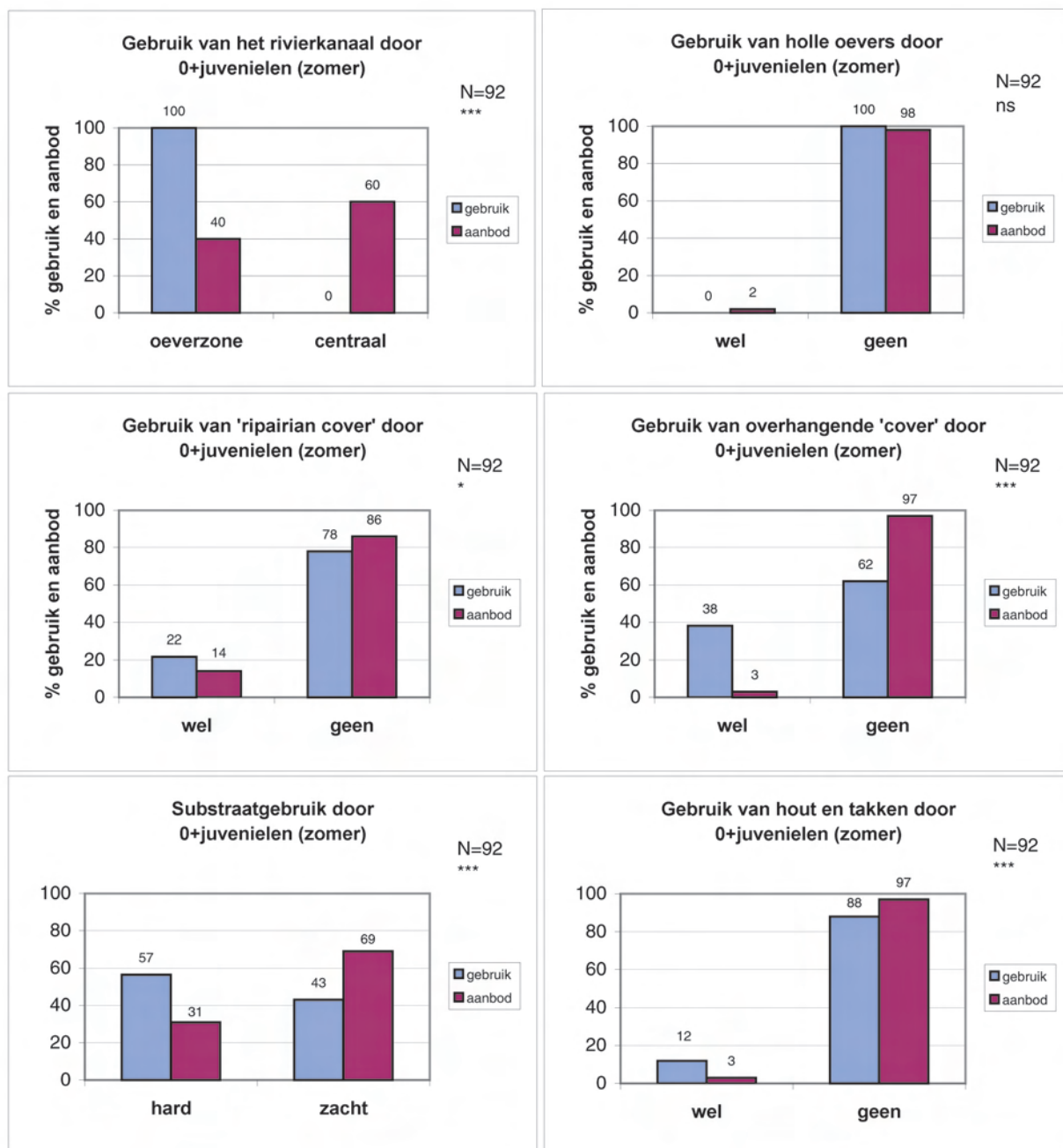
Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van holle oevers door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt eveneens weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van holle oevers (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer niet ter hoogte van holle oevers gevangen. In de winter daarentegen worden ze wel voor 5% geassocieerd met holle oevers, hetgeen door de lage aanwezigheidsgraad van het kenmerk (aanbod = 2%) toch nog net resulteert in een significante selectie (voorkeur) voor plaatsen met holle oever in het winterseizoen ($X^2 = 6$; $p < 0,05$; $df = 1$). In de zomerperiode blijkt er bij de 0+ juvenielen geen significante voorkeur of afkeer te zijn voor holle oevers. 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 30% en in de winter voor 23% ter hoogte van holle oevers aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen een hoog significante selectie van het holle oevers betekent (respectievelijk: $X^2 = 376$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 240$; $p < 0,001$; $df = 1$).

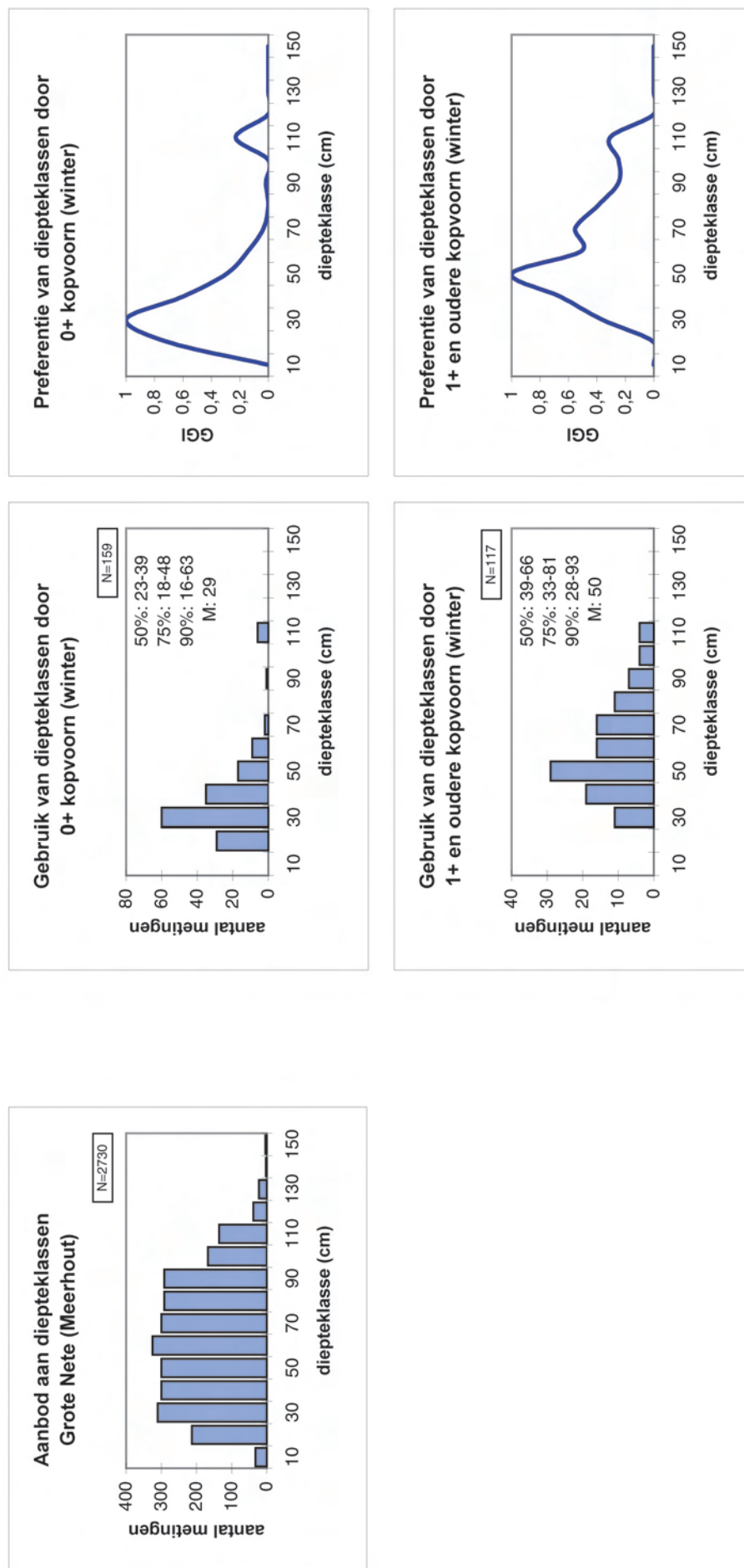
Zoals voorgaande getallen laten vermoeden blijkt zowel in de zomer als in de winter een significant verschil te bestaan in het gebruik van holle oevers tussen de 2 leeftijdsgroepen (respectievelijk: $X^2 = 31$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 18$; $p < 0,001$; $df = 1$). In beide seizoenen maken de 1+ en oudere vissen meer gebruik van holle oevers uitsélectioneren dan de 0+ juvenielen.

Binnen beide leeftijdsgroepen blijkt, net zoals voor het kanaalgebruik, geen significante verschuiving in het gebruik van holle oevers (meer of minder vangst ter hoogte van holle oevers) tussen zomer en winter.

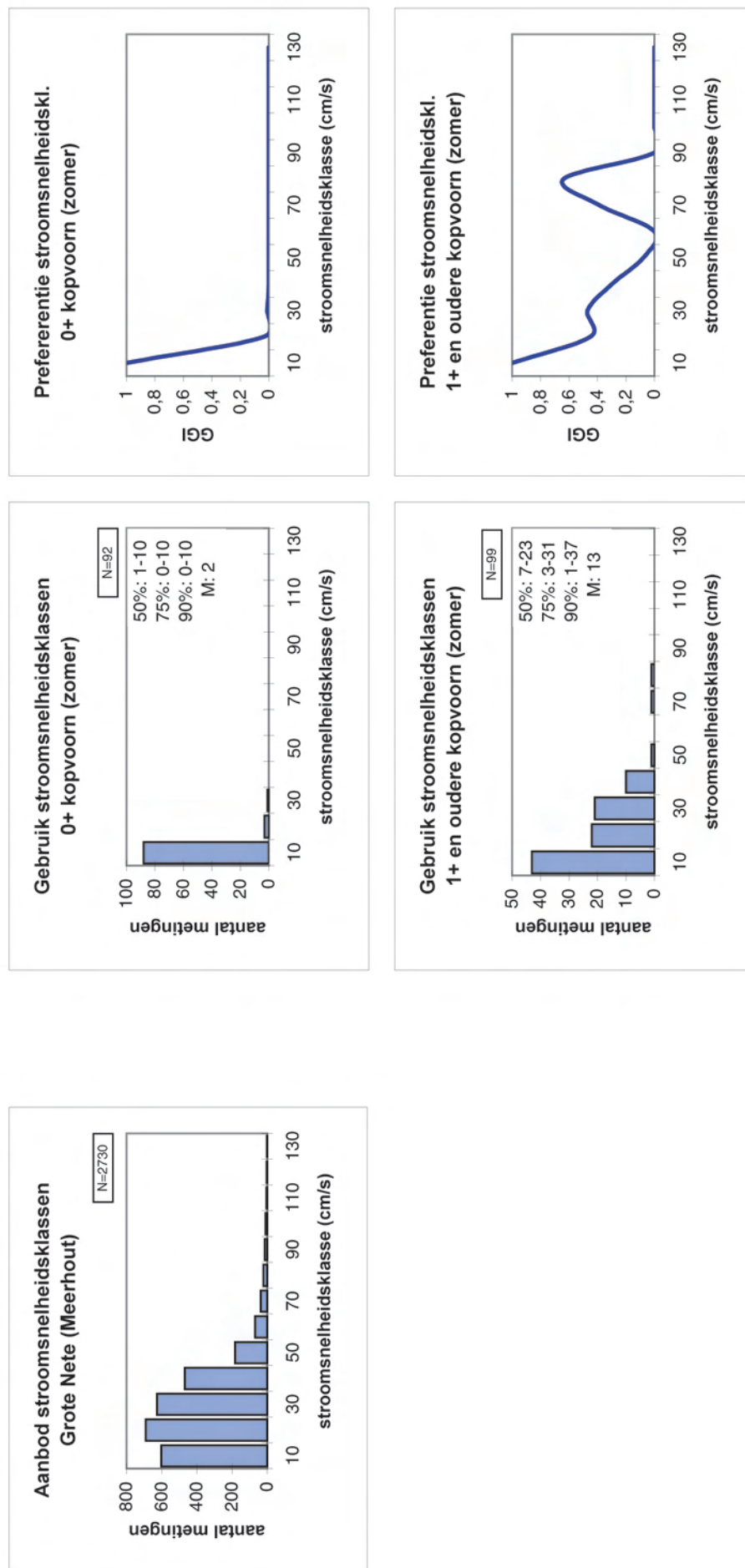
Figuur 4.10. Selectie van verschillende microhabitat-variabelen door 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter. Voor elke variabele wordt het procentueel gebruik en aanbod weergegevens, alsook het aantal gevangen vissen (N) en het significantieniveau van de Chi-kwadraattest (***) = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; ns = niet significant).



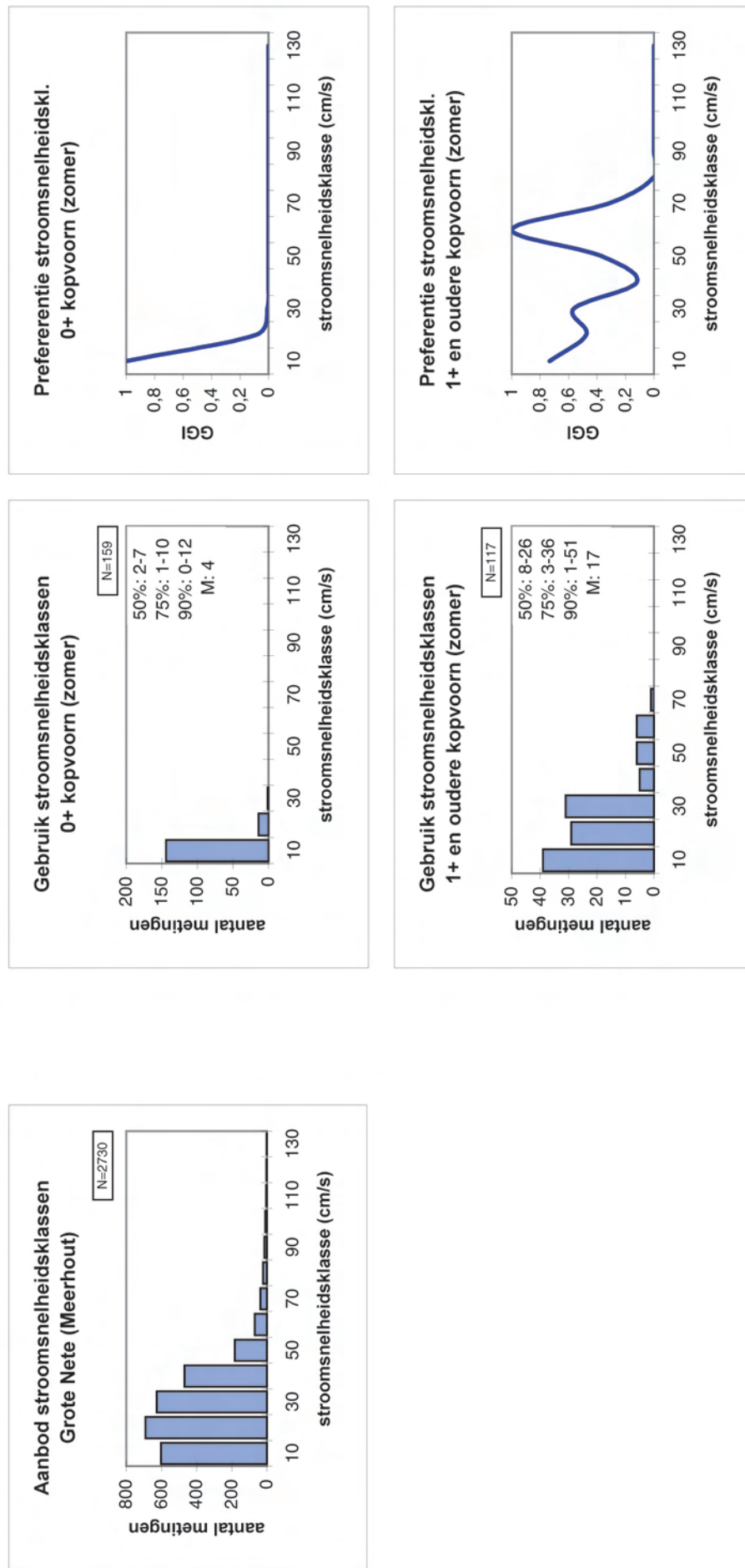
Figuur 4.7. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor diepteklassen van 10 cm, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiksamplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



Figuur 4.8. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor stroomsnelheidsklassen van 10 cm/s, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de zomer, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiks-amplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



Figuur 4.9. Aanbod, gebruik en preferentie (GGI = genormaliseerde geschiktheidsindex 'normalized suitability index') voor stroomsnelheidsklassen van 10 cm/s, voor 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter, gemeten in de Grote Nete (Meerhout). Op de gebruiksgrafieken wordt tevens de 50, 75 en 90% gebruiks-amplitude en het gewogen gebruiksgemiddelde (mediaan) weergegeven.



Tabel 4.10. Selectie van verschillende microhabitat-variabelen door 0+ juvenielen en door 1+ en oudere kopvoorns tijdens de zomer en tijdens de winter, in de Grote Nete te Meerhout

Zomer												Winter				
Gevangen aantallen												Verwachte aantallen		df	X2	p
0+ juvenielen	Kanaalgebruik	92	0	37	55	1	138,00	***	158	1	64	95	1	233,53	***	
	Holle oever	0	92	2	90	1	2,01	ns	8	151	3	156	1	6,37	*	
	'Riparian cover'	20	72	12	80	1	5,26	*	132	27	22	137	1	654,79	***	
	Overhangende 'cover'	35	57	3	89	1	401,98	***	24	135	5	154	1	83,56	***	
	Substraat	52	40	28	64	1	28,21	***	17	142	49	110	1	30,47	***	
	Hout en takken	11	81	3	89	1	19,86	***	66	93	6	153	1	688,63	***	
1+ en ouder	Kanaalgebruik	90	9	40	59	1	106,91	***	102	17	48	71	1	103,62	***	
	Holle oever	30	69	2	97	1	375,69	***	27	92	3	116	1	240,44	***	
	'Riparian cover'	33	66	13	86	1	33,05	***	45	74	16	103	1	59,78	***	
	Overhangende 'cover'	27	72	3	96	1	208,00	***	33	86	3	116	1	259,52	***	
	Substraat	74	25	31	68	1	88,99	***	86	33	37	82	1	95,21	***	
	Hout en takken	15	84	3	96	1	40,47	***	24	95	4	115	1	99,36	***	

df = aantal vrijheidsgraden

X2 = Chi-kwadraat waarde

p = significantieniveau (*** = p < 0.001, ** = p < 0.01; * = p < 0.05; ns = niet significant)

Tabel 4.11. Verschillen in microhabitatgebruik tussen 0+ juvenielen en 1+ en oudere kopvoorns tijdens de winter en tijdens de zomer, in de Grote Nete te Meerhout

			0+ juvenielen		1+ en ouder				
			Gevangen aantallen		Gevangen aantallen		df	X2	p
Zomer	Kanaalgebruik	(oeverzone/centraal)	92	0	90	9	1	6,87	**
	Holle oever	(aanwezig/afwezig)	0	92	30	69	1	30,82	***
	'Riparian cover'	(aanwezig/afwezig)	20	72	33	66	1	2,65	ns
	Overhangende 'cover'	(aanwezig/afwezig)	35	57	27	72	1	2,06	ns
	Substraat	(hard/zacht)	52	40	74	25	1	6,27	*
	Hout en takken	(aanwezig/afwezig)	11	81	15	84	1	0,19	ns
Winter	Kanaalgebruik	(oeverzone/centraal)	158	1	102	17	1	18,77	***
	Holle oever	(aanwezig/afwezig)	8	151	27	92	1	17,71	***
	'Riparian cover'	(aanwezig/afwezig)	132	27	45	74	1	58,19	***
	Overhangende 'cover'	(aanwezig/afwezig)	24	135	33	86	1	5,92	**
	Substraat	(hard/zacht)	17	142	86	33	1	108,03	***
	Hout en takken	(aanwezig/afwezig)	66	93	24	95	1	13,20	***

df = aantal vrijheidsgraden

X2 = Chi-kwadraat waarde met correctie term van Yates

p = significantieniveau (*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; ns = niet significant)

Tabel 4.12. Verschillen in microhabitatgebruik tussen winter en zomer, bij 0+ juvenielen en bij 1+ en oudere kopvoorns, in de Grote Nete te Meerhout

			Zomer		Winter				
			Gevangen aantallen		Gevangen aantallen		df	X2	p
0+ juvenielen	Kanaalgebruik	(oeverzone/centraal)	92	0	158	1	1	0,08	ns
	Holle oever	(aanwezig/afwezig)	0	92	8	151	1	3,29	ns
	'Ripairian cover'	(aanwezig/afwezig)	20	72	132	27	1	89,08	***
	Overhangende 'cover'	(aanwezig/afwezig)	35	57	24	135	1	15,82	***
	Substraat	(hard/zacht)	52	40	17	142	1	59,13	***
	Hout en takken	(aanwezig/afwezig)	11	81	66	93	1	22,56	***
1+ en ouder	Kanaalgebruik	(oeverzone/centraal)	90	9	102	17	1	0,94	ns
	Holle oever	(aanwezig/afwezig)	30	69	27	92	1	1,25	ns
	'Ripairian cover'	(aanwezig/afwezig)	33	66	45	74	1	0,30	ns
	Overhangende 'cover'	(aanwezig/afwezig)	27	72	33	86	1	0,01	ns
	Substraat	(hard/zacht)	74	25	86	33	1	0,07	ns
	Hout en takken	(aanwezig/afwezig)	15	84	24	95	1	0,62	ns

df = aantal vrijheidsgraden

X2 = Chi-kwadraat waarde met correctie term van Yates

p = significantieniveau (*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; ns = niet significant)

4.3.3.4. Gebruik en selectie van 'riparian cover'

Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van 'riparian cover' (beschutting door in het water hangende vegetatie of takken) door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt eveneens weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van 'riparian cover' (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer voor 22% en in de winter voor 83% gevangen in associatie met 'riparian cover', hetgeen in beide seizoenen resulteert in een significante selectie (voorkeur) voor plaatsen dit microhabitatkenmerk (aanbod = 14%) (respectievelijk: $X^2 = 5$; $p < 0,05$; $df = 1$ en $X^2 = 655$; $p < 0,001$; $df = 1$). 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 33% en in de winter voor 38% ter hoogte van 'riparian cover' aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen een hoog significante selectie van het kenmerk betekent (respectievelijk: $X^2 = 33$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 60$; $p < 0,001$; $df = 1$).

Enkel in de winter blijkt tussen de 2 leeftijdsgroepen een significant verschil te bestaan in het gebruik van 'riparian cover' ($X^2 = 58$; $p < 0,001$; $df = 1$). 0+ juvenielen selecteren in het winterseizoen sterker 'riparian cover' uit dan 1+ en oudere vissen.

Een significante verschuiving in het gebruik van het kenmerk tussen de seizoenen (meer of minder vangst ter hoogte van 'riparian cover') blijkt enkel op te treden voor de 0+ juvenielen ($X^2 = 89$; $p < 0,001$; $df = 1$), die in de winter duidelijk meer gebruik maken van 'riparian cover' dan in de zomer.

4.3.3.5. Gebruik en selectie van overhangende 'cover'

Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van overhangende 'cover' (beschutting door boven het wateroppervlak hangende takken van bomen of struiken) door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt eveneens weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van overhangende 'cover' (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer voor 38% en in de winter voor 15% gevangen in associatie met overhangende 'cover' gevangen, hetgeen in beide seizoenen resulteert in een significante selectie (voorkeur) voor dit microhabitatkenmerk (aanbod = 3%) (respectievelijk: $X^2 = 402$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 84$; $p < 0,001$; $df = 1$). 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 27% en in de winter voor 28% ter hoogte van overhangende 'cover' aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen een hoog significante selectie van het kenmerk betekent (respectievelijk: $X^2 = 208$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 260$; $p < 0,001$; $df = 1$).

Enkel in de winter blijkt tussen de 2 leeftijdsgroepen een significant verschil in het gebruik van overhangende 'cover' ($X^2 = 6$; $p < 0,01$; $df = 1$), waarbij 1+ en oudere vissen sterker het kenmerk uitsélectioneren dan 0+ juvenielen.

Een significante verschuiving in het gebruik van het kenmerk tussen de seizoenen (meer of minder vangst ter hoogte van van overhangende 'cover') blijkt enkel op te treden voor de 0+ juvenielen ($X^2 = 16$; $p < 0,001$; $df = 1$), die in de winter duidelijk minder gebruik maken van overhangende 'cover' dan in de zomer.

4.3.3.6. Substraatgebruik en -selectie

Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van substraattypes door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt eveneens weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van de substraattypes (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer voor 57% en in de winter slechts voor 11% gevangen in associatie met hard substraat (aanbod = 31%), hetgeen in de zomer resulteert in een significante selectie (voorkeur) voor plaatsen met hard substraat ($X^2 = 28$; $p < 0,001$; $df = 1$), terwijl in de winter juist plaatsen met zacht substraat verkozen worden ($X^2 = 30$; $p < 0,001$; $df = 1$). 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 75% en in de winter voor 72% ter hoogte van hard substraat aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen een hoog significante selectie van dit substraattype betekent (respectievelijk: $X^2 = 40$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 99$; $p < 0,001$; $df = 1$).

Zowel in de zomer als in de winter blijkt er tussen de 2 leeftijdsgroepen een significant verschil te zijn in het gebruik van substraattypes (respectievelijk: $X^2 = 6$; $p < 0,05$; $df = 1$ en $X^2 = 108$; $p < 0,001$; $df = 1$). Het zijn met name de 1+ en oudere vissen die in beide seizoenen sterker hard substraat uitsélectioneren dan de 0+ juvenielen.

Een significante verschuiving in het gebruik van de twee substraattypes tussen de seizoenen (meer of minder vangst ter hoogte van een bepaald substraattype) blijkt zoals te verwachten enkel voor de 0+ juvenielen ($X^2 = 59$; $p < 0,001$; $df = 1$), die in de winter duidelijk minder gebruik maken van hard substraat (en meer van zacht substraat) dan in de zomer.

4.3.3.7. Gebruik en selectie van plaatsen met 'debris'

Een analyse van het gebruik en de selectie (preferentie) van plaatsen met 'debris' (dood hout, takken en twijgen) door de twee onderscheiden leeftijdsgroepen van de kopvoorn wordt eveneens weergegeven in figuur 4.10. t.e.m. figuur 4.13. Met behulp van een Chi-kwadraattest wordt nagegaan of er een significante selectie is van 'debris' (tabel 4.10.) en of er verschillen zijn in gebruik tussen de leeftijdsgroepen enerzijds (tabel 4.11.) en tussen het winter- en zomerseizoen anderzijds (tabel 4.12.).

0+ juvenielen worden in de zomer voor 12% en in de winter voor 42% gevangen in associatie met 'debris' (aanbod = 3%), hetgeen in beide seizoenen resulteert in een significante selectie (voorkeur) voor plaatsen met 'debris' (respectievelijk: $X^2 = 20$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 689$; $p < 0,001$; $df = 1$). 1+ en oudere vissen worden in de zomer voor 15% en in de winter voor 20% op plaatsen met 'debris' aangetroffen, hetgeen in beide seizoenen een significante selectie van het kenmerk betekent (respectievelijk: $X^2 = 40$; $p < 0,001$; $df = 1$ en $X^2 = 99$; $p < 0,001$; $df = 1$).

Enkel in de winter blijkt er tussen de 2 leeftijdsgroepen een significant verschil te bestaan in het gebruik van 'debris' ($X^2 = 13$; $p < 0,001$; $df = 1$). In dit seizoen maken 0+ juvenielen meer gebruik van 'debris' dan 1+ en oudere vissen.

Een significante verschuiving in het gebruik van het kenmerk tussen de seizoenen (meer of minder vangst op plaatsen met 'debris') blijkt enkel voor 0+ juvenielen ($X^2 = 16$; $p < 0,001$; $df = 1$), die in de winter duidelijk meer gebruik maken van 'debris' dan in de zomer.



Tijdens de winter 1996-1997 was de Grote Nete over praktisch zijn volledige loop dichtgevroren. Deze strenge winter heeft vermoedelijk grote mortaliteit, voornamelijk onder 0+ juvenielen, als gevolg gehad.



Plaatsen met ophopingen van dood hout takken en twijgen worden sterk uitgeselecteerd door kopvoorn.



Grote stukken dood hout zijn zeldzaam in de Grote Nete, maar zijn ecologisch zeer waardevol omdat ze diversiteit brengen in de structuur en het stromingspatroon van de rivier en belangrijke schuilhabitats vormen voor de vissen.



Tijdens de zomermaanden komt in sommige trajecten van de Grote Nete een uitbundige groei van waterplanten (macrofyten) voor.

4.3.4. Bespreking en besluit

Uit ons onderzoek blijkt dat de 0+ juvenielen van kopvoorn in de zomer vrij ondiepe plaatsen in de rivier prefereren (10-50 cm), waar relatief lage stroomsnelheden voorkomen (0-10 cm/s). In de winter gebruiken ze nog minder diepe biotopen, waar eveneens dezelfde lage stroomsnelheden voorkomen. De oudere vissen gebruiken een grotere range aan diepten en stroomsnelheden, vermoedelijk omwille van de voorkeur van de grootste dieren uit de populatie voor de diepere rivierdelen. Ze prefereren in beide seizoenen dieper (30-130 cm) en sneller stromend (0-80 cm/s) water dan de 0+ juvenielen. Dit komt overeen met de waarnemingen van Schiemer (1985, 1991) die stelt dat kopvoorns in hun eerste levensjaar een habitat innemen in ondiep water met lage stroomsnelheden. Later verplaatsen ze zich naar gebieden met een grotere stroming, maar niet hoger dan 50 cm/s (Schiemer & Spindler, 1989). De adulten komen voor in dieper, vaak snelstromend water. Ook Copp & Pilcher (1997) geven aan dat smalle, ondiepe delen van de rivier, met relatief hoge stroomsnelheden worden geprefereerd door kopvoorn. Algemeen vinden we in ons studiegebied van de Grote Nete tussen juveniele en oudere vissen vrij weinig overlap in microhabitatgebruik met betrekking tot een combinatie van de diepte en de stroomsnelheid (17-22%). Deze overlap in habitatgebruik tussen de leeftijdsklassen neemt in de winter nog af en bedraagt in deze periode nog maar 5 tot 13%.

Onze resultaten tonen aan dat zowel juveniele als adulte kopvoorns het hele jaar door een zeer sterke voorkeur hebben voor de oeverzones van de rivier. Oeverhabitats bieden de dieren vermoedelijk de beste rust- en schuilplaatsen. Dit is zeker zo in onze sterk gekanaliseerde en structuurarme laaglandrivieren, die door rechte trekkingen en ruiming monotone habitats zijn geworden, waaruit, ten behoeve van de waterafvoer, structuurbevorderende elementen zoals dood hout steeds verwijderd worden en waarin bijgevolg de meeste variatie en structuur in de oeverzone te vinden is.

Verschillende buitelandse studies tonen aan dat voornamelijk juveniele kopvoorns voornamelijk aan de oever voorkomen. In de Rokytna rivier (Rusland) vermelden Libosvářský et al. (1978) dat het broed van kopvoorn en de leeftijdsklassen 0+, 1+ en 2+ in habitats leven aan de oevers. Ook in een studie in de rivier Ouse (Engeland) was kopvoorn (juveniel 0+) altijd hoog geassocieerd met ondiep water (< 1m) dicht bij de oever (Garner, 1996). Lelek & Lusk (1965) noteren eveneens dat jonge kopvoorns (tot 7 cm) hoofdzakelijk voorkomen bij overgroeide oevers en in ondiepe, polymorfe gebieden van de rivier. Deze auteurs veronderstellen dat naarmate de vissen groeien ze zich verspreiden over andere habitats in de rivier. Garner (1996) stelt dat het habitatgebruik bijna niet verschilde tussen dag en nacht: hij neemt 's nachts enkel een lichte stijging in diepte en afstand van de oever waar. In deze studie werd echter geen onderzoek uitgevoerd naar het microhabitatgebruik tijdens de nacht en hierover kunnen dus geen besluiten genomen worden. Mogelijk begeven de vissen zich naar de avond toe meer naar het centraal gebied van de rivier om zich te voeden. Brown & Colgar (1982) wijten de habitatvoorkeur van kleine vissen hoofdzakelijk aan het ontwijken van predatoren (antipredatorgedrag). Het is dan ook mogelijk dat een aantal oevereigenschappen, zoals in het water hangende vegetatie en ondieper water, belangrijk zijn voor het verlagen van het predatierisico (Eklov et al., 1994).

Ons onderzoek toont de voorkeur aan van alle leeftijdsgroepen uit de populatie voor oeverbiotopen. Deze bevindingen komen overeen met de besluiten over het habitatgebruik op macroschaal in het stroomgebied, waaruit blijkt dat de aanwezigheid van holle oevers de voornaamste factor is die de verspreiding van kopvoorn verklaart. Tevens ondersteunt deze bevinding de suggestie van Smith (1989), die stelt dat de densiteit van kopvoorn in Engelse rivieren het best kan beschreven worden in termen van oeverlengte in plaats van per oppervlakte-eenheid.

0+ juveniele blijken enkel tijdens de wintermaanden een zwakke voorkeur te hebben voor plaatsen met holle oevers. Daar staat tegenover dat 1+ en oudere kopvoorns zowel in de zomer als in de winter een sterke voorkeur hebben voor plaatsen met holle oevers, iets wat uit ons onderzoek op

macroschaal ook reeds afgeleid kon worden. Een mogelijke verklaring voor deze resultaten zou kunnen gezocht worden in het feit dat de 0+ juvenielen van andere (oever)kenmerken (bv. in het water hangende vegetatie, zie verder) gebruik maken als schuilelement. De sterke selectie van holle oevers door de oudere vissen zou kunnen verklaard worden door de eerder beperkte kwaliteit van andere schuilstructuur langs de oevers (kruidige vegetatie is mogelijk te klein voor de grotere vissen en overhangende struiken zijn misschien ook nog te beperkt aanwezig of te klein in omvang om als kwalitatief goed schuilbiotoop dienst te doen). In de literatuur vinden we echter geen informatie over het belang van holle oevers voor kopvoorns.

Helfman (1981) stelt dat vissen aangetrokken worden door schaduwproducerende voorwerpen omdat ze dan beter de naderende objecten kunnen zien en omdat ze tegelijkertijd zelf moeilijk waar te nemen zijn. Bedekking door bomen biedt waarschijnlijk geschikte toevluchtsoorden voor kopvoorn. De donkere condities, die gecreëerd worden door de schaduw, kunnen het achtergrondlicht reduceren en de mogelijkheid verhogen om zowel voorbijrijvende prooien als predatoren te detecteren (Smith, 1989). Schuilbiotopen zoals die gevormd worden door wat in ons onderzoek gedefinieerd wordt als 'riparian cover' (in het water hangende kruidachtige vegetatie of takken) of overhangende 'cover' (bedekking van het wateroppervlak door laaghangende takken van bomen of struiken) blijken zowel door de 0+ juvenielen als door de 1+ en oudere vissen in beide seizoenen uitgeselecteerd te worden. In de wintermaanden gaan 0+ juvenielen wel veel meer gebruik maken van riparian cover en in mindere mate van overhangende cover gebruiken, al is ook het gebruik van deze laatste variabele toch nog sterker dan in de zomer. Dit is mogelijk te verklaren door het feit dat de overhangende 'cover' in de winter geen bladeren meer bevat en hierdoor als schuilelement voor de juveniele vissen minder waardevol wordt. Onze resultaten stemmen overeen met bevindingen uit andere studies. Copp (1992a) beschrijft onder andere dat kopvoorn geassocieerd is met houtige debris. Sterke preferentie van de soort voor 'cover' wordt ook aangetoond door Smith (1989) bij het habitatonderzoek in laaglandrivieren in Norfolk en Suffolk in Engeland. Ook Swales & O'Hara (1983) vonden kopvoorn onder bedekking in de rivier Perry in Shropshire in Engeland. Leeming (1967) rapporteert eveneens het voorkomen van kopvoorn onder overhangende bomen of dichtbij ondergedompelde vegetatie in de rivier Welland in Engeland.

In de Grote Nete kiezen 0+ juvenielen in de zomer hard substraat (kiezel, stenen en ijzerzandsteen), terwijl ze in de winter zachtere substraten (zand en slib) opzoeken. 1+ en oudere vissen selecteren heel het jaar door hardere substraattypes uit. Algemeen wordt een voorkeur van kopvoorn voor hard substraat aangenomen (De Nie, 1996), iets wat ook naar voren komt in onze macrohabitatstudie en door de resultaten op microschaal bevestigd wordt. Het zijn dus enkel de 0+ juvenielen die in de winter zacht substraat uiselecteren. Ook Copp (1992a) stelt dat kopvoorn-juvenielen in hun eerste levensjaar bij basisdebieten in nevengeulen van de Boven-Rhône (Frankrijk) slibrijke kiezelbodems prefereren. Substraatselectie door kopvoorn in een wintersituatie werd echter nog nergens onderzocht, maar onze resultaten tonen aan dat er voor de 0+ juvenielen een habitatverschuiving optreedt naar zachtere substraten.

Op microschaal blijkt debris een zeer belangrijke factor te zijn voor het voorkomen van kopvoorn. Zowel 0+ juvenielen als 1+ en oudere vissen blijken de variabele in beide seizoenen sterk uit te selecteren. 0+ juvenielen blijken daarnaast in de winter een nog grotere preferentie te hebben voor debris dan in de zomer. We vinden hier enige tegenspraak met de resultaten van Copp (1992a) die stelt dat 0+ juvenielen van kopvoorn in de zomer in nevengeulen van de Boven-Rhône juist een voorkeur hebben voor plaatsen zonder debris.

In tegenstelling tot ons onderzoek op macroschaal toont deze studie op microhabitatniveau wel de voorkeur van kopvoorn voor overhangende 'cover' aan. De 'cover' bestaat voornamelijk uit 'cover' door struiken. Bij de behandeling van het macrohabitat werd reeds vermeld dat in ons studiegebied weinig bomen aanwezig zijn die een invloed kunnen hebben als overhangende 'cover'. Holten worden

ook significant uitgekozen en men kan opnieuw vermoeden dat holten de functie (het bieden van bescherming en schaduw) overnemen van de overhangende 'cover'.

Schiemer & Waidbacher (1992) beschrijven kopvoorn als een soort waarvan alle ontwikkelingsstadia, van de larven tot de adulte dieren, zich in de hoofdrivier bevinden. Onze resultaten wijzen eveneens in de richting dat kopvoorn inderdaad zijn levenscyclus kan vervolledigen in een hoofdrivier zoals het bestudeerde traject in de (boven)middenloop van de Grote Nete, indien microhabitats van voldoende kwaliteit aanwezig zijn. In een studie naar de verspreiding en de habitatvereisten van (adulte) kopvoorn in Engeland (Smith, 1989) wordt aangetoond dat er bij de soort migratie optreedt tijdens de winter, weg van de hoofdrivier. Dit geldt echter enkel voor de kleinere individuen (15 tot 35 cm), terwijl de grotere vissen (> 35 cm) tijdens de winter in de hoofdrivier blijven en hun verplaatsingen beperken tot een bepaalde 'home range' die wisselt met de seizoenen (Gerking, 1958). In ons studiegebied te Meerhout zijn er praktisch geen migraties mogelijk naar zijrivieren en alle leeftijdsklassen worden hierdoor als het ware gedwongen zich te schikken naar de condities die op dat stuk aanwezig zijn. Wel dienen we op te merken dat we echter ook behoorlijke aantallen 0+ juvenielen vingen in het enige zijbeekje dat uitmondt in het door ons bestudeerde riviervak, dat stroomopwaarts en stroomafwaarts begrensd wordt door stuwen.

Met dit onderzoek hebben we in eerste instantie een bijdrage willen leveren tot de kennis van het habitatgebruik van verschillende levensstadia van de soort. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om de geschiktheid van rivierhabitats te onderzoeken voor mogelijke herintroducties. Daarnaast kunnen we met de resultaten een aantal belangrijke aanbevelingen formuleren in verband met het beheer van onze beken en rivieren, die de bescherming en het herstel van kopvoornpopulaties ten goede zouden moeten komen.

Uit het onderzoeksluik naar de verspreiding van kopvoorn op macrohabitat-niveau kwam reeds naar voor dat holle oevers, de aanwezigheid van plaatsen met voldoende hoge stroomsnelheden en een hoog percentage aan harde substraten kopvoornpopulaties ten goede komen. Deze resultaten werden door dit microhabitatonderzoek nogmaals bevestigd en verfijnd. Voor de besluiten en de aanbevelingen die hieraan gekoppeld werden, verwijzen we dan ook naar het macrohabitat-luik. Daarnaast kunnen uit dit microhabitatonderzoek echter nog een aantal specifieke aanbevelingen geformuleerd worden met betrekking tot het rivierbeheer:

- Zoals eerder aangehaald is een aangepast beheer van de rivieroevers van zeer groot belang, zowel voor juveniele als adulte kopvoorns. Het niet maaien van de rivieroevers en het toelaten van struikopslag op deze oevers, met takken die tot in het water kunnen hangen, is van kapitaal belang voor de ontwikkeling van voldoende schuilbiotopen voor de soort. Ook is de kruidachtige vegetatie, die in het winter in het water hangt, van groot belang als habitatkenmerk voor de juvenielen.
- Naast stroomversnellingen voor adulte kopvoorns, is aanwezigheid van ondiepe rivierdelen met lage stroomsnelheden is van belang voor juvenielen. Door de sterke kanalisatie van de meeste beken en rivieren in Vlaanderen is dit habitattype op de meeste plaatsen slechts zeer beperkt aanwezig, met name vlak bij de oever. In natuurlijke rivieren is een dergelijk habitattype te vinden ter hoogte van inhammen (afkalvingen) van de rivieroever, in nevengeulen en in dode armen (afgesneden meanders) van de rivier. Rivierrestauratie en natuurtechnische milieubouw zou het herstel van dergelijke juveniele habitattypes daadwerkelijk moeten bevorderen.

- Tenslotte blijkt dood hout in de rivierbedding een zeer belangrijk habitat te vormen, zowel voor juveniele als voor adulte kopvoorns. Er zouden dan ook maatregelen moeten genomen te worden die het voorkomen van dood hout in de bedding van beken en rivieren kunnen bevorderen. De eerste maatregel is het niet verwijderen van dood hout uit de bedding, indien niet strikt noodzakelijk. Daarnaast dienen beleids- en beheersmaatregelen genomen worden die het voorkomen van meer dood hout mogelijk maken. Tot deze maatregelen behoren o.a. het extra aanbrengen van dood hout in de rivieren en het uitwerken van een echt riviercorridorbeheer, waarbij niet enkel de bedding wordt beheerd, maar ook een bufferstrook naast de beek. Op plaatsen waar een bepaalde afvoer dient verzekerd te worden kan deze bufferzone ingericht (afgegraven) worden als een (beperkt) verlaagd winterbed. Wij zijn tevens van mening dat dergelijke winterbeddingen met vegetatie en struikopslag tevens excellente refugia zijn voor de vissen bij piekdebieten.

4.4. Radiotelemetriestudie van de jaarlijkse mobiliteitscyclus

4.4.1. Inleiding en doelstelling

In dit luik van het onderzoek naar de habitatbinding van kopvoorn in een laaglandrivier trachten we inzicht te verwerven in de mobiliteit van de dieren gedurende een jaarcyclus, met behulp van gegevens geleverd door gezenderde adulte vissen. Het merendeel van in het verleden uitgevoerde mobiliteits- en homerangestudies van vissen zijn gebaseerd op gegevens vergaard door vangst-hervangst technieken. Een inherente beperking van deze methode is dat ze gebaseerd is op een beperkt aantal momentopnames, waardoor het risico bestaat dat de werkelijke gedragingen, mobiliteit of homerage van de dieren te onderschat wordt. Wel hebben dergelijke studies het voordeel dat ze toelaten een groot aantal individuen te volgen. Radiotelemetriestudies laten een grotere precisie toe, wat betreft de verzamelde informatie, maar hebben als nadeel dat ze meestal slechts een kleiner staal van de populatie in beschouwing nemen.

De concrete doelstellingen voor dit onderzoeksluik zijn:

- een gedetailleerde beschrijving leveren van de jaarlijkse mobiliteitscyclus van kopvoorn in een traject uit de middenloop van de Grote Nete;
- een aantal basisparameters van de mobiliteit-stabiliteit van kopvoorn in het studiegebied karakteriseren en hun variatie gedurende de jaarcyclus analyseren.

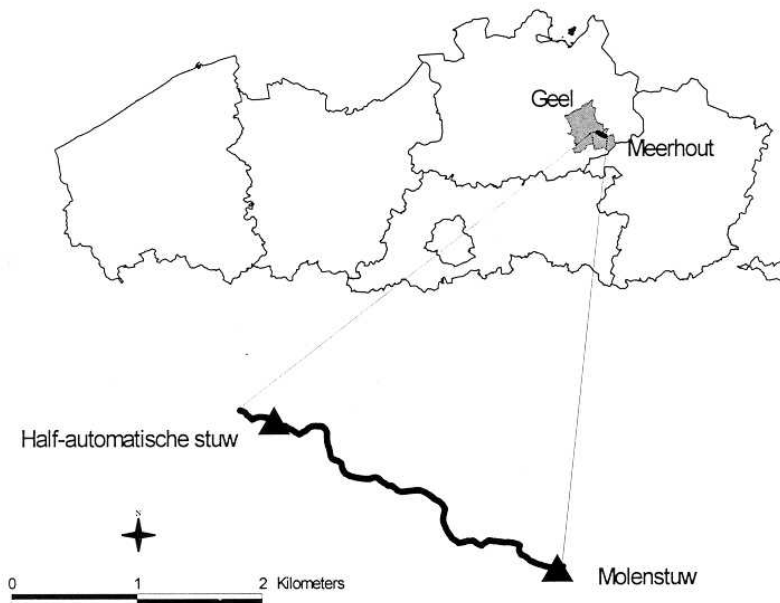
4.4.2. Materiaal en methoden

4.4.2.1. Studiegebied

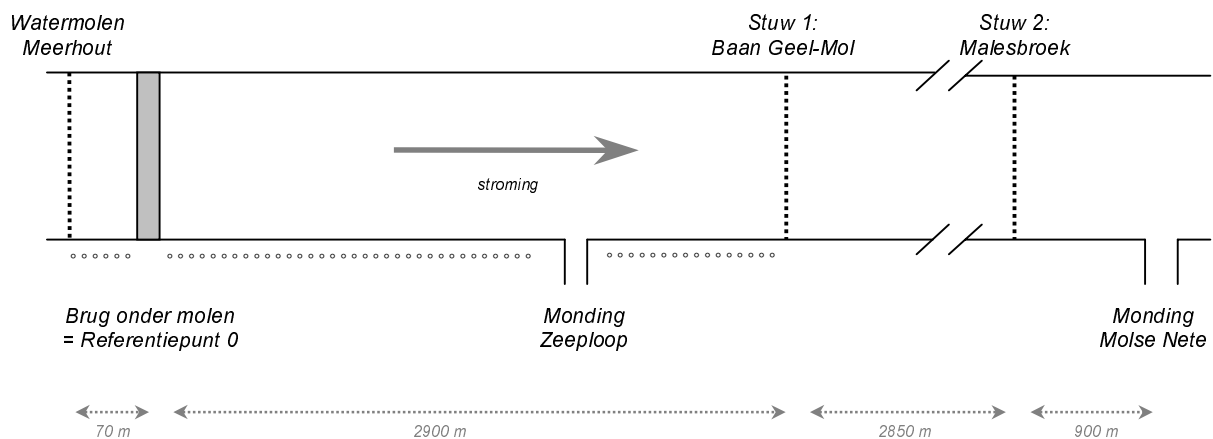
Op basis van de verspreidingsgegevens van kopvoorn uit eerder uitgevoerde onderzoek naar de herintroductie van de soort in de Grote Nete (Colazzo et al., 1997), werd gekozen voor een studietraject gelegen tussen de molenstuw van de oude watermolen van Meerhout (stroomopwaartse hindernis) en de eerstvolgende stroomafwaarts gelegen halfautomatische landbouwstuw (stuw 1) ter hoogte van de baan Meerhout-Geel. In dit 3 km lange traject bleek immers de grootste densiteit aan kopvoorns voor te komen, vermoedelijk dankzij de aanwezigheid van een aantal geschikte habitats (rust, voeding, voortplanting), gekenmerkt door onderspoelde oevers, ondiepe stroomversnellingen met stenige ondergrond, pool-riffle patronen en relatief dichte begroeiing met waterplanten in voorjaar en zomer. De populatie bevat er ook een groot aantal juvenielen, hetgeen op succesvolle voortplanting wijst.

Een algemene situering van het studiegebied is weergegeven in figuur 4.14. Een schematisch grondplan van het bestudeerde traject wordt getoond in figuur 4.15. In dit schema worden een aantal elementen aangegeven die bij de verdere bespreking worden gebruikt, zoals de watermolenstuw (stroomopwaartse migratiebarrière), de brug van de baan Meerhout-Mol stroomafwaarts van de watermolen (referentiepunt 0 in het studiegebied), de monding van de Zeeploop (een klein ondiep zijloopje), de landbouwstuw (verder stuw 1 genoemd; sluit het studiegebied stroomafwaarts af) en de landmeterspunten (referentiepunten) die op de rechteroever van de Grote Nete werden aangebracht om de locatie van de vissen te bepalen.

Figuur 4.14. Algemene situering van het bestudeerde traject voor de radiotelemetriestudie in de middenloop van de Grote Nete.



Figuur 4.15. Schematische voorstelling van het studietraject in de Grote Nete. De referentiepunten voor de positiebepalingen worden aangeduid door cirkeltjes op de rechteroever van de waterloop.



4.4.2.2. Vangst van de proefdieren

Tussen 13 maart 1997 en 25 september 1998 werden verschillende bemonsteringssessies georganiseerd om geschikte proefdieren te vangen. De vangst gebeurde telkens met behulp van elektrische visvangst. Een uitvoerige beschrijving van de gehanteerde methode wordt gegeven in hoofdstuk 2. Er werd zoveel mogelijk naar gestreefd alle geschikte dieren op dezelfde dag te verzamelen, bij voorkeur rond het voortplantingsseizoen vermits geslachtsherkenning alleen dan mogelijk is. Van alle gevangen dieren werd – na verdoving – gewicht, lengte en geslacht bepaald. Alle gevangen kopvoorns werden bovendien voorzien van een dubbel uitwendig merk: een Visible

Implant Tag (VIT) in de doorzichtige gelatineuze massa vóór het linkeroog en een kleurmerk (Visible Implant Elastomere, VIE) vóór het recheroog. De VIT-merken verschaften snel herkenbare (individuele) informatie bij eventuele latere hervangst, met betrekking tot hun geslacht (buiten het voortplantingsseizoen) en de aanwezigheid van een voorheen ingeplante zender (vrijwel onzichtbare littekenvorming: zie verder). De VIE merken, die geen individuele identificatie toelaten maar waarvan steeds minstens een spoor achterblijft, werden ter controle aangebracht vermits soms VIT-verlies optreedt. Een totaal van 28 kopvoorns werd uitgerust met zenders, waarvan 21 met inwendige en 7 met uitwendige antenne. Tabel 4.13. geeft een overzicht van de vangstdata, de met zenders uitgeruste vissen en een aantal kenmerken van de gebruikte zenders. Alle dieren waren afkomstig uit het studietraject zelf, met uitzondering van kopvoorn 850M die bij wijze van experiment werd gevangen onder stuw 1 en vervolgens uitgezet in ons studietraject (boven de stuw 1).

Tabel 4.13. Overzicht van de 28 gezenderde kopvoorns in de Grote Nete. Een totaal van 15 vrouwtjes (F) en 13 mannetjes (M) werden voorzien van een radiozender. Vermits met 2 antennetypen werd gewerkt, worden ze in de tabel apart vernoemd (IN = inwendige spiraalantenne; EX = uitwendige zweepantenne). Daarnaast wordt ook het gewicht van de zender en de verhouding zendergewicht op lichaamsgewicht weergegeven.

Code dier	Geslacht (M/F)	Vorklengte (mm)	Gewicht vis (g)	Gewicht zender (g)	ZG/LG	Frequentie (MHz)	Antenne type	Zender model	Datum implant
760F	F	345	629	11	1,75%	40,760	IN	10-28	13/03/97
860F	F	396	908	18	1,98%	40,860	IN	5902	13/03/97
710F	F	296	348	7,6	2,18%	40,710	IN	10-12	14/04/97
780F	F	344	637	11	1,73%	40,780	IN	10-28	14/04/97
770F	F	359	698	11	1,58%	40,770	IN	10-28	14/04/97
700M	M	274	309	7,6	2,46%	40,700	IN	10-12	14/04/97
790F	F	315	470	11	2,34%	40,790	IN	10-28	15/04/97
870F	F	375	806	18	2,23%	40,870	IN	5902	15/04/97
750M	M	266	262	7,6	2,90%	40,750	IN	10-12	15/04/97
740M	M	268	260	7,6	2,92%	40,740	IN	10-12	15/04/97
730M	M	278	297	7,6	2,56%	40,730	IN	10-12	15/04/97
720M	M	281	319	7,6	2,38%	40,720	IN	10-12	15/04/97
800F	F	370	716	11	1,54%	40,800	IN	10-28	19/02/98
611M	M	295	325	3,9	1,20%	40,611	EX	357	19/02/98
621M	M	277	307	3,9	1,27%	40,621	EX	357	20/02/98
820F	F	305	472	11	2,33%	40,820	IN	10-28	10/04/98
810F	F	371	791	11	1,39%	40,810	IN	10-28	10/04/98
1000M	M	275	310	3,9	1,26%	41,000	EX	357	10/04/98
651M	M	275	289	3,9	1,35%	40,651	EX	357	10/04/98
1020M	M	270	284	3,9	1,37%	41,020	EX	357	14/04/98
1010M	M	302	440	3,9	0,89%	41,010	EX	357	14/04/98
830F	F	365	712	11	1,54%	40,830	IN	10-28	28/04/98
880F	F	406	920	18	1,96%	40,880	IN	5902	28/04/98
1030F	F	355	716	3,9	0,54%	41,030	EX	357	30/04/98
840M	M	324	501	11	2,20%	40,840	IN	10-28	30/04/98
850M	M	425	1005	11	1,09%	40,850	IN	10-28	11/05/98
900F	F	408	+/- 900	18	+/- 2%	40,900	IN	5902	22/09/98
910F	F	404	897	18	2,01%	40,910	IN	5902	25/09/98

4.4.2.3. Eigenschappen van het gebruikte telemetriemateriaal

Rekening houdend met de geleidbaarheid van het water in het studiegebied (250-300 μ S/cm en occasioneel hoger tijdens overstorten), de relatief korte afstanden waarover de positioneringen dienden te gebeuren (maximale breedte van de waterloop: 10 m) en de aanwezigheid van veelvuldige “objecten” (enkele naburige huizen, overhangende bomen en naburige maïsvelden) die signaalreflectie zouden kunnen veroorzaken, werd beslist te werken met zenders in het lagere frequentiebereik tussen 40 en 42 MHz. De lagere frequentie zelf wordt minder beïnvloed door de geleidbaarheid van het water en de lagere gevoeligheid van de benodigde Loop-antenne blijkt in onze specifieke situatie een voordeel voor een precieze positionering (zie hoofdstuk 2). Gezien de veelvuldige positiebepalingen, was bovendien het comfort van hanteerbaarheid van de antenne niet onbelangrijk.

Tabel 4.14. toont de eigenschappen van de gebruikte radiozenders van het bedrijf Advanced Telemetry Systems (ATS). Gezien de hoge densiteit aan waterplanten op sommige deeltrajecten in het studiegebied, opteerden we voor intraperitoneaal ingeplante zenders. Op deze wijze wilden we voorkomen dat de dieren in het plantenmateriaal zouden verstrengeld geraken door de aanwezigheid van een zender. De zenders waren tevens steeds een compromis tussen omvang (gewicht), levensduur en signaalsterkte. Met een lage stroomsterkte (verlengde levensduur van de zender) en inwendige antenne (maximaal comfort voor de proefdieren) konden we slechts een aanvaardbare levensduur bekomen voor de grotere modellen. Kleinere kopvoorns – doorgaans mannetjes – dienden daarom te worden uitgerust met een zender met uitwendige antenne om alsnog een gewenste signaalsterkte en levensduur te kunnen garanderen. De eerste zenders waren voorzien van een activiteitsensor, waarmee we hoopten informatie te kunnen verzamelen over de lichaamshouding – en bijgevolg uitgeoefende activiteiten – van de dieren. Vermits wij hier bij nadere analyse echter geen duidelijk patroon konden herkennen, werd besloten nieuwe zenders niet langer uit te rusten met deze optie. Radiozenders zonder de kwik-tilt-schakelaar (*Eng.: mercury tilt switch*) en met een permanent lage pulssnelheid werden zo minder zwaar en hadden een langere levensduur.

Tabel 4.14. Eigenschappen van de 4 gebruikte modellen van radiozenders van ATS

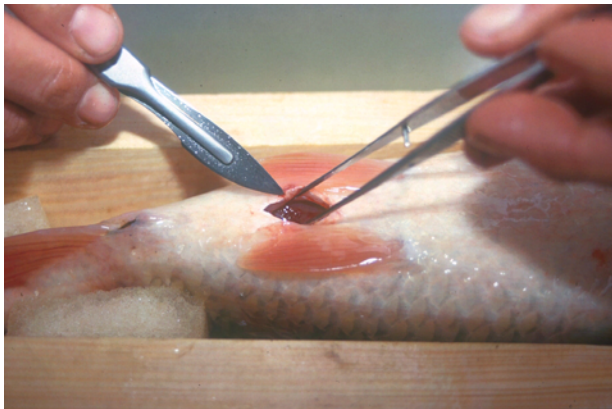
Model	10-12	10-28	357	5902
gegarandeerde levensduur (dagen)	50	90	175	300
opties	activity	activity	standard	activity
pulssnelheid (ppm)	40/80	40/80	38	40/80
pulsbreedte (ms)	14/20	21/16	16/17	17/22
stroomsterkte (mA)	0.05	0.09	0.02	0.08
antenne	coil	coil	whip	coil
gewicht (g)	7.6	11	3.9	18
aantal ingeplant bij kopvoorn	6	10	7	5

4.4.2.4. Het inplanen van de radiozenders

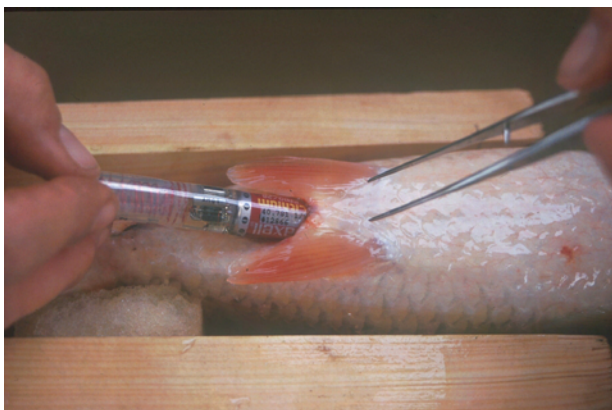
Er werd getracht om de verhouding zendergewicht / lichaamsgewicht te houden op 2-2,5%. Zoals uit tabel 4.13 blijkt, waren we in enkele gevallen genooddaakt een zender in te planten die eerder de 3% verhouding naderde. Dit was te wijten aan het feit dat, ondanks herhaalde vangsten, geen voldoende grote kopvoorns konden worden gevangen. Gezien de goede conditie van de (kleinere) dieren werd toch besloten om ze met de voorhanden zijnde zenders uit te rusten.



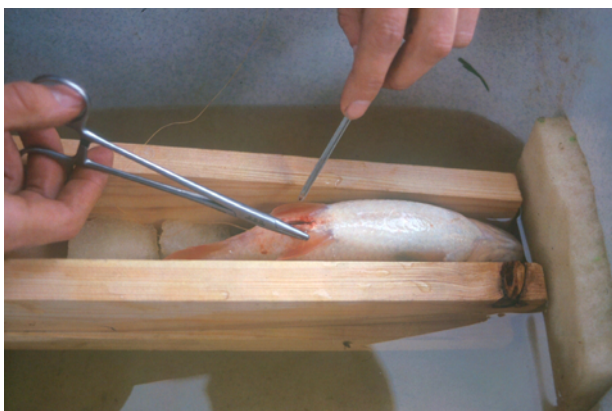
Kopvoornvrouwtje (365 mm) met radiozender (met inwendige 'coil'antenne) voor intraperitoneale inplantatie



Medioventrale incisie tussen anaalopening en pelvische gordel voor het inbrengen van de radiozender



Inbrengen van de radiozender onder de pelvische gordel



Dichtnaaien van de incisie met oplosbare draad

Kopvoorns, die geschikt werden bevonden voor implantatie, werden verdoofd in een goed belucht waterbad waaraan 2-phenoxy-ethanol in een 0.04 % oplossing werd toegevoegd. Volledige verdoving was duidelijk herkenbaar aan een versnelde kieuwbeweging, immobiliteit en vaak evenwichtsverlies, waarbij de kopvoorn met de buik naar boven ging hangen. Bij volledige anesthesie werd het proefdier met de ventrale zijde omhoog in een gootvormige houder geplaatst, die vervolgens gedeeltelijk werd ondergedompeld in verdovingsvloeistof. Op deze wijze kon de operatie plaatsvinden terwijl het dier ongehinderd onder water kon blijven ademen en het lichaam niet uitdroogde.

De chirurgische ingreep voor het inplanen van de zenders nam per dier slechts een 5-tal minuten in beslag. De incisie door de huid, spiermassa en peritoneum gebeurde op de medioventrale lijn en vlak onder de pelvische gordel, nadat enkele ventrale schubben waren verwijderd. De lengte van de incisie was afhankelijk van de diameter en lengte van de zender, maar werd hoe dan ook zo klein mogelijk gehouden. Na de ingreep werd de wonde gehecht met resorbeerbare CATGUT 3/0. De snede werd gedicht met 2 tot 3 hechtingen op een onderlinge afstand van 5-10 mm. Na hechten en ontsmetten van de wonde werd de vis in goed doorlucht, vers water gezet, waar hij terug kon bijkomen vooraleer te worden vrijgelaten.

Alle proefdieren werden na de ingreep terug uitgezet op de plaats van hun vangst. Dit gebeurde om het normale gedrag van de dieren zo weinig mogelijk te verstoren en eventuele herkenning van een vaste verblijfsplaats te bevorderen (met uitzondering van kopvoorn 850M; zie paragraaf 4.4.1.2).

4.4.2.5. De gebruikte ontvangstapparatuur

Voor het opvangen van de radiosignalen werd gebruik gemaakt van een ATS R2000 Scanning Receiver en bijhorende directionele ATS Loop-antenne met tuner (zie tabel 2.2), beide afgesteld op het frequentiebereik tussen 40 en 42 MHz. Dankzij de mogelijkheid de gebruikte frequenties in de ontvanger in te voeren, konden deze tijdens onze dagelijkse bezoeken aan het studietraject continu gescand worden met tussenpozen van enkele seconden. Deze optie maakte het vrijwel onmogelijk dieren te missen die een sterk verschillende positie hadden t.o.v. de voorgaande dag. Eens een dier was gelokaliseerd, kon het scannen tijdelijk worden stopgezet om de exacte positie van de kopvoorn te bepalen.



Radio-ontvanger R2000 (Advanced Telemetry Systems). De ingevoerde frequenties worden tijdens het scannen afgebeeld op de digitale display. Uitwijkingen van de naald geven een visuele ondersteuning voor het bepalen van minimum- of maximumsignaal van de zender.

Ook de Loop-antenne kan op twee manieren aangewend worden. Door het vlak van de antenne in de richting van het signaal te oriënteren, ontvangen we een maximum-signaal ("peak"). Deze techniek werd vooral toegepast om het eerste contact met de proefdieren te bekomen. Voor de precieze

positiebepaling van ieder individu werd gebruik gemaakt van de “null-peak”, het minimumsignaal, door het vlak van de antenne loodrecht te plaatsen op de richting van het signaal. Op de antenne monteerden we een kompas om de richting van het signaal nauwkeurig te noteren t.o.v. het magnetische Noorden.

4.4.2.6. De positiebepaling van de gezenderde vissen

Tussen 15 maart 1997 en 31 juli 1999 werd de exacte positie van de proefdieren dagelijks bepaald – met uitzondering van augustus 1998, wanneer de dieren slechts één maal per week werden gepositioneerd (de gegevens van deze maand zijn uit de analyse geweerd). Daartoe stapten we langs de oevers van het studietraject terwijl de frequenties werden gescand. Vermits aanvankelijk het activiteitspatroon over 24 uur van de kopvoorns niet gekend was, werd beslist in het belang van uniformiteit de positiebepalingen bij daglicht en binnen de mate van het mogelijke steeds in de voormiddag uit te voeren.

Om de positionering van de dieren vlot te laten verlopen, werd de rechteroever van de waterloop over de hele lengte van het studietraject afgebakend met genummerde landmeterpunten. Over de lengte van 400 m onder referentiepunt 0 plaatsten we deze punten op een onderlinge afstand van 10 m (nummers 0 tot 40). De overige 2500 m waren voorzien van punten op een afstand van 20 m (nummers 42 tot 292).

Eenmaal een kopvoorn werd opgemerkt, werd met behulp van triangulatie de exacte positie van de vis bepaald. Hiertoe begaven we ons naar de dichtstbijzijnde punten (van waaruit het sterkste signaal werd genoteerd) en bepaalden we van op beide punten via de null-peak en met behulp van het kompas de juiste positie van het individu. Dankzij de nummering van de punten en de relatief korte afstand tussenbeide, konden we met een nauwkeurigheid van 1 meter de positie van het dier t.o.v. referentiepunt 0 noteren. Het principe van triangulatie werd eerder toegelicht in hoofdstuk 2.

4.4.2.7. Gegevensanalyse i.v.m. de jaarlijkse mobiliteitscyclus

1. Definities

Home range

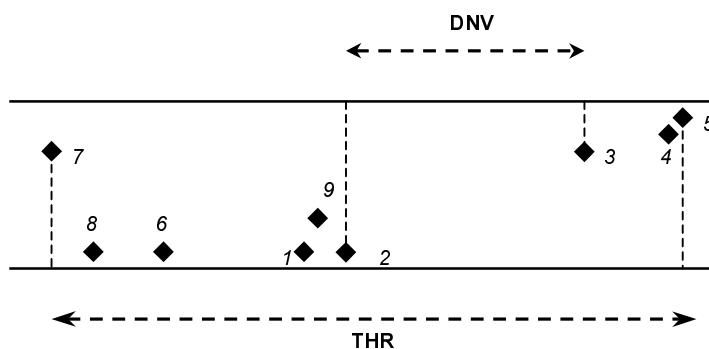
Als algemene definitie van home range geldt de oppervlakte waarin een dier zich ophoudt om zijn normale dagelijkse activiteiten uit te voeren (Burt, 1943). In ons onderzoek rond waterlopen betekent dit dat de *Totale Home Range* (THR) van een vis in de praktijk neerkomt op een waterlooptraject, dat wordt bepaald door alle posities van het proefdier in de periode tussen de dag van inplanting en de dag waarop we het contact met de vis kwijtraken. Aangezien de sterk uiteenlopende levensduur van de zenders mogelijk de grootte van de totale home range beïnvloedt, gebruiken we ook de begrippen wekelijkse en maandelijkse home range, die worden bepaald door de twee uiterste positioneringen van een individu binnen respectievelijk een week of een maand. Hierdoor wordt een meer uniforme vergelijkingen tussen de individuen mogelijk.

De home range geeft een aanduiding voor de ruimtelijke verspreiding van de kopvoorns. Een schematische voorstelling van het begrip home range wordt weergegeven in figuur 4.16.

Dagelijkse Netto Verplaatsing

Het verschil in afstand tussen de positie van een bepaalde vis tijdens twee opeenvolgende dagen noemen we de *Dagelijkse Netto Verplaatsing* (DNV). Wanneer de richting van de verplaatsing van ondergeschikt belang is voor de analyse van de gegevens, maken we gebruik van de absolute waarden van de DNV (absDNV). De DNV leert ons iets over de ruimtelijke mobiliteit van de kopvoorns. Een schematische voorstelling van het begrip dagelijkse netto verplaatsing wordt weergegeven in figuur 4.16.

Figuur 4.16. Schematische weergave van de begrippen *Totale Home Range (THR)* en *Dagelijkse Netto Verplaatsing (DNV)*. De dagelijkse posities van een kopvoorn in een riviertraject worden aangeduid met de genummerde punten. In dit denkbeeldig voorbeeld bedraagt de totale studieperiode 9 dagen. De afstand tussen de uiterste punten 5 en 7 geeft de THR; de afstand tussen punt 2 en 3 geeft de DNV tussen dag 2 en 3.



Verblijfplaats / rustplaats

De verblijfplaats van een vis, waarnaar wordt verwezen bij de bespreking van de gegevens van dagelijkse positiebepalingen, heeft betrekking op een plaats (traject) binnen het studiegebied van beperkte afmetingen waar het proefdier met regelmaat naar terugkeert. De “beperkte afmetingen” zijn niet nader bepaald omdat er grote individuele verschillen zijn, die o.a. afhankelijk lijken te zijn van de beweeglijkheid van het dier. De meer mobiele dieren keren niet noodzakelijk met even grote precisie terug naar een site van enkele dagen tevoren als de stabiele individuen (enkele 10-tallen meters versus 1 meter).

2. Groepering van de positiegegevens

De positiegegevens van de kopvoorns werden op diverse wijzen gehergroepeerd om eventuele verschillen in mobiliteit en trajectgebruik duidelijk te kunnen maken. Zo konden alle gegevens tezamen worden beschouwd (alle kopvoorns samen) en worden vergeleken met enkel de vrouwtjes of de mannetjes. Binnen beide geslachten kon bovendien onderscheid worden gemaakt tussen mobiele en stabiele dieren. Dit onderscheid wordt verder a.d.h.v. figuren duidelijk gemaakt.

We merken echter op dat mannetjes, door hun kleinere afmetingen, nooit konden worden uitgerust met voldoende lang werkende zenders om eenzelfde individu gedurende een volledig jaar te volgen. Daarom hebben we de inplanting van de zenders zodanig gepland dat gedurende elk seizoen tenminste enkele mannetjes konden worden gevolgd. Het feit dat de positioneringperioden van de

mannelijkes weinig overlapping kennen, is echter een handicap die tot uiting komt bij de verwerking en analyse van de gegevens.

3. Rechtstreekse en afgeleide variabelen

Voor de beschrijving van de mobiliteitscyclus van kopvoorn werd gebruik gemaakt van onderstaande variabelen, die telkens geanalyseerd werden per week en per maand respectievelijk voor alle dieren samen, voor de vrouwtjes apart en voor de mannetjes apart. Voor elke groep werd ervan uitgegaan dat een maand minstens 20 en een week minstens 5 positioneringen moest bevatten. Indien hieraan niet was voldaan, werden de desbetreffende weken/maanden uitgesloten van analyse.

Dagelijkse Netto Verplaatsing (DNV):

- gemiddelde en maximum: gemid DNV en max DNV
- gemiddelde en maximum van de tiendelige logaritme van DNV: gemid logDNV en max logDNV
- het verschil t.o.v. de vorige week/maand in gemid logDNV en max logDNV: Dgemid logDNV en Dmax logDNV

Uiterste stroomopwaartse (LIMOP) en stroomafwaartse (LIMAF)positie

- de uiterste waarden: LIMOP en LIMAF
- de tiendelige logaritme van de uiterste waarden logLIMOP en logLIMAF

Home range (HR)

- totale home range: THR
- de tiendelige logaritme van de HR: logHR
- het verschil t.o.v. de vorige week/maand in logHR: DlogHR

4. Analyse van de gegevens

Om een overzicht te krijgen van het gebruik van het studiegebied werden alle positiebepalingen, zoals die in het veld werden genoteerd tussen de molenstuw en de brug te Meerhout, onderverdeeld in grootteklassen van 50m (nadat ze waren vermeerderd met 75m om te compenseren voor de negatieve waarden). Hetzelfde werd gedaan met de berekende dagelijkse netto verplaatsingen. Voor deze laatste werden de voortplantings- en rustperiode, alsook de gegevens van mannetjes en vrouwtjes gescheiden om via een t-test na te gaan of eventuele verschillen konden worden gevonden.

Omdat zeer stabiele dieren - zoals die kunnen worden herkend uit de individuele verplaatsingsgrafieken van de dieren - eventuele mobiliteitsverschillen tussen voortplantings- en rustperioden sterk kunnen maskeren, werd beslist een (arbitrair) onderscheid te maken tussen stabiele en mobiele dieren.

Home ranges werden d.m.v. een t-test vergeleken met betrekking tot geslacht en periode. Aan de hand van een Multiple Regressie-analyse werd nagegaan of de totale home range afhankelijk was van de lengte van de individuele studieperiode en/of vorklengte van de dieren. Gemiddelde en maximale dagelijkse netto verplaatsingen werden op dezelfde manier getest.

Met behulp van een variantieanalyse (ANOVA), berekend per maand en per week, werd voor de groepen alle kopvoorns, alle vrouwtjes, alle mannetjes, mobiele vrouwtjes en mobiele mannetjes nagegaan of er aantoonbare verschillen konden worden gevonden voor de geanalyseerde variabelen. Door middel van een Newman-Keuls test kon verder worden uitgemaakt waar precies deze verschillen situeerden. Het verloop van de maandelijkse en wekelijkse gemiddelden van de variabelen (met hun respectievelijke standaardfouten) wordt visueel weergegeven in whiskerplots.

4.4.3. Resultaten en bespreking

4.4.3.1. Beschrijving van de jaarlijkse mobiliteitscyclus van de gezenderde vissen.

Overzicht van de verzamelde basisgegevens

Tussen 14 maart 1997 en 31 augustus 1999 werden in het totaal 6135 dagelijkse positiebepalingen uitgevoerd van 28 gezenderde kopvoorns. In de praktijk betekende dit dat alle vissen die uitgerust werden met een radiozender dagelijks opgespoord en gelocaliseerd werden zolang het signaal van de zender opgevangen kon worden en dit met uitzondering van de maanden januari 1998 en augustus 1998, waarin geen dagelijkse positiegegevens verzameld werden.

Met zenders van verschillende levensduur, was het noodzakelijk regelmatig nieuwe zenders aan te brengen teneinde een zo continu mogelijk beeld te krijgen van de mobiliteit van een vergelijkbaar aantal mannetjes en vrouwtjes. Een overzicht van de inplantingsdata en de individuele studieperioden wordt weergegeven in tabel 4.15.

Met betrekking tot de dagelijkse positioneringen van de kopvoorns geven we hierna een algemene beschrijving van de individuele mobiliteitscyclus van alle gevolgde vissen en wordt een overzicht gegeven van een aantal patronen die worden teruggevonden in de cycli.

De basisgegevens van de dagelijkse “tracking” (het opsporen van de vissen) worden weergegeven in de figuren 4.17 t.e.m. 4.21. Ongeacht het tijdstip van inplanting en levensduur van de radiozenders, werden de positiegegevens van alle dieren op eenzelfde driejarige tijdschaal uitgezet om zodoende de mobiliteitspatronen van de afzonderlijke dieren op overzichtelijke wijze te kunnen vergelijken. De grafieken tonen de dagelijkse posities van de dieren t.o.v. referentiepunt 0: de eerste stroomafwaarts gelegen brug onder de watermolen van Meerhout. De afstand tussen de brug en de watermolen bedraagt 70 meter en de positie van vissen die zich in dit traject bevonden, wordt uitgedrukt in negatieve waarden, terwijl alle posities stroomafwaarts de brug positief worden genoteerd.

Tabel 4.15. Overzicht van de gevolgde periode van voor de 28 met een radiozender uitgeruste kopvoorns. In de tabel wordt naast de code van het dier (die ook een aanduiding voor het geslacht bevat (M/F)) ook de datum van implanting, de datum tot wanneer activiteit van de vis kon gevolgd worden en de datum waarop het contact met de zender verloren werd (batterijen uitgewerkt). De levensduur van de vis werd enkel genoteerd wanneer geen verplaatsingen meer werden vastgesteld bij een individu (zie ook rechte lijnen op grafieken) en waarop het dier de zender verloren had of dood was. '+' betekent dat de zender nog actief was bij het stoppen van het onderzoek.

Code dier	Datum implant	Vis actief t.e.m....	Zender actief t.e.m....	Levensduur zender (dagen)	Levensduur vis (dagen)
760F	13-03-97	31-03-98	31-03-98	383	-
860F	13-03-97	20-09-98	04-07-99	843	556
700M	14-04-97	23-04-97	23-04-97	8	-
710F	14-04-97	05-05-97	05-05-97	?	21
770F	14-04-97	22-07-97	06-01-98	267	99
780F	14-04-97	02-04-98	02-04-98	354	-
720M	15-04-97	08-09-97	08-09-97	146	-
730M	15-04-97	07-10-97	07-10-97	175	-
740M	15-04-97	16-04-97	16-04-97	?	1
750M	15-04-97	25-09-97	25-09-97	163	-
790F	15-04-97	06-02-98	06-02-98	297	-
870F	15-04-97	02-06-99	02-06-99	778	-
611M	19-02-98	13-06-98	13-06-99	479	114
800F	19-02-98	17-01-99	17-01-99	332	-
621M	20-02-98	31-07-98	05-08-99	531	161
651M	10-04-98	15-06-98	15-06-98	66	-
810F	10-04-98	21-02-99	21-02-99	317	-
820F	10-04-98	03-03-99	03-03-99	327	-
1000M	10-04-98	05-07-98	13-11-98	217	86
1010M	14-04-98	30-07-98	01-10-98	170	107
1020M	14-04-98	15-09-98	15-09-98	154	-
830F	28-04-98	01-03-99	01-03-99	307	-
880F	28-04-98	06-09-98	+ 31-08-99	+ 490	131
840M	30-04-98	17-03-99	17-03-99	321	-
1030F	30-04-98	31-08-99	+ 31-08-99	+ 488	-
850M	11-05-98	07-08-98	07-08-98	88	-
900F	22-09-98	31-08-99	+ 31-08-99	+ 343	-
910F	25-09-98	31-08-99	+ 31-08-99	+ 340	-

Aangebrachte radiozenders in het voorjaar 1997

De geregistreerde posities van de mannetjes 700M, 720M, 730M, 740M, 750M wordt weergegeven in figuur 4.17, a-c; die van de vrouwtjes 710F, 760F, 770F, 780F, 790F, 860F, 870F in figuur 18, a-f.

Van de 12 met radiozenders uitgeruste kopvoorns in 1997, konden slechts 3 mannetjes (720M, 730M en 750M) en 6 vrouwtjes (760F, 860F, 770F, 780F, 790F en 870F) worden gevolgd tot het uitwerken van de zender. Twee mannetjes en één vrouwtje verdwenen vrijwel onmiddellijk. Ondanks een uitgebreide stroomafwaartse zoektocht, werd enkel het vrouwtje 710F daags na haar verdwijnen gelokaliseerd vlak onder stuw 1, waarna ook dit dier definitief verdween. Met uitzondering van dit laatste geval kan niet met zekerheid worden gezegd of het ging om defecte zenders, dan wel om dieren die de chirurgische ingreep slecht hadden doorstaan en verzwakt waren afgedreven tot ver buiten het studiegebied.

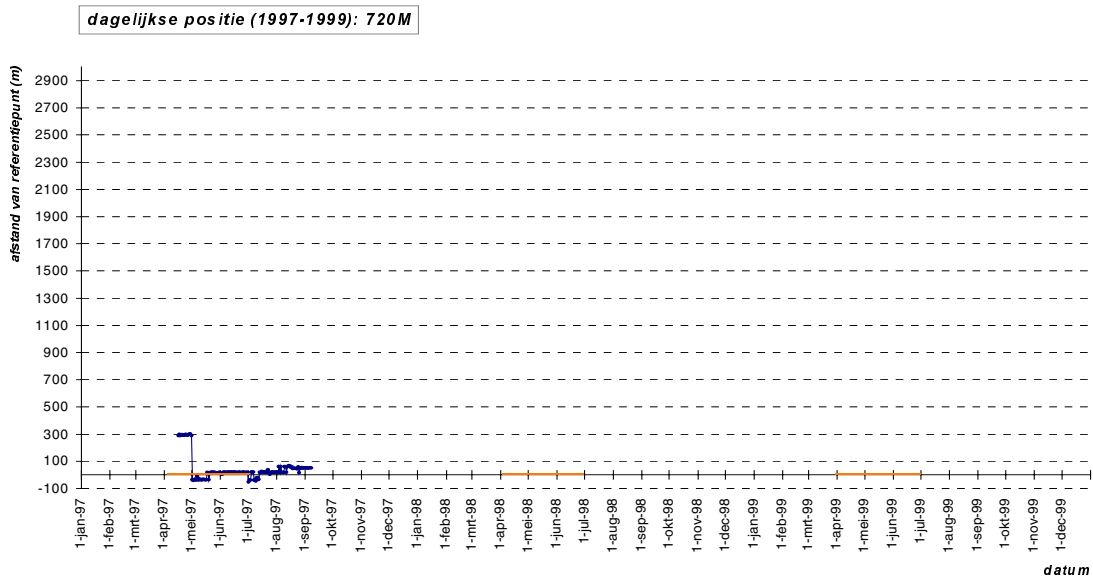
Ondanks vrij duidelijke individuele verschillen in verplaatsing, kan in de loop van het jaar een onderscheid worden gemaakt tussen perioden van relatieve stabiliteit – zowel in amplitude als in

frequentie van de verplaatsingen – en één van markante instabiliteit. De periode van grote verplaatsingen valt samen met de voortplantingsperiode, tijdens dewelke zowel mannetjes als vrouwtjes zich stroomopwaarts bewegen, vaak tot in het traject van de eerste 100 m stroomafwaarts van de watermolenstuw (molenkom = negatieve waarden op de grafieken). Deze stroomopwaartse posities worden vaak afgewisseld met stroomafwaartse bewegingen, om vervolgens terug te keren naar hun posities stroomafwaarts van de watermolenstuw.

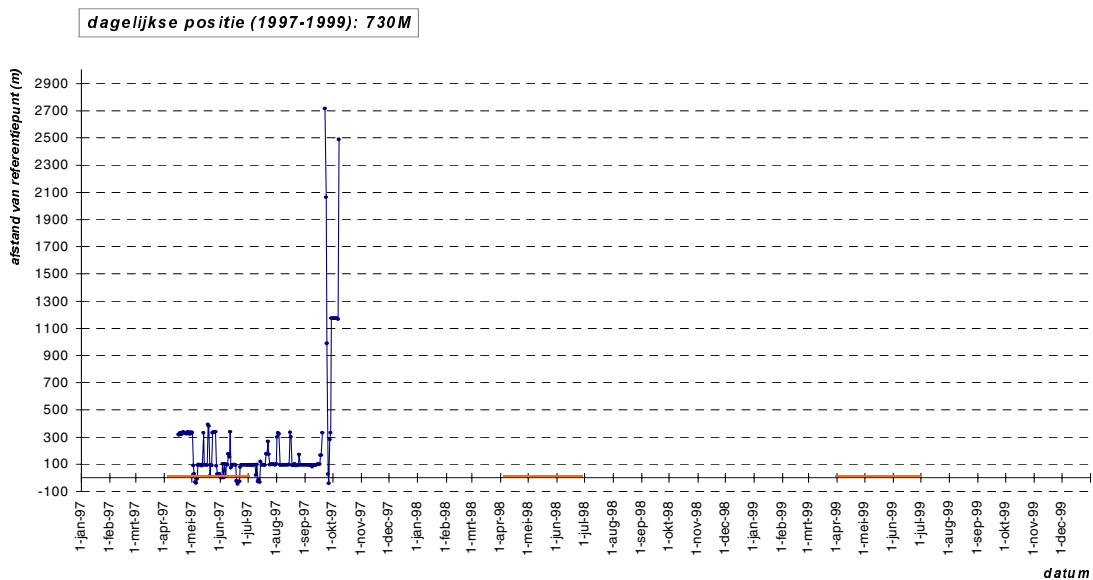
Mannetje 750M beweegt zich enkele dagen na de inplanting van de zender voor de eerste maal naar de brug onder de molen. Gedurende de hele periode tussen 18 april en 13 juli 1997 verplaatst het dier zich heen en weer met dagelijkse netto verplaatsingen tot 223 m, om daarna ca. 100 m stroomafwaarts de brug tot rust te komen met dagelijkse netto verplaatsingen tussen 0 en 40 m. Beide andere mannetjes, 720M en 730M, zetten hun stroomopwaartse migratie pas begin mei in. Hoewel bij geen van beide na 13 juli echt sprake is van een duidelijk stabielere periode, is een kleine verandering in bewegingspatroon toch merkbaar in zoverre dat 720M zich tussen mei en juli in een traject van 50 m tussen molenkom en brug verplaatst en na half juli afzakt naar een positie op 70 m stroomafwaarts de brug. Het mobiliteitspatroon van 730M verandert in die mate dat de verplaatsingen vóór 13 juli zowel in stroomop- als stroomafwaartse richting verlopen, terwijl het dier na deze datum nog enkel excursies in stroomafwaarte richting uitvoert. De betekenis van de uitzonderlijk grote verplaatsingen van 730M gedurende de laatste 2 weken van zijn studieperiode kan slechts moeilijk achterhaald worden vermits het daaropvolgende gedrag van het dier niet gekend is. Indien we ons baseren op het gedragspatroon van andere kopvoorns rond die periode, mogen we met enige voorzichtigheid aannemen dat het dier een stroomafwaarts gelegen rustplaats voor de winter gaat opzoeken. Aangehouden grote verplaatsingen in de winterperiode zijn minder aannemelijk. Van de drie mannetjes was 730M het meest mobiele. Met uitsluiting van de grote excursies eind september, begaf geen van de mannetjes zich verder dan 367 m stroomafwaarts van de brug.

Van de zes in 1997 gevolgde vrouwtjes, bleken er twee merkkelijk minder en kleinere verplaatsingen uit te voeren dan de overige vier. Vrouwtje 790F migreert binnen de drie dagen na implantatie naar de molenkom, waar het dier voor de rest van de trackingperiode verblijft. Enkel kleine verplaatsingen van enkele meters en de ritmeveranderingen van de activiteitssensor duiden erop dat het dier gedurende deze periode wel degelijk in leven is. Ook 760F vertoont een zeer grote gehechtheid aan enkele vaste verblijfplaatsen (home range 340 m) met slechts zeer kortstondige excursies. Tijdens de voortplantingsperiode begeeft het dier zich slechts tweemaal naar de molenkom (6 mei en 12 juli). Zowel 770F als 780F leggen grote afstanden af tijdens de voortplantingsperiode (tussen de molenkom en 1630 m stroomafwaarts de brug), waarna een stabiele periode intreedt. Naderhand bleek dat 770F vlak na de voortplantingsperiode gestorven was. De meest markante verplaatsingen worden uitgevoerd door 860F en 870F, tevens de grootste (i.e. oudste) dieren. Beide dieren migreren frequent tussen de molenkom en stuw 1, met als opmerkelijk verschil dat 870F relatief langere perioden doorbrengt in of vlak onder de molenkom in verhouding tot 860F. Hoewel beide individuen zich na de voortplantingsperiode voornamelijk ophouden binnen 750 m van stuw 1, vertoont 860F ook in deze rustperiode relatief hogere mobiliteit met grotere verplaatsingen.

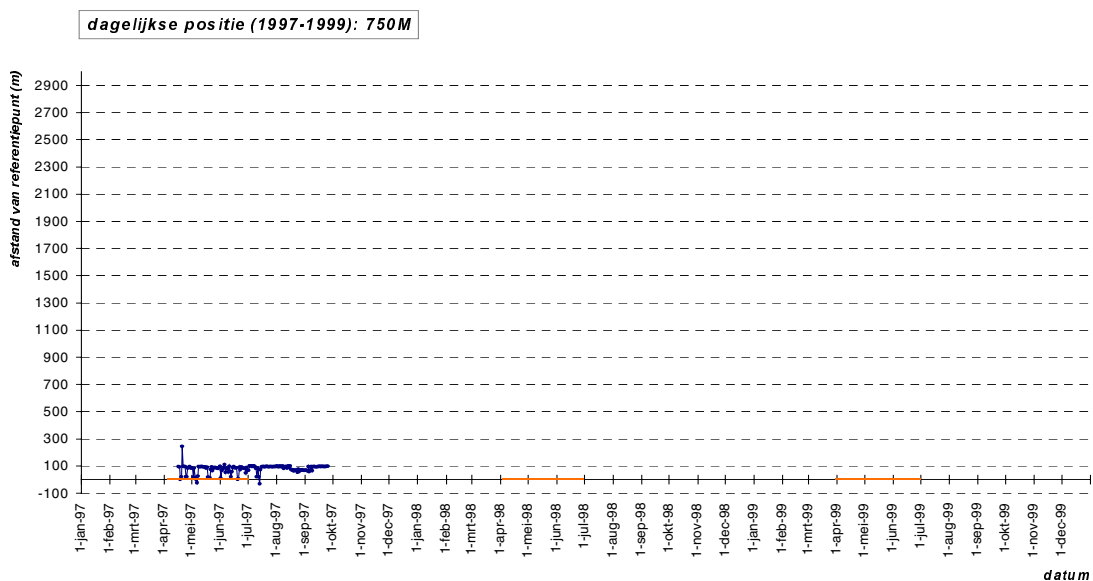
Net zoals de mannetjes, begonnen ook de vrouwtjes tussen half april en begin mei 1997 aan de voortplantingstrek, terwijl het einde van deze periode bij de vrouwtjes breder gespreid is tussen half juni en half juli. De drie gevolgde mannetjes schenen hun interesse voor de molenkom pas half juli te verliezen. Algemeen kan worden gesteld dat, hoewel de voortplantingsperiode voor beide geslachten duidelijk gekarakteriseerd wordt door een markant verhoogde en sterk gesynchroniseerde migratiedrang, een variatie kan worden vastgesteld in de beëindiging van diezelfde periode. Hierbij dient te worden vermeld dat deze bevindingen gebaseerd zijn op slechts 9 vissen, hetgeen individuele variatie zeer benadrukt. Slechts met grote voorzichtigheid kan worden genoteerd dat bij beide geslachten respectievelijk stabiele en mobiele dieren schijnen voor te komen, hoewel enkel een veel grotere steekproef hierin uitsluitsel kan brengen. De hoge kost die hieraan verbonden is (in termen van materiaal en mankracht) maakt het echter moeilijk deze ideale doelstelling te realiseren.



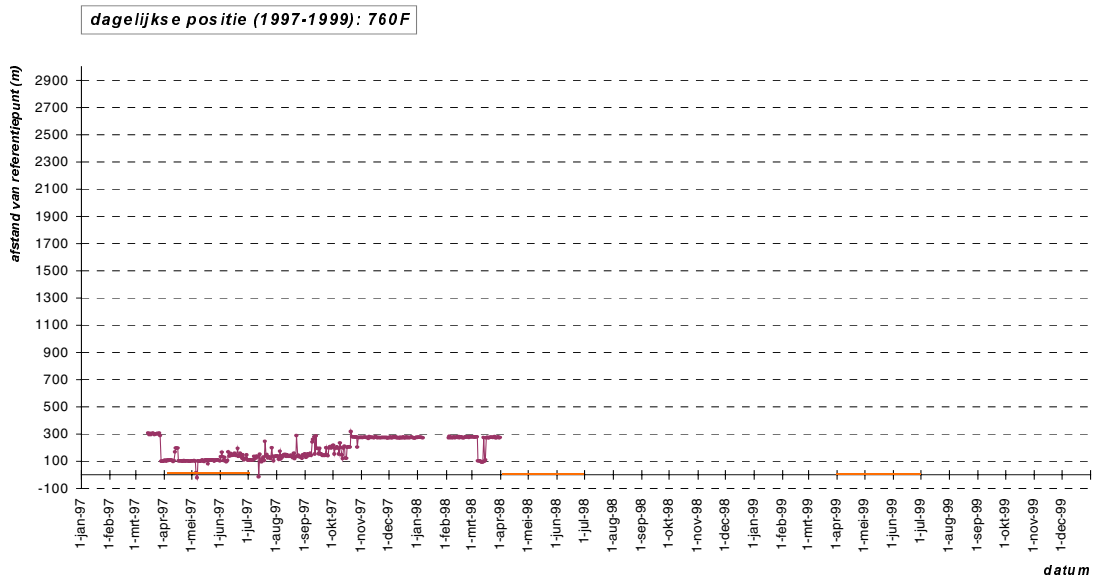
Figuur 4.17a. Zender ingeplant op 15 april 1997. $DNV_{max}(1997) = 326\text{ m}$.



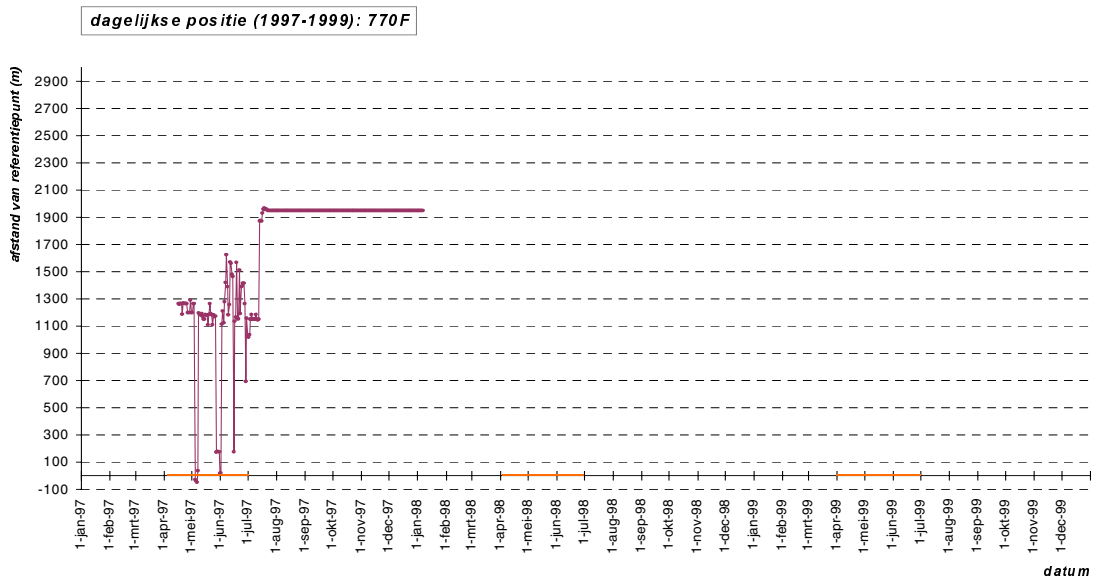
Figuur 17b. Zender ingeplant op 15 april 1997. $DNV_{max}(1997) = 2384\text{ m}$ (367 m zonder laatste 2 weken).



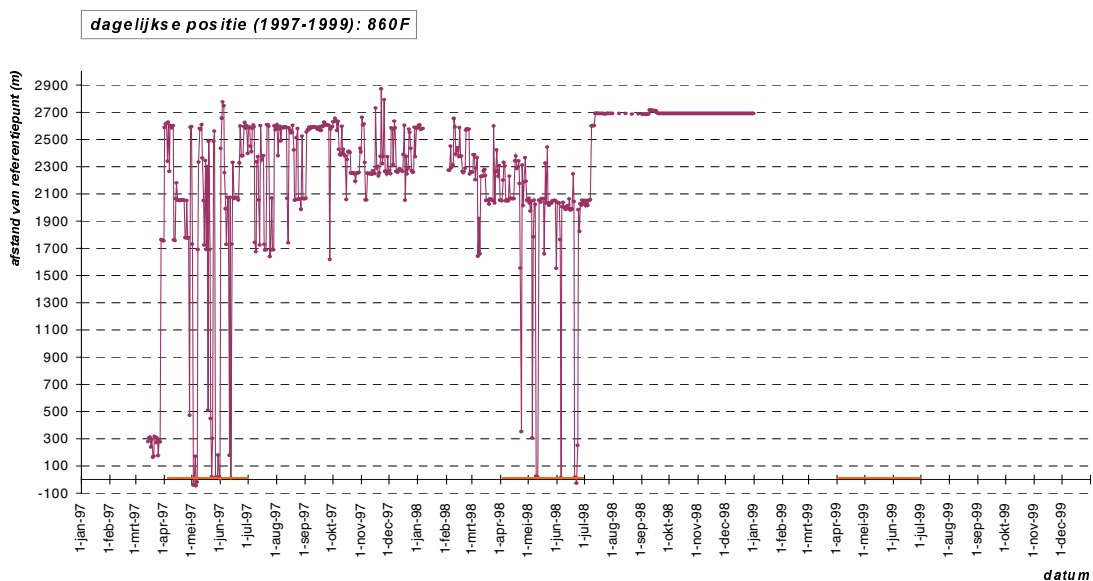
Figuur 4.17c. Zender ingeplant op 15 april 1997. $DNV_{max}(1997) = 223\text{ m}$.



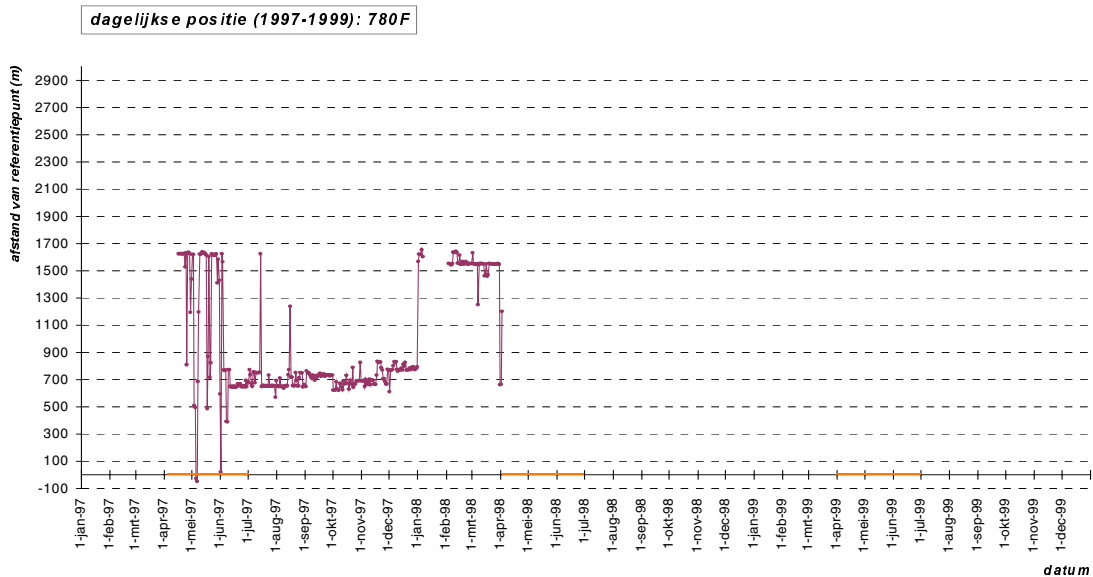
Figuur 4.18a. Zender ingeplant op 13 maart 1997. DNV_{max} (1997) = 189 m; DNV_{max} (1998) = 181 m.



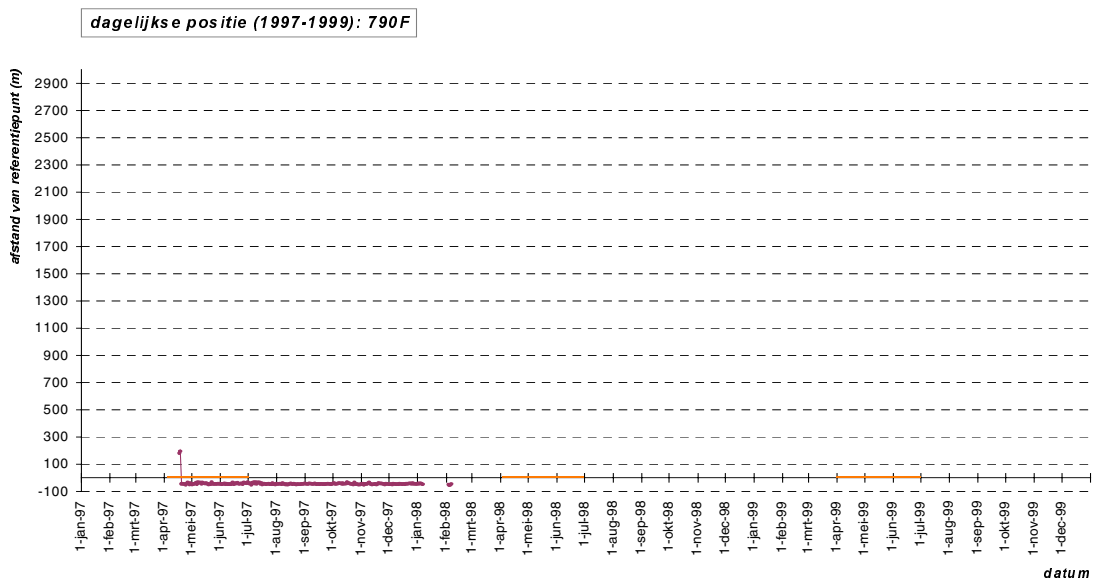
Figuur 4.18b. Zender ingeplant op 13 maart 1997. DNV_{max} (1997) = 189 m; DNV_{max} (1998) = 181 m.



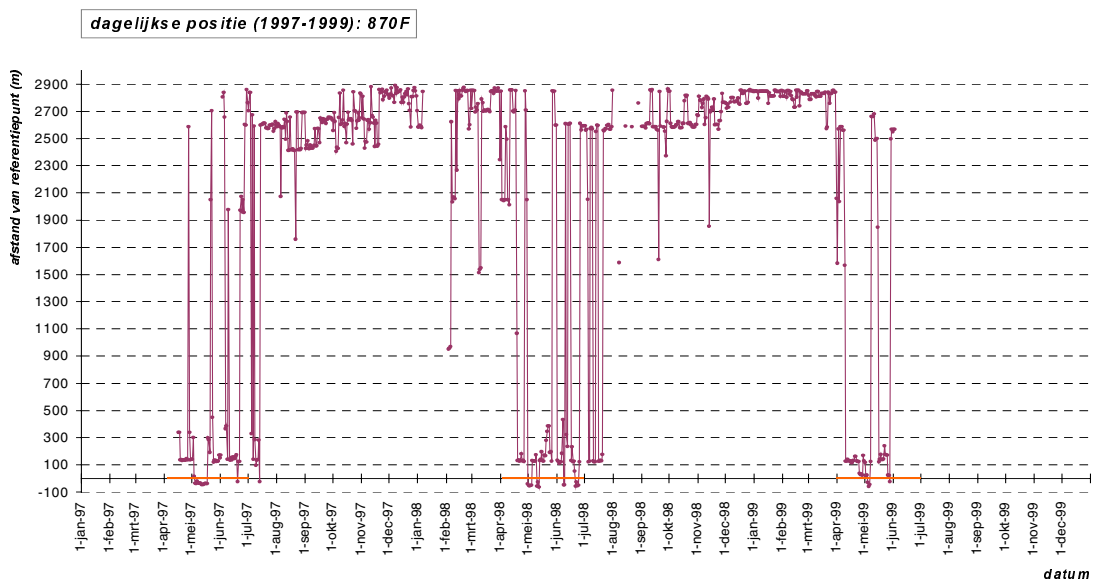
Figuur 4.18c. Zender ingeplant op 14 april 1997. DNV_{max} (1997) = 1239 m.



Figuur 4.18d. Zender ingeplant op 14 april 1997. DNV_{max} (1997) = 1605 m; DNV_{max} (1998) = 885 m.



Figuur 4.18e. Zender ingeplant op 15 april 1997. DNV_{max} (1997) = 240 m (18 m indien eerste dagen niet inbegrepen)



Figuur 4.18f. Zender ingeplant op 15 april 1997. DNV_{max} (1997) = 2634 m; DNV_{max} (1998) = 2725 m; DNV_{max} (1999) = 2537 m.

Aangebrachte radiozenders in het voorjaar 1998

De geregistreerde posities van de mannetjes 611M, 621M, 651M, 840M, 850M, 1000M, 1010M, 1020M wordt weergegeven in figuur 4.19, a-h; die van de vrouwtjes 800F, 810F, 820F, 830F, 880F, 1030F in figuur 4.20, a-f. Op het moment van het aanbrengen van de nieuwe zenders zijn nog 4 zenders van het jaar voordien werkzaam, met name deze van de vrouwtjes 760F, 780F, 860F, 870F.

Tussen 19 februari en 11 mei 1998 werden 14 nieuwe zenders ingeplant, waarvan 8 bij mannetjes en 6 bij vrouwtjes. Vermits in augustus 1998 alle vissen slechts éénmaal per week werden gepositioneerd, dient te worden genoteerd dat dit een valse indruk van stabiliteit kan wekken, terwijl de bewegingen van de dieren gedurende de rest van de week niet gekend zijn.

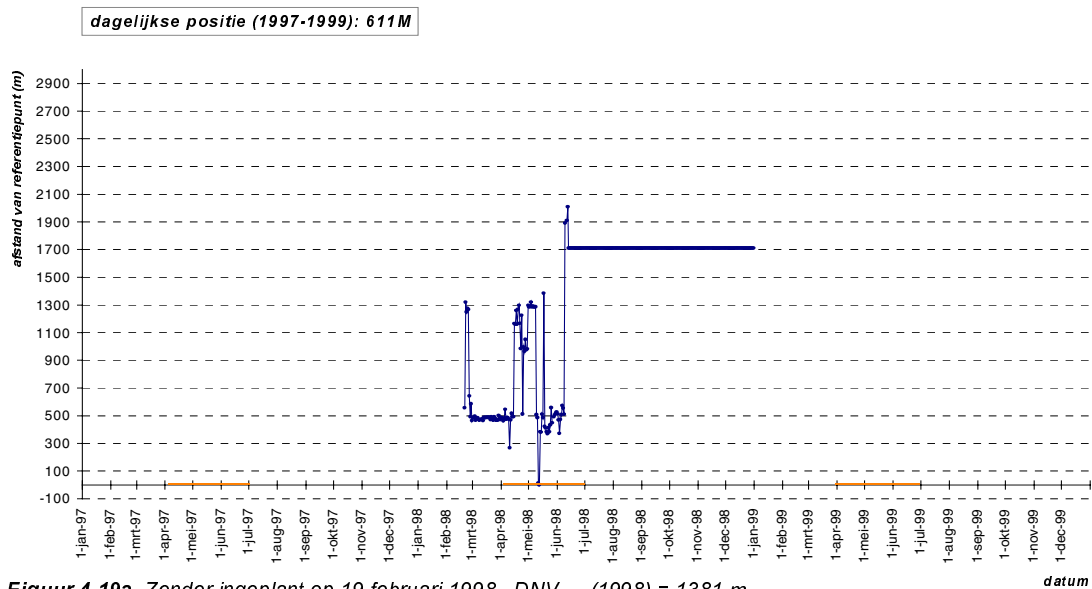
De voortplantingsperiode (april, mei, juni) wordt voor praktisch alle dieren opnieuw gekenmerkt door een periode van grote mobiliteit.

Slechts één van de zenders van de mannetjes - 651M - haalt het niet voorbij de voortplantingsperiode. We ontdekken later dat het hier gaat om een vroegtijdig uitvallen van de zender, aangezien we het dier 2 jaar later in goede conditie terugvingen tijdens een inventarisatie met behulp van elektrische visvangst op de plaats waar we het contact met de zender verloren.

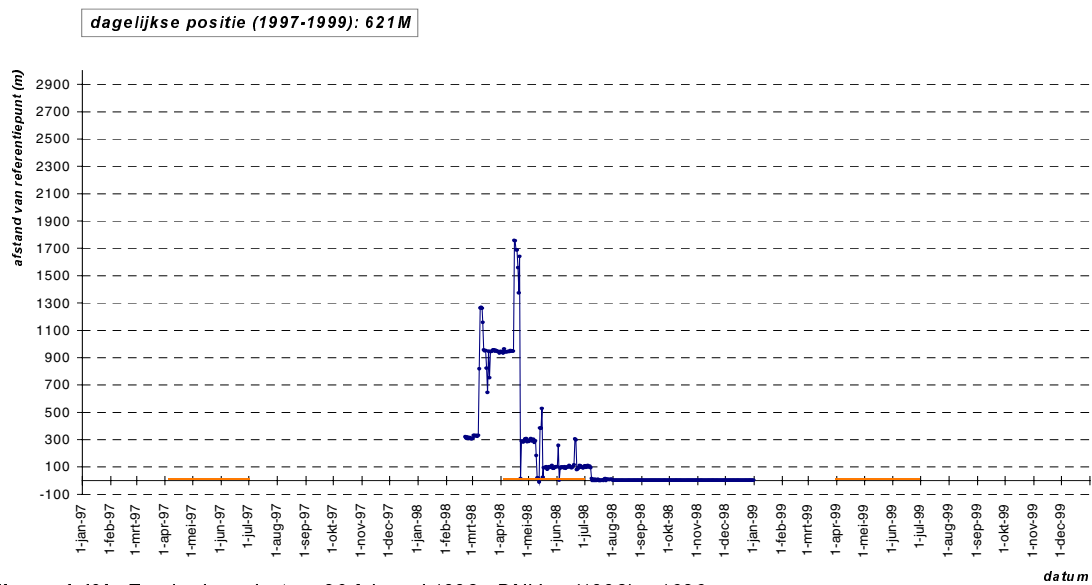
De mannetjes 1000M en 1010M sterven kort na de voortplantingsperiode en blijven ter plaatse liggen, terwijl hun zender nog geruime tijd blijft verder functioneren. Van deze 2 individuen staakt enkel 1000M zijn grote verplaatsingen halverwege de voortplantingsperiode, hetgeen mogelijk kan worden verklaard door een verzwakte conditie die de dood van het dier voorafging. Ook mannetje 621M blijkt dood kort na de voortplanting, met als belangrijk onderscheid dat dit individu gedurende langere perioden vaste sites bezet, enkel onderbroken door zeldzame en korte excursies.

Mannetje 621M houdt zich tijdens de voortplantingsperiode voornamelijk op ter hoogte van een stroomversnelling, gelegen op ca. 300m van de brug, gevolgd door een vaste positie onder geërodeerde betonnen oevers ca. 100m stroomafwaarts van de brug. Mannetje 611M start op 10 april, na een rustige periode op éénzelfde site, met aanvankelijk stroomafwaartse migraties, gevolgd door slechts één uitstap naar de stroomversnelling onder de brug op 12 mei, om vervolgens terug te keren in de buurt van zijn oorspronkelijke site. In de eerste helft van juni zakt het dier nog af naar 2000 m stroomafwaarts de brug. Door sterfte van het dier kan de betekenis van deze verplaatsing helaas niet achterhaald worden. Mannetje 840M, dat buiten de voortplantingsmigraties nog een onrustige periode met grote mobiliteit kent tussen eind september en begin november, vestigt zich voor de winterperiode op een vaste site in de molenkom tot de zender ophoudt met werken in het voorjaar van 1999.

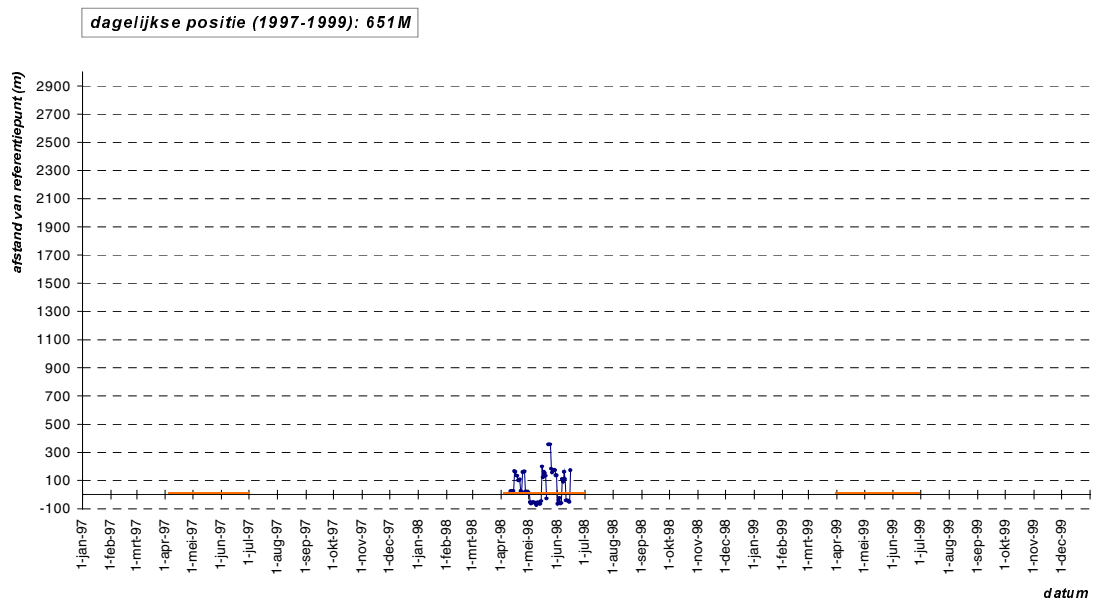
Mannetje 850M werd gevangen onder stuw 1 vervolgens uitgezet stroomopwaarts ervan, met de bedoeling na te gaan of het dier, dat in dit voor hem nieuwe traject geen vaste site had, op enige wijze afwijkend gedrag zou vertonen t.o.v. de "residente" mannetjes. Hoewel het dier eind juli definitief uit het bestudeerde traject verdween, kan voorzichtig worden opgemerkt dat de verplaatsingen van dit individu beduidend groter en frequenter zijn dan deze van de andere mannetjes, zonder dat het ooit langer dan enkele dagen op één enkele plaats halt hield. Een aantal mogelijke verklaringen voor de extreem hoge instabiliteit van het dier zijn: het ontbreken van herkenningspunten of het falen om een goede verblijfplaats (territorium?) te veroveren in het druk bezette voor hem nieuwe riviertraject.



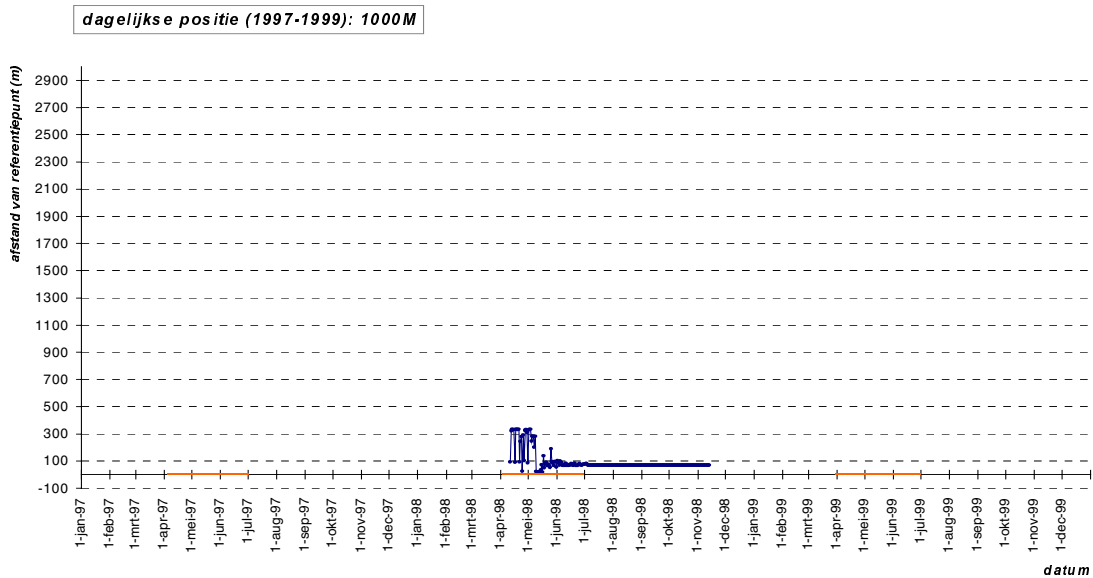
Figuur 4.19a. Zender ingeplant op 19 februari 1998. $DNV_{max}(1998) = 1381$ m.



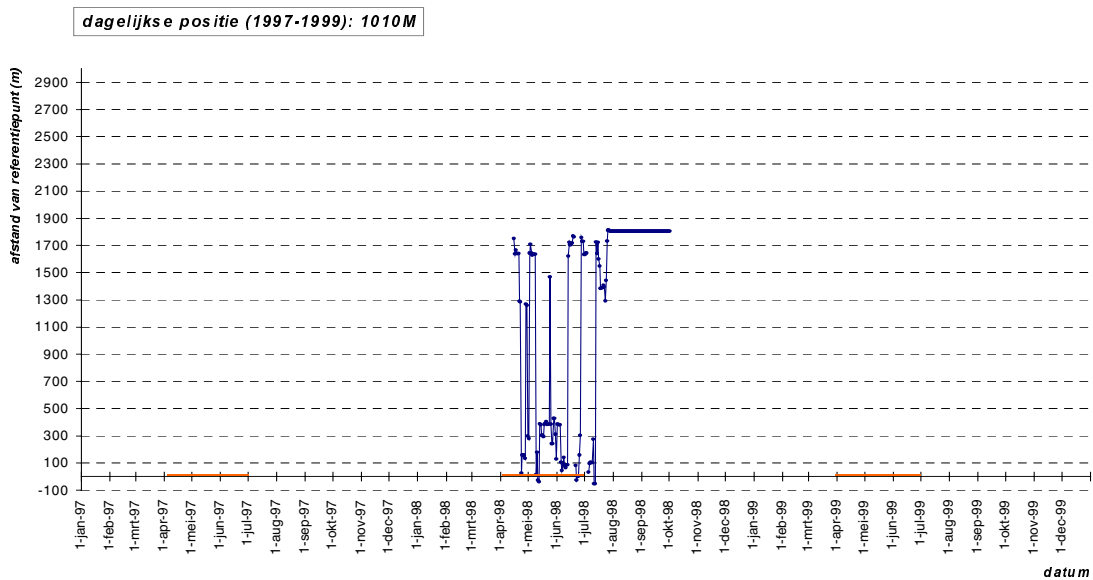
Figuur 4.19b. Zender ingeplant op 20 februari 1998. $DNV_{max}(1998) = 1626$ m.



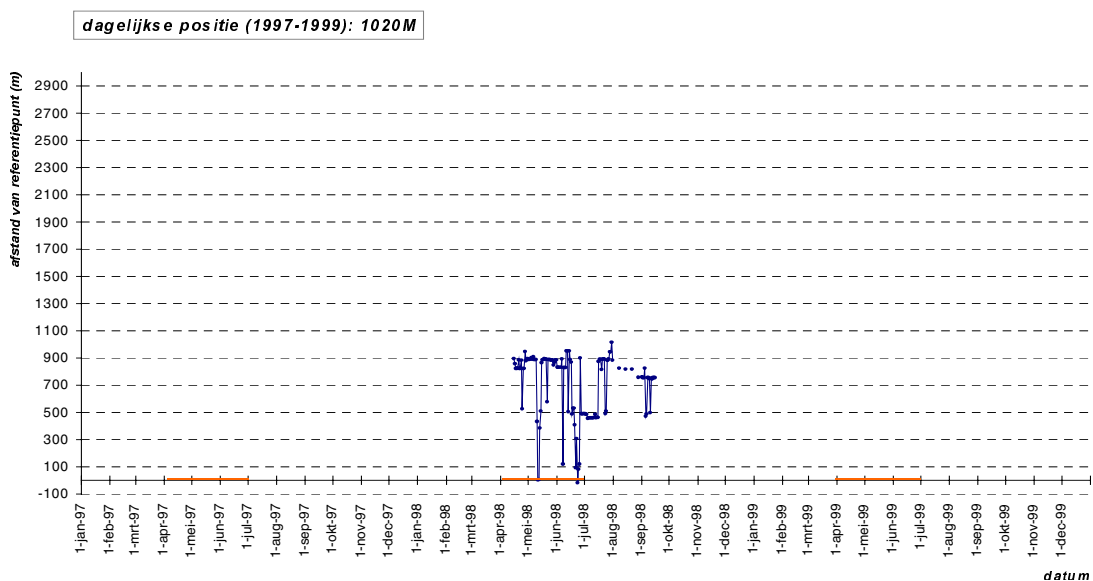
Figuur 4.19c. Zender ingeplant op 10 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 383$ m.



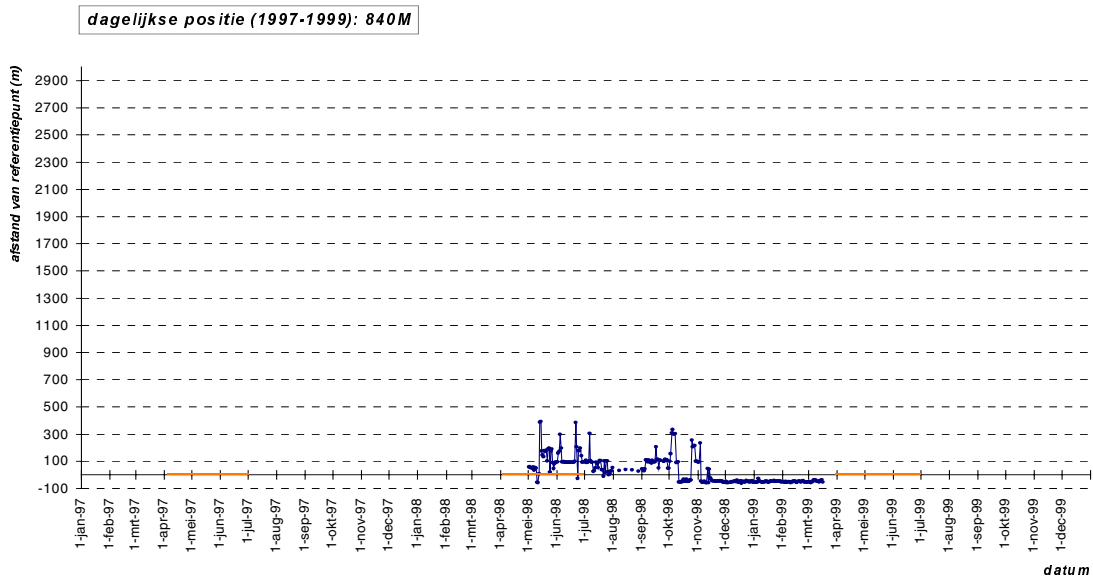
Figuur 4.19d. Zender ingeplant op 10 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 267$ m.



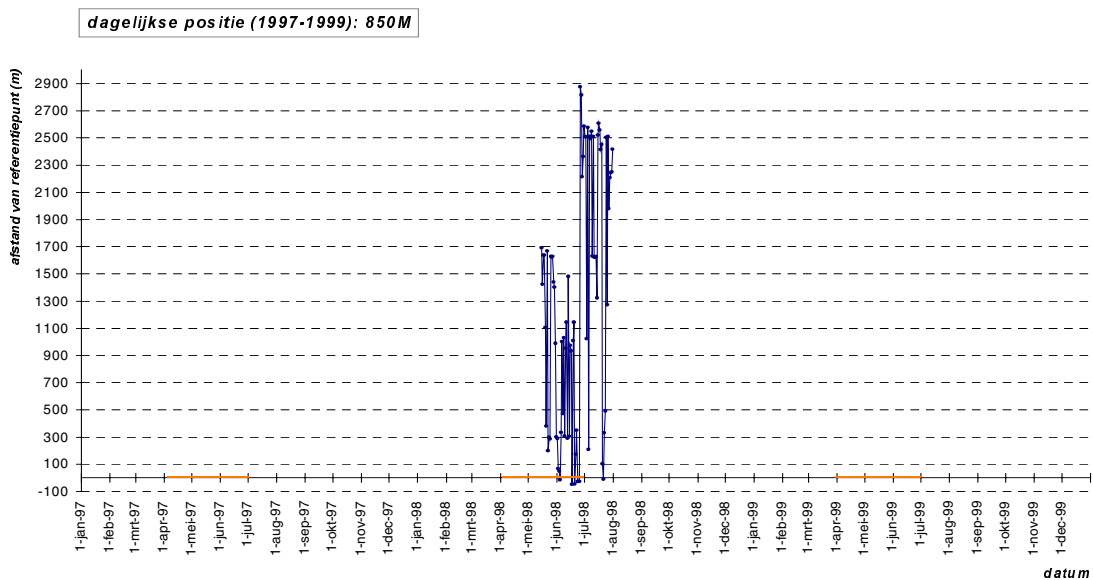
Figuur 4.19^e. Zender ingeplant op 14 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 1778$ m.



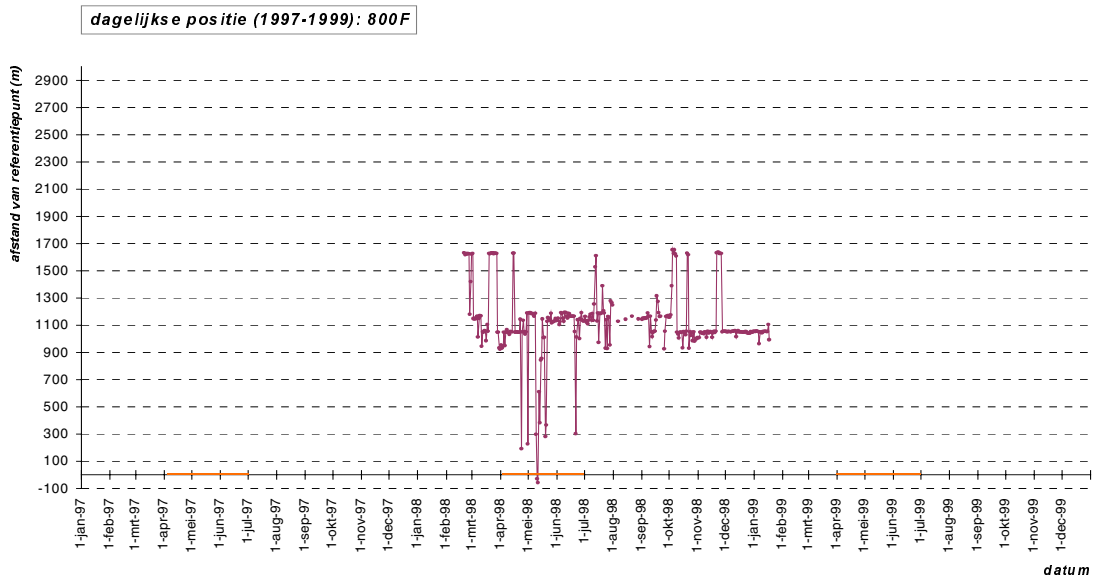
Figuur 4.19f. Zender ingeplant op 14 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 781$ m.



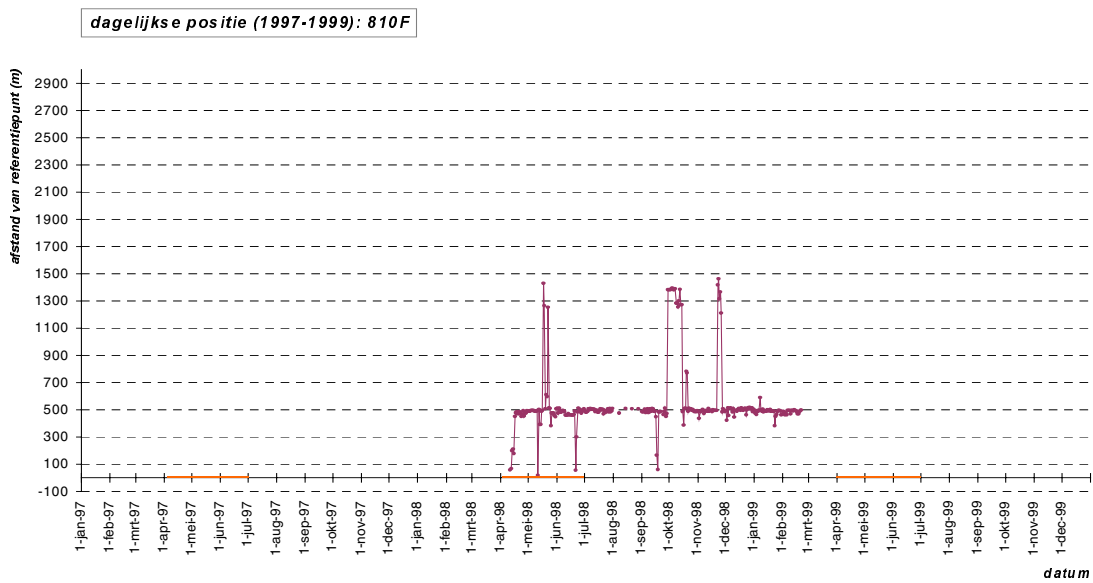
Figuur 4.19g. Zender ingeplant op 30 april 1998. DNV_{max} (1998) = 380 m; DNV_{max} (1999) = 28 m.



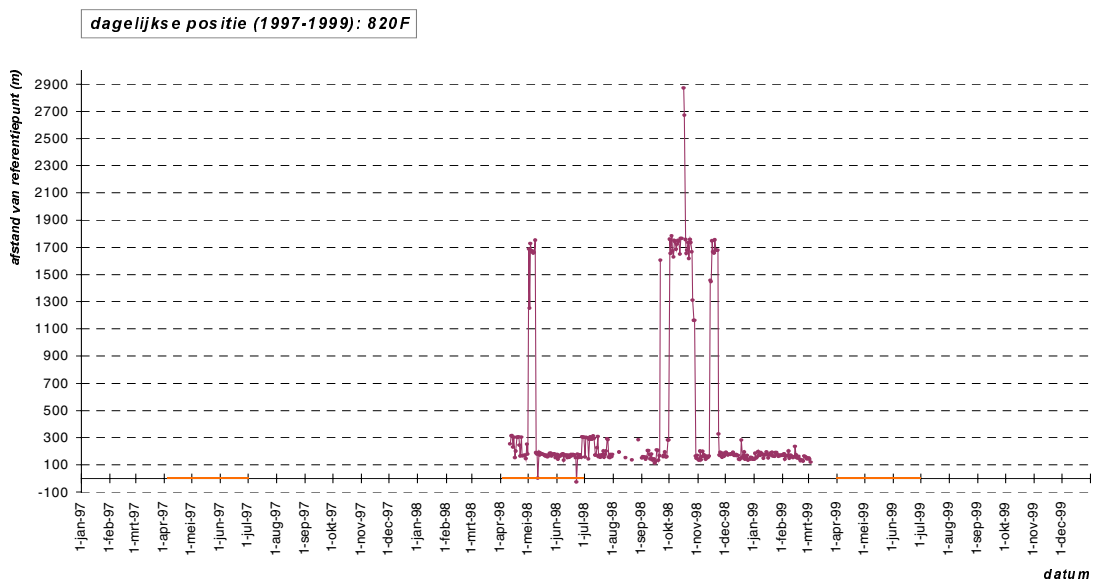
Figuur 4.19h. Zender ingeplant op 30 april 1998. DNV_{max} (1998) = 2903 m. Mannetje 850M werd gevangen stroomafwaarts stuw 1 en uitgezet stroomopwaarts stuw 1. Hoewel een deel van de studieperiode binnen de voortplanting valt (sowieso gekenmerkt door grote migraties), is het gebrek aan korte rustperiodes tussen de migraties een aanwijzing voor het "onthemde" gedrag van deze kopvoorn.



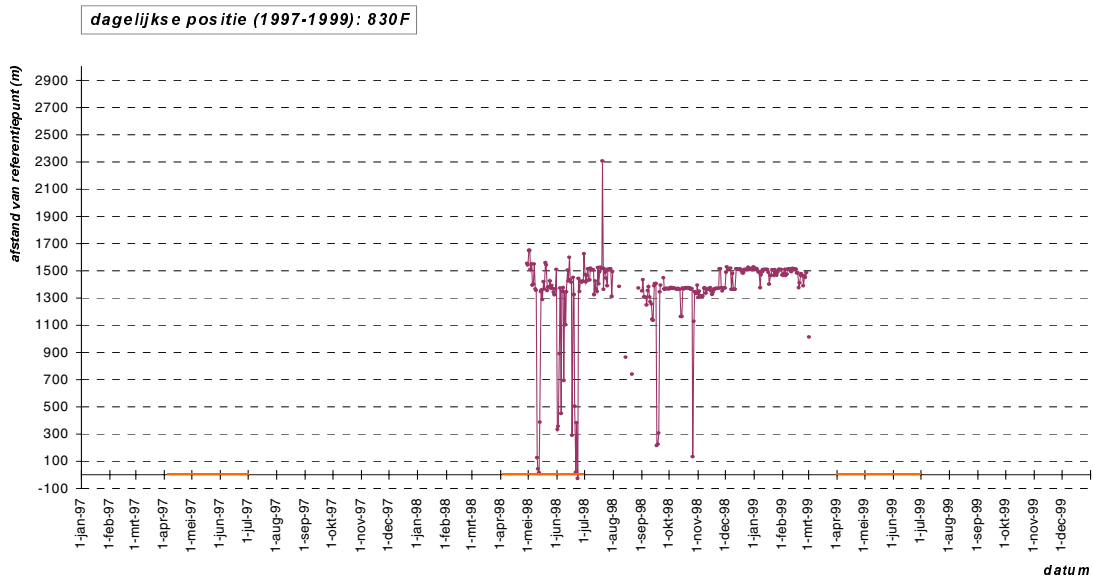
Figuur 4.20a. Zender ingeplant op 19 februari 1998. $DNV_{max}(1998) = 962 \text{ m}$; $DNV_{max}(1999) = 114 \text{ m}$.



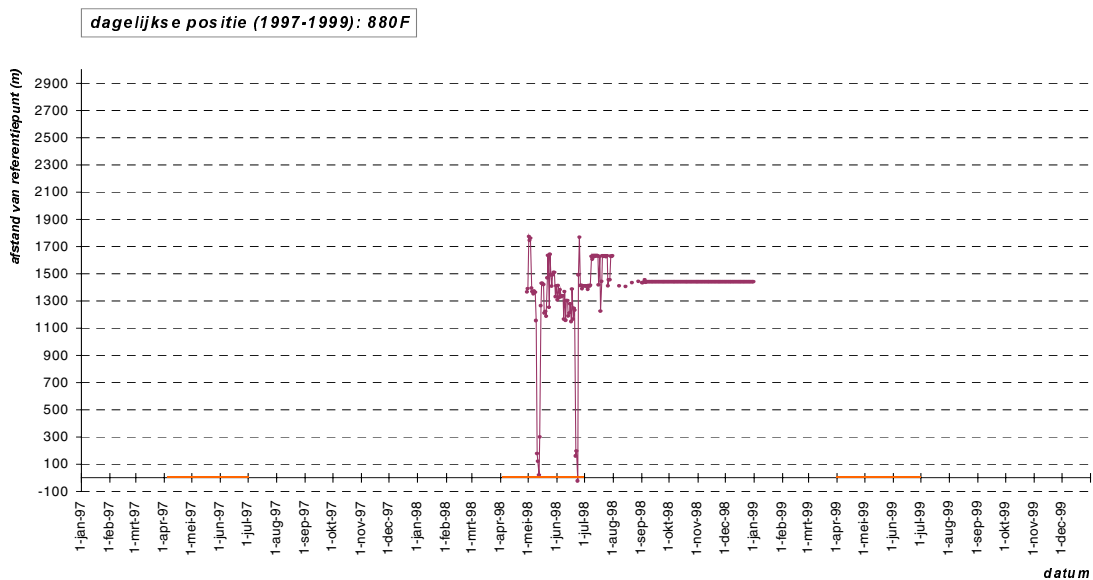
Figuur 4.20b Zender ingeplant op 10 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 935 \text{ m}$; $DNV_{max}(1999) = 106 \text{ m}$.



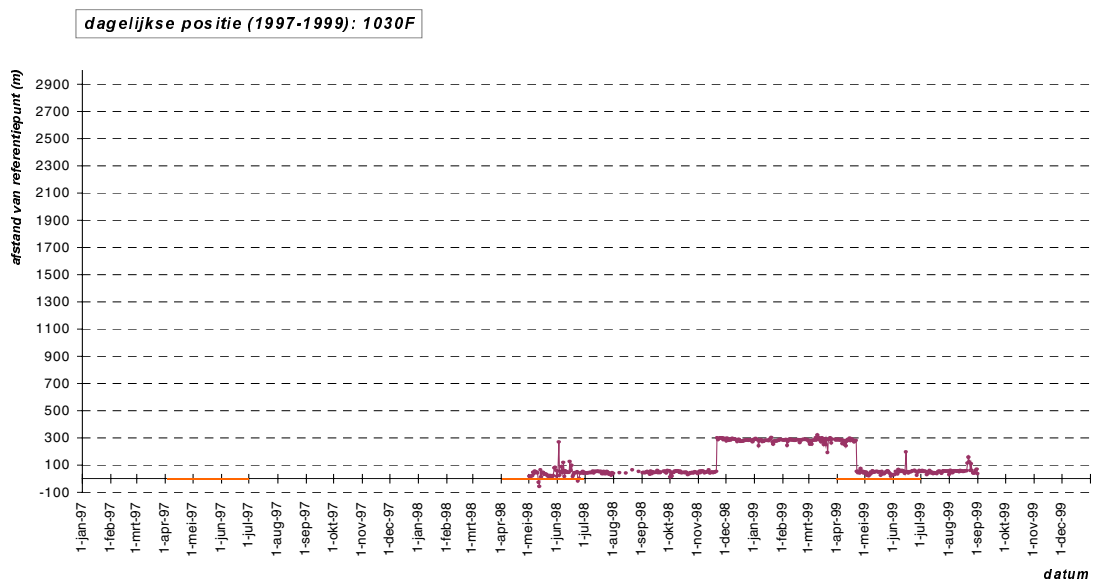
Figuur 4.20c. Zender ingeplant op 10 april 1998. $DNV_{max}(1998) = 1565 \text{ m}$; $DNV_{max}(1999) = 74 \text{ m}$.



Figuur 4.20d. Zender ingeplant op 28 april 1998. DNV_{max} (1998) = 1470 m; DNV_{max} (1999) = 115 m.



Figuur 4.20e. Zender ingeplant op 28 april 1998. DNV_{max} (1998) = 1515 m.



Figuur 4.20f. Zender ingeplant op 30 april 1998. DNV_{max} (1998) = 249 m; DNV_{max} (1999) = 229 m.

Van de 4 nog functionerende zenders uit 1997 (allemaal vrouwtjes), houden 760F en 780F op met werken vooraleer de voorjaars trek van 1998 wordt ingezet. Vrouwtje 760F maakte de hele winter gebruik van éénzelfde verblijfplaats, met een kortstondige onderbreking tussen 7 en 13 maart 1998. Het in het voorjaar veel meer beweeglijke vrouwtje 780F maakt een relatief stabielere periode door in de winter, verplaatst zich op 1 januari 1998 nog éénmaal 773 m meer stroomafwaarts om zich daar tot eind maart weer relatief stabiel te houden. De geobserveerde stroomopwaartse verplaatsing die het dier daaropvolgend uitvoert, lijkt op de inzet van de voortplantingsperiode, maar werd helaas onderbroken door het uitvallen van de zender.

Opmerkelijk is dat zowel het migratiepatroon en het gebruik van verblijfsplaatsen van de beide vrouwtjes 860F en 870F een vrijwel identiek verloop volgt aan dat van het voorgaande jaar, met inbegrip van de vaststelling dat 870F – in vergelijking met 860F – relatief langere perioden doorbrengt op korte afstanden van de brug ter afwisseling van de lange excursies. Op enkele opmerkelijke excursies na naar het einde van de winter toe, brengen beide vrouwtjes een relatief stabiele winterperiode door. Hoewel de zender nog lange tijd blijft functioneren, wijst de ongewone stabiliteit van 860F na de reproductie op de dood van het dier.

Onder de vrouwtjes stellen we ook in 1998 een aanzienlijke individuele variatie in hun bewegingspatroon vast. Terwijl alle vrouwtjes, die tussen half april en half juli van dit jaar gevolgd werden, de kenmerkende verhoogde mobiliteit vertonen, kan worden genoteerd dat 810F en 820F - beide met relatief zeldzame migraties en vrij hoge gehechtheid aan één enkele site tijdens de reproductie - dit gedrag in het najaar schijnen te herhalen, ditmaal echter uitsluitend met stroomafwaartse migraties.

De winter wordt gekenmerkt door een periode van zeer grote stabiliteit van alle vrouwtjes. Bijzonder stabiel is 1030F, die met uitzondering van de actievere reproductieperiode, zich maandenlang op één enkele site ophoudt. Deze site wordt half november verlaten voor een 250 m stroomafwaarts gelegen site, waar het dier gedurende de hele winter verblijft. Half april 1999 keert dit vrouwtje opnieuw terug naar de “zomerverblijfplaats” van het jaar voordien.

Aangebrachte radiozenders in het najaar 1998

Om ook de voortplantingsperiode van 1999 nog te kunnen bestuderen, werden eind september nog twee vrouwtjes uitgerust met een zender. Helaas konden in deze periode geen mannetjes worden gevangen van voldoende grootte om met een zender te worden uitgerust. Na september 1998 werden geen nieuwe zenders meer aangebracht. De geregistreerde posities van de nieuw gezenderde vrouwtjes 900F, 910F wordt weergegeven in figuur 4.21, a-b.

De twee nog actieve zenders van het voorjaar van 1998 – 870F en 1030F – tonen in het najaar van hetzelfde jaar de typische winterrust, met relatief kleine bewegingen.

Vrouwtje 900F verlaat de initiële verblijfplaats (positie: 1750 m) op 24 november voor een verder stroomafwaarts gelegen site van waaruit in december nog 1 excursie (DNV: 1179m) en later relatief kleine verplaatsingen tussen posities 2304 en 2438 worden uitgevoerd. Begin februari 1999 keert het dier terug naar de stroomopwaarts gelegen najaarssite, om van daaruit in de periode april-juli grote voorjaarsverplaatsingen uit te voeren naar posities in het traject onmiddellijk onder de watermolenstuw. Vanaf 9 juli 1999 wordt dan opnieuw een stabiele verblijfplaats in gebruik genomen, ongeveer 1500 m stroomafwaarts van de molenstuw.

Ook vrouwtje 910F brengt de winter van 1998-1999 door op enkele vaste sites met korte migraties tussen de sites. Zoals bij vrouwtje 900F begint de voorjaarsmigratie begin april maar beperkt het dier zich tijdens de voortplantingsperiode tot dagelijkse netto verplaatsingen van maximum 574 m. Na een laatste stroomopwaartse migratie op 6 juli 1999 stabiliseert 910F zich op 500 m stroomafwaarts van de brug. Voor beide kopvoorns geldt dat de stabiele periode na de voortplantingstrek gekarakteriseerd wordt door een meer stroomopwaartse positionering in vergelijking met de periode die de voortplanting voorafging. Vermits de studie werd stopgezet op 31 augustus 1999, kon niet worden bepaald of deze dieren al dan niet naar een meer stroomafwaarts gelegen wintersite zijn teruggekeerd.

De zender van vrouwtje 870F hield na 778 dagen op met werken, met name op 3 juni 1999. Dit grote vrouwtje vertoonde tijdens het 3^e voortplantingsseizoen dat we haar konden volgen exact hetzelfde migratiepatroon als de 2 voorgaande jaren.

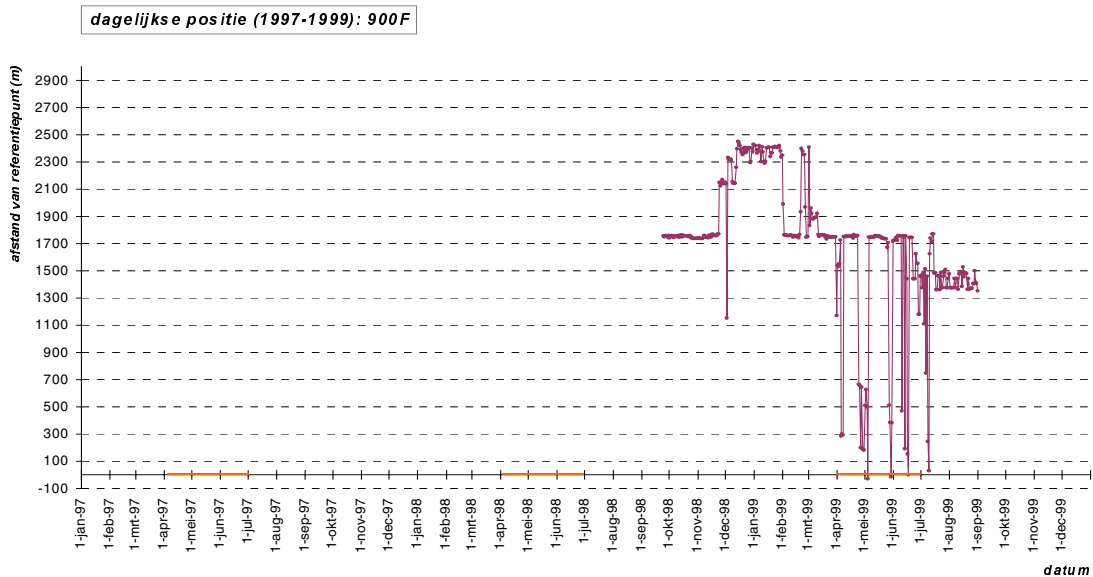
Zoals eerder aangehaald begaf vrouwtje 1030F zich na een bijzonder stabiele winterrust op 23 april 1999 naar opnieuw naar de zomersite op 50 m van de brug, die zich temidden van het paaigebied bevindt. Vanuit deze positie stelden we, net zoals het voorgaande jaar, tot de stopzetting van de studie op 31 augustus 1999 nog slechts minieme verplaatsingen vast.

Samenvatting van de vastgestelde trends in de jaarlijkse mobiliteitscyclus

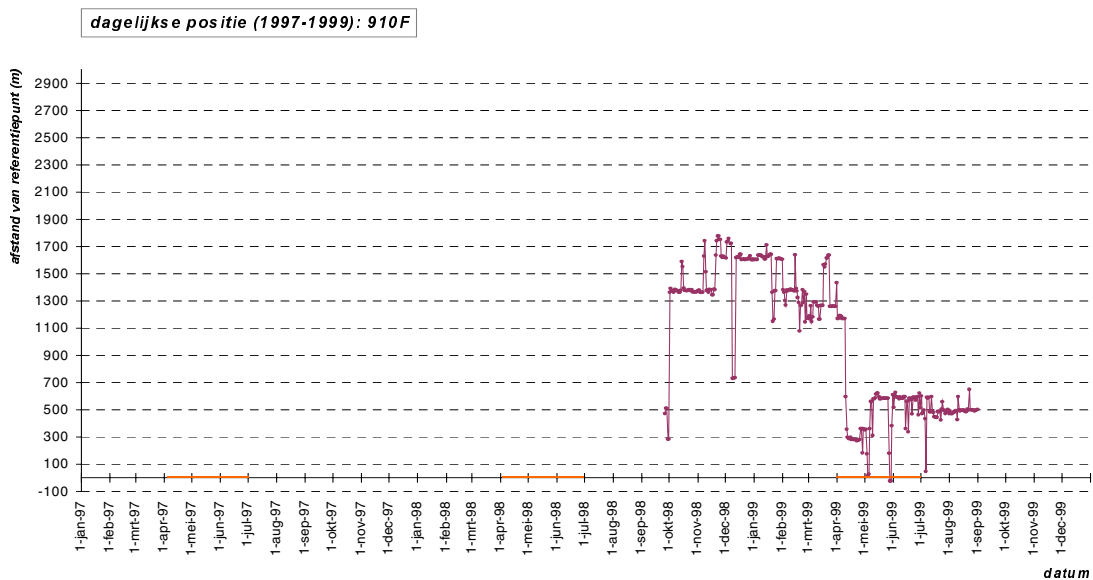
Uit het verplaatsingspatroon van de gevolgde kopvoorns in de periode maart 1997 tot augustus 1999 menen we volgende trends te mogen afleiden:

- de voortplantingsperiode wordt gekenmerkt door uitgesproken en frequente migraties in stroomopwaartse richting, die duidelijk gesynchroniseerd worden ingezet;
- er blijken belangrijke individuele verschillen te bestaan, zowel in jaarlijkse homerange als in de honkvastheid van de dieren (gebruik van en migratie tussen verblijfplaatsen);
- individuele vissen kunnen een opmerkelijk gelijkend mobiliteitspatroon vertonen over lange periodes, zelfs over de loop van verschillende jaren;
- vrouwtjes bevinden zich doorgaans op meer stroomafwaarts gelegen rustsites t.o.v. de mannetjes, waardoor ook hun voorjaarsmigraties meer uitgesproken zijn.

Verdere statistische analyse van alle posities van alle gevolgde dieren moet deze waargenomen trends al dan niet bevestigen.



Figuur 4.21a. Zender ingeplant op 22 september 1998. $DNV_{max}(1998) = 1179$ m; $DNV_{max}(1999) = 1175$ m.



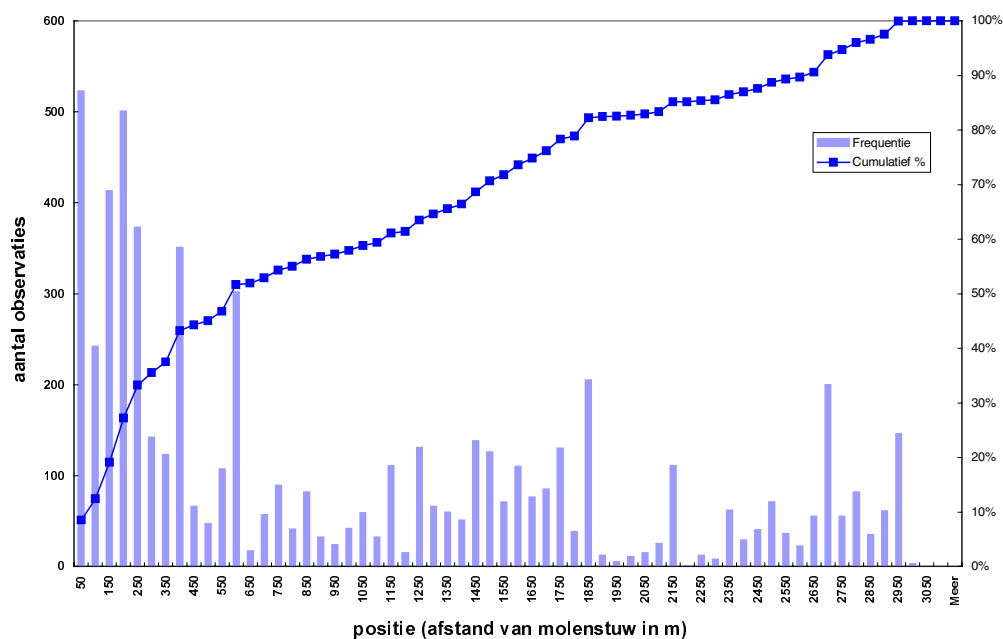
Figuur 4.21b. Zender ingeplant op 25 september 1998. $DNV_{max}(1998) = 1079$ m; $DNV_{max}(1999) = 574$ m.

4.4.3.2. Analyse van de jaarlijkse mobiliteitscyclus van de gezenderde vissen

1. Gebruik van deeltrajecten

Door alle positiebepalingen te groeperen in intervals van 50 m, kon bepaald worden welke de gebruiksfrequentie van deze deeltrajecten was voor alle dieren samen (figuur 4.22). Hieruit blijkt dat 52% van de positiebepalingen binnen de 600 m stroomafwaarts van de molenstuw gebeurden, met zelfs 33% binnen de 250 m van de molenstuw. De gebruiksfrequentie van trajecten die verder stroomafwaarts zijn gelegen dan 600 m is meer willekeurig maar hoe dan ook beduidend lager dan de stroomopwaarts gelegen stukken.

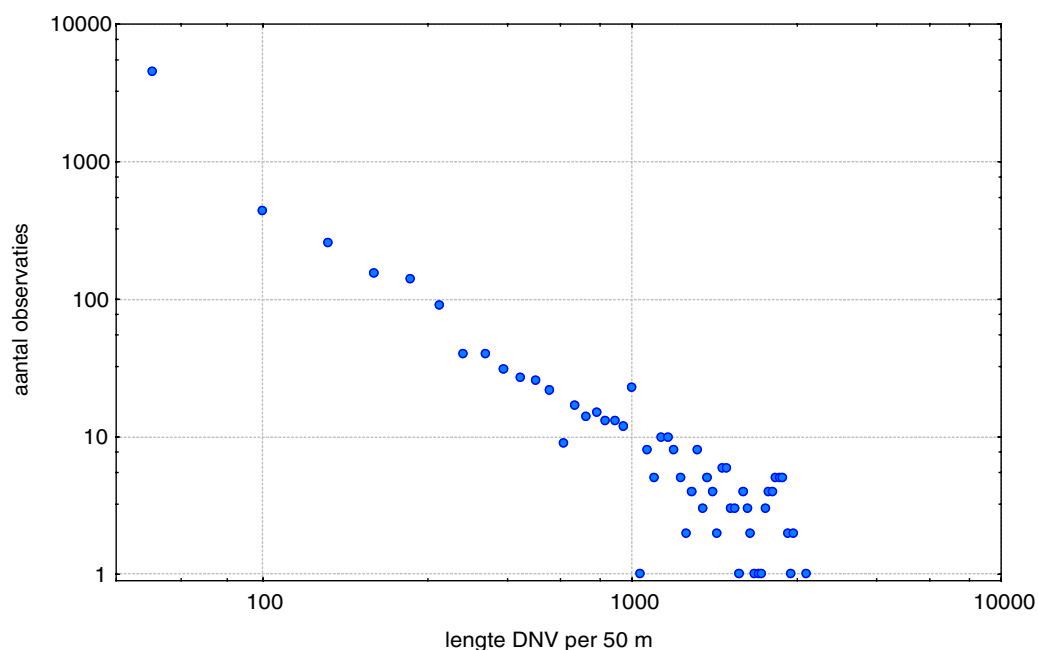
Figuur 4.22. Overzicht van het gebruik van opeenvolgende 50 m-tajecten van het 3 km lange studiegebied door de gezenderde kopvoorns



2. Dagelijkse Netto Verplaatsing

Door de dagelijkse netto verplaatsingen (**absDNV**) onder te verdelen in verplaatsingsklassen van 50 m, kan een dalende exponentiële curve worden aangetoond. Hierbij werd vastgesteld dat van de 6092 berekende dagelijkse netto verplaatsingen, er 4567 (75%) minder dan 50m bedroegen en zelfs 91% van de verplaatsingen de 250 m nooit overschreden (figuur 4.23). De data voor beide figuren worden in detail weergegeven in tabel 4.16. Terwijl deze algemene vaststellingen vrij stabiele dieren suggereren, die zich overigens gedurende het gros van de tijd binnen korte afstanden van de molenstuw bevinden, tonen de individuele dagelijkse figuren grote variatie tussen stabiele en mobiele dieren.

Figuur 4.23. Dagelijkse netto verplaatsingen van 50 m door de gezenderde kopvooms in het studiegebied tijdens de volledige studieperiode



Tabel 4.16. Frequentie van voorkomen van positiebepalingen en absDNV. Posities, die in de praktijk werden genoteerd t.o.v. referentiepunt 0 (de eerste brug stroomafwaarts de molenstuw, op een afstand van 75 m), werden vermeerderd met 75 om negatieve waarden te converteren naar positieve.

Verzamel bereik (interval 50 m)	Frequentie positie t.o.v. molenstuw	Cumulatief % positie t.o.v. molenstuw	Frequentie absDNV	Cumulatief % absDNV	Verzamel bereik (interval 50 m)	Frequentie positie t.o.v. molenstuw	Cumulatief % positie t.o.v. molenstuw	Frequentie AbsDNV	Cumulatief % absDNV
50	523	8,47%	4567	74,97%	1600	110	73,59%	5	98,87%
100	242	12,39%	440	82,19%	1650	76	74,82%	4	98,93%
150	413	19,08%	257	86,41%	1700	85	76,19%	2	98,97%
200	501	27,19%	156	88,97%	1750	130	78,30%	6	99,06%
250	373	33,23%	142	91,30%	1800	38	78,91%	6	99,16%
300	142	35,53%	90	92,78%	1850	205	82,23%	3	99,21%
350	123	37,52%	40	93,43%	1900	12	82,43%	3	99,26%
400	351	43,21%	40	94,09%	1950	5	82,51%	1	99,28%
450	66	44,28%	31	94,60%	2000	11	82,69%	4	99,34%
500	47	45,04%	27	95,04%	2050	15	82,93%	3	99,39%
550	107	46,77%	26	95,47%	2100	25	83,34%	2	99,43%
600	302	51,66%	22	95,83%	2150	111	85,13%	1	99,44%
650	17	51,94%	9	95,98%	2200	1	85,15%	1	99,46%
700	57	52,86%	17	96,26%	2250	12	85,34%	1	99,47%
750	89	54,30%	14	96,49%	2300	8	85,47%	3	99,52%
800	41	54,96%	15	96,73%	2350	62	86,48%	4	99,59%
850	82	56,29%	13	96,95%	2400	29	86,95%	4	99,66%
900	32	56,81%	13	97,16%	2450	40	87,60%	5	99,74%
950	24	57,20%	12	97,36%	2500	71	88,74%	5	99,82%
1000	42	57,88%	23	97,73%	2550	36	89,33%	5	99,90%
1050	59	58,83%	1	97,75%	2600	22	89,68%	0	99,90%
1100	32	59,35%	8	97,88%	2650	55	90,57%	2	99,93%
1150	111	61,15%	5	97,96%	2700	200	93,81%	1	99,95%
1200	15	61,39%	10	98,13%	2750	55	94,70%	2	99,98%
1250	131	63,51%	10	98,29%	2800	82	96,03%	0	99,98%
1300	66	64,58%	8	98,42%	2850	35	96,60%	0	99,98%
1350	60	65,55%	5	98,51%	2900	61	97,59%	0	99,98%
1400	51	66,38%	2	98,54%	2950	146	99,95%	1	100,00%
1450	138	68,62%	4	98,60%	3000	3	100,00%	0	100,00%
1500	126	70,66%	8	98,74%	3050	0	100,00%	0	100,00%
1550	71	71,81%	3	98,79%	3100	0	100,00%	0	100,00%

Vooraf de stabielere vrouwtjes 760, 790, 820 en 1030 en de mannetjes 720, 730, 750, 651, 1000 en 840 (zie paragraaf 4.4.3.1), tezamen met de relatief lange voortplantingsperiodes tijdens dewelke ook de andere dieren dicht bij de molenstuw verblijven, dragen bij tot de hoge gebruiksfrequentie van trajecten kort bij de stuw. Grote verplaatsingen worden door alle dieren vrijwel exclusief tijdens de voortplantingsperiode uitgevoerd. Gezien het opvallende onderscheid tussen de mobiele en stabiele dieren, kan een "grote" verplaatsing niet in absolute getallen worden gedefinieerd. Ter illustratie wordt vermeld dat dagelijkse netto verplaatsingen groter dan 1500 m en 1000 m respectievelijk slechts 1,4% en 2,6% van alle observaties uitmaakten.

Buiten de voortplantingsperiodes (zomer/herfst en winter) worden ook de meest mobiele kopvoorns stabiel, zij het op grotere afstanden stroomafwaarts van de molenstuw. De dagelijkse netto verplaatsingen beperken zich ook bij deze dieren tot waarden die veelal niet groter zijn dan 250 m. Significante verschillen in dagelijkse netto verplaatsingen (gemiddelde absDNV en maximale absDNV) tussen de voortplantingsmaanden (algemeen vastgelegd als de periode tussen 1 april en 30 juni) en de periode van relatieve rust (zomer/herfst en winter) konden echter niet aangetoond worden, met uitzondering van de gemiddelde absDNV voor vrouwtjes ($p < 0.01$). Dit gebrek aan significante verschillen wordt deels toegewezen aan enkele opvallend grote en niet nader verklaarbare verplaatsingen van een aantal individuen tijdens de rustperiode (vooral vrouwtjes) en het ontbreken van voldoende gegevens van mannetjes voor diezelfde periode. Ook de vergelijking van dagelijks netto verplaatsingen tussen mannetjes en vrouwtjes voor beide perioden leverde geen aantoonbare verschillen, zoals te zien is in tabel 4.17.

Tabel 4.17. *Dagelijkse Netto Verplaatsing van kopvoorns tijdens en buiten de voortplantingsperiode voor de gescheiden geslachten. Repro = periode van 1 april t.e.m. 30 juni; ex-repro = alle maanden buiten deze periode, ook rustperiode genoemd. Gemid absDNV = de gemiddelde dagelijkse netto verplaatsing (absolute waarden); Max absDNV = de maximale dagelijkse netto verplaatsing voor de afzonderlijk beschouwde perioden. Significante verschillen ($p < 0,01$), bepaald d.m.v. een T-test voor onafhankelijke variabelen, werden onderlijnd.*

	Mean ex-repro	Mean repro	t-value	df	p	Valid N ex-repro	Valid N repro	Std.Dev. ex-repro	Std.Dev. repro	F-ratio variances	p
Gemid absDNV ♂: ex-repro vs repro	46,627	80,337	-1,19416	17	0,249	9	10	55,572	66,215	1,420	0,632
Max absDNV ♂: ex-repro vs repro	547,667	741,300	-0,70274	17	0,492	9	10	609,544	590,805	1,064	0,919
Gemid absDNV ♀: ex-repro vs repro	58,640	158,183	-3,02610	26	<u>0,006</u>	14	14	37,003	117,387	10,064	<u>0,000</u>
Max absDNV ♀: ex-repro vs repro	975,929	1255,714	-0,98654	26	0,333	14	14	692,538	803,999	1,348	0,598

	Mean ♂	Mean ♀	t-value	df	p	Valid N ♂	Valid N ♀	Std.Dev. ♂	Std.Dev. ♀	F-ratio variances	p
Gemid absDNV ex-repro: ♂ vs ♀	46,627	58,640	-0,62493	21	0,539	9	14	55,572	37,003	2,255	0,185
Gemid absDNV repro: ♂ vs ♀	80,337	158,183	-1,88619	22	0,073	10	14	66,215	117,387	3,143	0,091
Max absDNV ex-repro: ♂ vs ♀	547,667	975,929	-1,51382	21	0,145	9	14	609,544	692,538	1,291	0,736
Max absDNV repro: ♂ vs ♀	741,300	1255,714	-1,71510	22	0,100	10	14	590,805	803,999	1,852	0,358

3. Onderscheid tussen stabiele en mobiele dieren

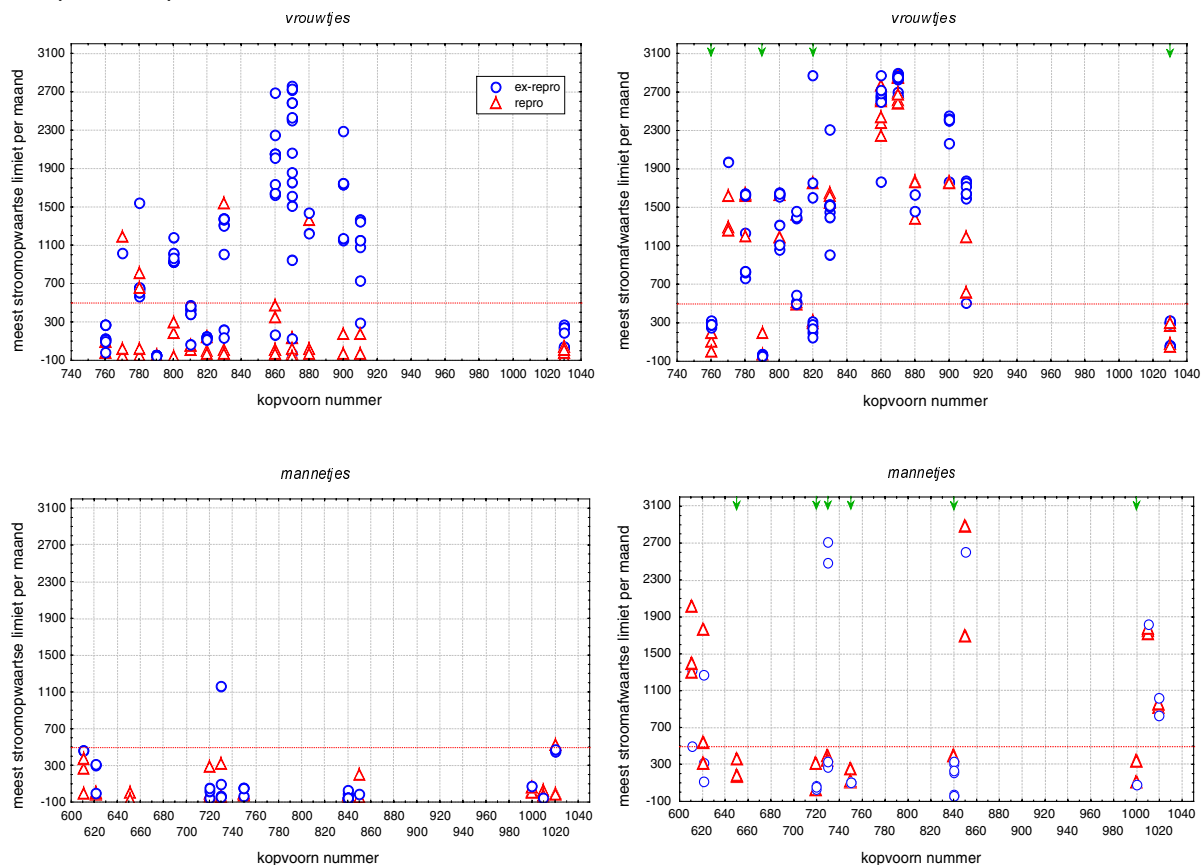
Uit het gebruik van de deeltrajecten bleek reeds dat het overgrote deel van de observaties gebeurde binnen de 600 m van de molenstuw. Plots van de meest stroomop- en stroomafwaartse maandelijkse limieten per dier, met scheiding van de voortplantings- en rustperiode, geven een beeld dat ons toelaat een onderscheid te maken tussen stabiele en meer mobiele dieren (figuur 4.24). Dat de meest stroomopwaarts genoteerde limieten per maand tijdens de voortplanting duidelijk dicht bij de molenstuw liggen, is nauwelijks verwonderlijk en wordt zeer duidelijk geïllustreerd in de figuur van de

vrouwelijke kopvoorns. Het contrast tussen dezelfde limieten voor rust- en voortplantingsperiode bij de mannetjes is reeds veel minder duidelijk. Bovendien kan van de mannetjes gezegd worden dat de posities tijdens de rustperiode zich dicht bij de stuw situeren dan deze van de vrouwtjes. In dit opzicht kunnen we stellen dat mannetjes minder mobiel lijken te zijn dan de vrouwtjes. Door anderzijds op dezelfde manier ook de meest stroomafwaartse limieten te bekijken, valt op dat een aantal dieren zich nooit verder dan 500m van de molenstuw verwijderen. Deze positie geeft geen aanduiding voor de inzet van de voortplanting, zoals de stroomopwaartse limiet dat wel doet, maar laat toe om de mobiliteit van de individuen nader omschrijven. Binnen beide geslachtsgroepen wordt immers duidelijk dat:

- een aantal mobiele dieren, ondanks hun duidelijk stroomopwaartse posities nabij de molenstuw tijdens de voortplanting, zich tijdens diezelfde periode ook verder van de stuw verwijderen;
- diezelfde dieren zich zowel gedurende de voortplantingsperiode als de rustperiode op vergelijkbare afstanden van de stuw verwijderen.

Een kopvoorn die zich dus tijdens de rustperiode vaak sterk verwijderd van de molenstuw, doet dit ook tijdens de voortplantingsperiode. De stabiele dieren behouden tijdens rust- en voortplanting dezelfde dichte positie bij de molenstuw, zelfs wanneer we de meest stroomafwaartse limiet per maand bekijken. We beslisten om de stabiele kopvoorns te definiëren als de dieren wiens stroomafwaartse posities zich vrijwel het hele jaar duidelijk binnen de 500m grens van de molenstuw bevonden. In figuur 4.24 werden zij aangeduid met een pijltje. De stabiele vrouwtjes zijn 760, 790 en 1030. Daarnaast werd ook vrouwtje 820, omwille van de overwegende positie binnen de 500m grens, eveneens tot de stabiele dieren gerekend, hoewel het zich enkele keren ver stroomafwaarts begaf. Bij de mannetjes stellen we vast dat het overgrote deel stabiele dieren zijn: 650, 720, 730, 750, 840 en 1000 verwijderen zich zelden ver van de stuw. Mannetje 850 wordt bovendien volledig uit de analyses geweerd vanwege zijn bijzondere status van "uitgezet" proefdier. Van de 11 bestudeerde mannetjes blijven bijgevolg slechts 4 mobiele dieren over.

Figuur 4.24. Overzicht van de meest stroomop- en stroomafwaartse maandelijkse limieten van mannetjes en vrouwtjes. 500m = streepjeslijn; "stabiele" dieren worden aangeduid met pijltjes; repro = voortplantingsperiode; ex-repro = rustperiode



4. Home Range

De home ranges van de 25 gevolgde vissen worden weergegeven in tabel 4.18. Minimum, maximum en gemiddelde home range werden berekend voor twee sets gegevens. In de eerste set (n=25) werden de "ruwe" gegevens van alle kopvoorns beschouwd (inclusief mannetje 850M dat bijzonder instabiel was vanwege zijn uitzetting in een voor het dier ongekend riviertraject en mannetje 730M dat een opvallend grote verplaatsing uitvoerde vlak vóór het stoppen van de zender). In de tweede gegevensset (n=24) werden de positiegegevens van mannetje 850M uit de analyse geweerd, terwijl de grote migratie van 730M van de laatste twee weken werd geëlimineerd om aldus 730M* te bekomen. Voor de home range heeft dit bijzonder weinig gevolgen, omdat de minima en maxima voor beide sets gelijk blijven. Ook de gemiddelde home range voor alle dieren tezamen ondergaat weinig verandering wanneer 850M en de laatste migraties van 730M niet worden beschouwd. In de verdere analyses, worden daarom enkel nog de gegevens gebruikt zonder de laatste excursie van 730M en zonder de data van 850M.

Tabel 4.18. Indicaties voor ruimtelijke verspreiding en mobiliteit van de bestudeerde kopvoorns. Per dier worden weergegeven: de maximale DNV in stroomopwaartse en stroomafwaartse richting; de individuele observatieperiode; de gemiddelde absDNV per dag als som van alle absDNV's over de volledige individuele studieperiode (ongeacht de richting van de verplaatsing); het gemiddelde migratiesaldo per dag als som van alle DNV's (rekening houdend met de richting van de verplaatsing) over de individuele studieperiode. Terwijl de absDNV per dag aangeeft hoeveel meter een dier zich dagelijks gemiddeld heeft verplaatst, is het migratiesaldo per dag een indicatie voor de richting waarin dit gemiddeld is gebeurd.

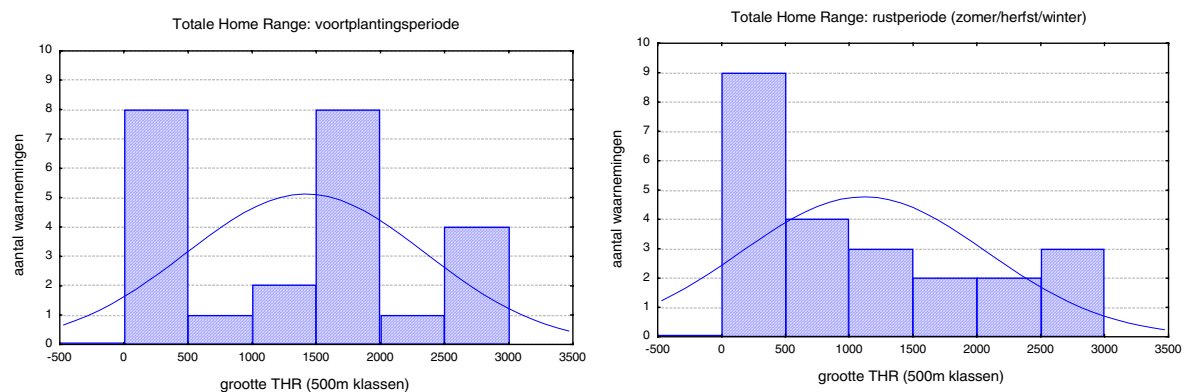
			Individuele maximum DNV (m)			Individueel gemiddelde (m)		
Code dier	L	G	Stroomaf-waarts	Stroomop-waarts	Individuele observatie periode (d)	absDNV per dag	Migratiesaldo per dag	Totale Home Range (m)
611M	295	325	1381	-960	112	112,88	10,30	2009
621M	277	307	812	-1626	160	55,38	-1,98	1769
651M	275	289	383	-202	64	46,83	2,34	430
720M	281	319	58	-326	145	11,57	-1,65	354
(730M	278	297	2384	-1073	172	80,28	12,63	2760)
730M*	278	297	299	-367	156	35,58	0,08	437
750M	266	262	223	-145	162	18,66	0,02	273
840M	324	501	380	-280	284	26,30	-0,36	453
(850M	425	1005	2903	-2370	77	571,79	9,43	2923)
1000M	275	310	267	-260	85	49,49	-0,27	322
1010M	302	440	1778	-1681	103	217,49	0,53	1866
1020M	270	284	779	-773	120	100,89	-0,13	1034
760F	345	629	181	-189	354	17,69	-0,10	340
770F	359	698	1161	-1294	98	142,82	7,00	2018
780F	344	637	1605	-1128	323	84,91	-1,15	1701
790F	315	470	18	-240	267	5,00	-0,84	249
800F	370	716	962	-962	295	92,04	-1,82	1710
810F	371	791	935	-786	281	53,69	1,63	1444
820F	305	472	1509	-1565	290	82,31	-0,38	2899
830F	365	712	1472	-1234	268	114,22	0,29	2336
860F	396	908	2449	-2545	495	213,76	5,49	2918
870F	375	806	2725	-2531	711	191,86	6,17	2955
880F	406	920	1515	-1072	99	135,30	2,76	1798
900F	408	900	1775	-1557	340	119,15	-1,19	2481
910F	404	897	1079	-992	338	58,99	0,09	1800
1030F	355	716	249	-248	450	14,58	0,03	377
Set 1 (n=25)								
min.	(ex 730M*)		18	-145		5,00	-1,98	249
max.	(ex. 730M*)		2903	-2545		571,79	12,63	2955
gemid.	(ex. 730M*)		1159,32	-1041,56		104,72	1,95	1568,76
Set 2 (n=24)								
min.	(ex. 730M, 850M)		18	-145		5,00	-1,98	249
max.	(ex. 730M, 850M)		2725	-2545		217,49	10,30	2955
gemidd.	(ex. 730M, 850M)		999,79	-956,79		83,39	1,12	1415,54

De kleinste home range werd waargenomen voor 790F, die vanaf de derde observatiedag vanaf een positie op 194 m stroomafwaarts de brug in Meerhout naar de molenkom trok om daar gedurende de rest van de studieperiode te blijven. Zonder de positionering van de eerste twee dagen zou de homerange van dit vrouwtje slechts 25 m bedragen, een quasi stationaire positie in de molenkom. De grootste home range (2955 m) werd genoteerd voor 870F, één van de grotere vrouwtjes en tevens het dier met de langste observatieperiode. De grootst genoteerde home range bij de mannetjes bedroeg 2009 m.

Home ranges worden in grootte sterk bepaald door de voortplantingstrek en stroomopwaarts worden ze gelimiteerd door de molenstuw. Kleine home ranges (<500m) blijken altijd te behoren bij dieren die zich gedurende de hele observatieperiode dicht in de buurt van de molenstuw bevonden. Kopvoorns die zich op grotere afstand stroomafwaarts van de molenstuw ophielden, voerden tijdens de voortplantingsperiode sowieso stroomopwaartse migraties uit.

In figuur 4.25 worden de frequentiehistogrammen getoond voor de totale home ranges uit respectievelijk de voortplantingsperiode (april t.e.m. juni) en de rustperiode (i.e. het volledig jaar met uitzondering van de maanden april t.e.m. juni).

Figuur 4.25. Verdeling van de individuele Totale Home Ranges voor alle kopvoorns gedurende de voortplantingsperiode (april, mei, juni) en de rustperiode (juli t.e.m. maart)



Uit figuur 4.25 lijkt naar voor te komen dat grote Totale Home Ranges gedurende de voortplantingsperiode frequenter worden waargenomen dan buiten de voortplantingsperiode, een stelling die echter niet kan worden hardgemaakt door een T-test (tabel 4.19): een verschil in THR tussen beide bovengenoemde perioden blijkt voor geen van beide geslachten significant aantoonbaar. Anderzijds kan wel worden bewezen dat mannetjes voor beide perioden significant kleinere home ranges bestrijken dan vrouwtjes (voortplantingsperiode: $p < 0.05$; rustperiode: $p < 0.05$).

Tabel 4.19. Verschillen in de Totale Home Range van kopvoorns tijdens en buiten de voortplantingsperiode tussen de geslachten. *Repro* = periode van 1 april t.e.m. 30 juni; *ex-repro* = alle maanden buiten deze periode, ook rustperiode genoemd. Significantie werd bepaald d.m.v. een t-test voor onafhankelijke variabelen.

	Mean repro	Mean ex-repro	t-value	df	p	Valid N repro	Valid N ex-repro	Std.Dev. repro	Std.Dev. ex-repro	F-ratio variances	p variances
THR ♂: repro vs ex-repro	879,900	556,900	1,09384	18	0,288	10	10	706,958	610,061	1,343	0,668
THR ♀: repro vs ex-repro	1800,429	1434,571	0,99999	26	0,327	14	14	904,997	1027,099	1,288	0,655

	Mean ♂	Mean ♀	t-value	df	p	Valid N ♂	Valid N ♀	Std.Dev. ♂	Std.Dev. ♀	F-ratio variances	p variances
THR repro: ♂vs ♀	879,900	1800,429	-2,67958	22	<u>0,014</u>	10	14	706,958	904,997	1,639	0,463
THR ex-repro: ♂vs ♀	556,900	1434,571	-2,40694	22	<u>0,025</u>	10	14	610,061	1027,099	2,835	0,123

Een zekere invloed van de lengte van de studieperiode en/of de grootte van de bestudeerde kopvoorns op de grootte van de totale home range is niet denkbeeldig en werd daarom getest via Multiple Regressie. Hieruit bleek de vorklengte van de dieren een betere predictor te zijn voor de grootte van de THR dan studieperiode ($R^2 = 0,311$; $p < 0,05$; $df = 22$). De resultaten van deze analyse steunen de stelling dat voor de bestudeerde groep vissen de grootte van de THR in verhouding staat met de lichaamsafmetingen maar niet afhankelijk is van de lengte van de door ons gehanteerde periodes gedurende dewelke de individuele vissen gevolgd werden (tabel 4.20).

Tabel 4.20. Invloed van lichaamsafmetingen en lengte van de studieperiode op de omvang van de Totale Home Range. Multiple regressie analyse uitgevoerd voor de volledige dataset uitgezonderd 730M en 850M.

Onafhankelijke variabele: THR					
F = 4,75		p < 0,02	DF = 21	R ² = 0,31	R = 0,56
Variabele	BETA	B	SF(B)	t(21)	p
Intercept		-1829,12			
vorklengte	0,47	9,21	4,33	5,93	<u>0,045</u>
studieperiode	0,13	0,70	1,23	2,56	0,576

5. Variatie in de mobiliteit tijdens de jaarcyclus

Met behulp van variantieanalyse (ANOVA) werd nagegaan voor welke variabelen, die de mobiliteit beschrijven, er significante verschillen konden worden aangetoond in de mobiliteitscyclus en dit wanneer de gegevens gegroepeerd werden per maand en per week. Een overzicht hiervan wordt gegeven in de tabellen 4.21 en 4.22.

Wat de mannetjes betreft kon (waar voldoende gegevens voorhanden waren) voor geen enkele variabelen een significant verschil in de mobiliteitscyclus worden aangetoond. Door alleen de meest mobiele mannetjes in de analyse te betrekken (zie eerder in deze paragraaf), kon enkel een bescheiden significant verschil worden aangetoond voor Dmax logDNV op het niveau van de maanden.

Tabel 4.21. Mobiliteitsverschillen op maand-basis (ANOVA: sign. verschillen met $p < 0,05$ werden onderlijnd).

	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
gemid DNV	464824,4	11	42256,8	2412468,2	172	14026,0	3,01	<u>0,00106872</u>
max DNV	16550905,1	11	1504627,7	84230615,9	172	489712,9	3,07	<u>0,00086895</u>
gemid logDNV	4,7	11	0,4	26,0	172	0,2	2,82	<u>0,00205287</u>
max logDNV	14,0	11	1,3	67,9	172	0,4	3,23	<u>0,00049356</u>
Dgemid logDNv	1,8	11	0,2	15,1	147	0,1	1,63	0,09666511
Dmax logDNv	8,0	11	0,7	32,7	147	0,2	3,27	<u>0,00049788</u>
LIMOP	29370039,2	11	2670003,6	90161530,0	204	441968,3	6,04	<u>0,00000002</u>
LIMAF	3451650,6	11	313786,4	210523411,9	205	1026943,5	0,31	0,98419000
logLIMOP	43,9	11	4,0	62,8	147	0,4	9,35	<u>0,00000000</u>
logLIMAF	2,2	11	0,2	59,1	192	0,3	0,65	0,78619436
HR	22072361,2	11	2006578,3	104225819,2	172	605964,1	3,31	<u>0,00037783</u>
logHR	13,9	11	1,3	68,1	172	0,4	3,18	<u>0,00059211</u>
DlogHR	8,1	11	0,7	30,9	147	0,2	3,49	<u>0,00023977</u>
gemid DNV	521264,2	11	47387,7	1604983,1	128	12538,9	3,78	<u>0,00010564</u>
max DNV	19751636,8	11	1795603,3	57651353,8	128	450401,2	3,99	<u>0,00005313</u>
gemid logDNV	4,0	11	0,4	19,1	128	0,1	2,45	<u>0,00824251</u>
max logDNV	12,0	11	1,1	52,5	128	0,4	2,66	<u>0,00418150</u>
Dgemid logDNv	1,9	11	0,2	12,2	114	0,1	1,60	0,10809874
Dmax logDNv	6,2	11	0,6	25,6	114	0,2	2,51	<u>0,00722573</u>
LIMOP	25576184,2	11	2325107,7	75789714,1	145	522687,7	4,45	<u>0,00000914</u>
LIMAF	866700,5	11	78791,0	152673175,1	146	1045706,7	0,08	0,99997782
logLIMOP	24,0	11	2,2	33,2	114	0,3	7,49	<u>0,00000000</u>
logLIMAF	0,7	11	0,1	36,5	137	0,3	0,23	0,99539132
HR	26761685,9	11	2432880,5	71866203,9	128	561454,7	4,33	<u>0,00001690</u>
logHR	12,2	11	1,1	51,5	128	0,4	2,75	<u>0,00314782</u>
DlogHR	6,4	11	0,6	25,0	114	0,2	2,65	<u>0,00462082</u>
gemid DNV	704979,9	11	64089,1	1036107,5	87	11909,3	5,38	<u>0,00000185</u>
max DNV	25891623,6	11	2353784,0	31313313,1	87	359923,1	6,54	<u>0,00000008</u>
gemid logDNV	4,3	11	0,4	10,4	87	0,1	3,29	<u>0,00084143</u>
max logDNV	10,8	11	1,0	14,3	87	0,2	6,01	<u>0,00000033</u>
Dgemid logDNv	2,2	11	0,2	9,1	77	0,1	1,69	0,09085120
Dmax logDNv	4,2	11	0,4	16,6	77	0,2	1,77	0,07381659
LIMOP	35129138,3	11	3193558,0	42042427,7	100	420424,3	7,60	<u>0,00000000</u>
LIMAF	1428485,4	11	129862,3	57321980,9	100	573219,8	0,23	0,99526981
logLIMOP	22,7	11	2,1	13,0	84	0,2	13,36	<u>0,00000000</u>
logLIMAF	0,1	11	0,0	4,5	100	0,0	0,25	0,99247442
HR	35634461,9	11	3239496,5	33533108,8	87	385438,0	8,40	<u>0,00000000</u>
logHR	10,9	11	1,0	13,5	87	0,2	6,36	<u>0,00000013</u>
DlogHR	4,2	11	0,4	16,3	77	0,2	1,79	0,06948986
gemid DNV	69388,6	11	6308,1	673341,6	32	21041,9	0,30	0,98100191
max DNV	2365418,5	11	215038,0	20168544,4	32	630267,0	0,34	0,96908072
gemid logDNV	2,1	11	0,2	5,3	32	0,2	1,13	0,37190465
max logDNV	5,7	11	0,5	11,2	32	0,3	1,49	0,18190910
Dgemid logDNv	0,5	10	0,1	2,3	22	0,1	0,53	0,85108821
Dmax logDNv	4,4	10	0,4	4,4	22	0,2	2,19	0,06037043
LIMOP	869153,9	11	79014,0	1897536,4	47	40373,1	1,96	0,05539795
LIMAF	3554364,5	11	323124,0	32760132,2	47	697024,1	0,46	0,91625905
logLIMOP	9,1	8	1,1	17,9	24	0,7	1,52	0,20178313
logLIMAF	1,7	9	0,2	14,9	45	0,3	0,58	0,80516139
HR	2931843,3	11	266531,2	23583433,7	32	736982,3	0,36	0,96181867
logHR	5,6	11	0,5	12,1	32	0,4	1,34	0,24989227
DlogHR	3,6	10	0,4	3,9	22	0,2	2,05	0,07699682
gemid DNV	16375,4	4	4093,8	54784,2	9	6087,1	0,67	0,62745166
max DNV	921306,8	4	230326,7	4061928,6	9	451325,4	0,51	0,73014864
gemid logDNV	0,3	4	0,1	0,8	9	0,1	0,92	0,49226107
max logDNV	1,1	4	0,3	2,2	9	0,2	1,18	0,38203568
Dgemid logDNv	0,7	3	0,2	0,7	6	0,1	1,91	0,22835741
Dmax logDNv	1,9	3	0,6	0,8	6	0,1	4,79	<u>0,04924001</u>
LIMOP	447695,0	6	74615,8	469288,0	13	36099,1	2,07	0,12832038
LIMAF	919643,3	6	153273,9	5343171,3	13	411013,2	0,37	0,88339307
logLIMOP	8,7	6	1,4	7,4	8	0,9	1,57	0,27179050
logLIMAF	0,3	6	0,1	1,7	13	0,1	0,40	0,86740132
HR	962961,1	4	240740,3	4305047,3	9	478338,6	0,50	0,73481277
logHR	1,0	4	0,3	2,3	9	0,3	1,02	0,44558465
DlogHR	1,7	3	0,6	1,1	6	0,2	3,15	0,10780217

Tabel 4.22. Mobiliteitsverschillen op week-basis (ANOVA: sign. verschillen met $p < 0,05$ werden onderlijnd).

	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
gemid DNV	2781802,0	51	54545,1	19691565,9	776	25375,7	2,15	<u>0,00001068</u>
max DNV	34531896,8	51	677096,0	232438545,1	776	299534,2	2,26	<u>0,00000256</u>
gemid logDNV	28,4	51	0,6	190,7	776	0,2	2,27	<u>0,00000233</u>
max logDNV	59,1	51	1,2	397,5	776	0,5	2,26	<u>0,00000249</u>
Dgemid logDNV	22,0	51	0,4	168,0	743	0,2	1,91	<u>0,00020323</u>
Dmax logDNV	32,8	51	0,6	325,8	743	0,4	1,47	<u>0,02062163</u>
LIMOP	100084020,4	51	1962431,8	528654121,8	810	652659,4	3,01	<u>0,00000000</u>
LIMAF	31232766,5	51	612407,2	783695878,1	810	967525,8	0,63	0,97904093
logLIMOP	87,6	51	1,7	303,6	686	0,4	3,88	<u>0,00000000</u>
logLIMAF	19,0	51	0,4	235,0	751	0,3	1,19	0,17294693
HR	38313355,0	51	751242,3	256659480,2	776	330746,8	2,27	<u>0,00000222</u>
logHR	55,9	51	1,1	415,7	773	0,5	2,04	<u>0,00004351</u>
DlogHR	40,2	51	0,8	366,6	741	0,5	1,60	<u>0,00622903</u>
gemid DNV	3061162,6	51	60022,8	14111172,3	563	25064,2	2,39	<u>0,00000071</u>
max DNV	38196197,0	51	748945,0	171563049,0	563	304730,1	2,46	<u>0,00000032</u>
gemid logDNV	24,2	51	0,5	135,6	563	0,2	1,97	<u>0,00012807</u>
max logDNV	48,4	51	0,9	289,6	563	0,5	1,84	<u>0,00052728</u>
Dgemid logDNV	21,9	51	0,4	121,6	542	0,2	1,91	<u>0,00025311</u>
Dmax logDNV	30,9	51	0,6	245,4	542	0,5	1,34	0,06339587
LIMOP	76922008,9	51	1508274,7	435222271,2	584	745243,6	2,02	<u>0,00006583</u>
LIMAF	15960932,8	51	312959,5	599663358,7	584	1026820,8	0,30	0,99999937
logLIMOP	40,5	51	0,8	172,3	514	0,3	2,37	<u>0,00000118</u>
logLIMAF	4,6	51	0,1	136,7	545	0,3	0,36	0,99999028
HR	42226743,7	51	827975,4	194504452,2	563	345478,6	2,40	<u>0,00000070</u>
logHR	46,9	51	0,9	298,9	561	0,5	1,73	<u>0,00186428</u>
DlogHR	39,6	51	0,8	261,9	542	0,5	1,61	<u>0,00626737</u>
gemid DNV	3797083,0	51	74452,6	11886989,0	425	27969,4	2,66	<u>0,00000005</u>
max DNV	47192666,0	51	925346,4	143064004,2	425	336621,2	2,75	<u>0,00000002</u>
gemid logDNV	25,6	51	0,5	94,3	425	0,2	2,26	<u>0,00000633</u>
max logDNV	50,2	51	1,0	171,4	425	0,4	2,44	<u>0,00000071</u>
Dgemid logDNV	22,7	51	0,4	104,6	408	0,3	1,74	<u>0,00200069</u>
Dmax logDNV	35,6	51	0,7	208,4	408	0,5	1,37	0,05527713
LIMOP	95200440,9	51	1866675,3	288190296,2	440	654977,9	2,85	<u>0,00000000</u>
LIMAF	23141104,3	51	453747,1	339924569,9	440	772555,8	0,59	0,98964799
logLIMOP	35,9	51	0,7	98,0	413	0,2	2,96	<u>0,00000000</u>
logLIMAF	4,6	51	0,1	52,0	439	0,1	0,76	0,88902517
HR	52316892,6	51	1025821,4	162911925,8	425	383322,2	2,68	<u>0,00000004</u>
logHR	48,3	51	0,9	171,9	423	0,4	2,33	<u>0,00000270</u>
DlogHR	39,9	51	0,8	220,9	408	0,5	1,45	<u>0,02902545</u>
gemid DNV	690536,7	51	13539,9	4574445,5	161	28412,7	0,48	0,99863625
max DNV	7637733,0	51	149759,5	49101046,2	161	304975,4	0,49	0,99802773
gemid logDNV	14,1	51	0,3	44,3	161	0,3	1,00	0,47606231
max logDNV	28,9	51	0,6	88,9	161	0,6	1,03	0,43984044
Dgemid logDNV	10,2	51	0,2	36,2	149	0,2	0,82	0,78546696
Dmax logDNV	15,6	51	0,3	66,7	149	0,4	0,68	0,94002101
LIMOP	7298166,3	51	143101,3	23187659,7	174	133262,4	1,07	0,35993682
LIMAF	13355105,4	51	261864,8	82645730,8	174	474975,5	0,55	0,99284943
logLIMOP	18,4	34	0,5	80,3	137	0,6	0,92	0,59297270
logLIMAF	9,6	37	0,3	59,1	168	0,4	0,74	0,85844156
HR	9040598,2	51	177266,6	48377869,1	161	300483,7	0,59	0,98490352
logHR	31,0	51	0,6	93,3	160	0,6	1,04	0,41273523
DlogHR	22,8	51	0,4	82,6	147	0,6	0,79	0,82713176
gemid DNV	254327,4	24	10597,0	610380,7	47	12986,8	0,82	0,69982483
max DNV	5310023,7	24	221251,0	13700648,3	47	291503,2	0,76	0,76444755
gemid logDNV	4,5	24	0,2	9,2	47	0,2	0,97	0,52082710
max logDNV	11,5	24	0,5	25,4	47	0,5	0,89	0,61088055
Dgemid logDNV	7,4	23	0,3	9,3	44	0,2	1,52	0,11497310
Dmax logDNV	12,4	23	0,5	27,2	44	0,6	0,87	0,63286229
LIMOP	5521711,0	26	212373,5	6821082,0	49	139205,8	1,53	0,10024359
LIMAF	5422803,3	26	208569,4	17698119,1	49	361186,1	0,58	0,93355178
logLIMOP	19,6	26	0,8	27,9	44	0,6	1,19	0,30001281
logLIMAF	3,3	26	0,1	14,5	49	0,3	0,43	0,98934436
HR	7290238,7	24	303759,9	13127823,9	47	279315,4	1,09	0,39195533
logHR	13,4	24	0,6	23,0	47	0,5	1,14	0,33901219
DlogHR	15,3	23	0,7	24,1	44	0,5	1,21	0,28350103

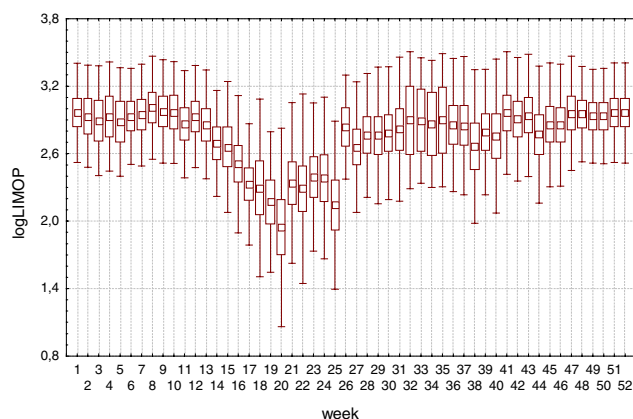
Voor de vrouwtjes en voor alle kopvoorns samen konden, met uitzondering van maandelijkse Dgemid logDNV, LIMAF en logLIMAF, significante verschillen worden gevonden voor praktisch alle variabelen. Hetzelfde beeld wordt teruggevonden in de wekelijkse analyse van beide groepen. Een analyse voor enkel de meest mobiele vrouwtjes elimineert verder aantoonbare verschillen tussen de maanden voor de variabelen Dmax logDNV en DlogHR. De meest opvallende verschillen worden vastgesteld voor LIMOP en LogLIMOP, maten voor de uiterste stroomopwaartse posities. Deze vaststelling is niet onlogisch, vermits deze posities een sterke indicator zijn voor de periode van voortplanting, wanneer alle individuen zich naar de molenstuw begeven. De variabelen LIMAF en logLIMAF gaven voor geen enkele van de groepen aantoonbare verschillen.

Met een Newman-Keuls test werd voor alle variabelen uitgemaakt waar precies in de jaarcyclus zich significante verschillen (zoals aangetoond met de ANOVA) bevonden. Op deze manier kon voor alle beschouwde groepen worden bepaald welke maanden, respectievelijk weken, op significante wijze van elkaar verschilden. Opgemerkt dient te worden dat, gezien het vrij conservatieve karakter van de Newman-Keuls test, in enkele gevallen geen voldoende groot verschil ($p < 0,05$) tussen maanden of weken kon worden gevonden, ondanks een significante ANOVA voor die variabele.

De waargenomen verschillen in mobiliteit in de jaarcyclus situeren zich, zoals uit de beschrijving van de jaarcyclus van de gezenderde dieren kon afgeleid worden (paragraaf 4.4.3.1), hoofdzakelijk rond de maanden april-mei-juni, die zich - afhankelijk van de beschouwde variabele - opvallend onderscheiden van de overige maanden. Dit is voornamelijk zo voor de variabelen LIMOP en logLIMOP in de groep van alle kopvoorns samen en in die van de vrouwtjes. Met de Newman-Keuls komen voor de andere variabelen enkel de meest evidente verschillen tot uiting, nl. deze tussen de voortplantingsmaanden (april-mei-juni) en de strikte winterperiode (december-januari-februari).

De verschillen, waargenomen tussen de weken onderling komen met de Newman-Keuls test nog nauwelijks tot uiting, met uitzondering van de variabele logLIMOP (figuur 4.26). Week 20 is bij deze variabele een duidelijke uitspringer en is een sterke indicatie voor de week van het jaar waarbinnen de effectieve voortplanting zeer vermoedelijk heeft plaatsgevonden, met dien verstande dat de gegevens betrekking hebben op verschillende jaren, waardoor de concrete interpretatie van het weeknummer denkelijk minder accuraat is dan de cijfers doen vermoeden. De algemene trend van grotere dagelijkse netto verplaatsingen, grotere home ranges en meer stroomopwaartse posities tijdens de voortplantingsperiode blijft hoe dan ook zichtbaar, zij het in mindere mate dan bij de maandelijkse groepering van dezelfde gegevens. Vermits de box-diagrammen van de variabelen per week naast een meer gedetailleerd beeld niet meer informatie verschaffen dan dezelfde variabelen per maand, worden zij hier niet weergegeven. Om dezelfde reden beperkt de hierop volgende bespreking zich tot de maandelijks gegroepeerde gegevens.

Figuur 4.26. Whiskerplot van de logLIMOP gegevens van de vrouwelijke kopvoorns. Tijdens week 20 bevinden de dieren zich gemiddeld zeer dicht onder de watermolenstuw. De figuur toont tevens de grote variatie die er gedurende heel het jaar te vinden is in de populatie.



De weinige in ANOVA aangetroffen verschillen voor de meest mobiele mannetjes blijken met de Newman-Keuls test nauwelijks voldoende om de maanden van elkaar te onderscheiden. Zelfs de enige variabele Dmax logHR geeft in Newman-Keuls geen aantoonbaar verschil meer. Bovendien geldt de bemerking dat in de beschouwde groep enkel voor de maanden april, mei, juni en juli gegevens van meer dan één mannetje beschikbaar waren, waardoor verdere statistische interpretatie voor deze groep uitgesloten is.

Hoewel mannetjes voor geen van de variabelen statistisch aantoonbare verschillen toonden, nemen we ze toch op in de bespreking van de mobiliteit van kopvoorns tijdens de jaarcyclus hierna, en dit aan de hand van de trends die waargenomen worden in de figuren 4.27 en 4.28.

Uit de gemiddelde dagelijkse netto verplaatsing van alle kopvoorns (figuur 4.29), valt meteen af te leiden dat de gemiddeld afgelegde dagelijkse afstanden gedurende de maanden april-mei-juni beduidend groter zijn dan in de voorgaande en in de daarop volgende maanden. Van gemiddelde DNV's tussen 19 en 68 m per dag in het voorjaar stijgen de waarden in april naar maandelijkse gemiddelden van 134 m per dag tot 163 m in juni, om daarna weer langzaam te dalen naar een minimum van 36 m per dag in december.

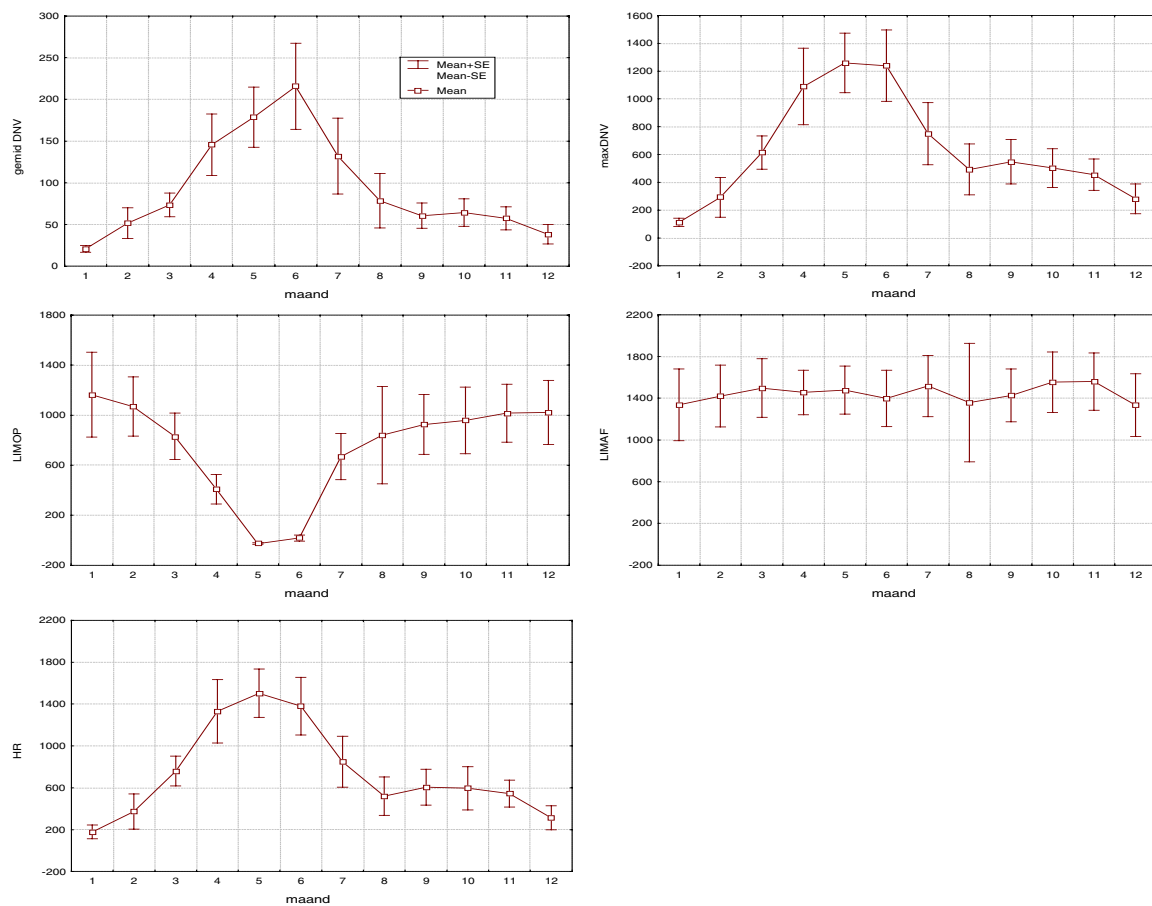
Opsplitsing van de gegevens naar geslacht geeft een minder uitgesproken beeld maar maakt toch duidelijk dat:

- mannetjes eerder aanvangen met de voorjaarsstrek dan de vrouwtjes (maart vs. april);
- mannetjes doorheen het hele jaar kleinere dagelijkse netto verplaatsingen uitvoeren dan de vrouwtjes (gemidDNV bedraagt 4-102 m (♂) vs. 21-216 m (♀) en maxDNV bedraagt 10-533 m (♂) vs. 112-1259 m (♀));
- mannetjes zich buiten de voortplantingsperiode duidelijk dichter bij de stuw ophouden dan de vrouwtjes. Zowel de meest stroomop- als de meest stroomafwaartse limieten geven hiervan blijk. Het verschil tussen LIMOP en LIMAF bij de vrouwtjes is overigens in het voorjaar beduidend groter dan in zomer en najaar doordat LIMAF vrijwel het hele jaar door constant blijft. Beide limieten kennen bij mannetjes een meer parallel verloop, waarbij LIMOP slechts een zwakke daling kent tijdens de voortplantingsperiode terwijl LIMAF een minder stabiel verloop kent dan deze van de vrouwtjes.
- mannetjes kleinere homeranges bezetten dan vrouwtjes, zowel binnen als buiten de voortplantingsperiode. Dit werd ook reeds aangetoond in tabel 4.19.

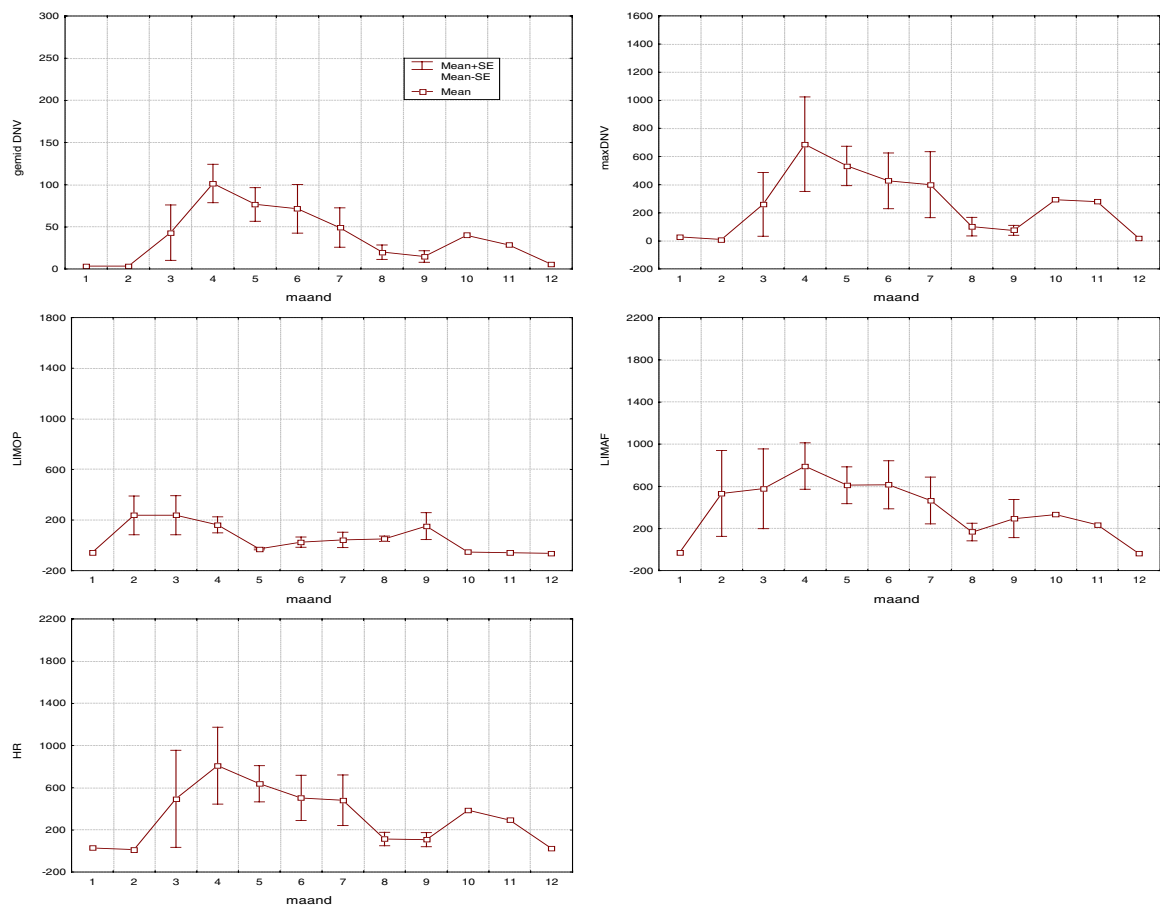
6. Vergelijking van de mobiliteitscyclus met literatuurgegevens

In de literatuur zijn weinig gegevens beschikbaar over het mobiliteitspatroon van kopvoorn. Het door ons vastgestelde gebruik van vaste verblijfplaatsen door kopvoorn komt overeen met de bevindingen van Philippart (1997), die op basis van merk en terugvangst experimenten besluit dat kopvoorns in de Ourthe een gemiddelde home-range hebben van 374 m, met individuele minima en maxima van respectievelijk 100 m en 990 m. Allouche et al. (1998) besluit op basis van een radiotelemetriestudie met 10 gezenderde kopvoorns in de Boven-Rhône, dat kopvoorns in de zomer meer mobiel zijn en een grotere home range hebben dan in de winter, met home ranges tussen 120 m en 1220 m. Onze gegevens tonen geen significant grotere home range aan tussen verschillende periodes van het jaar, maar de gemiddelde totale home range van de kopvoorns in de Grote Nete (1415 m; minimum 249 m, maximum 2955 m) ligt wel beduidend hoger dan in de Ourthe en in de Boven-Rhône.

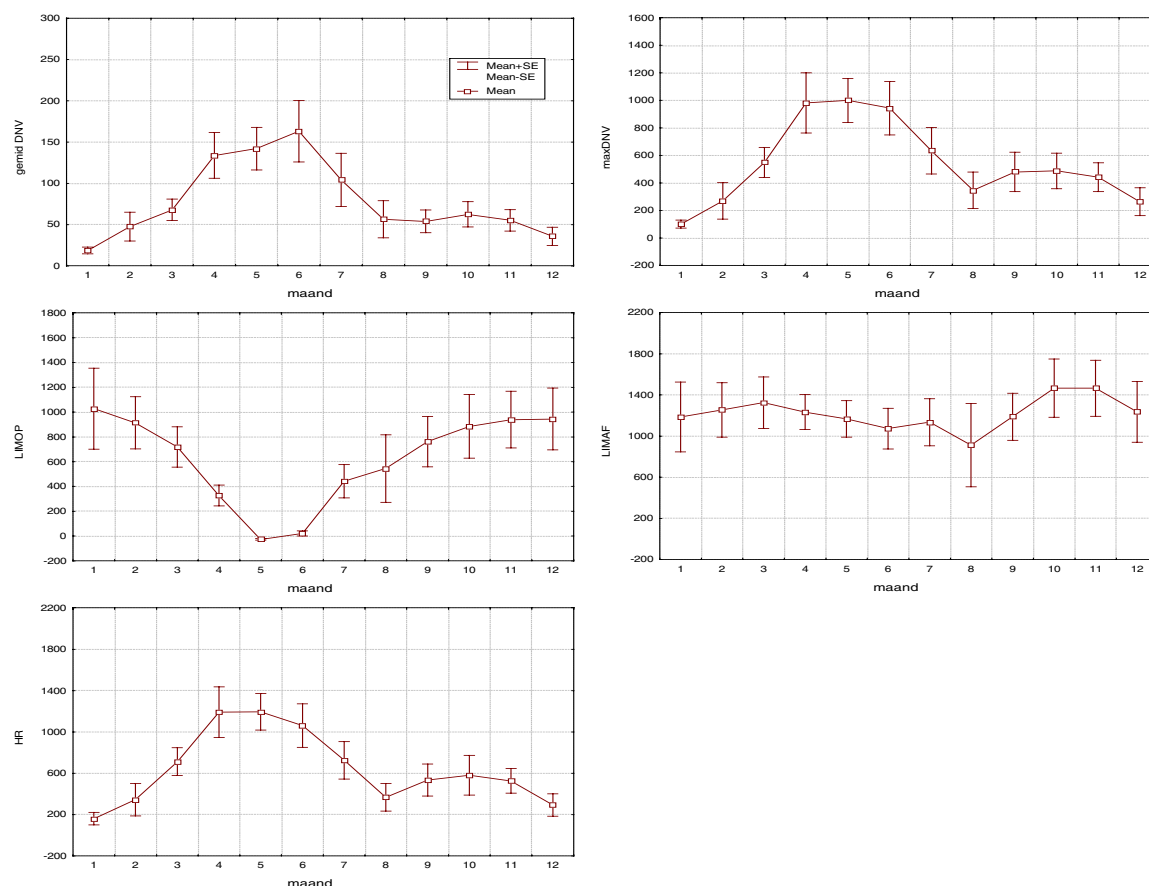
Figuur 4.27. Indicatoren voor mobiliteit: maandelijkse gemiddelden van de vrouwtjes.



Figuur 4.28. Indicatoren voor mobiliteit maandelijkse gemiddelden van de mannetjes.



Figuur 4.29. Indicatoren voor mobiliteit: maandelijkse gemiddelden voor alle kopvoorns samen.



4.4.4. Besluit

Alle kopvoorns uit het bestudeerde traject die een zender meekregen blijken vaste verblijfplaatsen te hebben in de rivier, waarop ze gedurende lange periodes terug te vinden zijn en waarnaar ze, na eventuele korte uitstappen, steeds opnieuw terugkeren. Gedurende de loop van het jaar wisselen de dieren soms van verblijfplaats, om dan soms pas na maanden weer terug te keren naar een vroegere verblijfplaats.

Het bestaan van vaste verblijfplaatsen wordt voornamelijk zichtbaar na vergelijking met mannetje 850M, die stroomafwaarts stuw 1 werd gevangen en stroomopwaarts daarvan weer werd uitgezet. Het dier scheen na deze uitzetting in een voor hem onbekende omgeving geen dag rust te kennen. Gedurende z'n hele observatieperiode voerde deze kopvoorn voortdurend grote dagelijkse netto verplaatsingen uit zonder zich ooit ergens te (kunnen?) vestigen. Het ontbreken van herkenningspunten en het vaak beschreven territoriaal gedrag van volwassen kopvoorns, waardoor dit mannetje naar grote waarschijnlijkheid uiteindelijk uit het studietraject verdween, kan hieraan ten grondslag liggen.

De studie bracht ook aan het licht dat stuwen niet enkel een stroomopwaartse hindernis vormen voor de migratie van de adulte kopvoorns naar geschikte paaipplaatsen, maar dat ze ook een duidelijke barrière vormen voor de stroomafwaartse verspreiding van de vissen. Slechts in 1 geval werd waargenomen dat een gezenderde vis zich stroomafwaarts van de landbouwstuw begaf die het studietraject afwaarts begrenste. Vermoedelijk ging het dan nog om een verzwakt dier dat kort

daarna moet gestorven en stroomafwaarts meegedreven zijn, aangezien het over grote afstand stroomafwaarts niet meer terug te vinden was.

Uit het algemeen trajectgebruik en het totaal aan berekende dagelijkse netto verplaatsingen kunnen we besluiten dat de dieren zo'n 50% van de tijd gesignaleerd worden in het meest stroomopwaarts gelegen deel van het bestudeerde riviertraject van 3000 m tussen de 2 stuwen. Meer bepaalt gaat het om het traject met een lengte van 600 m, gelegen onmiddellijk van de watermolenstuw van Meerhout.

Nog geen 3% van de dagelijkse verplaatsingen overschrijden de 1000 m. Eén en ander heeft te maken met een belangrijk aandeel stabiele dieren (voornamelijk mannetjes) en de ongeveer 3 maanden lange voortplantingsperiode, tijdens dewelke alle op dat ogenblik gevolgde kopvoorns zich stevast dicht naar de stuw begeven. Mobiele dieren beslaan zonder moeite het hele studietraject, waarbij sommige dieren slechts enkele korte uitstappen stroomafwaarts uitvoeren om later naar de oude verblijfplaats (rustsite) stroomopwaarts terug te keren, terwijl andere dieren van hun stroomafwaarts gelegen verblijfplaats frequente verplaatsingen stroomopwaarts uitvoeren, voornamelijk tijdens de voortplanting, maar ook enkele keren buiten deze periode (om niet nader te verklaren redenen). De variatie in de mobiliteit in de verzamelde dataset is bijzonder groot en kan voor een deel verklaard worden door verschillen tussen de seizoenen en tussen de geslachten, maar bevat ook een zeer grote variatie die gecatalogeerd dient te worden als individuele variatie binnen een populatie.

De stroomopwaartse voorjaarsmigratie in de periode april-mei-juni is een vast gegeven voor alle bestudeerde dieren. Vergelijking van home ranges tijdens voortplantings- en rustperioden brengt voor geen van beide geslachten een significant verschil aan het licht, waarschijnlijk omdat een aantal dieren (vrouwtjes) een verblijfplaats hebben in het meest stroomafwaartse deel van het studiegebied en ook buiten de voortplantingsperiode nog migraties uitvoeren, zo ver mogelijk stroomopwaarts (met name tot vlak onder de watermolenstuw waar ze niet meer verder kunnen). De vergelijking tussen mannetjes en vrouwtjes duidt echter wel op aantoonbaar kleinere mannelijke home ranges tijdens beide perioden. Tegelijkertijd dient te worden opgemerkt dat de totale home range, hoewel niet afhankelijk van de lengte van de individuele studieperiode, wel deels bepaald wordt door de vorklengte. Gezien het gros van de vrouwtjes aanmerkelijk groter was dan de mannetjes kan hun grotere mobiliteit mede hierdoor bepaald worden. Eenzelfde vergelijking van de dagelijkse netto verplaatsingen (gemiddelde en maximum) resulteert echter niet in statistisch aantoonbare verschillen tussen mannetjes en vrouwtjes.

Samenvattend menen we uit het onderzoek naar de jaarcyclus in de mobiliteit van kopvoorns volgende besluiten te mogen trekken:

- Alle kopvoorns hebben 1 of meerdere vaste verblijfplaatsen in de rivier, waarop ze gedurende langere periodes verblijven en steeds weer naar terugkeren.
- Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen meer en minder mobiele dieren in de populatie.
- De kopvoornmannetjes in deze studie kunnen algemeen tot de minder mobiele dieren worden gerekend, met een systematisch kleinere home range en een algemeen dichtere positionering bij de molenstuw dan de vrouwtjes.
- In termen van mobiliteit van de kopvoorns kunnen twee perioden duidelijk van elkaar worden onderscheiden, met name de voortplantingsperiode april-mei-juni en de rest van het jaar, wat enkel voor vrouwtjes statistisch kon worden aangetoond met behulp van de gemiddelde DNV.
- Kopvoornmannetjes lijken eerder de voorjaarsmigratie aan te vangen dan vrouwtjes (maart vs. april) en lijken zich meer en langer op te houden dicht bij de molenstuw (= ter hoogte van de paaiplaatsen, zie verder).
- Stuwen blijken niet enkel een stroomopwaarts migratieknelpunt te vormen, maar zijn ook een hindernis bij de stroomafwaartse verplaatsing/verspreiding van de vissen, ook al hebben ze een verval van minder dan 1 m.

4.5. Radiotelemetriestudie van het dagelijks activiteitspatroon

4.5.1. Inleiding

Gegevens over het dagelijkse activiteitenpatroon kunnen een bijkomende invalshoek betekenen voor het onderzoek naar habitatbinding van kopvoorn en voor het vergaren van kennis over hun strategieën inzake gebruik van tijd en ruimte in een laaglandrivier.

Tijdens een dagcyclus kennen vissen meestal een opeenvolging van actieve en relatief inactieve fasen tijdens dewelke ze respectievelijk (meestal) op zoek gaan naar voedsel of rusten (onderwijl trachtend predatie te vermijden). Aangezien deze fasen veelal volgens een vast patroon verlopen, dat dag na dag herhaald wordt, spreekt men van een ritme. In een natuurlijke omgeving zou aritmie bij vissen eerder een zeldzaam (Emery, 1973) of een voorbijgaand (Andreasson, 1978; El-Shamy, 1978) fenomeen zijn. Praktisch alle soorten zouden integendeel vaak soortgebonden of zelfs familiegebonden ritmes ontwikkelen, al schijnen meer en meer uitzonderingen ontdekt te worden (Helfman, 1978, 1993).

In het verleden gebeurde nogal wat onderzoek naar activiteitsritmes via directe of indirecte observaties in experimentele omstandigheden (aquaria) of via een eerder ruwe benadering met behulp van bevissingen met netten fuiken of met elektriciteit (eventueel gekoppeld aan een analyse van de maaginhoud). Studies waarin activiteitsritmes in het veld gedetailleerd bestudeerd worden zonder de dieren te verstoren, zoals dit uitgevoerd werd met behulp van radiotelemetrie voor de barbeel (*Barbus barbus*) in de Ourthe (Baras, 1992), zijn eerder zeldzaam en relatief nieuw.

Onderzoek naar het dagelijks activiteitenpatroon van de kopvoorn in het veld werd nog niet gerapporteerd. Dit aanvullend luik bij het onderzoek naar de mobiliteitscyclus kan ons dan ook nieuwe inzichten verschaffen in het gedrag van de soort in een laaglandrivier.

4.5.2. Materiaal en methoden

Een onderzoek naar de dagelijkse activiteitsritmes gebeurde met behulp van radiotelemetrie, op basis van waarnemingen tijdens cycli van 24 uren, zoals beschreven door Baras, 1992.

Voor een beschrijving van het gebruikte materiaal en van de onderzoeksmethoden in verband met de radiotelemetrie verwijzen we naar hoofdstuk 2, paragraaf 2.2 en hoofdstuk 4, paragraaf 4.4.2.

Als studiegebied werd een traject gebruikt van 800m dat gelegen is vlak onder de watermolen van Meerhout. Tijdens 4 cycli van 24 uren in de maanden juli en augustus 1997 (16/07/97; 23/07/97; 31/07/98; 06/08/97) positioneerden we om het uur alle met een radiozender uitgeruste vissen die aanwezig waren in dit traject. De onderzoeksdagen waren, met ongeveer 1 week tussenpauze, zo gekozen dat steeds dezelfde klimatologische en rivierhydrologische omstandigheden aanwezig waren (zonnig zomerweer, basisdebiet in de rivier).

Aldus werden in die periode 6 kopvoorns 4 maal 24 uren gevolgd (4 cycli van de vrouwtjes 760F, 780F, 790F en 4 cycli van de mannetjes 720M, 730M, 750M). De waarnemingen startten om 10u00 's ochtends en liepen tot 10u00 van de dag erna.

4.5.3. Resultaten en bespreking

Een voorbeeld van de opgetekende gegevens (posities) voor een vrouwtje en voor een mannetje is weergegeven in figuur 4.30. Het valt meteen op dat beide dieren een bepaald patroon vertonen in hun verplaatsingsgedrag. Deze twee patronen komen frequent terug in de 24 gevolgde dagcycli.

Het vrouwtje (780F, 16/07/97) bevindt zich heel de dag op een rustplaats en begint 's avonds opmerkelijk verplaatsingsgedrag (heen en weer zwemmen) te vertonen. Zeker in de eerste helft van de nacht is er een hoge activiteit waar te nemen, die ook in de tweede helft, zij het minder intens, doorgaat. Bij het aanbreken van de volgende dag valt de verplaatsingsactiviteit stil en keert het dier terug naar de (vaste) rustplaats waarop het zich ook de dag voordien bevond.

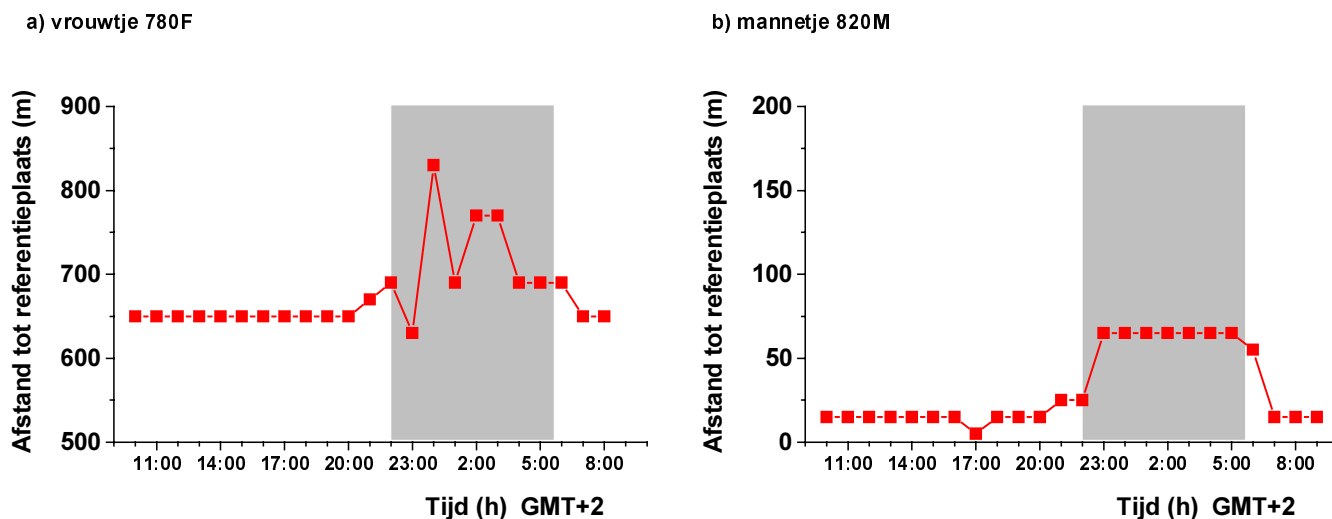
Het mannetje (720M, 31/07/97) vertoont een ander activiteitenpatroon dat we meermaals terugvinden bij verschillende vissen. Het dier gebruikt een vaste dag- en een vaste nachtverblijfplaats die ruimtelijk gescheiden zijn. Verplaatsingsactiviteit vindt voornamelijk plaats bij het wisselen van verblijfplaats tijdens de schemerperiodes bij het begin en het einde van de nacht. Een dergelijk verplaatsingspatroon met het gebruik van vaste dag- en nachtsites werd recent ook beschreven door Clough en Ladle (1997) in een radiotelemetriestudie bij serpelvissen (*Leuciscus leuciscus*). Bij mannelijke kopvoorns stelden we het wisselen tussen een vaste dag- en een vaste nachtverblijfplaats vast tijdens 6 van de 12 cycli van 24 uren. Daar staat tegenover dat geen enkel vrouwtje tijdens onze observaties dit gedrag vertoonde.

Wanneer we naar het algemene patroon kijken van al onze observaties voor de gescheiden sexen (figuur 4.31) kunnen we een aantal duidelijke trends waarnemen. Bij zowel vrouwtjes als mannetjes is overdag een relatief lage activiteit waar te nemen. De vervolgens hoge mate van nachtactiviteit bij vrouwtjes vangt aan nog vóór zonsondergang, is het meest uitgesproken in de eerste helft van de nacht en deint uit tijdens de eerste uren van de dag. Hoewel minder uitgesproken vertonen ook de geobserveerde mannetjes een relatieve nachtactiviteit (vergeleken met dag-inactiviteit). Hun beweeglijkheid beperkt zich echter tot één piek net voor zonsondergang en één net na zonsopgang. Deze ochtend en avondpieken in activiteit bij de mannetjes zijn een weerspiegeling van de verplaatsingen die gepaard gaan met het wisselen van een dag- en een nachtverblijfplaats, hetgeen bij 6 van de 12 geobserveerde cycli van de mannetjes waargenomen werd. Opgemerkt dient te worden dat er een bijzonder grote variatie is in de dataset, hetgeen weerspiegeld wordt in de grote standaardafwijking op de gemiddelden per uur.

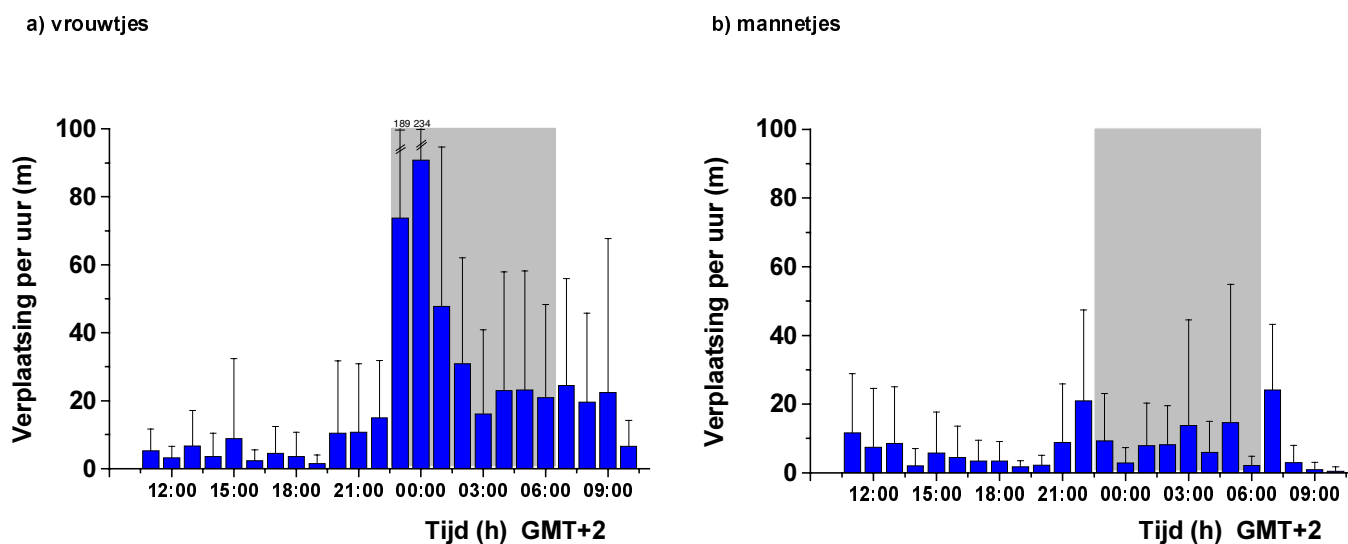
4.5.4. Besluit

Ondanks het feit dat er een vrij grote individuele variatie is in het activiteitsritme van de bestudeerde kopvoorns, ontwaren we toch twee patronen, met name de nachtactiviteit (voornamelijk bij vrouwtjes) en het wisselen tussen een dag- en nachtverblijfplaats (enkel bij de mannetjes waargenomen). Het patroon van een inactieve (bij de kopvoorns overdag) en een actieve periode (bij de kopvoorns 's nacht en voorzonsondergang en na zonsopgang) komt overeen met wat Helfman (1993) een rustperiode en een periode van voedsel verzamelen noemt. Clough en Ladle (1997) vergelijken dan weer het gebruik van dag- en nachtsites met wat vogels doen als zij 'slaapplaatsen' opzoeken. Nochtans menen we niet dat bij kopvoorns sprake is van 'gemeenschappelijke slaapplaatsen', zoals vogels die kennen. Om dit kopvoorgedrag te verklaren is een grondiger inzicht betreffende voorkeureigenschappen van een plaats (habitat) op een bepaald tijdstip noodzakelijk. De relatieve inactiviteit van kopvoorns gedurende de dag verzekert er ons wel van dat de plaatsen waarop we de dieren dagelijks positioneerden tijdens ons onderzoek van de jaarlijkse mobiliteitscyclus (steeds in de voormiddag) werkelijke verblijfplaatsen of rustsites zijn.

Figuur 4.30. Dagelijks verplaatsingspatroon van a) een vrouwelijke kopvoorn (780F op 16/07/97) en b) een mannelijke kopvoorn (720M op 31/07/97). In een 24-uur-cyclus wordt per uur de positie van het dier weergegeven t.o.v. een stroomopwaarts gelegen referentiepoint (brug stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout). De periode tussen zonsondergang en zonsopgang wordt als een schaduw weergegeven in de dagcyclus.



Figuur 3.31. Dagelijks gemiddeld activiteitspatroon van 3 vrouwelijke (a) en 3 mannelijke (b) kopvoorns in de Grote Nete tijdens de zomer. Gemiddelde verplaatsing (en standaardafwijking) per uur van alle waarnemingen van 4 cycli van 24-uur, uitgevoerd op 16, 23 en 31 juli en op 6 augustus 1997. De periode tussen zonsondergang en zonsopgang wordt als een schaduw weergegeven in de dagcyclus.



4.6. Reproductie en paaiplaatsen

4.6.1. Inleiding

De resultaten uit het onderzoek van de jaarlijkse mobiliteitscyclus tonen aan dat voorplanting een belangrijke rol speelt in het gebruik van tijd en ruimte door de kopvoorns. De resultaten van het onderzoek naar het habitatgebruik op macro- en op microschaal hadden echter voornamelijk betrekking op de periode buiten de voorplanting. Aangezien kopvoorns voor hun voortplanting duidelijk naar specifieke habitats trekken waarin ze vaak slechts één of enkele dagen vertoeven, trachten we door een gecombineerde interpretatie van de gegevens van het habitataanbod, de gegevens verzameld tijdens de radiotelemetriestudie van de jaarlijkse mobiliteitscyclus, metingen van de watertemperatuur en visuele waarnemingen van voortplantingsactiviteit, de paaiplaatsen en de reproductie-stimulerende klimatologische omstandigheden van kopvoorn in de Grote Nete nader te bepalen.

4.6.2. Materiaal en methode

Het onderzoek naar de voortplantingsactiviteit van kopvoorn in de Grote Nete gebeurde in de eerste plaats met behulp van radiotelemetrie. Voor een beschrijving van het gebruikte materiaal en de onderzoeksmethoden in verband met de radiotelemetrie verwijzen we naar hoofdstuk 2, paragraaf 2.2 en hoofdstuk 4, paragraaf 4.4.2.

Het studiegebied beslaat het volledige traject voor de radiotelemetriestudie tussen de watermolenstuw van Meerhout en de eerste stroomafwaarts gelegen landbouwstuw (= een traject van 3 km). Voor een verdere beschrijving van het studiegebied verwijzen we naar paragraaf 4.4.2.1. van dit hoofdstuk.

Voor de karakterisatie van het voortplantingshabitat (paaiplaatsen) gebruiken we de gegevens van het microhabitataanbod in het studiegebied, zoals die verzameld werden ten behoeve van het onderzoek naar het habitatgebruik op microschaal (paragraaf 4.3. van dit hoofdstuk). Hiertoe werden de opgemeten gegevens van de habitatvariabelen stroomsnelheid, diepte en substraat gedigitaliseerd in ArcView, op basis van de digitale terreinkaarten van de waterloop (ter beschikking werd gesteld door AMINAL, afdeling Water). Dit was mogelijk door ook de Lambert-coördinaten van onze referentiepunten voor de radiotelemetriestudie (zie paragraaf 4.4.2.6. van dit hoofdstuk) op te meten. Vervolgens werden met behulp van driehoeksmetkunde de posities van de vissen tijdens de reproductieperiode op de habitatkaarten geprojecteerd.

De watertemperatuur van de Grote Nete te Meerhout werd opgemeten met behulp van Tidbit-temperatuursloggers van Onset. Deze loggers registreerden om het uur de temperatuur, zodat een gemiddelde dagelijkse temperatuur kon berekend worden.

4.6.3. Resultaten en bespreking

4.6.3.1. Karakterisatie van de voortplantingsactiviteit

De meest duidelijke voortplantingsactiviteit die tijdens de 3 gevolgde voortplantingsseizoenen (1997-1998-1999) werd waargenomen was deze van 1998. Op 11 mei 1998 werd tijdens de dagelijkse positioneringsronde massale paai van kopvoorns vastgesteld, voornamelijk in het traject 20 m stroomafwaarts van de brug onder de watermolen van Meerhout. Deze visuele waarnemingen werden ondersteund door elektrische bevissingen tijdens de betrokken week elders in het stroomgebied. Kopvoornvrouwtjes die duidelijk gepaaid hadden werden herkend aan hun lege buik, aan een restant aanwezige eitjes en aan verwondingen ter hoogte van buik en anaalopening door het schuren over stenen.

Wanneer we in detail kijken naar de posities van gezenderde kopvoorns tijdens de voortplantingsperiode van 1998 dan blijkt voor nagenoeg alle dieren de datum 11 mei 1998 bijzonder. Als voorbeeld wordt het migratiepatroon van 2 vrouwtjes en 2 mannetjes tijdens de maanden april, mei en juni 1998 in detail weergegeven in figuur 4.32 en 4.33. Vrouwtje 870F (figuur 4.32a) is op 11 mei 1998 reeds voor de 3^e dag aanwezig stroomafwaarts van de brug. Vrouwtje 810F is diezelfde dag nog naar die plaats gekomen. Op 12 mei 1998 zijn praktisch alle gezenderde vrouwtjes verdwenen naar hun stroomafwaarts gelegen verblijfplaatsen.

Opmerkelijk is dat de meeste vissen een aantal voorafgaandelijke (verkennende?) stroomopwaartse migraties uitvoeren zoals dit geïllustreerd wordt in figuur 4.32a voor vrouwtje 870F (op 22 en 23 april 1998 + op 5 mei 1998). De verkennende migraties volgen duidelijk op temperatuursverhogingen van het water. Vrouwtje 870F vat de eerste stroomopwaartse migratie aan wanneer de watertemperatuur 13 °C bedraagt. Op het tijdstip van de eerste voortplanting op 11 mei 1998 bedroeg de gemiddelde watertemperatuur reeds 18,5 °C, al dient opgemerkt dat een dergelijke plotse watertemperatuur stijging ging, met name van 11,5 °C tot 18,5 °C in 5 dagen, eerder uitzonderlijk.

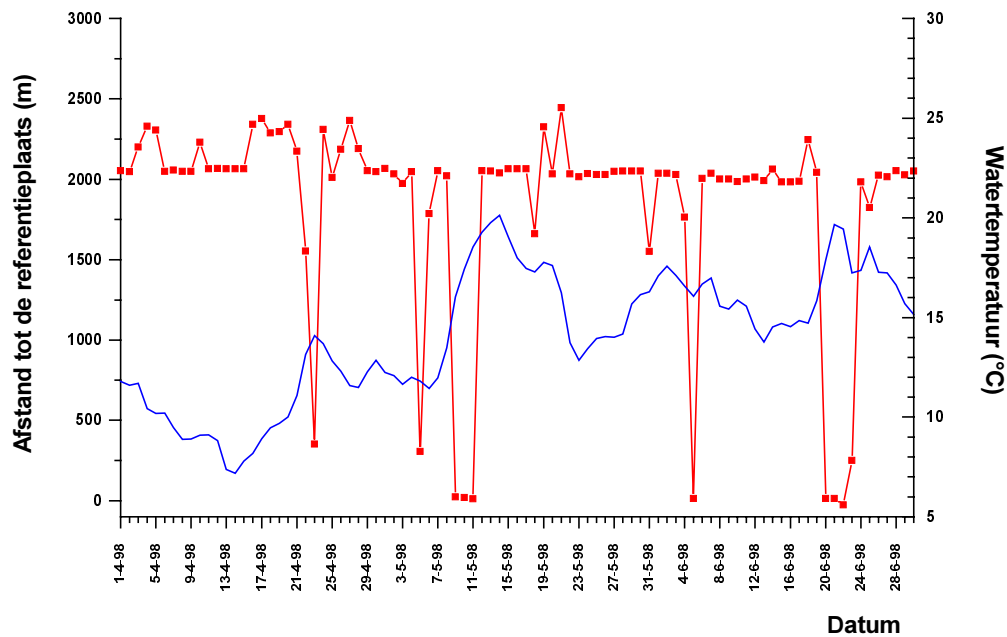
De paai van de meeste vrouwtjes wordt gevolgd door hun onmiddellijke terugkeer naar stroomafwaarts gelegen verblijfplaatsen, zoals in figuur 4.32 geïllustreerd voor de vrouwtjes 870F en 810F. Dit fenomeen werd ook vastgesteld bij serpelingen (*Leuciscus leuciscus*) door Clough et al., 1998.

Voorts laat de gedetailleerde studie van verplaatsingen en positie van vrouwtjes tijdens de voortplantingsperiode van 1998 twee andere periodes van grote migratiebewegingen opmerken, met name de periodes rond 5 juni en 21 juni 1998. In figuur 4.32a is duidelijk te zien dat vrouwtje 870F in beide periodes opnieuw naar dezelfde paaiplaats stroomafwaarts van de brug trek, en dat beide stroomopwaartse migraties gevolgd worden door een terugkeer naar de stroomafwaarts gelegen verblijfplaats. Vrouwtje 810F (een iets kleiner dier dan 870F) trekt slechts 1 maal terug naar de paaiplaats, met name op 21 juni 1998.

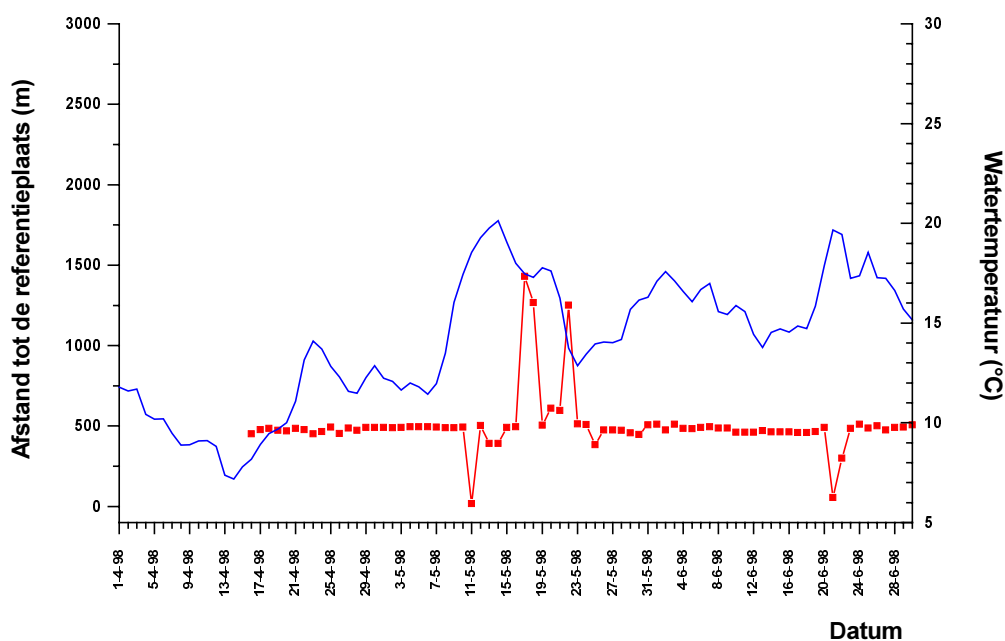
Zoals uitvoerig besproken bij het onderzoek naar de jaarlijkse mobiliteitscyclus zijn mannetjes minder mobiel en meer in de stroomopwaarts gelegen trajecten aanwezig. Het wordt nu duidelijk dat de mannelijke kopvoorns schijnbaar gedurende heel het voortplantingsseizoen ter hoogte van de paaigebieden aanwezig blijven, zoals in figuur 4.33 geïllustreerd wordt voor de mannetjes 621M en 651M. Sommige mannetjes, zoals 621M, vertonen een opmerkelijke verplaatsingsactiviteit tijdens de 3 eerder genoemde periodes, hetgeen mogelijk verklaard kan worden door het opzoeken van de vrouwtjes ter hoogte van de geschikte microhabitats in het paaigebied.

Figuur 4.32. Migratiepatroon van kopvoornvrouwtjes 860F en 810F tijdens de voortplantingsperiode (april-mei-juni) van 1998. In de grafieken wordt de positie van de dieren weergegeven t.o.v. het referentiepunt in het studiegebied (brug stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout). Vrouwje 860F opereert vanuit een vaste verblijfplaats op 2 km van de watermolenstuw van Meerhout, terwijl vrouwje 810F een vaste site heeft op 0,5 km van de stuw. De het dagelijks gemiddelde van de watertemperatuur wordt in de grafiek weergegeven als een blauwe lijn. Het paaien van kopvoorn kon visueel waargenomen worden op 11 mei 1998 in het traject van 100 m stroomafwaarts van het referentiepunt.

a) vrouwje 860F

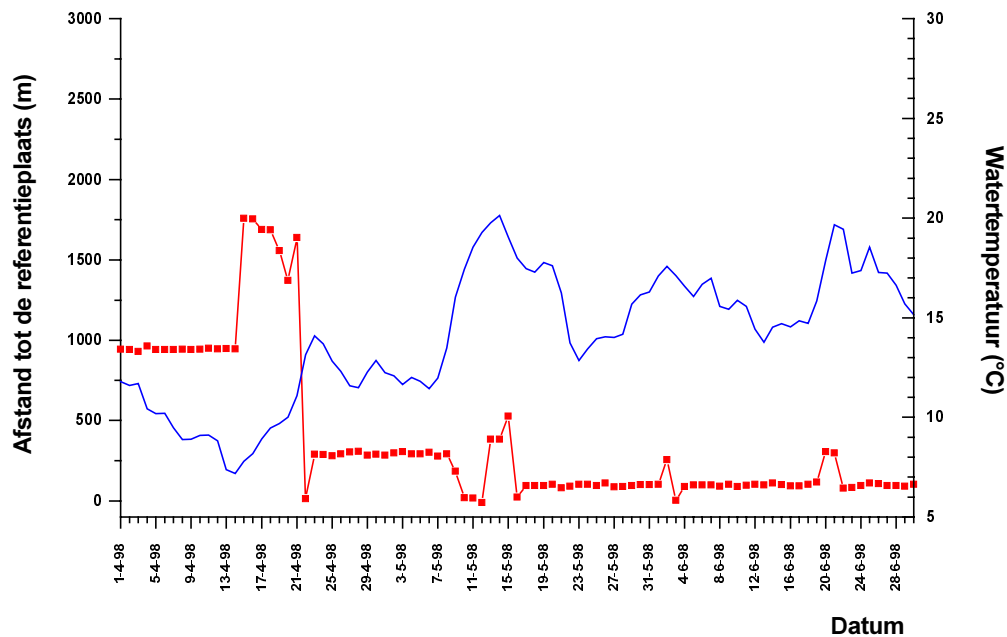


b) vrouwje 810F

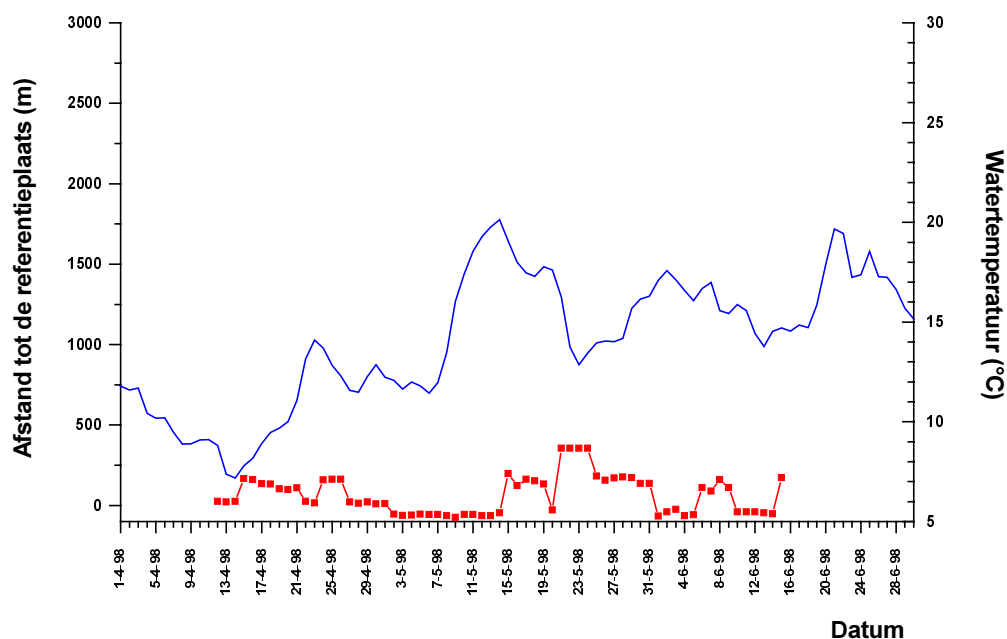


Figuur 4.33. Migratiepatroon van kopvoormannetjes 621M en 651M tijdens de voortplantingsperiode (april-mei-juni) van 1998. In de grafieken wordt de positie van de dieren weergegeven t.o.v. het referentiepunt in het studiegebied (brug stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout). Beide mannetjes blijven zich gedurende de hele voortplantingsperiode ophouden ter hoogte van de 2 zones die in het studiegebied als goede paaiplaatsen werden geïdentificeerd (ter hoogte van het referentiepunt en 400 m stroomafwaarts ervan). De het dagelijks gemiddelde van de watertemperatuur wordt in de grafiek weergegeven als een blauwe lijn. Het paaien van kopvoorn kon visueel waargenomen worden op 11 mei 1998 in het traject van 100 m stroomafwaarts van het referentiepunt.

a) mannetje 621M



b) mannetje 651M



Wanneer we de 3 mogelijke paaiperiodes van 1998 bekijken op de temperatuursgrafiek (figuur 4.34) dan valt onmiddellijk op dat ze gelegen zijn in periodes met forse stijging van de watertemperatuur. De dagen vóór de stroomafwaartse migraties van vrouwtje 870F (= vermoedelijke voortplanting) bedroeg de watertemperatuur respectievelijk 18,5°C, 16,0°C en 19,5°C, hetgeen de relatief hoge watertemperatuur voor de voortplanting van kopvoorns illustreert.

Dat het om 3 gescheiden reproductieperiodes gaat in 1998 menen we te mogen afleiden uit een analyse van de lengte-frequentiedistributie van de juveniele 0+ kopvoortjes tijdens de winter 1998-1999 (figuur 4.35). In de populatie van de gevangen juvenielen van januari 1999 kunnen we 3 lengte-groepen onderscheiden, die vermoedelijk de recruterings van de 3 reproductieperiodes vertegenwoordigen, waarvan elke oudere (grotere) groep langer heeft kunnen groeien tijdens de zomermaanden en bijgevolg groter is kunnen worden dan de jongere. Opmerkelijk is ook dat de oudste groep 0+ juvenielen het meest talrijk in aantal is, hetgeen er nogmaals op wijst dat vermoedelijk praktisch alle geslachtsrijpe vissen (vrouwtjes) aan die eerste reproductie (11 mei 1998) hebben deelgenomen en dat vermoedelijk een beperkt aantal (grotere?) vrouwtjes een tweede en misschien derde maal eieren hebben afgezet.

4.6.3.2. Karakterisatie van het voortplantingshabitat

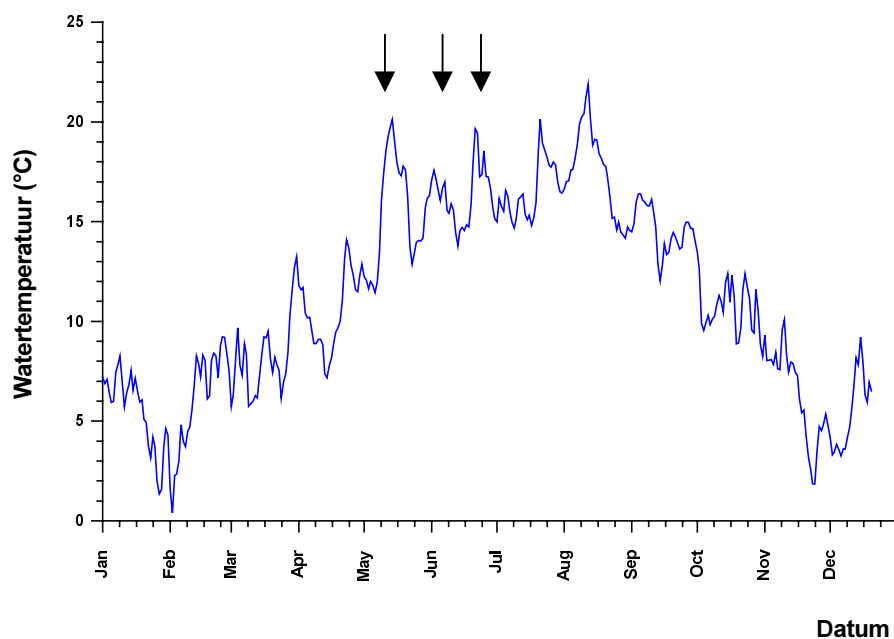
Voor karakterisatie van microhabitatcondities van het voortplantingshabitat maken we gebruik van de posities van de kopvoorns, zoals die opgetekend werden tijdens de massale voortplanting op 11 mei 1998, aangezien op dat ogenblik vermoedelijk praktisch alle gezenderde vissen aan de voortplanting deelnamen.

Een overzicht van de posities van de gezenderde vissen op habitatkaarten van het traject van 370 m stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout is weergegeven in figuur 4.36. Praktisch alle gezenderde kopvoorns zijn aanwezig in een traject van minder dan 200 m onder de molenstuw, met een grote concentratie van de vissen ter hoogte van 2 stroomversnellingen, respectievelijk enkele tientallen meters stroomopwaarts en stroomafwaarts van de brug. Het gaat om ondiepe trajecten van 20 tot 40 cm met in de onmiddellijk omgeving stroomkuilen van 40 tot 80 cm. De paaiplaatsen hebben de hoogste stroomsnelheden uit het studiegebied (40 tot 100 cm/s met uitschieters van meer dan 120 cm/s). Ze hebben een overwegend stenig substraat (een harde bodem van ijzerzandsteen, die hier en daar bedekt is met puin).

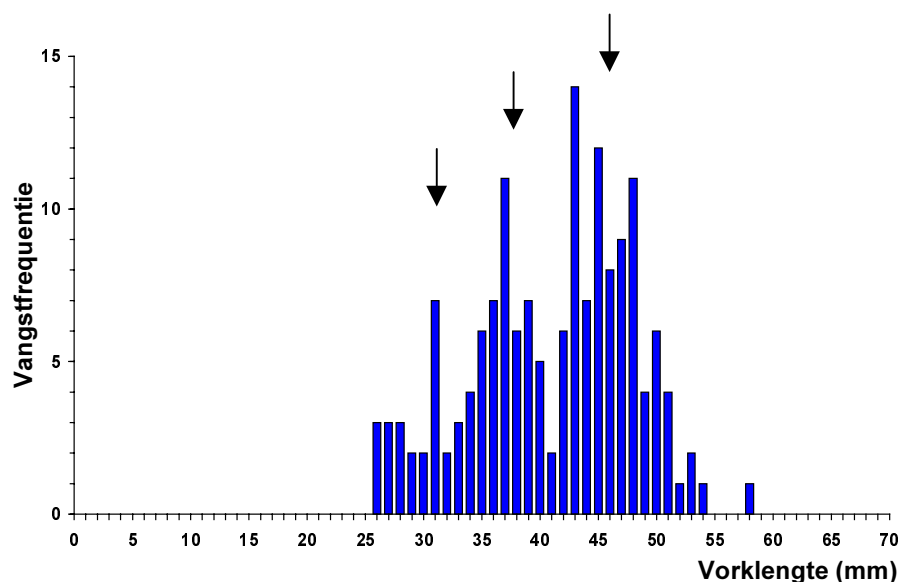
Op ongeveer 400 m stroomafwaarts van de brug in het studiegebied is nog een natuurlijke stroomverstelling aanwezig. Het gaat hier om een dagzomende ijzerzandsteendrempel met vergelijkbare microhabitatcondities. Ook ter hoogte van deze stroomversnelling werden in het voortplantingsseizoen meermaals gezenderde mannetjes waargenomen, alsook een vermoedelijk paaïend vrouwtje.

Tot slot merken we op dat ter hoogte van de brug onder de watermolen van Meerhout een (verdrongen) verval van ongeveer 20 cm aanwezig, door de uitspoeling van stroomkuilen vlak na de brug. Uit de positioneringsgegevens van de kopvoorns blijkt dat de dieren frequent en blijkbaar zonder veel problemen dit verval overbruggen.

Figuur 4.34. Verloop van de watertemperatuur (°C) van de Grote Nete te Meerhout in 1998. Dagelijks gemiddelde waarde van metingen om het uur. In de figuur worden de 3 temperatuurspieken tijdens de voortplantingsperiode aangeduid, waarbij vermoedelijk voortplanting van de kopvooms optrad in 1998.



Figuur 4.35. Lengte-frequentiedistributie (klassen van 1 mm) van de gevangen 0+ kopvoomjuvenielen uit de Grote Nete te Meerhout (vangsten van januari 1999 = recrutering 1998), met aanduiding van 3 vermoedelijke reproductiegolven.





De brug over de Grote Nete in Meerhout (70 m stroomafwaarts van de watermolen), diende als referentiepunt voor de migratie van de vissen in het studiegebied.



De stroomversnelling stroomafwaarts van de brug van Meerhout met onderspoelde betonnen oeververdediging (linker oever) en elzenopslag (rechter oever) is de meest gebruikte paaipplaats voor kopvoorn.

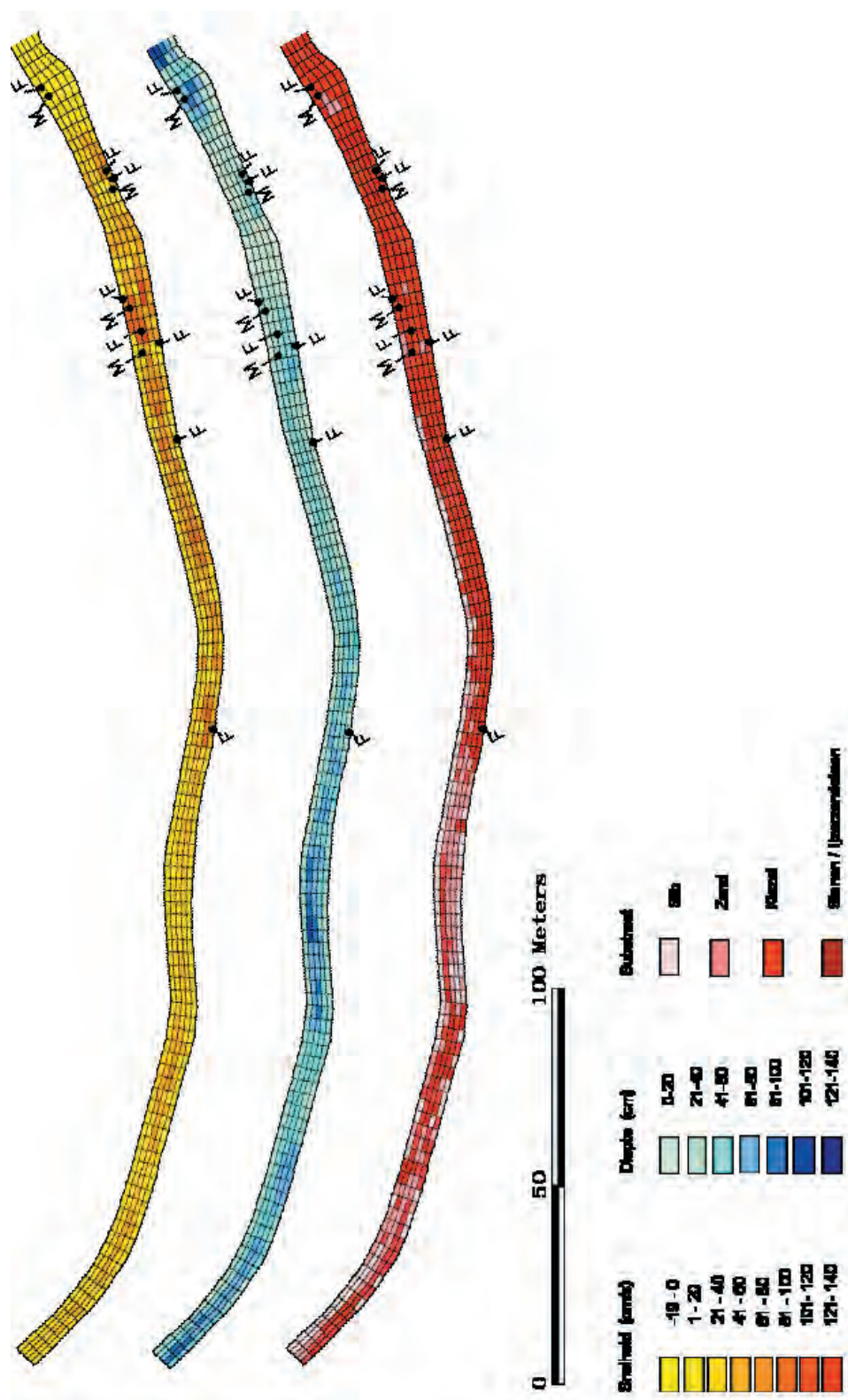


Een tweede stroomversnelling ter hoogte van een dagzomende ijzer-zandsteendrempel 500 m stroomafwaarts de brug, wordt eveneens door kopvoorn als paaipplaats gebruikt.



De landbouwstuw 3 km stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout wordt ook in stroomafwaartse richting niet door gezenderde kopvoorns overbrugd. Stuwen hinderen dus ook de stroomafwaartse migratie van de vissen.

Figuur 4.36 Habitatkaart van de Grote Nete te Meerhoyt met aanduiding van de posities van de gezenderde mannelijke (M) en vrouwelijke (F) kopvoorns op 11/05/98, voor respectievelijk de variabelen stroomsnelheid, diepte en substraat in een traject van 370 m stroomafwaarts van de watermolen.



4.6.4. Besluit

In het bestudeerde traject van de Grote Nete in Meerhout, stroomafwaarts van de watermolen kon in 1998 duidelijk voortplantingsactiviteit van de gezenderde kopvoorns waargenomen worden tijdens 3 gescheiden voortplantingsperiodes die elk slechts 1 of maximaal enkele dagen duurden. De 3 voortplantingsperiodes zijn ook terug te vinden in de lengte-frequentieverdeling van de 0+ juvenielen tijdens de winter die erop volgde.

Van sommige vrouwtjes wordt vermoed dat ze tot 3 maal toe aan de voortplanting deelnamen.

De voortplantingsperiodes komen overeen met 3 temperatuurspieken boven 16 °C tijdens de maanden mei en juni. De eerste paai van kopvoorns gebeurde in de Grote Nete bij een watertemperatuur van 18,5 °C.

Het paaihabitat in de Grote Nete bestaat uit ondiepe (20 tot 40 cm) stroomversnellingen met in de onmiddellijke omgeving stroomkuilen van 40 tot 80 cm diep. De paaiplaatsen hebben de hoogste stroomsnelheden uit het studiegebied (40 tot 100 cm/s met uitschieters boven 120 cm/s). Ze hebben een overwegend stenig substraat (een harde bodem van ijzerzandsteen, hier en daar bedekt met puin).

Aangezien plaatsen met de hierboven beschreven kenmerken slechts in zeer beperkte mate aanwezig zijn in het studiegebied (totale lengte van ongeveer 100 m), moeten paaiplaatsen als zeer kwetsbaar beschouwd worden. Wat betreft het beheer van de rivier dient dan ook met de nodige omzichtigheid te worden omgesprongen met dergelijke plaatsen. Ruimen of wijzigen van deze plaatsen zou nefast kunnen zijn voor de voortplanting van de soort in het traject. Mogelijk is een te geringe aanwezigheid of zelfs de afwezigheid van dergelijke paaiplaatsen in andere trajecten van het stroomgebied één van de (bepalende) oorzaken voor de meer beperkte aantallen van de soort op deze plaatsen of voor de afwezigheid van hun reproductie aldaar. Migratie tussen de verschillende trajecten van het stroomgebied die gescheiden worden door stuwen is thans nog onmogelijk door de afwezigheid van vistrappen.

Bij het zoeken naar oplossingen voor het wegwerken van migratieknelpunten (in het stroomgebied van de Grote Nete gaat het in de eerste plaats om 2 half-automatische landbouwstuwen en 3 watermolenstuwen) zou er in het belang van reofiele soorten zoals kopvoorn moeten naar gestreefd worden om snelstromende habitats te herstellen. Dit kan gebeuren door wegname van stuwen om zodoende natuurlijk verval te herstellen met ontstaan van sneller en trager stromende plaatsen. Lange snelstromende omleidingskanalen mét eigenschappen van paaihabitats kunnen anderzijds aangelegd worden om het verval overbruggen.

5. Algemene besluiten en aanbevelingen

5.1. Besluiten i.v.m. het onderzoek van de geherintroduceerde kopvoornpopulaties

We bestudeerden twee herintroductieprojecten van kopvoorn in Vlaanderen (Nete sinds 1989 en Demer in 1995) en stelden vast dat enkel die in het Netebekken succesvol was. Mogelijk voldeed de waterkwaliteit in het Demerbekken (Grote Gete) ten tijde van en/of na de herintroductie-uitzetting (periodiek) niet voor de overleving van de soort.

Een jaarlijkse monitoring van 3 trajecten uit de boven- en middenloop van de Grote Nete (Hoolstmolen, Straalmolen en Meerhoutmolen) toont aan dat op alle plaatsen natuurlijke recrutering van de soort voorkomt. Die natuurlijke recrutering is meest uitgesproken in het meest stroomafwaarts gelegen traject onder de Meerhoutmolen en afgaand op metingen van 5 opeenvolgende jaren vestigt ze zich daar in toenemende trend zodat men mag spreken een zichzelf instandhoudende kopvoornpopulatie. Uitschieters buiten beschouwing gelaten, noteerden we echter slechts biomassa's tussen 1,5 en 2,2 kg kopvoorn per 100 m rivierlengte en tussen 18,7 en 37,0 kg/ha in 3 gemonitorde trajecten. Rekening houdende met het feit dat enkel "goede" kopvoorntrajecten in het stroomgebied gevolgd werden, liggen de opgetekende densiteiten en biomassa's dus eerder aan de lage kant. De "beste" waarden van de Grote Nete bevinden zich slechts rond de gemiddelde biomassa van de soort in de Ourthe (20 kg/ha) en ver beneden de gemiddelde waarde ervan in de rivier Wensum in Engeland (65 kg/ha).

Er zijn aanwijzingen dat de strenge winter van 1996-1997 een betrekkelijk grote sterfte zou hebben veroorzaakt onder de kopvoorns in de Grote Nete, hoofdzakelijk maar niet uitsluitend onder de 0+ juvenielen. Verder stelden we een volledig falende recrutering vast in 1997. Een oorzaak voor dit fenomeen kan niet meteen aangeduid worden. Mogelijk liggen de strenge winter van 1996-1997 of de klimatologische omstandigheden voor, tijdens of vlak na de paai van 1997 aan de basis hiervan.

De groeicurve van de kopvoorns uit de Grote Nete ligt nagenoeg over de gehele lijn boven de groeicurven die gepubliceerd werden voor andere rivieren. Dit creëert het naar onze mening valse beeld dat de dieren uit de Nete "het beter zouden doen" (sneller groeien) dan hun soortgenoten elders, maar is wellicht te wijten aan het feit dat steeds jonge dieren in de populatie zijn uitgezet die een betere groei hebben gekend in hun eerste en tweede levensjaar door hun opkweek op vijvers (die warmer waren dan het rivierwater en/of waar meer voedsel voorhanden was) in vergelijking met de dieren van natuurlijke recrutering in de Nete zelf. De vrouwelijke kopvoorns uit de Nete-populatie groeien gemiddeld sneller dan de mannetjes. Het groeiverschil (grootteverschil) wordt vooral duidelijk na de leeftijd van 3 jaren. Dit is in overeenstemming met de meeste literatuurvermeldingen. In feite is dit niet zo onwaarschijnlijk, aangezien vrouwtjes later geslachtsrijp worden in vergelijking tot de mannetjes (wanneer ze groter zijn dan 200-250mm). Toch mogen we besluiten dat de groei van de soort, 7 jaar na de eerste herintroductie in de Grote Nete, zeer goed verloopt. Niettemin blijft er het advies een groeistudie binnen enkele jaren te herhalen. Wanneer er in de tussenperiode geen nieuwe herbepotingen meer gebeuren met de soort, kan ook een juistere analyse van de groei tijdens de eerste levensjaren worden gemaakt voor dieren in de populatie afkomstig van natuurlijke recrutering.

Het voorkeur macrohabitat voor kopvoorns laat zich in het onderzochte stroomgebied van de Nete omschrijven als plaatsen gekenmerkt door de aanwezigheid van veel holle oevers, met hogere stroomsnelheden en gedomineerd door hard substraat, bestaande uit kiezel, ijzerzandsteen of steen. Anderzijds legde huidig onderzoek geen associatie van de soort met overhangende bedekking

('cover') door bomen en struiken, iets wat nochtans vaak in de literatuur beschreven wordt. Bedekking door relatief jonge en dus kleine struiken (zoals zwarte els en wilg) op de oevers de Grote Nete is echter eerder marginaal, aangezien de oevers (zoals de meeste beek- en rivieroevers in Vlaanderen) tot voor kort jaarlijks werden gemaaid. Hypothetisch gezien zou de afwezige associatie van kopvoorn met oeveropslag dus louter een gevolg zijn van het feit dat er niet voldoende opslag beschikbaar is. Weliswaar werd in het traject van 1^e categorie van de Grote Nete sedert een tiental jaren niet meer gemaaid, maar de her en der aanwezige opslag van struiken blijft nog beperkt in omvang en kan dus mogelijk voorlopig geen dienst doen als kwalitatief goed schuil('cover')habitat voor kopvoorns.

Juveniele en oudere kopvoorns vertoeven in de Grote Nete duidelijk in gescheiden microhabitats, zo blijkt althans met betrekking tot de diepte van de waterkolom en tot de stroomsnelheid. Zowel in de zomer (17-22%) als in de winter (5-13%) is er slechts weinig overlap in de gecombineerde keuze voor beide rivierkenmerken. 0+ juveniele kopvoorns kiezen in de zomer vrij ondiepe plaatsen (10-50 cm) met relatief lage stroomsnelheden (0-10 cm/s) en verhuizen in de winter zo mogelijk naar nog minder diepe traag stromende biotopen. Oudere vissen gebruiken een grotere range aan diepten en stroomsnelheden, waarbij de grootste dieren duidelijk een voorkeur hebben voor de diepere rivierdelen. Ze prefereren in beide seizoenen dieper (30-130 cm) en sneller stromend (0-80 cm/s) water dan 0+ juvenielen.

Nochtans weerspiegelt de scheiding tussen leeftijdscategorieën zich niet zo uitgesproken in alle microhabitat kenmerken. Zo hebben alle leeftijdsgroepen uit de populatie een voorkeur voor oeverbiotopen. Meer bepaald zijn 1+ en oudere kopvoorns zowel in de zomer als in de winter bij holle oevers terug te vinden, maar ook 0+ juvenielen hebben een zwakke voorkeur voor dit oevertype, zij het enkel tijdens de wintermaanden.

Kopvoorns bezitten ook een zekere substraatspecificiteit. 1+ en oudere vissen selecteren steeds harde substraattypes (kiezel, stenen en ijzerzandsteen) terwijl 0+ juvenielen in de zomer harde - en in de winter zachtere bodems (zand en slib) opzoeken.

Bovendien blijkt op microschaal ook 'debris' (dood hout, takken en twijgen) een belangrijke factor voor het voorkomen van kopvoorn. De variabele wordt in beide seizoenen sterk uitgeselecteerd door beide leeftijdsgroepen, en deze preferentie neemt voor 0+ juvenielen in de winter zelfs nog toe.

Schuilbiotopen, zoals de in ons onderzoek gedefinieerde 'riparian cover' (in het water hangende kruidachtige vegetatie of takken) of 'overhangende cover' (bedekking van het wateroppervlak door laaghangende takken van bomen of struiken), blijken aantrekkelijk voor zowel 0+ juvenielen als 1+ en oudere vissen in beide seizoenen. Daarbij verkiezen 0+ juvenielen in de wintermaanden eerder riparian cover. Niettemin wordt ook van overhangende cover meer gebruik gemaakt in de winter dan in de zomer.

Jaarlijkse mobiliteitscycli van adulte kopvoorns tonen aan dat de vissen 1 of meerdere vaste verblijfplaatsen hebben in de rivier, waarop ze gedurende langere periodes verblijven en waar ze steeds naar weerkeren. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen meer en minder mobiele dieren in de populatie. Kopvoornmannetjes zijn algemeen minder mobiel en hebben dus systematisch een kleinere home range dan vrouwtjes. De zeer 'actieve' voortplantingsperiode (april-mei-juni) onderscheidt zich duidelijk van de rest van het jaar, waarin de mobiliteit beduidend lager is. Kopvoornmannetjes lijken de voorjaarsmigratie eerder aan te vangen dan vrouwtjes (maart vs. april) en lijken zich meer en langer op te houden ter hoogte van de paaiplaatsen (dicht bij de molenstuw). Verder zijn stuwen niet enkel een stroomopwaarts migratieknelpunt, maar vormen ze ook een hindernis voor de stroomafwaartse verplaatsing/verspreiding van de vissen, zelfs wanneer ze een verval hebben van minder dan 1 m.

Kopvoorns vertonen sterke individuele verschillen voor wat betreft hun dagelijkse activiteit. Niettemin ontwaren zich uit de dagelijkse activiteitscycli twee ritmische patronen: de nachtactiviteit (voornamelijk bij vrouwtjes) en de wisseling tussen dag- en nachtverblijfplaats (enkel bij mannetjes waargenomen). Het patroon van een inactieve - (bij kopvoorns overdag) en een actieve periode (bij kopvoorns 's nachts en voorzonsondergang en na zonsopgang) komt overeen met wat Helfman (1993) rustperiode respectievelijk periode van voedsel verzamelen noemt.

Stroomafwaarts van de watermolen werd in 1998 duidelijk voortplantingsactiviteit van gezenderde kopvoorns vastgesteld met name tijdens 3 gescheiden periodes die elk slechts 1 of enkele dagen duurden. De kopvoorns paaiden tijdens de maanden mei en juni, meer bepaald wanneer de watertemperatuur een aanzienlijke stijging onderging met maxima hoger dan 16 °C. Het bestaan van 3 voortplantingsperiodes wordt weerspiegeld in de lengte-frequentieverdeling van 0+ juvenielen de volgende winter. Van sommige vrouwtjes wordt vermoed dat ze tot 3 maal toe paaiden in dat seizoen. Het paaihabitat in de Grote Nete bestaat uit ondiepe (20 tot 40 cm) stroomversnellingen met stroomkuilen van 40 tot 80 cm diep in de onmiddellijke omgeving. De paaiplaatsen hebben de hoogste stroomsnelheden uit het studiegebied (40 tot 100 cm/s met uitschieters boven 120 cm/s) en hebben een overwegend stenig substraat (harde bodem van ijzerzandsteen, hier en daar bedekt met puin).

5.2. Aanbevelingen m.b.t. het herstel van kopvoornpopulaties in het Vlaamse Gewest

Nieuwe herintroductieprojecten zouden in eerste instantie best eenmalige uitzettingen behelzen met een voldoende aantal (0+) juvenielen. De conditie van de populatie is immers makkelijker te bestuderen (en wordt mogelijk minder hard verstoord) wanneer niet jaar na jaar een willekeurig aantal dieren van variabele leeftijd en status worden toegevoegd aan het biotoop. Volgens de literatuur worden dieren best verspreid en 'druppelsgewijze' uitgezet. Dergelijke strategie kan enerzijds competitie tussen de visjes minimaliseren en anderzijds massale predatie vermijden. Aangezien huidig onderzoek geen expliciet voordeel kon aantonen voor het uitzetten van relatief grote juveniele dieren (zoals dat in het Netebekken was gebeurd) lijkt het meest logisch de eigenschappen (de grootte) van kopvoorns voor herintroductie die van hun natuurlijke leeftijdsgenoten zoveel mogelijk te laten benaderen. Vermits dit onderzoek verder liet vermoeden dat voornamelijk 0+ juvenielen sterk te lijden kunnen hebben onder vorstperiodes adviseren we herintroducties te laten plaatsvinden ná de winter (teneinde niet reeds bij aanvang de slaagkansen van herintroductie te beperken).

De evolutie van de populatie kan in verband gebracht worden met habitatkenmerken, met eventuele waterkwaliteitswijzigingen en met het klimaat. Er kan dan eventueel tijdig nagegaan worden of verdere ingrepen ter stand houding van de soort interessant zijn. Wanneer er weinig of geen overleving is kan de procedure het jaar nadien eventueel worden herhaald. Hoewel wij hiervoor geen directe aanwijzingen hebben kan bij herhaalde slechte overleving van 0+ juvenielen het uitzetten van 1+ juvenielen mogelijk toch oplossing bieden. Men kan op dat ogenblik echter reeds aannemen dat de opbouw van een zichzelf instandhoudende populatie niet lukt omwille van andere externe factoren. Indien mogelijk moeten die factoren geïdentificeerd en teniet gedaan worden. In het andere geval zal uitzetting van de dieren zinloos blijven.

Een opvolgingschema voor zou kunnen bestaan uit 2 bevissingen per jaar: één in het voorjaar vlak voor het voortplantingsseizoen en één in het vroege najaar. Deze bevissingen leveren gegevens over groei, geslachtsrijping, recrutering en wintermortaliteit. Er kunnen dan eenvoudige en betrouwbare groeicurven opgesteld worden voor beide geslachten en ook de aanvang en omvang van recrutering kan vastgesteld worden.



Op verschillende plaatsen in het studiegebied stelden we jaarlijks het volledig doodspuiten van oevervegetatie vast (tot op de waterlijn). Dergelijke praktijken doen de schuifunctie van de oever voor vissen volledig teniet.



Na het doodspuiten van de oevers worden de akkers tot voorbij de kruin van de oever omgeploegd en wordt (maïs) gezaaid tot op de kruin.



Door het doodspuiten van de vegetatie op de oevers komen in de loop van het volgende groeiseizoen vaak afzakkingen voor, die niet enkel hoge onderhoudskosten voor het rivierbeheer met zich mee brengen, maar ook tal van nadelige gevolgen hebben voor de rivierecologie.



Rivieroevers worden vaak gebruikt als stortplaats, in de eerste plaats voor tuinafval maar ook voor afbraakmaterialen. In tegenstelling tot het bermdecreet dat afvoer van het maaisel oplegt, wordt op veel plaatsen dus juist maaisel aangevoerd. Natuurlijke oeverbegroeiing wordt zo volledig tegengegaan.

Op de meeste onderzochte plaatsen in het stroomgebied komen slechts geringe kopvoornpopulaties voor en de biomassa in de beste trajecten bereikt amper de gemiddelde waarde van andere (meer natuurlijke) rivieren. Niettemin houdt de soort zichzelf in stand, wat moet betekenen dat aanbod van (weliswaar) geschikt habitat dé beperkende factor voor haar verdere uitbreiding/verspreiding. Met het oog op de inrichting en het beheer van onze rivieren in Vlaanderen en ten behoeve van het herstel van hun kopvoornpopulaties formuleren we volgende aanbevelingen:

- Holle oevers zijn onontbeerlijk voor kopvoorns. Maatregelen die de aanwezigheid, de vorming en het behoud van holle oevers tegengaan moeten dus vermeden worden. In de praktijk betekent dit dat in de eerste plaats harde oeververdediging zo veel mogelijk beperkt moet worden. Betreding (bv. door vee) of bewerking van oeverstroken (omploegen van akkers) is eveneens nefast voor holle oevers. Oeverbegroeiing door struiken daarentegen kan de vorming van holle oevers in de hand werken en dient dus gestimuleerd.
- Trajecten waarin hogere stroomsnelheden voorkomen zijn bijzonder gunstig voor kopvoorns. Dit betekent in de eerste plaats dat rivieren zoveel mogelijk plaatsen met hogere stroomsnelheden moeten behouden of opnieuw verwerven. Stuwen (in het stroomgebied van de Grote Nete gaat het in de eerste plaats om 2 half-automatische landbouwstuwen en 3 watermolenstuwen), die het natuurlijke verval van rivieren reduceren, dienen dan ook waar mogelijk verwijderd te worden om sneller stromende habitats te herstellen. Een effectverzachtende maatregel kan bestaan uit de aanleg van voldoende grote omleidingskanalen rond de stuwen, waarin plaatsen met hogere stroomsnelheden (stroomversnellingen) en een goed ontwikkeld stroomkuilenpatroon voorkomen. Voor een goed kopvoornbestand moet een dergelijke gevarieerde fysische structuur (stroomversnellingen, stroomluwtes en stroomkuilen) in principe over het volledig verloop van de rivier geregeld voorkomen. De vorming van dit biotoop wordt in de hand gewerkt door de aanwezigheid van dood hout (takken en boomstammen) dat zorgt voor kleine vervalletjes of plaatselijke vernauwingen.
- Bodemvallen die de stroomsnelheid en erosie van de beek of rivier afremmen bieden (zelfs in de vorm van V-vormige, voor vissen overbrugbare drempels), ondanks het feit dat het water er plaatselijk sneller stroomt, geen geschikt voortplantingshabitat voor de vissen. Het aanwezige voortplantingshabitat wordt integendeel juist beperkt doordat een deel van het verval wordt weggenomen. Voor vissen zoals de kopvoorn zou het beter zijn indien deze plaatsen aangelegd worden als meer natuurlijke stroomversnellingen met stenen, enkele boomstammen en dood hout die plaatselijke erosie ("pool"-vorming) en aanzanding ("riffle"-vorming) veroorzaken.
- Een element dat de kopvoornpopulaties eveneens ten goede komt is de aanwezigheid van hard substraat. Het ruimen van rivieren die van nature (eventueel plaatselijk) een hardere bodem hebben of kunnen ontwikkelen (bv. grindbanken, ijzerzandsteen,...) dient vermeden. Anderzijds zouden in geschikte beken, waar door hogere stroomsnelheden geen sedimentatie kan optreden, plaatselijk stenige of grindbodems aangelegd of hersteld moeten worden.
- Een aangepast beheer van de rivieroevers is eveneens belangrijk, voor zowel juveniele als adulte kopvoorns. Door rivieroevers niet te maaien wordt struikopslag op deze oevers mogelijk, waarvan de in het water hangende takken als schuilbiotoop dienst kunnen doen. Daarnaast is de kruidachtige vegetatie, die in het winter in het water hangt, interessant voor juvenielen.
- Adulte kopvoorns vragen stroomversnellingen, maar juvenielen hebben duidelijk nood aan ondiepe rivierdelen met lage stroomsnelheden. Door de sterke kanalisatie van de meeste beken en rivieren in Vlaanderen is een dergelijk biotoop slechts in zeer geringe mate aanwezig (o.a. vlak bij de oever). In natuurlijke rivieren is treft men het ter hoogte van inhammen (afkalvingen) van de rivieroever, in nevengeulen en in dode armen (afgesneden meanders). Rivierrestauratie en

natuurtechnische milieubouw zou het herstel van een dergelijk juveniel habitatype moeten bevorderen.

- Ook dood hout in de rivierbedding trekt zowel juveniele als adulte kopvoorns aan. Indien niet strikt noodzakelijk zou dood hout dan ook niet verwijderd mogen worden uit de bedding. Daarnaast zijn beleids- en beheersmaatregelen nodig ter vermeerdering van de aanwezigheid van dood hout. Tot deze maatregelen behoren o.a. het extra aanbrengen van dood hout in de rivieren en het uitwerken van een echt riviercorridorbeheer, waarbij niet enkel de bedding maar ook een bufferstrook naast de beek wordt beheerd. Op plaatsen waar een bepaalde afvoer dient verzekerd te worden kan een deel van deze bufferzone ingericht (afgegraven) worden als een (beperkt) verlaagd winterbed. Wij zijn tevens van mening dat dergelijke winterbeddingen met vegetatie en struikopslag excellente refugia zijn voor de vissen bij piekdebieten.
- Goede paaiplaatsen voor kopvoorn (ondiep, snelstromend, met een stenig substraat en een goed ontwikkeld stroomkuilenpatroon) zijn zeer zeldzaam in de meeste beken en rivieren in Vlaanderen en moeten als kwetsbaar beschouwd worden. Ruimen of wijzigen van dergelijke plaatsen bij 'onderhoudswerken' zou dan ook nefast kunnen zijn voor de voortplanting van de soort in het traject. Anderzijds zouden via rivierrestauratie deze specifieke habitats kleinschalig opnieuw aangelegd kunnen worden.

Literatuurreferenties

- Allouche S., Tévenet A., Gaudin P.** 1999. Habitat use by chub (*Leuciscus cephalus* L. 1766) in a large river, the French Upper Rhône, as determined by radiotelemetry. *Arch. Hydrobiol.* 145(2): 219-36.
- Anderson E. D., Smith L. L. Jr.** 1971. Factors affecting abundance of lake herring (*Coregonus artedii* LeSueur) in western lake Superior. *Transactions of the American Fisheries Society* 100: 691-707.
- Andreasson S.** 1973. Seasonal changes in diel activity of *Cottus poecilopus* and *C. gobio* (Pisces) at the arctic circle. *Oikos* 24: 16-23.
- Anon.** 1990. De Nederlandse zoetwatervissen. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Armstrong, G. S.** 83. Some effects of maintenance dredging on the fish populations in a lowland river. In: Proceedings of the third British freshwater fisheries conference. pp.: 203-215.
- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W.** 78. Age and growth. In: Bagenal, T. (ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters. pp.: 101-136. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford.
- Bamps D. C., Geraerts E.** 1897. Faune des poissons de la province de Limbourg. Imprimerie Winand Klock, Hasselt.
- Bannister K. E.** 1982. Conservation of species of wild flora and vertebrate fauna threatened in the community, III. Freshwater fishes report. Nature Conservancy Council of England,
- Baras E.** 1992. Etude des strategies d'occupation du temps et de l'espace chez le barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L.). *Cahiers D'Ethologie* 12(2-3): 125-442.
- Baras E., Nindaba J., Philippart J. C.** 1995. Microhabitats utilisés par les alevins 0+ d'une communauté de cyprins rhéophiles: analyse de l'évolution de la communauté et des densités de populations. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339: 241-7.
- Berg A., Grimaldi E.** 1967. A critical interpretation of the scale structures used for the determination of annuli in fish growth studies. *Memorie Dell' Istituto Italiano Di Idrobiologia* 21: 225-39.
- Berlamont F.** 1977. Groeionderzoek bij enkele vissoorten in de "Nationale Watersportbaan Georges Nachez" te Gent. Eindverhandeling RUG, Gent.
- Bianco P. G.** 1988. I pesci d'acqua dolce d'Italia: note su un recente contributo. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Nat. Milano* 129: 146-58.
- Binns N. A., Eiserman F. M.** 1979. Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. *Transactions of the American Fisheries Society* 108: 215-28.
- Bovee K. D.** 1986. Developmant and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. Instream flow information paper 21, U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado.

- Bovee K. D.** 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream flow information paper 12, U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado.
- Bozek M. A., Rahel F. J.** 1992. Generality of microhabitat suitability models for young Colorado River cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) across sites and among years in Wyoming streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 552-64.
- Brown J. A., Colgan P. W.** 1982. The inshore vertical distribution of young-of-year *Lepomis* in Lake Opinicon, Ontario. *Copeia* : 958-60.
- Bruylants B.** 1979. Invloed van waterkwaliteit op de populatiestructuur en dynamiek van vissoorten: Blankvoorn (*Rutilus rutilus*), Grondel (*Gobio gobio*) en Baars (*Perca fluviatilis*) in het stroomgebied van Kleine en Grote Nete. Verslag 1e mandaat IWONL, UIA, departement biologie, Wilrijk.
- Bruylants B., Vandelanoot A., Verheyen R. F.** 1989. De vissen van onze Vlaamse beken en rivieren: hun ecologie, verspreiding en bescherming. Wel vzw, Antwerpen.
- Burt W. H.** 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *J. Mammal.* 24: 346-52.
- Carrel G.** 1986. Caractérisation physico-chimique du haut Rhône français et des annexes. Incidences sur la croissance des populations d'alevins. Université de Lyon, Lyon.
- Cihar J., Maly J.** 1981. Zoetwatervissengids. Artia, Praag.
- Clough S., Beaumont W. R. C.** 1998. Use of miniature radio-transmitters to track the movements of dace, *Leuciscus leuciscus* (L.) in the river Frome, Dorset. *Hydrobiologia* 371/372: 89-97.
- Clough S., Ladle M.** 1997. Diel migration and site fidelity in a stream-dwelling cyprinid, *Leuciscus leuciscus*. *Journal of Fish Biology* 50: 1117-9.
- Coeck J.** 1996. Electrisch vissen: theorie en praktijk. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Coeck J., Verhaert E.** 1990. Landschapsecologische studies in de stroomgebieden van de Grote Nete, de Dijle en de Demer en het opstarten van een operationele effectvoorspellende methode ten behoeve van de B.W.P.'s in deze stroomgebieden. Eindrapport 3 : Landschapsecologische studie B.W.P. Grote Nete. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Colazzo S., Coeck J., Verheyen R. F.** 1997. Pilotstudie naar de herintroductie van de kopvoorn (*Leuciscus cephalus*) ten behoeve van de hengelsport in de Provincie Antwerpen. Rapport Instituut van Natuurbehoud & Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Brussel.
- Copp G. H.** 1992. Comparative microhabitat use of cyprinid larvae and juveniles in a lotic floodplain channel. *Environmental Biology of Fishes* 33: 181-93.
- Copp G. H.** 1992. An empirical model for predicting microhabitat of 0+ juvenile fishes in a lowland river catchment. *Oecologia* 91: 338-45.
- Copp G. H., Jurajda P.** 1993. Do small riverine fish move inshore at night? *Journal of Fish Biology* 43: 229-41.

- Copp G. H., Pilcher M. W.** 1997. Winter distribution and habitat use by fish in a regulated lowland river system of south-east England. *Fisheries Management and Ecology* 4: 199-215.
- De Maeseneer J.** 1990. Studie van de vis, de waters en hun levensgemeenschappen. AROL, dienst Waters en Bossen, Brussel.
- de Nie H. W.** 1996. Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen. Stichting atlas verspreiding Nederlandse zoetwatervissen, Doetinchem.
- De Selys-Longchamps, E.** 1842. Poissons d'eau douces. In: Faune Belge, indication méthodique des mammifères, oiseaux, reptiles et poissons observés jusqu'ici en Belgique. pp.: 183-227.
- Ebersole J. L., Liss W. J., Frissell C. A.** 1997. Restoration of stream habitats in the Western United States: restoration as reexpression of habitat capacity. *Environmental Management* 21: 1-14.
- Eklov A. G., Greenberg L. A., Kristiansen H.** 1994. The effect of depth on the interaction between perch (*Perca fluviatilis*) and minnow (*Phoxinus phoxinus*). *Ecology of Freshwater Fish* 3: 1-8.
- El-Shamy F. M.** 1978. Dynamics of feeding and growth of bluegill (*Lepomis macrochirus*) in lake Wingra and lake Mendota, Wisconsin. *Hydrobiologia* 60: 113-24.
- Emery A. R.** 1973. Preliminary comparisons of day and night habitats of freshwater fish in Ontario lakes. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 761-74.
- Erofeev J.** 1985. Zavisimost ryboproduktivnosti ozera ot plotnosti posadky sigovych. *Rybnoe Khozj.* 4: 37-8.
- Garner P.** 1996. Diel patterns in the feeding and habitat use of 0-group fishes in a regulated river: the river Great Ouse, England. *Ecology of Freshwater Fish* 5: 175-82.
- Gens E.** 1885. Notions sur les Poissons d'eau douce de Belgique La pisciculture.
- Gerking S. D.** 1958. The survival of fin-clipped and latex-injected redear sunfish. *American Fisheries Society* 87: 220-8.
- Hansen L. P.** 1978. Age determination of roach, *Rutilus rutilus* (L.) from scales and opercular bones. *Archiv Für Fischereiwissenschaft* 29(1/2): 93-8.
- Helfman G. S.** 1981. The advantage to fishes of hovering shade. *Copeia* : 392-400.
- Helfman, G. S.** 93. Fish behaviour by day, night and twilight. In: Pitcher, T. J (ed.), Behaviour of Teleost fishes. pp.: 479-512. Chapman & Hall, London.
- Helfman G. S.** 1978. Patterns of community structure in fishes: summary and overview. *Envir. Biol. Fish.* 3: 129-48.
- Hellawell J. M.** 1971. The autoecology of the chub, *Squalius cephalus* (L.), of the river Lugg and Afon Llynfi. Age determination, population structure and growth. *Freshwater Biological Association*
- Hermansen H., Krog C.** 1984. Influence of physical factors on density of stocked Brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in a Danish lowland stream. *Fisheries Management* 15(3): 107-15.
- Hofstede A. E.** 1971. Enige waarnemingen ten aanzien van blankvoorn en serpeling. *Visserij* 24(7): 424-39.

- Huet M.** 1962. Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. Station de Recherches des Eaux et Forêts, Traveaux - Série D, n°35, Groenendaal-Hoeilaart.
- Huet M.** 1959. Profiles and biology of Western European streams as related to fisheries management. *Transactions of the American Fisheries Society* 88(155-163)
- Hunt R. L.** 1976. A long term evaluation of trout habitat development and its relation to improving management-related research. *Transactions of the American Fisheries Society* 105: 361-4.
- Jungius H.** 1985. Prospects for re-introduction. Symp. Zool. Soc. Lond., London.
- Kirka A.** 1965. Age and growth of the chub, *Leuciscus cephalus* (L.) from the Orava reservoir and its drainage area. *Zoologické Listy* 14: 235-50.
- Kolz, A. & Reynolds, J. B.** 90. A power threshold method for the estimation of fish conductivity. In: Cowx, I. G (ed.), Developments in electric fishing. pp.: Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford.
- Laird, L. M. & Stott, B.** 78. Marking and tagging. In: Bagenal, T. M (ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters. pp.: 84-100. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lammens, E. H. R. R. & Hoogenboezem, W.** 91. Diets and feeding behaviour. In: Winfield, I. J. & Nelson, J. S. (ed.), Cyprinid fishes systematics, biology and exploitation. pp.: London.
- Laurent M., Lamarque P.** 1975. Utilisation de la méthode des captures successives (De Lury) pour l'évaluation des peuplements piscicoles. *Bulletin Français De Pisciculture* 259: 66-77.
- Leeming J. B.** 1967. The biology of some coarse fish of the river Welland. Ph.D. thesis University of Liverpool, Liverpool.
- Lefrancois, C., Claireaux, G., & Odion, M.** 99. Impact of 'tag weight / fish weight' ratio on fish energetic expenditure. In: More A. et al. (ed.), Book of abstracts of the third conference on fish telemetry in Europe. pp.: Norwich.
- Lelek A.** 1959. The age, growth and sex-ratio in the chub *Leuciscus cephalus* (L.), from the Rokytna river. *Zoologica Listy* 8: 365-76.
- Lelek A.** 1980. Les poissons d'eau douce menacés en Europe. Collection Sauvegarde Nature 18, Strassbourg.
- Lelek A., Lusk S.** 1965. Occurrence of fishes in relation to formation of bed. *Zoologica Listy* 14: 225-34.
- Lewis S. L.** 1969. Physical factors influencing fish populations in pools of a trout stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 98: 14-9.
- Libosvsky J., Barus V.** 1978. Computed growth and survival of chub, *Leuciscus cephalus*, from the Rokytna stream. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemoslovacae - Brno*. 12(7): 1-45.
- Mann R. H. K.** 1979. Aspects of the biology of coarse fish in the Dorset Stour. *Annual Report of the Freshwater Biological Association of Ambleside* : 51-9.
- Mann R. H. K.** 1976. Observations on the age, growth, reproduction and food of the pike *Esox lucius* (L.) in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology* 8: 179-97.

- Neophitou C.** 1988. Autoecology of chub, *Leuciscus cephalus* (L.), in a Greek stream, and the use of the pharyngeal bone in fish predator-prey studies. *Aquaculture and Fisheries Management* 19: 179-90.
- Nijssen H., De Groot S. J.** 1987. De vissen van Nederland. Stichting Uitgeverij K.N.N.V. Utrecht.
- Novotny, D. W.** 90. Electric fishing apparatus and electric fields. In: Cowx, I. G. & Lamarque, P. (ed.), Fishing with electricity: applications in freshwater fisheries management. pp.: Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford.
- Orth D. J.** 1983. Aquatic habitat measurements . *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 61-84.
- PecI K., Pivnicka K., Tandon K.** 1978. The abundance, growth and production of the chub population in the Klicava Reservoir during the years 1967-1975. *Vestník Československe Spolecnosti Zoologicke* 42: 52-9.
- Penaz M., Prokes M., Wohlgemuth E.** 1978. Fish fry community of the Jihlava river near Mohelno. *Acta Scientarum Naturalium Academiae Scientarum Bohemoslovacae* 12(5): 1-36.
- Penczak T.** 1972. Structure of fish groupings in the rivers and streams of the river Nida drainage basin. *Ekologia Polska* 20: 327-44.
- Penczak T., Jankov J., Dikov T. S. J., Zalewski M.** 1985. Fish production in the Mesta river, Rila Mountain, Samokov, Bulgaria. *Fisheries Research* 7: 201-21.
- Penczak T., Zalewski M.** 1974. Distribution of fish numbers and biomass in barbel region of the river and the adjoining old river beds. *Ekologia Polska* 22: 107-19.
- Penczak T., Zalewski M., Molinski M.** 1976. Production of pike, roach and chub in a selected fragment of Pilica river (barbel region). *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 23(1): 139-53.
- Philippart J.-C.** 1977. Contribution à l'hydrobiologie de l'Ourthe. Dynamique des populations et production de quatre espèces de poissons Cyprinidae: *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.), *Chondrostoma nasus* (L.) et *Leuciscus leuciscus* (L.). Dissertation Docteur en Sciences, Université de Liège, Liège.
- Philippart J.-C.** 1976. Rapport sur l'étude des bases écologiques de l'aménagement piscicole de l'Ourthe, rivière de la zone à barbeau. Aperçu général sur les techniques de repoissonnements et leur efficacité. Rapport Université de Liège, unité de recherches piscicoles de l'aquarium, Liège.
- Philippart J. C., Vranken M.** 1983. Atlas des poissons de Wallonie - distribution, ecologie, ethologie, pêche, conservation. *Cahiers D'Éthologie Appliquée* 3 (suppl. 1-2): 1-395.
- Pivnicka K.** 1991. Long-term study of the growth of four fish species in the Klicava reservoir with respect to the changes of abundance and temperature. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica* 5: 91-106.
- Poll, M.** 56. Vissen. Algemene kenmerken van de verspreiding der zoetwatervissen in België. In: Atlas van België - blad 20 : Zoögeografie. pp.: 12-16. Koninklijke Belgische Academie, Brussel.
- Poncin, P., Melard, C., & Philippart, J.-C.** 89. Controlled reproduction of chub, *Leuciscus cephalus* (L.) in captivity. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., & Wilkins, N. (ed.), Aquaculture: a biotechnology in progress. pp.: 567-571. European Aquaculture Society, Bredene.

- Poulbot S.** 1991. Croissance et reproduction du cheveine dans la Varèze (Isère). Université Claude Bernard, Arles.
- Reckhan J. A.** 1986. Long-term cyclical trends in growth of lake whitefish in South Bay, Lake Huron. *Transactions of the American Fisheries Society* 115: 787-804.
- Schiemer F.** 1985. Die bedeutung von Ausgewässern als schutzzonen für die fishfauna. *Österreich Wasserwirtschaft* 37: 239-45.
- Schiemer, F.** 91. Fish fauna in the Austrian Danube: aspects of conservation in the ecotone concept. In: Zalewski, M., Thorpe, J. E., & Gaudin, P. (ed.), Fish and land/inland water ecotones (UNESCO-MAB). pp.: 20-24. University of Lodz, Lodz.
- Schiemer F., Spindler T.** 1989. Endangered fish species of the Danube river in Austria. *Regulated Rivers: Research and Management* 4: 397-407.
- Schiemer, F. & Waidbacher, H.** 92. Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In: Boon, P. J., Calow, P., & Petts, G. E. (ed.), River conservation and management. pp.: 363-382. John Wiley & Sons Ltd., London.
- Sisak M. M., Lotimer J. S.** 1998. Frequency choice for radio telemetry: the HF vs. VHF conundrum. *Hydrobiologia* 371/372: 53-9.
- Smith R. P.** 1989. The distribution and habitat requirements of chub (*leuciscus cephalus* L.) in several lowland rivers of eastern England. Ph.D. thesis University of East Anglia,
- Solomon D. J., Storeton-West T. J.** 1983. Radio tracking of migratory salmonids in rivers: development of an effective system. MAFF Fisheries Technical Report, Lowestoft.
- Stasko A. B., Pincock D. G.** 1977. Review of underwater biotelemetry, with emphasis on ultrasonic techniques. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34: 1261-85.
- Steinmetz B., Muller R.** 1991. Atlas van de schubben en andere beenachtige structuren van niet-zalmachtige zoetwatervissen. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Swales S.** 1982. A 'before and after' study of the effects of land drainage works on fish stocks in the upper reaches of a lowland river. *Fisheries Management* 13(3): 105-14.
- Swales S., O'Hara K.** 1983. A short-term study of the effects of a habitat improvement programme on the distribution and abundance of fish stocks in a small lowland river in Shropshire. *Fisheries Management* 14: 135-44.
- Van Damme D., De Pauw N.** 1995. Ontwikkelingsplan voor de visserij op de Schelde beneden Gent. Rapport Universiteit Gent, Gent.
- Van Loon J.** 1986. De waterkwaliteit van de waterlopen in de Provincie Antwerpen. Rapport Provinciaal Instituut voor Hygiëne, Antwerpen.
- Vandelannoote, A. & Coeck, J.** 98. Rode lijst van de inheemse en ingeburgerde zoet- en brakwatervissen en van de rondbekken in Vlaanderen. In: Vandelannoote, A., Yseboodt, R., Bruylants, B., Verheyen, R., Coeck, J., Belpaire, C., Van Thuyne, G., Denaeyer, B., Beyens, J., Maes, J., & Vandenabeele, P. (ed.), Atlas van de Vlaamse beek- en riviervissen. pp.: 259-264. WEL vzw., Wijnegem.

- Vandelannoote A., Verheyen R. F.** 1985. Optimalisatie van het visbestand in het bekken van de Kleine Nete. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Vandelannoote A., Yseboodt R., Bruylants B., Verheyen R., Coeck J., Belpaire C., Van Thuyne G., Denaeyer B., Beyens J., Maes J. and others.** 1998. Atlas van de Vlaamse beek- en riviervissen. WEL vzw., Wijnegem.
- Velle, J. I., Lindsay, J. E., Weeks, R. W., & Long, F. M.** 79. An investigation of the loss mechanisms encountered in propagation from a submerged fish telemetry transmitter. In: Proceedings of the second international conference on wildlife biotelemetry. pp.: 228-237.
- Vercauteren T., Verheyen R. F.** 1984. Bekken van de Dijle en de Beneden Nete. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Vercauteren T., Verheyen R. F.** 1984. Optimalisatie van de waterzuivering door middel van kaarten met de biologische kwaliteit van de waterlopen. De Molenbeek-Bosbeek, de Boomse en Nielse Scheibeek en de Wullebeek (drie zijbeken op de rechteroever van de Rupel). Rapport Groep voor Toegepaste Ecologie, Antwerpen.
- Verheyen, R. F & Vercauteren, T.** 81. Grande Nethe. In: Anon (ed.), Cartes de la qualité biologique des eaux de quelques bassins hydrographiques. pp.: Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Brussel.
- Viaene P.** 1996. Visserijbiologische evaluatie van enkele zijbeken van de Grensmaas. Eindverhandeling Katholieke Universiteit Leuven, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Leuven.
- Vriese F. T.** 1991. De visstand in de Grensmaas: paai- en opgroeigebieden voor vis in de Maas. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Walter E.** 1934. Grunlagen den allgemeinen fischerei-produktionlehre. *Hand. Binnenfisherei Mitteleuropa* 4: 480-662.
- Wolny P.** 1962. The influence of increasing density of stocked fish population on the growth and survival of carp fry. *Rocz. Nauk. Roln.* 2: 171-88.
- Yseboodt R., Clement L., Meire P., Verheyen R. F.** 1999. Vergelijking van de waterkwaliteit van de bekkens van de Kleine en de Grote Nete in de periodes 1995-96 en 1997-98 . Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Yseboodt R., Clement L., Vandelannoote A., Verheyen R. F.** 1997. Vergelijking van de waterkwaliteit van de bekkens van de Kleine en de Grote Nete in de periodes 1993-94 en 1995-96. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Yseboodt R., Clement L., Verheyen R. F.** 1993. Vergelijking van de waterkwaliteit van de bekkens van de Kleine en de Grote Nete in de periodes 1989-90 en 1991-92. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Yseboodt R., Coeck J., Verheyen R. F.** 1991. Onderzoek naar de bijdrage van herbepoting tot de visstand van het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten. Rapport Universitaire Instelling Antwerpen, departement biologie, Antwerpen.
- Zaveta J., Celakovska L.** 1990. The growth of roach (*Rutilus rutilus* Lin.) in the Orlik riverine lake and Zablatsky pond. *Acta Universitatis Carolinae Biologica* 35 (3-4): 129-37.

Bijlage A. Situering van de 87 bemonsterde 100 m - trajecten voor de bestudering van de verspreiding op macroschaal van kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete.

Traject	Gemeente en plaatsbeschrijving
1	Geel: 0-100m stroomopwaarts brug aan monding Scherpenbergloop (brug inbegrepen)
2	Geel: 100-200m stroomopwaarts brug aan monding Scherpenbergloop
3	Geel: 200-100m stroomafwaarts monding Molse Nete
4	Geel: 100-0m stroomafwaarts monding Molse Nete
5	Geel: 0-100m stroomopwaarts monding Molse Nete
6	Geel: 100-200m stroomopwaarts monding Molse Nete
7	Geel: 200-300m stroomopwaarts monding Molse Nete
8	Geel: 300-400m stroomopwaarts monding Molse Nete
9	Geel: 400-500m stroomopwaarts monding Molse Nete
10	Geel: 500-600m stroomopwaarts monding Molse Nete
11	Geel: 600-700m stroomopwaarts monding Molse Nete
12	Geel: 200-100m stroomafwaarts stuw aan Malesbroek
13	Geel: 100-0m stroomafwaarts stuw aan Malesbroek
14	Geel: 200-100m stroomafwaarts stuw ter hoogte van baan Meerhout-Geel
15	Geel: 100-0m stroomafwaarts stuw ter hoogte van baan Meerhout-Geel
16	Meerhout: 2000-1900m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
17	Meerhout: 1900-1800m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
18	Meerhout: 1800-1700m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
19	Meerhout: 1700-1600m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
20	Meerhout: 1600-1500m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
21	Meerhout: 1500-1400m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
22	Meerhout: 1400-1300m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
23	Meerhout: 1300-1200m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
24	Meerhout: 1200-1100m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
25	Meerhout: 1100-1000m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
26	Meerhout: 1000-900m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
27	Meerhout: 900-800m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
28	Meerhout: 800-700m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
29	Meerhout: 700-600m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
30	Meerhout: 600-500m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
31	Meerhout: 500-400m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
32	Meerhout: 400-300m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
33	Meerhout: 300-200m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
34	Meerhout: 200-100m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol
35	Meerhout: 100-0m stroomafwaarts baan Meerhout-Mol (brug niet inbegrepen)
36	Meerhout: 0-100m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
37	Meerhout: 100-200m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
38	Meerhout: 200-300m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
39	Meerhout: 300-400m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
40	Meerhout: 400-500m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
41	Meerhout: 500-600m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
42	Meerhout: 600-700m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
43	Meerhout: 700-800m stroomopwaarts stuw watermolen Meerhout
44	Balen: 1900-1800m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
45	Balen: 1800-1700m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
46	Balen: 1700-1600m stroomafwaarts molenkom Staalmolen (= 100-0m stroomafwaarts 1 ^e brug onder watermolen)
47	Balen: 1600-1500m stroomafwaarts molenkom Staalmolen (= 0-100m stroomopwaarts 1 ^e brug onder watermolen)
48	Balen: 1500-1400m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
49	Balen: 1400-1300m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
50	Balen: 1300-1200m stroomafwaarts molenkom Staalmolen

Bijlage A (vervolg). *Situering van de 87 bemonsterde 100 m - trajecten voor de bestudering van de verspreiding op macroschaal van kopvoorn in de boven- en middenloop van de Grote Nete.*

Traject	Gemeente en plaatsbeschrijving
51	Balen: 1200-1100m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
52	Balen: 1100-1000m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
53	Balen: 1000-900m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
54	Balen: 900-800m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
55	Balen: 800-700m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
56	Balen: 700-600m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
57	Balen: 600-500m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
58	Balen: 500-400m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
59	Balen: 400-300m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
60	Balen: 300-200m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
61	Balen: 200-100m stroomafwaarts molenkom Staalmolen
62	Balen: 100-0m stroomafwaarts molenkom Straalmolen
63	Balen: 200-100m stroomafwaarts Kanaal Dessel-Kwaadmechelen
64	Balen: 100-0m stroomafwaarts Kanaal Dessel-Kwaadmechelen
65	Balen: 300-200m stroomafwaarts 1 ^e brug onder Hoolstmolen (= 0-100m boven Kanaal Dessel-Kwaadmechelen)
66	Balen: 200-100m stroomafwaarts 1 ^e brug onder Hoolstmolen
67	Balen: 100-0m stroomafwaarts 1 ^e brug onder Hoolstmolen (brug niet inbegrepen)
68	Balen: 1000-900m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
69	Balen: 900-800m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
70	Balen: 800-700m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
71	Balen: 700-600m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
72	Balen: 600-500m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
73	Balen: 500-400m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
74	Balen: 400-300m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
75	Balen: 300-200m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
76	Balen: 200-100m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
77	Balen: 100-0 m stroomafwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
78	Balen: 0-100m stroomopwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen (brug inbegrepen)
79	Balen: 100-200m stroomopwaarts 1 ^e brug boven Hoolstmolen
80	Balen: 100-0m stroomafwaarts 5 ^e brug boven Hoolstmolen (= stroomopwaarts monding Hoofdgracht)
81	Balen: 0-100m stroomopwaarts 5 ^e brug boven Hoolstmolen (= stroomopwaarts monding Hoofdgracht)
82	Balen: 50m stroomafwaarts + 50 m stroomopwaarts spoorweg Mol-Leopoldsburg
83	Balen: 0-100m stroomopwaarts baan Balen-Leopoldsburg (brug inbegrepen)
84	Balen: 100-200m stroomopwaarts baan Balen-Leopoldsburg
85	Balen: 100-0m stroomafwaarts 1 ^e brug boven baan Balen-Leopoldsburg (brug inbegrepen)
86	Balen: 0-100m stroomopwaarts 1 ^e brug boven baan Balen-Leopoldsburg
87	Kerkhoven: 100-0m stroomafwaarts Kanaal Lommel-Leopoldsburg

Samenvatting

De kopvoorn is een stroomminnende vissoort, die vroeger op veel plaatsen in beken en rivieren in Vlaanderen voorkwam. Vandaag komen natuurlijke populaties van de soort enkel nog voor in de Grensmaas en in beperkte mate in enkele zijbeken ervan. Een kleine relictpopulatie wordt ook nog aangetroffen in het stroomgebied van de Mark (Noorderkempen).

In de periode 1996-2000 bestudeerden we twee herintroductieprojecten van kopvoorn in Vlaanderen. In de Nete werd de soort verschillende keren uitgezet sinds 1989; in de Demer was er eenmalig een uitzetting in 1995. We stelden vast dat enkel de herintroductie in het Netebekken succesvol was. Mogelijk voldeed de waterkwaliteit in het Demerbekken (Grote Gete) ten tijde van en/of na de herintroductie-uitzetting (periodiek) niet voor de overleving van de soort.

Het onderzoek van de kopvoornpopulaties gebeurde met behulp van elektrische visvangst, waarbij gebruik gemaakt werd van de depletiemethode om populatieschattingen te maken en van de PAS-methode (Point Abundance Sampling) voor het onderzoek naar habitatbinding. Daarnaast werd ook habitatgebruik, activiteit, mobiliteit en migraties van adulte vissen bestudeerd aan de hand van radiotelemetry. Hiervoor werden 28 dieren uitgerust met een inwendige radiozender.

Een jaarlijkse monitoring (elektrische bevissing) van 3 trajecten uit de boven- en middenloop van de Grote Nete (Hoolstmolen, Straalmolen en Meerhoutmolen) toont aan dat op alle plaatsen natuurlijke rekrutering van de soort voorkomt. De natuurlijke rekrutering is het grootst in het meest stroomafwaarts gelegen traject onder de Meerhoutmolen en afgaand op metingen van 5 opeenvolgende jaren kan een toenemende trend in de rekrutering waarnemen zodat men mag spreken een zichzelf instandhoudende kopvoornpopulatie. Uitschieters buiten beschouwing gelaten, noteerden we biomassa's tussen 1,5 en 2,2 kg kopvoorn per 100 m rivierlengte, wat omgerekend slechts tussen 18,7 en 37,0 kg/ha betekent in de 3 gemonitorde trajecten. Rekening houdende met het feit dat enkel "goede" kopvoorntrajecten in het stroomgebied gevolgd werden, liggen de opgetekende densiteiten en biomassa's in de Grote Nete dus eerder aan de lage kant. De "beste" waarden van de Grote Nete bevinden zich slechts rond de gemiddelde biomassa van de soort in de Ourthe (20 kg/ha) en ver beneden de gemiddelde waarde ervan in de rivier Wensum in Engeland (65 kg/ha).

Er zijn aanwijzingen dat de strenge winter van 1996-1997, waarbij praktisch de volledige rivier dichtgevroren was, een betrekkelijk grote sterfte zou hebben veroorzaakt onder de kopvoorns in de Grote Nete, hoofdzakelijk maar niet uitsluitend onder de 0+ juvenielen. Verder stelden we een volledig falende rekrutering vast in het daaropvolgende jaar. Een oorzaak voor dit fenomeen kan niet meteen aangeduid worden. Mogelijk liggen de strenge winter van 1996-1997 of de klimatologische omstandigheden voor, tijdens of vlak na de paai van 1997 aan de basis hiervan.

De groeicurve van kopvoorn uit de Grote Nete ligt nagenoeg over de gehele lijn boven groeicurven voor andere rivieren. Dit creëert naar onze mening een valse beeld dat de dieren uit de Nete het beter zouden doen (sneller groeien) dan hun soortgenoten elders, maar is wellicht te wijten aan het feit dat steeds jonge dieren in de populatie zijn uitgezet die een betere groei hebben gekend in hun eerste en tweede levensjaar door hun opkweek op vijvers (die warmer waren dan het rivierwater en/of waar meer voedsel voorhanden was) in vergelijking met de dieren van natuurlijke rekrutering in de Nete zelf. Zoals reeds aangetoond in andere rivieren, groeien ook in de Nete-populatie de vrouwelijke kopvoorns gemiddeld sneller dan de mannetjes. Algemeen mogen we besluiten dat de groei van de soort, 7 jaar na de eerste herintroductie in de Grote Nete, zeer goed verloopt.

Op macroschaal bestaat het voorkeurhabitat van kopvoorns in het onderzochte stroomgebied van de Nete uit trajecten met veel holle oevers, met hogere stroomsnelheden en gedomineerd door hard substraat dat opgebouwd is uit kiezel, ijzerzandsteen of steen. Anderzijds blijkt uit ons onderzoek

geen associatie van de soort met overhangende bedekking ('cover') door bomen en struiken, iets wat nochtans vaak in de literatuur beschreven wordt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de bedekking door relatief jonge en dus kleine struiken (zoals zwarte els en wilg) op de oevers de Grote Nete nog echter eerder marginaal is te noemen, aangezien de oevers (zoals de meeste beek- en rivieroevers in Vlaanderen) tot voor kort jaarlijks werden gemaaid. Hypothetisch gezien zou de afwezige associatie van kopvoorn met oeveropslag dus louter een gevolg zijn van het feit dat er niet voldoende opslag beschikbaar is.

Uit onderzoek van het microhabitat blijkt dat juveniele en oudere kopvoorns in de Grote Nete in gescheiden biotopen voorkomen, zo blijkt althans met betrekking tot de diepte van de waterkolom en tot de stroomsnelheid. Zowel in de zomer (17-22%) als in de winter (5-13%) is er slechts weinig overlap in de gecombineerde keuze voor beide rivierkenmerken. 0+ juveniele kopvoorns kiezen in de zomer vrij ondiepe plaatsen (10-50 cm) met relatief lage stroomsnelheden (0-10 cm/s) en verhuizen in de winter zo mogelijk naar nog minder diepe traag stromende biotopen. Oudere vissen gebruiken een grotere range aan diepten en stroomsnelheden, waarbij de grootste dieren duidelijk een voorkeur hebben voor de diepere rivierdelen. Ze prefereren in beide seizoenen dieper (30-130 cm) en sneller stromend (0-80 cm/s) water dan 0+ juvenielen. Nochtans weerspiegelt de scheiding tussen leeftijdscategorieën zich niet zo uitgesproken in alle microhabitat kenmerken. Zo hebben alle leeftijdsgroepen uit de populatie een voorkeur voor oeverbiotopen. Meerbepaald zijn 1+ en oudere kopvoorns zowel in de zomer als in de winter bij holle oevers terug te vinden, maar ook 0+ juvenielen hebben een zwakke voorkeur voor dit oevertype, zij het enkel tijdens de wintermaanden.

Kopvoorns bezitten ook een zekere substraatspecificiteit. 1+ en oudere vissen selecteren steeds harde substraattypes (kiezel, stenen en ijzerzandsteen) terwijl 0+ juvenielen in de zomer harde - en in de winter zachtere bodems (zand en slib) opzoeken. Bovendien blijkt op microschaal ook 'debris' (dood hout, takken en twijgen) een belangrijke factor voor het voorkomen van kopvoorn. De variabele wordt in beide seizoenen sterk uitgeselecteerd door beide leeftijdsgroepen, en deze preferentie neemt voor 0+ juvenielen in de winter zelfs nog toe.

Schuilbiotopen, zoals de in ons onderzoek gedefinieerde 'riparian cover' (in het water hangende kruidachtige vegetatie of takken) of 'overhangende cover' (bedekking van het wateroppervlak door laaghangende takken van bomen of struiken), blijken aantrekkelijk voor zowel 0+ juvenielen als 1+ en oudere vissen in beide seizoenen. Daarbij verkiezen 0+ juvenielen in de wintermaanden eerder riparian cover. Niettemin wordt ook van overhangende cover meer gebruik gemaakt in de winter dan in de zomer.

Jaarlijkse mobiliteitscycli van adulte kopvoorns tonen aan dat de vissen 1 of meerdere vaste verblijfplaatsen hebben in de rivier, waarop ze gedurende langere periodes verblijven en waar ze steeds naar weerkeren. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen meer en minder mobiele dieren in de populatie. Kopvoornmannetjes zijn algemeen minder mobiel en hebben dus systematisch een kleinere home range dan vrouwtjes. De zeer 'actieve' voortplantingsperiode (april-mei-juni) onderscheidt zich duidelijk van de rest van het jaar, waarin de mobiliteit beduidend lager is. Kopvoornmannetjes lijken de voorjaarsmigratie eerder aan te vangen dan vrouwtjes (maart vs. april) en lijken zich meer en langer op te houden ter hoogte van de paaiplaatsen (dicht bij de molenstuw). Verder zijn stuwen niet enkel een stroomopwaarts migratieknelpunt, maar vormen ze ook een hindernis voor de stroomafwaartse verplaatsing/verspreiding van de vissen, zelfs wanneer ze een verval hebben van minder dan 1 m.

Kopvoorns vertonen sterke individuele verschillen voor wat betreft hun dagelijkse activiteit. Toch komen uit de dagelijkse activiteitencycli twee ritmische patronen naar voor: nachtactiviteit (voornamelijk bij vrouwtjes) en een wisseling tussen dag- en nachtverblijfplaats (enkel bij mannetjes waargenomen). Het algemeen activiteitspatroon van kopvoorns bestaat uit een inactieve periode (overdag) en een actieve periode ('s nachts, voor zonsondergang en na zonsopgang).

In een traject van 100 m stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout werd tijdens de maanden mei en juni 1998 voortplantingsactiviteit van gezenderde kopvoorns vastgesteld, meer bepaald in 3 gescheiden periodes die elk slechts 1 of enkele dagen duurden. Het betrof steeds dagen die voorafgegaan werden door een aanzienlijke stijging van de watertemperatuur, met maxima hoger dan 16 °C. Het bestaan van 3 voortplantingsperiodes wordt weerspiegeld in de lengte-frequentieverdeling van 0+ juvenielen de volgende winter. Op basis van de gegevens uit onze radiotelemetriestudie is het meer dan waarschijnlijk dat sommige vrouwtjes 3 maal toe paaiden in dat seizoen en dus 'multispawning'-gedrag vertonen. Het paaiahabitat van kopvoorn in de Grote Nete bestaat uit ondiepe (20 tot 40 cm) stroomversnellingen met stroomkuilen van 40 tot 80 cm diep in de onmiddellijke omgeving. De paaiplaatsen hebben de hoogste stroomsnelheden uit het studiegebied (40 tot 100 cm/s met uitschieters boven 120 cm/s) en hebben een overwegend stenig substraat (harde bodem van ijzerzandsteen, hier en daar bedekt met puin).

Met betrekking tot het herstel van kopvoornpopulaties in het Vlaamse Gewest kunnen we op basis van dit onderzoek volgende aanbevelingen doen:

- nieuwe herintroductieprojecten bestaan best uit een eenmalige uitzetting van een voldoende aantal (0+) juvenielen, die liefst verspreid en 'druppelsgewijs' uitgezet worden.
- een goede monitoring van nieuwe herintroducties bestaat uit 2 bevissingen per jaar: één in het voorjaar vlak voor het voortplantingsseizoen en één in het vroege najaar. Dergelijke bevissingen leveren gegevens over groei, geslachtsrijping rekrutering en wintermortaliteit; er kunnen eenvoudige en betrouwbare groeicurven opgesteld worden voor beide geslachten en ook de aanvang en omvang van rekrutering kan vastgesteld worden.
- bij inrichting en het beheer van rivieren in Vlaanderen dienen maatregelen genomen te worden om vorming en behoud van holle oevers te bevorderen. Betreding (bv. door vee) of bewerking van oeverstroken (omploegen van akkers) is nefast voor holle oevers. Oeverbegroeiing door struiken daarentegen kan de vorming van holle oevers in de hand werken en dient dus gestimuleerd. Harde oeververdediging moet zo veel mogelijk beperkt worden.
- trajecten met hogere stroomsnelheden zijn bijzonder gunstig als opgroei- en foerageerhabitat en essentieel als paaiplaats voor kopvoorns. Plaatsen met hogere stroomsnelheden moeten behouden of opnieuw ontwikkeld worden, bijvoorbeeld door stuwen te vervangen door (stenige) stroomversnellingen met een goed ontwikkeld stroomkuilenpatroon.
- een gevarieerde fysische structuur (stroomversnellingen, stroomluwtes en stroomkuilen) moet in principe over het volledig verloop van de rivier geregeld voorkomen. De vorming van dit biotoop wordt in de hand gewerkt door de aanwezigheid van dood hout (takken en boomstammen) dat zorgt voor kleine vervalletjes of plaatselijke vernauwingen.
- ruimen van rivieren die van nature (plaatselijk) een hardere bodem hebben of kunnen ontwikkelen (bv. grindbanken, ijzerzandsteen,...) dient vermeden te worden, aangezien kopvoorns plaatsen met hard substraat verkiezen. Op plaatsen waar door hogere stroomsnelheden geen sedimentatie kan optreden, kunnen plaatselijk stenige of grindbodems aangelegd of hersteld worden.
- door rivieroevers niet te maaien wordt struikopslag op deze oevers mogelijk, waarvan de in het water hangende takken als schuilbiotoop dienst kunnen doen voor kopvoorns. Daarnaast is de kruidachtige vegetatie, die in het winter in het water hangt, interessant voor juvenielen.
- juvenielen hebben duidelijk ook nood aan ondiepe rivierdelen met lage stroomsnelheden. Een dergelijk biotoop treft men aan ter hoogte van inhammen (afkalvingen) van de rivieroever, in nevengeulen en in dode armen (afgesneden meanders). Rivierrestauratie en natuurtechnische milieubouw zou het herstel van een dergelijk juveniel habitatype moeten bevorderen.
- dood hout in de rivierbedding trekt zowel juveniele als adulte kopvoorns aan. Indien niet strikt noodzakelijk zou dood hout dan ook niet verwijderd mogen worden uit de bedding. Daarnaast zijn beleids- en beheersmaatregelen nodig die de aanwezigheid van dood hout in de waterlopen bevorderen.

Summary : re-introduction and restoration of Chub populations (*Leuciscus cephalus*) in Flanders. Scientific follow-up of current projects and research on habitat requirements in lowland rivers

De kopvoorn is een stroomminnende vissoort, die vroeger op veel plaatsen in beken en rivieren in Vlaanderen voorkwam. Vandaag komen natuurlijke populaties van de soort enkel nog voor in de Grensmaas en in beperkte mate in enkele zijbeken ervan. Een kleine relictpopulatie wordt ook nog aangetroffen in het stroomgebied van de Mark (Noorderkempen).

Chub is a haemophilic fish species that used to be very common in Flemish rivers and streams. Today, the only naturally occurring populations are in the river Meuse (section of the Border-Meuse, which forms the frontier between Flanders and the Netherlands), and to a limited extent in some affluents. A small relict population is also to be found in the catchment of the river Mark (Northern Campine region).

In de periode 1996-2000 bestudeerden we twee herintroductieprojecten van kopvoorn in Vlaanderen. In de Nete werd de soort verschillende keren uitgezet sinds 1989; in de Demer was er eenmalig een uitzetting in 1995. We stelden vast dat enkel de herintroductie in het Netebekken succesvol was. Mogelijk voldeed de waterkwaliteit in het Demerbekken (Grote Gete) ten tijde van en/of na de herintroductie-uitzetting (periodiek) niet voor de overleving van de soort.

During the period 1996-2000 we studied two re-introduction projects for Chub in Flanders. In the river Nete the species was stocked several years from 1989 onwards; in the river Demer one re-introduction campaign was carried out in 1995. We found that only the re-introduction in the Nete catchment was successful. Possibly the water quality in the Demer catchment (Grote Gete) was not suitable for the species at the time of re-introduction.

Het onderzoek van de kopvoornpopulaties gebeurde met behulp van elektrische visvangst, waarbij gebruik gemaakt werd van de depletiemethode om populatieschattingen te maken en van de PAS-methode (Point Abundance Sampling) voor het onderzoek naar habitatbinding. Daarnaast werd ook habitatgebruik, activiteit, mobiliteit en migraties van adulte vissen bestudeerd aan de hand van radiotelemetrie. Hiervoor werden 28 dieren uitgerust met een inwendige radiozender.

The investigation into the Chub populations was done by electric fishing, using the depletion method to estimate population abundance and biomass and the PAS method (Point Abundance Sampling) to study habitat selection. In addition habitat use, activity, mobility and migration of adult fish was studied using radio telemetry. Internal radio tags were implanted in 28 fish.

Een jaarlijkse monitoring (elektrische bevissing) van 3 trajecten uit de boven- en middenloop van de Grote Nete (Hoolstmolen, Straalmolen en Meerhoutmolen) toont aan dat op alle plaatsen natuurlijke rekrutering van de soort voorkomt. De natuurlijke rekrutering is het grootst in het meest stroomafwaarts gelegen traject onder de Meerhoutmolen en afgaand op metingen van 5 opeenvolgende jaren kan een toenemende trend in de rekrutering waarnemen zodat men mag spreken een zichzelf instandhoudende kopvoornpopulatie. Uitschieters buiten beschouwing gelaten, noteerden we biomassa's tussen 1,5 en 2,2 kg kopvoorn per 100 m rivierlengte, wat omgerekend slechts tussen 18,7 en 37,0 kg/ha betekent in de 3 gemonitorde trajecten. Rekening houdende met het feit dat enkel "goede" kopvoorntrajecten in het stroomgebied gevolgd werden, liggen de opgetekende densiteiten en biomassa's in de Grote Nete dus eerder aan de lage kant. De "beste" waarden van de Grote Nete bevinden zich slechts rond de gemiddelde biomassa van de soort in de Ourthe (20 kg/ha) en ver beneden de gemiddelde waarde ervan in de rivier Wensum in Engeland (65 kg/ha).

The annual monitoring (electric fishing) of 3 sections in the headwater and middle river areas of the Grote Nete catchment (downstream the watermills of 'Hoolst', 'Straal' and 'Meerhout') indicate that on all locations natural recruitment of the species is present. The natural recruitment is highest in the furthest downstream area of the watermill of Meerhout, and the measurements for five consecutive years indicate an increasing trend in the recruitment, so that we can speak of a self-maintaining population of Chub. Ignoring extremes, we measured a biomass between 1.5 and 2.2 kg of Chub per 100 m river's length (18.7 and 37.0 kg/ha) in the three stations. Considering that only 'good' Chub sections were followed up on, Chub density and biomass in the river Grote Nete is on the low side. The 'best' values of the Grote Nete catchment are around the average Chub biomass in the river Ourthe (20 kg/ha) and well below the averages noted in the river Wensum in the UK (65 kg/ha).

Er zijn aanwijzingen dat de strenge winter van 1996-1997, waarbij praktisch de volledige rivier dichtgevroren was, een betrekkelijk grote sterfte zou hebben veroorzaakt onder de kopvoorns in de Grote Nete, hoofdzakelijk maar niet uitsluitend onder de 0+ juvenielen. Verder stelden we een volledig falende rekrutering vast in het daaropvolgende jaar. Een oorzaak voor dit fenomeen kan niet meteen aangeduid worden. Mogelijk liggen de strenge winter van 1996-1997 of de klimatologische omstandigheden voor, tijdens of vlak na de paai van 1997 aan de basis hiervan.

There are indications that the cold winter of 1996-97, when nearly the whole river was frozen, caused a relatively large number of deaths amongst the Chubs of the Grote Nete, mostly amongst the 0+ juveniles. In addition, we found a failing recruitment the following year. The reason for this is not clear, but possible causes are the cold winter of 1996-97 or climatological conditions before, during or after the spawning season of 1997.

De groeicurve van kopvoorn uit de Grote Nete ligt nagenoeg over de gehele lijn boven groeicurven voor andere rivieren. Dit creëert naar onze mening een valse beeld dat de dieren uit de Nete het beter zouden doen (sneller groeien) dan hun soortgenoten elders, maar is wellicht te wijten aan het feit dat steeds jonge dieren in de populatie zijn uitgezet die een betere groei hebben gekend in hun eerste en tweede levensjaar door hun opkweek op vijvers (die warmer waren dan het rivierwater en/of waar meer voedsel voorhanden was) in vergelijking met de dieren van natuurlijke rekrutering in de Nete zelf. Zoals reeds aangetoond in andere rivieren, groeien ook in de Nete-populatie de vrouwelijke kopvoorns gemiddeld sneller dan de mannetjes. Algemeen mogen we besluiten dat de groei van de soort, 7 jaar na de eerste herintroductie in de Grote Nete, zeer goed verloopt.

The growth curve of the Chub in the river Grote Nete is generally situated above the growth curves for other rivers. This gives the impression that the animals in the Nete fare better (grow faster) than their counterparts elsewhere, but it is probably due to the fact that young animals that were stocked have grown better during their first and second year in the conditions of a pond (usually warmer than in a river and with more food available), compared to the animals naturally recruited in the Nete itself. As in other rivers, on average female Chub grow faster than males. On the whole we can conclude that the growth of the species, 7 years after the first re-introduction in the Grote Nete, is successful.

Op macroschaal bestaat het voorkeurhabitat van kopvoorns in het onderzochte stroomgebied van de Nete uit trajecten met veel holle oevers, met hogere stroomsnelheden en gedomineerd door hard substraat dat opgebouwd is uit kiezel, ijzerzandsteen of steen. Anderzijds blijkt uit ons onderzoek geen associatie van de soort met overhangende bedekking ('cover') door bomen en struiken, iets wat nochtans vaak in de literatuur beschreven wordt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de bedekking door relatief jonge en dus kleine struiken (zoals zwarte els en wilg) op de oevers de Grote Nete nog echter eerder marginaal is te noemen, aangezien de oevers (zoals de meeste beek- en rivieroevers in Vlaanderen) tot voor kort jaarlijks werden gemaaid. Hypothetisch gezien zou de afwezige associatie van kopvoorn met oeveropslag dus louter een gevolg zijn van het feit dat er niet voldoende opslag beschikbaar is.

At a macro level, the preferred habitat of Chub in the Nete-catchment, is found in sections with undercut banks, with higher current velocities and a hard substrate of gravel, iron-sandstone or stones. Our results do not indicate a preference for bank side cover from trees or shrubs, although this is often described as relevant in the literature. A possible explanation would be that the cover by relatively young and hence small shrubs (such as alders) in the catchment still is somewhat marginal, as most of the riverbanks were mowed annually until recently (like most of the riverbanks in Flanders). Therefore it is hypothetically possible that the missing connection between Chub and cover is simply a result of lack of cover.

Uit onderzoek van het microhabitat blijkt dat juveniele en oudere kopvoorns in de Grote Nete in gescheiden biotopen voorkomen, zo blijkt althans met betrekking tot de diepte van de waterkolom en tot de stroomsnelheid. Zowel in de zomer (17-22%) als in de winter (5-13%) is er slechts weinig overlap in de gecombineerde keuze voor beide rivierkenmerken. 0+ juveniele kopvoorns kiezen in de zomer vrij ondiepe plaatsen (10-50 cm) met relatief lage stroomsnelheden (0-10 cm/s) en verhuizen in de winter zo mogelijk naar nog minder diepe traag stromende biotopen. Oudere vissen gebruiken een grotere range aan diepten en stroomsnelheden, waarbij de grootste dieren duidelijk een voorkeur hebben voor de diepere rivierdelen. Ze prefereren in beide seizoenen dieper (30-130 cm) en sneller stromend (0-80 cm/s) water dan 0+ juvenielen. Nochtans weerspiegelt de scheiding tussen leeftijdscategorieën zich niet zo uitgesproken in alle microhabitat kenmerken. Zo hebben alle leeftijdsgroepen uit de populatie een voorkeur voor oeverbiotopen. Meerbepaald zijn 1+ en oudere kopvoorns zowel in de zomer als in de winter bij holle oevers terug te vinden, maar ook 0+ juvenielen hebben een zwakke voorkeur voor dit oevertype, zij het enkel tijdens de wintermaanden.

Microhabitat research shows that juvenile and older Chub in the river Grote Nete occur in separate habitats, at least as far as water depth and water velocity is concerned. Both in the summer (17-22%) as in the winter (5-13%) there is very little overlap in the combined choice for both environmental variables. 0+ juvenile Chub choose fairly shallow spots in the summer, with relatively low water velocity (2-10cm/s) and in the winter move to even slower flowing habitats. Older fish use a larger range of depths and velocities, whereby the larger animals clearly prefer the deeper parts of the river. In both seasons they prefer deeper (30-130 cm) and faster flowing water (0-80 cm/s) than 0+ juveniles. Nevertheless this difference between the life stages is not reflected so clearly in all habitat characteristics. All age groups in the population prefer bankside area's. In particular the 1+ and older Chub occur near undercut banks both the summer and the winter, but 0+ juveniles have a slight preference for this type of riverbank, although only in the winter.

Kopvoorns bezitten ook een zekere substraatspecificiteit. 1+ en oudere vissen selecteren steeds harde substraattypes (kiezel, stenen en ijzerzandsteen) terwijl 0+ juvenielen in de zomer harde - en in de winter zachtere bodems (zand en slib) opzoeken. Bovendien blijkt op microschaal ook 'debris' (dood hout, takken en twijgen) een belangrijke factor voor het voorkomen van kopvoorn. De variabele wordt in beide seizoenen sterk uitgeselecteerd door beide leeftijdsgroepen, en deze preferentie neemt voor 0+ juvenielen in de winter zelfs nog toe.

Chubs also prefer certain substrates. 1+ and older fish always select hard substrates (gravel, stones and iron-sandstone) while 0+ juveniles prefer hard substrates in the summer and fine substrates in the winter (sand and mud). In addition the amount of 'debris' (large and small woody debris) is important for Chub. There is a strong selection of this environmental variable by both age groups in both seasons, and this preference increases for 0+ juveniles in the winter.

Schuilbiotopen, zoals de in ons onderzoek gedefinieerde 'riparian cover' (in het water hangende kruidachtige vegetatie of takken) of 'overhangende cover' (bedekking van het wateroppervlak door laaghangende takken van bomen of struiken), blijken aantrekkelijk voor zowel 0+ juvenielen als 1+ en oudere vissen in beide seizoenen. Daarbij verkiezen 0+ juvenielen in de wintermaanden eerder

riparian cover. Niettemin wordt ook van overhangende cover meer gebruik gemaakt in de winter dan in de zomer.

River habitats providing cover, like 'riparian cover' (herblike vegetation or branches hanging in the water) or 'overhanging cover' (coverage of the water surface by low hanging branches of trees or shrubs), prove to be attractive for both the 0+ juveniles as the 1+ and older fish in both seasons. The 0+ juveniles tend to choose the riparian cover during the winter months. Even so, the overhanging cover is used more in the winter than in the summer.

Jaarlijkse mobiliteitscycli van adulte kopvoorns tonen aan dat de vissen 1 of meerdere vaste verblijfplaatsen hebben in de rivier, waarop ze gedurende langere periodes verblijven en waar ze steeds naar weerkeren. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen meer en minder mobiele dieren in de populatie. Kopvoornmannetjes zijn algemeen minder mobiel en hebben dus systematisch een kleinere home range dan vrouwtjes. De zeer 'actieve' voortplantingsperiode (april-mei-juni) onderscheidt zich duidelijk van de rest van het jaar, waarin de mobiliteit beduidend lager is. Kopvoornmannetjes lijken de voorjaarsmigratie eerder aan te vangen dan vrouwtjes (maart vs. april) en lijken zich meer en langer op te houden ter hoogte van de paaiplaatsen (dicht bij de molenstuw). Verder zijn stuwen niet enkel een stroomopwaarts migratieknelpunt, maar vormen ze ook een hindernis voor de stroomafwaartse verplaatsing/verspreiding van de vissen, zelfs wanneer ze een verval hebben van minder dan 1 m.

Annual mobility cycles of adult Chub show that the fish have one or more home sites in the river, which they return to for longer periods of time and keep returning to. It is possible to discriminate between more and less mobile animals in the population. Chub males are generally less mobile, and hence have a smaller home range than females. There is a difference in mobility of the animals between the very 'active' spawning season (April, May, June) and the rest of the year. Chub males seem to set off for the spring migration earlier than the females (March to April) and they seem to spend longer periods of time around the spawning area (downstream of the watermill). In addition weirs and watermills not only affect upstream migration, but they are also a problem for downstream migration of chub, even when the height is only about a 1m.

Kopvoorns vertonen sterke individuele verschillen voor wat betreft hun dagelijkse activiteit. Toch komen uit de dagelijkse activiteitscycli twee ritmische patronen naar voor: nachtactiviteit (voornamelijk bij vrouwtjes) en een wisseling tussen dag- en nachtverblijfplaats (enkel bij mannetjes waargenomen). Het algemeen activiteitspatroon van kopvoorns bestaat uit een inactieve periode (overdag) en een actieve periode ('s nachts, voor zonsondergang en na zonsopgang).

Chubs show marked individual variation as far as their daily activities are concerned. Nevertheless the daily activity cycles show two rhythmic patterns : nocturnal activity (mostly by females) and a change from day to night residence (only seen amongst males). The general activity patterns of Chub consist of a passive period (daytime) and an active period (night, and around dawn and dusk).

In een traject van 100 m stroomafwaarts van de watermolen van Meerhout werd tijdens de maanden mei en juni 1998 voortplantingsactiviteit van gezenderde kopvoorns vastgesteld, meer bepaald in 3 gescheiden periodes die elk slechts 1 of enkele dagen duurden. Het betrof steeds dagen die voorafgegaan werden door een aanzienlijke stijging van de watertemperatuur, met maxima hoger dan 16 °C. Het bestaan van 3 voortplantingsperiodes wordt weerspiegeld in de lengte-frequentieverdeling van 0+ juvenielen de volgende winter. Op basis van de gegevens uit onze radiotelemetriestudie is het meer dan waarschijnlijk dat sommige vrouwtjes 3 maal toe paaiden in dat seizoen en dus 'multispawning'-gedrag vertonen. Het paa habitat van kopvoorn in de Grote Nete bestaat uit ondiepe (20 tot 40 cm) stroomversnellingen met stroomkuilen van 40 tot 80 cm diep in de onmiddellijke omgeving. De paaplaatsen hebben de hoogste stroomsnelheden uit het studiegebied (40 tot 100 cm/s).

met uitschieters boven 120 cm/s) en hebben een overwegend stenig substraat (harde bodem van ijierzandsteen, hier en daar bedekt met puin).

Along a trajectory of 100 m downstream from the watermill of Meerhout spawning activity was reported for the Chub with radio implants during the months of May and June 1998, particularly during 3 distinct periods of one or more days each. In each case there had been a considerable increase in water temperature during the preceding days, with maxima above 16°C. These three periods of reproduction showed up in the length/frequency distribution of the 0+ juveniles the following winter. Our radio telemetry study suggests that most probably some females spawn up to 3 times that season and thus displayed 'multispawning' behaviour. The spawning habitat of Chub in the Grote Nete consists of shallow (20 to 40 cm) runs with 40 to 80 cm deep pools in the immediate surroundings. The spawning area have the highest current velocities in the river (40 to 100 cm/s, with extremes above 120 cm/s) and have a predominantly stony substrate (hard soil of iron sandstone, covered here and there with stones).

Met betrekking tot het herstel van kopvoornpopulaties in het Vlaamse Gewest kunnen we op basis van dit onderzoek volgende aanbevelingen doen:

- nieuwe herintroductieprojecten bestaan best uit een eenmalige uitzetting van een voldoende aantal (0+) juvenielen, die liefst verspreid en 'druppelsgewijs' uitgezet worden.
- een goede monitoring van nieuwe herintroducties bestaat uit 2 bevissingen per jaar: één in het voorjaar vlak voor het voortplantingsseizoen en één in het vroege najaar. Dergelijke bevissingen leveren gegevens over groei, geslachtsrijping rekrutering en wintermortaliteit; er kunnen eenvoudige en betrouwbare groeicurven opgesteld worden voor beide geslachten en ook de aanvang en omvang van rekrutering kan vastgesteld worden.
- bij inrichting en het beheer van rivieren in Vlaanderen dienen maatregelen genomen te worden om vorming en behoud van holle oevers te bevorderen. Betreding (bv. door vee) of bewerking van oeverstroken (omploegen van akkers) is nefast voor holle oevers. Oeverbegroeiing door struiken daarentegen kan de vorming van holle oevers in de hand werken en dient dus gestimuleerd. Harde oeververdediging moet zo veel mogelijk beperkt worden.
- trajecten met hogere stroomsnelheden zijn bijzonder gunstig als opgroei- en foerageerhabitat en essentieel als paaiplaats voor kopvoorns. Plaatsen met hogere stroomsnelheden moeten behouden of opnieuw ontwikkeld worden, bijvoorbeeld door stuwen te vervangen door (stenige) stroomversnellingen met een goed ontwikkeld stroomkuilenpatroon.
- een gevarieerde fysische structuur (stroomversnellingen, stroomluwtes en stroomkuilen) moet in principe over het volledig verloop van de rivier geregeld voorkomen. De vorming van dit biotoop wordt in de hand gewerkt door de aanwezigheid van dood hout (takken en boomstammen) dat zorgt voor kleine vervalletjes of plaatselijke vernauwingen.
- ruimen van rivieren die van nature (plaatselijk) een hardere bodem hebben of kunnen ontwikkelen (bv. grindbanken, ijierzandsteen,...) dient vermeden te worden, aangezien kopvoorns plaatsen met hard substraat verkiezen. Op plaatsen waar door hogere stroomsnelheden geen sedimentatie kan optreden, kunnen plaatselijk stenige of grindbodems aangelegd of hersteld worden.
- door rivieroevers niet te maaien wordt struikopslag op deze oevers mogelijk, waarvan de in het water hangende takken als schuilbiotoop dienst kunnen doen voor kopvoorns. Daarnaast is de kruidachtige vegetatie, die in het winter in het water hangt, interessant voor juvenielen.
- juvenielen hebben duidelijk ook nood aan ondiepe rivierdelen met lage stroomsnelheden. Een dergelijk biotoop treft men aan ter hoogte van inhammen (afkalvingen) van de rivieroever, in nevengeulen en in dode armen (afgesneden meanders). Rivierrestauratie en natuurtechnische milieubouw zou het herstel van een dergelijk juveniel habitatype moeten bevorderen.
- dood hout in de rivierbedding trekt zowel juveniele als adulte kopvoorns aan. Indien niet strikt noodzakelijk zou dood hout dan ook niet verwijderd mogen worden uit de bedding. Daarnaast zijn beleids- en beheersmaatregelen nodig die de aanwezigheid van dood hout in de waterlopen bevorderen.

For the restoration of Chub population in Flanders, this study leads us to make the following recommendations :

- new re-introduction programmes should preferably introduce a sufficient number of juveniles (0+) in one go, that are preferably introduced in a dispersed and 'one at a time' fashion.
- in order to monitor the new reintroductions, two fishing sessions a year should be organised, one in the spring just before the breeding season and one in late autumn. Such fishing can give information on growth, sexual maturation, recruitment and winter mortality. In addition, it allows for the compilation of simple and efficient growth curves for both sexes and also the start and size of recruitment.
- river management in Flanders should incorporate maintenance practices that allow development of undercut banks. Trampling (by cattle) or cultivation (such as ploughing) is detrimental for hollow riverbanks. Shrubs on riverbanks can help the development of undercut banks and should be stimulated. Revetment of riverbanks are to be avoided.
- fastflowing sections (runs, riffles) of our lowland rivers are particularly advantageous as habitats for growing up and feeding, and they are essential for the Chub as spawning grounds. Fastflowing areas should be maintained or increased, for instance by replacing dams with cascaded rocky ramps or bolder runs with a well developed pool-riffle pattern.
- a varied physical structure (riffles and runs, current shelters and pools) is important all along the river. The creation of such a biotope is initiated by the presence of large woody debris in the river (branches and tree trunks) which creates local plunge pools or increases the current velocity by making the river narrower.
- Clearing the river of its hard substrates or areas that could become hard riverbeds (gravel banks, iron sand stone, ...) should be avoided, as Chub prefer hard substrates. In areas where a higher current speed avoid sedimentation, it would be possible to create stony or gravel riverbeds.
- Riverbanks should not be mowed, as the shrubs overhanging the river are a good shelters for Chub. In addition, herbal vegetation, hanging in the water during the winter, is useful for the juveniles.
- Juveniles clearly need shallow parts of the river with low speeds. Such biotopes are found in shallow bays, in creeks, cut-off meanders or oxbow lakes. River rehabilitation and restoration for fish should promote the reinstatement of such juvenile habitat types.
- Large woody debris in the riverbed attracts both juvenile and adult Chub. If it is not strictly necessary (eg. for flood control) the logs and branches should not be removed from the riverbeds. In addition some policy and management measures are needed to increase the amount of dead wood in the rivers.

Het Instituut voor Natuurbehoud

Het Instituut voor Natuurbehoud (IN) is een wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap; het telt momenteel een 100-tal medewerkers.

Het werd op 1 maart 1986 operationeel met als algemene taakstelling: “alle passende wetenschappelijke studies, onderzoeken en werkzaamheden uit te voeren in verband met het natuurbehoud, inzonderheid met het oog op het uitwerken van actiemiddelen en wetenschappelijke criteria tot het voeren van een beleid inzake natuurbehoud; hiertoe verzamelt het alle nuttige documentatie, onderneemt het de nodige studies en onderzoeken, richt enquêtes in en zorgt voor de overdracht van de verworven kennis aan de bevoegde overheden...”

Het onderzoek heeft vooral betrekking op de diverse aspecten van de biodiversiteit, meer bepaald de inventarisatie, monitoring en ecologie van planten- en diersoorten, populaties en levensgemeenschappen in relatie tot hun omgeving. In het landschapsecologisch onderzoek gaat de aandacht vooral naar ecohydrologie, habitatfragmentatie en ecosysteemprocessen. De wetenschappelijke kennis ligt aan de basis van referentiekaders (zoals Rode Lijsten van diverse taxonomische groepen), karteringen van het natuurlijk milieu (zoals de Biologische waarderingskaart, BWK) en gebiedsgerichte acties inzake natuurontwikkeling, -herstel en -beheer. Dit beoogt het beleidsmatig inpassen van ruimtelijke en kwalitatieve noden van natuurbehoud in landinrichting, ruimtelijke planning, integraal waterbeheer en milieubeheer. Toepassingen liggen o.m. in de sfeer van het afbakenen van ecologische netwerken en gebieden van internationale betekenis en soortbeschermingsplannen.

Het Instituut is betrokken bij verschillende regionale, nationale en internationale onderzoeksprogramma's en netwerken. Daarnaast is er nauwe samenwerking met universiteiten en andere wetenschappelijke instellingen in binnen- en buitenland.

Adviesverlening is een belangrijke taak van het Instituut. Deze gebeurt zowel ten behoeve van het Kabinet van de bevoegde Minister, de Vlaamse Hoge Raad voor Natuurbehoud, de Milieu- en Natuurraad van Vlaanderen, AMINAL, AHRM en andere entiteiten van de Vlaamse Gemeenschap.

In opdracht van derden kunnen via het Eigen Vermogen specifieke studies, karteringen en expertises worden uitgevoerd, waarvoor tijdelijke contractuele medewerkers kunnen worden aangetrokken.

Het Instituut voor Natuurbehoud publiceert rapporten en mededelingen in een eigen reeks. De bibliotheek biedt een ruim aanbod van tijdschriften en referentiewerken inzake milieu en natuur. Daarnaast biedt het Instituut diverse informatie aan via internet.

Algemeen Directeur: Prof. Dr. Eckhart Kuijken.



Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap



Instituut voor Natuurbehoud - Kliniekstraat 25 - 1070 Brussel - België
Tel : +32 2-558 18 11 - Fax : +32 2 558 18 05
www.instnat.be - info@instnat.be