

50251628-KPS/MEC 03-6142

03-07-25

*Passage van schubvis door de waterkracht-  
centrale in de Maas bij Linne;  
najaar 2002*



KEMA POWER GENERATION & SUSTAINABLES

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem

P.O.Box 9035, 6800 ET Arnhem

The Netherlands

Telephone +31 26 3 56 35 00

Telefax +31 26 4 42 87 13

Email [infokps@kema.nl](mailto:infokps@kema.nl)

Internet [www.kema-kps.com](http://www.kema-kps.com)

[www.kema.com](http://www.kema.com)

1645-69

KEMA POWER GENERATION & SUSTAINABLES

50251628-KPS/MEC 03-6142

**Passage van schubvis door de water-  
krachtcentrale in de Maas bij Linne;  
najaar 2002**

Arnhem, 25 juli 2003

Auteur M.C.M. Bruijs  
KEMA Power Generation & Sustainables

In opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Limburg

auteur : M.C.M. Bruijs

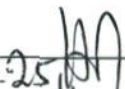
B 44 blz. 6 bijl.

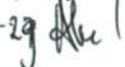
03-07-25 

CD

beoordeeld : H.A. Jenner

goedgekeurd : A.G.L. Zeijseink

03-07-25 

03-07-29 



© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens KEMA Nederland B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, toekomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

## INHOUD

blz.

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SAMENVATTING .....                                                                                                               | 5  |
| 1 Inleiding .....                                                                                                                | 8  |
| 1.1 Vismigratie .....                                                                                                            | 9  |
| 1.1.1 Perioden van stroomafwaartse vismigratie in de Maas .....                                                                  | 10 |
| 1.2 Schade aan schubvis door passage van turbines .....                                                                          | 11 |
| 1.2.1 Algemeen overzicht schubvisschade bij Kaplan turbines .....                                                                | 12 |
| 1.3 Oorzaken en typen van beschadiging .....                                                                                     | 13 |
| 2 Materiaal en methoden .....                                                                                                    | 15 |
| 2.1 Beschrijving van de waterkrachtcentrale te Linne .....                                                                       | 15 |
| 2.2 Conditie tijdens het onderzoek .....                                                                                         | 16 |
| 2.2.1 Maasdebiet .....                                                                                                           | 16 |
| 2.2.2 Turbinedebiet .....                                                                                                        | 16 |
| 2.2.3 Waterparameters .....                                                                                                      | 17 |
| 2.3 Visbemonsteringen turbine 4 .....                                                                                            | 17 |
| 2.3.1 Procedure visbemonstering .....                                                                                            | 17 |
| 2.3.2 Verwerking monsters .....                                                                                                  | 18 |
| 3 Resultaten .....                                                                                                               | 19 |
| 3.1 Debieten .....                                                                                                               | 20 |
| 3.2 Watertemperatuur en zichtdiepte .....                                                                                        | 21 |
| 3.3 Samenstelling van de vangst .....                                                                                            | 22 |
| 3.4 Schade aan schubvis WKC Linne najaar 2002 .....                                                                              | 26 |
| 3.5 Vergelijking resultaten met andere onderzoeken .....                                                                         | 29 |
| LITERATUUR .....                                                                                                                 | 33 |
| Bijlage A Indeling van de zoetwatervissen in hoofdgroepen (Quak & Van der Spiegel, 1992) .....                                   | 35 |
| Bijlage B Overzicht aantallen onbeschadigde schubvis per bemonstering bij passage van turbine 4 bij WKC Linne, najaar 2002 ..... | 36 |
| Bijlage C Overzicht aantallen beschadigde schubvis per bemonstering bij passage van turbine 4 bij WKC Linne, najaar 2002 .....   | 37 |



blz.

|           |                                                                                                                          |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bijlage D | Overzicht lengten van beschadigde en onbeschadigde schubvissen.....                                                      | 38 |
| Bijlage E | Overzicht categoriën letale schubvisschade per bemonstering bij passage<br>van turbine 4 bij WKC Linne, najaar 2002..... | 40 |
| Bijlage F | Lengtefrequenties van doelsoorten.....                                                                                   | 43 |

## **SAMENVATTING**

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg is tijdens de bemonsteringen in het kader van het EU project "Silver Eel" achter de waterkrachtcentrale (WKC) in de Maas bij Linne een analyse gemaakt van de schubvis die de turbines van WKC Linne passeert en de schade die hierbij optreedt. De interesse bij RWS gaat met name uit naar specifieke doelsoorten, zoals stroomminnende vissoorten en rode lijst soorten. Het is bekend dat deze soorten de laatste jaren in aantal zijn toegenomen en er worden nu grotere vangsten verwacht.

Het veldonderzoek bij de WKC Linne is uitgevoerd in het najaar van 2002, in de periode tussen 2 september en 22 november. De analyse van alle bemonsterde schubvissen bestond uit determinatie van soorten, tellen van het aantal individuen, het meten van de lengte (maximaal 50 individuen per soort per bemonstering) en bepaling van de schade voor vis > 10 cm (aantal vissen met schade en ernst van de schade) veroorzaakt door passage van turbine 4 van de WKC Linne. In totaal zijn 7.368 schubvissen gevangen behorende tot 23 soorten. Veruit de meerderheid van de vis bestond uit baars met 3.320 individuen (43,7% van de totale vangst). Ook blankvoorn en pos werden in redelijk grote aantallen aangetroffen, respectievelijk 1.657 individuen (22,5% van de totale vangst) en 1.155 individuen (15,7% van de totale vangst). Overige soorten die regelmatig in redelijke aantallen (> 100 individuen) werden gevonden zijn: snoekbaars (n = 580), brasem / blei (n = 483) en kopvoorn (n = 125). De overige soorten werden in geringe aantallen (n << 100) aangetroffen. Het merendeel van de totaalvangst bestond uit kleine exemplaren (73,5% < 10 cm < 26,5%).

In totaal zijn 42 individuen beschadigd door passage van de turbine, behorende tot zes soorten. Hiervan zijn 40 letaal en twee niet-letaal beschadigd. De grootteorde van het schadepercentage bij het onderzoek bij WKC Linne in het najaar van 2002 is voor karperachtigen (blankvoorn en brasem / blei) gemiddeld  $1,27 \pm 0,25\%$  en voor baarsachtigen (snoekbaars en baars) gemiddeld  $0,42 \pm 0,15\%$ , berekend over alle lengteklassen. Berekend voor alleen de individuen > 10 cm zijn de schadepercentages voor karperachtigen gemiddeld  $3,75 \pm 1,9\%$  en voor baarsachtigen gemiddeld  $1,2 \pm 0,4\%$ . In onderstaande tabel zijn voor beide visgroepen de schadepercentages voor alle lengteklassen en voor vis > 10 cm samengevat.



| categorie vis      | aantal | gemiddelde lengte (cm) |                        | percentage letale schade (%) |
|--------------------|--------|------------------------|------------------------|------------------------------|
|                    |        | totaal                 | beschadigde individuen |                              |
| alle lengteklassen |        |                        |                        |                              |
| karperachtigen     | 3800   | 12,60                  | 21                     | 1,27 ± 0,25%                 |
| baarsachtigen      | 2265   | 12,95                  | 33,97                  | 0,42 ± 0,15%                 |
| voor vis > 10 cm   |        |                        |                        |                              |
| karperachtigen     | 993    | 16,3                   | 21                     | 3,75 ± 1,9%                  |
| baarsachtigen      | 642    | 22                     | 33,97                  | 1,2 ± 0,4%                   |

Uit het onderzoek blijkt dat de schade voor hogere lengteklassen groter is. In het najaar zijn echter voornamelijk juvenielen gevangen. Voor een goede indruk van gemiddelde schubvis-schade gedurende het gehele jaar moet er ook gedurende het voorjaar / de zomer worden bemonsterd als er meer adulten migreren en de gemiddelde lengtes van de gevangen soorten hoger zullen zijn. De schadepercentages in het najaar zijn een onderschatting.

Betreffende zalmachtigen is één exemplaar gevangen (een zeeforel van 35,5 cm), welke le-taal was beschadigd. Hierdoor is over het schadepercentage bij zalmachtigen geen uitspraak te doen. Specifieke doelsoorten, zoals stroomminnende vissoorten en rode lijst soorten zijn in dit onderzoek weinig gevangen. Alleen van kopvoorn ( $n \approx 125$ , waarvan 5 > 10 cm), bar-beel ( $n = 26$ , waarvan 19 > 10 cm), sneep ( $n = 19$ , waarvan 7 > 10 cm), rivierprik ( $n = 17$ , al-len > 10 cm) en winde ( $n = 6$ , allen > 10 cm) zijn meerdere individuen gevangen, maar het merendeel is kleiner dan 10 cm (behalve rivierprik; gemiddeld 39,7 cm). Alleen voor kop-voorn is schade geconstateerd (voor één exemplaar (8,5 cm) = 0,8% over alle lengteklas-sen). Voor de andere specifieke doelsoorten is geen schade geconstateerd, maar zijn de ge-vangen aantallen te laag om uitspraken te doen over schadepercentages.

In eerdere onderzoeken bij Europese en Noord-Amerikaanse waterkrachtcentrales met ver-gelijkbare Kaplan bulbturbines bedraagt het gemiddelde sterftepercentage voor vissen >10 cm 3,4% voor karperachtigen en 4,1% voor baarsachtigen. De sterfte die bij WKC Linne in 2002 is gevonden voor vissen >10 cm, is voor karperachtigen vergelijkbaar ( $3,75 \pm 1,9\%$ ), maar voor baarsachtigen wat lager ( $1,2 \pm 0,4\%$ ).

Bij de vergelijking van het huidige onderzoek met de eerdere onderzoeken bij WKC Linne (najaar 1990 en voorjaar 1991), is duidelijk veel variatie in schadepercentage van vis > 10 cm tussen de seizoenen, tussen de verschillende jaren, tussen vissoorten en bij ver-schillende debieten. Dit is waarschijnlijk te verklaren door de lage aantallen vis > 10 cm in de najaren van 1990 en 2002, waardoor de schadepercentages minder betrouwbaar zijn. Ook

het effect van turbinedebiet in deze twee najaaren is hierdoor moeilijk vast te stellen. In het voorjaar van 1991 is wel een effect van het turbinedebiet op schadepercentage gevonden (hoe lager het turbinedebiet, hoe groter het schadepercentage). Voor wat betreft de relatie tussen vislengte en schade is in het huidige onderzoek aangetoond dat bij grotere vissen de sterfte hoger is. Voor het najaar 1990 is deze relatie eveneens heel duidelijk voor blankvoorn en brasem / blei, waar de schade voor de grotere exemplaren een factor 4 tot 5 maal hoger lag dan voor de kleinere exemplaren. Voor snoekbaars werd dit verschil echter niet aangetroffen. In het voorjaar van 1991 kon geen lengte-effect worden vastgesteld. Vergelijken we de gemiddelde lengte (vissen > 10 cm) en schadepercentages van de drie meest gevangen vissoorten snoekbaars, blankvoorn en brasem / blei tussen de verschillende onderzoeksjaren, dan is tussen de najaaren van 1990 en 2002 een lengte-effect waarneembaar. In 2002 werden gemiddeld kleinere vissen gevangen, en waren de schadepercentages lager dan in 1990.

## 1 INLEIDING

In het najaar van 2002 is ten behoeve van het EU-project "Silver Eel" door KEMA schieraal bemonsterd achter turbine 4 van de waterkrachtcentrale (WKC) in de Maas bij Linne. Deze bemonsteringen werden uitgevoerd teneinde de migratie van deze soort en de sterfte als gevolg van passage door de turbines van deze WKC te kunnen bepalen.

Tijdens deze bemonsteringen is ook schubvis gevangen. Rijkswaterstaat Directie Limburg wilde graag een beeld hebben van de schubvis die de turbines van WKC Linne passeert en de schade die hierbij optreedt. De interesse bij RWS gaat met name uit naar specifieke doelsoorten, zoals stroomminnende vissoorten en rode lijst soorten. De vangsten van deze vissen in het eerdere onderzoek (KEMA 1990 / 1991) waren te laag om uitspraken te kunnen doen over schadepercentages. Het is bekend dat deze soorten de laatste jaren in aantal zijn toegenomen en er worden nu grotere vangsten verwacht.

Het veldonderzoek bij de WKC Linne, gepland voor de maanden september tot en met november als belangrijke periode voor de trek van schieraal, is uitgevoerd bij de WKC Linne in de periode tussen 2 september en 22 november 2002 door medewerkers van KEMA, ESSENT en vrijwilligers en met medewerking van de stuwbeheerders van Rijkswaterstaat.

*Het zijn de stroomafwaarts migrerende vissen die de turbines zullen passeren. Sterftepercentages zijn afhankelijk van het type turbine, de vissoort en de lengte van de vis, alsook het aandeel van het totale rivierdebiet wat door de centrale zal gaan. Uit onderzoek is gebleken dat de minste visschade wordt veroorzaakt door Kaplan turbines in horizontale toepassing. Bij Kaplan turbines wordt de meeste schade veroorzaakt doordat de vis in aanraking komt met de loopschoepen. Turbulentie en cavitatie treden over het algemeen weinig op. Behalve obligate trekvisen zoals aal en salmoniden, zullen ook andere vissoorten (standvisen en riviertrekvisen) door de turbines worden beschadigd.*

Het doel van dit onderzoek is een analyse van de schubvisvangsten uit bemonsteringen die in het kader van het EU Silver Eel project plaatsvonden in de periode september tot en met november 2002. De analyse van alle bemonsterde schubvisen bestond uit determinatie, tellen van het aantal individuen, het meten van de lengte (maximaal 50 individuen per soort per bemonstering) en bepaling van de schade (aantal vissen met schade en ernst van de schade) veroorzaakt door passage van turbine 4 van WKC Linne.



## 1.1 Vismigratie

Van vismigratie (Pelz, 1985) is sprake als de trek van een vissoort min of meer dwangmatig (obligaat) is en een duidelijke wisseling in habitat met zich meebrengt. Bij zoetwatervissen wordt naast de dagelijkse standplaatswisselingen (ondiep - diep water, dag- / nachtwisselingen; foerageren; beschutting en vlucht), onderscheid gemaakt in de jaargetijdenwisseling (zomerverblijf - winterverblijf) en een wisseling die tot uitbreiding van het leefgebied van een vissoort leidt (trek naar overstroomde oevers in geval van hoog water; (re)kolonisatie van leefgebieden waar de soort niet voorkomt of niet meer voorkwam). Stroomopwaartse en stroomafwaartse migratie is voor vele vissoorten een ecologische noodzakelijkheid. Eén van de belangrijkste motivaties voor migratie is de drang om tot voortplanting over te gaan, de trek naar paaiplaatsen. In deze studie wordt onder migratie verstaan standplaatswisseling in relatie tot het jaargetijde, wisselingen die leiden tot uitbreiding van een vissoort en paaiplaatsmigratie.

Met betrekking tot het migratiegedrag kunnen globaal drie groepen vissoorten worden onderscheiden:

1. vissoorten die migreren tussen zee en het zoete water. Hier worden twee subgroepen onderscheiden; de anadrome vissoorten, die van zee naar het zoete water trekken (bijvoorbeeld zalm, zeeforel, steur, fint, elft, driedoornige stekelbaars) en katadrome vissoorten, die van zoet water naar zee trekken (bijvoorbeeld aal en bot)
2. vissoorten die, uitsluitend in het zoete binnenwater, over soms relatief grote afstanden trekken (bijvoorbeeld beekforel, barbeel, kopvoorn, sneep, alver, serpeling, vlagzalm, snoek en winde)
3. vissoorten die, uitsluitend in het zoete binnenwater, over slechts kleine afstanden trekken (bijvoorbeeld zeelt, brasem, baars, snoekbaars, blankvoorn, bermpje en andere kleine beekvissen).

Visverplaatsing is in sterke mate afhankelijk van de kwaliteit en de kwantiteit van geschikt paa habitat in de leefomgeving van de vis. Rivieren en beken zijn momenteel in de meeste gevallen genormaliseerd en gekanaliseerd waardoor het areaal aan paa habitat sterk is afgenomen. Door het gebrek aan paa habitat worden vissoorten gedwongen om geschikte paa plaatsen te zoeken. Vis zal zich daarbij in de lengterichting van de rivier of beek bewegen waarbij oriëntatie plaatsvindt aan de hand van de stroming en de (ligging van de) oever. In een natuurlijke rivier neemt de stroomsnelheid van de oorsprong tot de monding globaal gezien af. Daartussen bevinden zich vele gradiënten als gevolg van meandering en het smaller en breder worden van de waterloop en verbindingen met andere wateren. In een verstuwde rivier, zoals de Maas, heeft de stroomsnelheidsverdeling een heel ander karakter.

Aan de benedenstroomse zijde van een stuw bevindt zich een zone van relatief grote stroomsnelheid. Verder stroomafwaarts in de richting van de volgende stuw, neemt de stroomsnelheid af. Dit patroon herhaalt zich over de verschillende stuwpanen (zaagtandpatroon) en heeft gevolgen voor de visverplaatsing voorafgaand aan de paaiperiode en locatie van de paaigebieden. Limnofiele soorten (zie voor indeling vissoorten bijlage A) zijn voor hun paaihabitat aangewezen op langzaam stromend en stilstaand water. Deze soorten mijden daarom zones vlak beneden stuwen en zoeken hun paaiplaatsen eerder in rustiger gelegen delen van de stuwpanen of stilstaande wateren. Rheofiele soorten zullen juist stroomopwaarts trekken naar zones met hogere stroomsnelheden waar geschikte paaisubstraten aanwezig zijn. Dit zijn met name gebieden achter de stuw en soms ook zijrivieren en -beken. *Eurytope soorten, die binnen bepaalde grenzen geen bijzondere eisen stellen aan stroomsnelheid in het paaihabitat, kunnen zowel bovenstrooms als benedenstrooms van stuwen geschikt paaihabitat vinden.*

#### 1.1.1 Perioden van stroomafwaartse vismigratie in de Maas

Kennis over perioden met stroomafwaartse vismigratie is van belang in verband met een schatting van de te verwachten visschade als gevolg van passage door de turbines. Gegevens over stroomafwaartse migratie in de Maas zijn onder andere bekend uit het onderzoek bij de waterkrachtcentrale Linne (KEMA, 1992 a, b). Tabel 1 geeft een overzicht van perioden met stroomafwaartse migratie, zoals deze (theoretisch) is ingeschat voor vis in de Roer, een zijrivier van de Maas (OVb, 1998).

Tabel 1 Vissoorten en perioden stroomafwaartse migratie van schubvis voor de situatie in de Roer (OVb, 1998)

| groep | vissoorten                                                                                                                              | stroomafwaartse migratie |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| I     | snoek, snoekbaars, baars, driedoornige stekelbaars, kopvoorn, winde, sneep, serpeling, vlagzalm, barbeel, rivierdonderpad               | april – augustus         |
| II    | beekprik, riviergrondel, biermpje, alver, pos, blankvoorn, brasem, kolblei, karper, gibel, zeelt, ruisvoorn, vetje, grote modderkruiper | mei – half oktober       |



In tabel 2 is de migratie in de Maas aangegeven, zoals deze is geconstateerd uit bemonstering benedenstrooms van de turbines van de WKC Linne in de Maas.

Tabel 2      Perioden van stroomafwaartse migratie van schubvis in de Maas bij WKC Linne (KEMA, 1992)

| soorten               | periode                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>karperachtigen</b> | van karperachtigen (blankvoorn, brasem, blei, alver) zijn als de belangrijkste migratie perioden te verwachten <b>april – juli</b> (adult) en <b>juli – september</b> (juveniel) |
| <b>baarsachtigen</b>  | voor baarsachtigen (snoekbaars, baars, pos) zijn dit de perioden <b>april – mei</b> (adult) en <b>juni – september</b> (juveniel)                                                |

## 1.2      Schade aan schubvis door passage van turbines

Visschade als gevolg van passage door turbines van waterkrachtcentrales is in Europa reeds bekend vanaf het begin van de vorige eeuw, toen het aantal waterkrachtcentrales sterk toenam. Vanaf de vijftiger jaren tot op de huidige dag is veel onderzoek gedaan naar visschade bij waterkrachtcentrales. Het onderzoek heeft zich voornamelijk beperkt tot de meest gangbare typen turbines: Kaplan turbines en Francis turbines. Kaplan turbines worden meestal toegepast bij geringere valhoogtes en Francis turbines bij grotere valhoogtes. Interessant is de wiskundige benadering van visschade als gevolg van contact van de vis met de loopschoepen door Von Raben (1957).

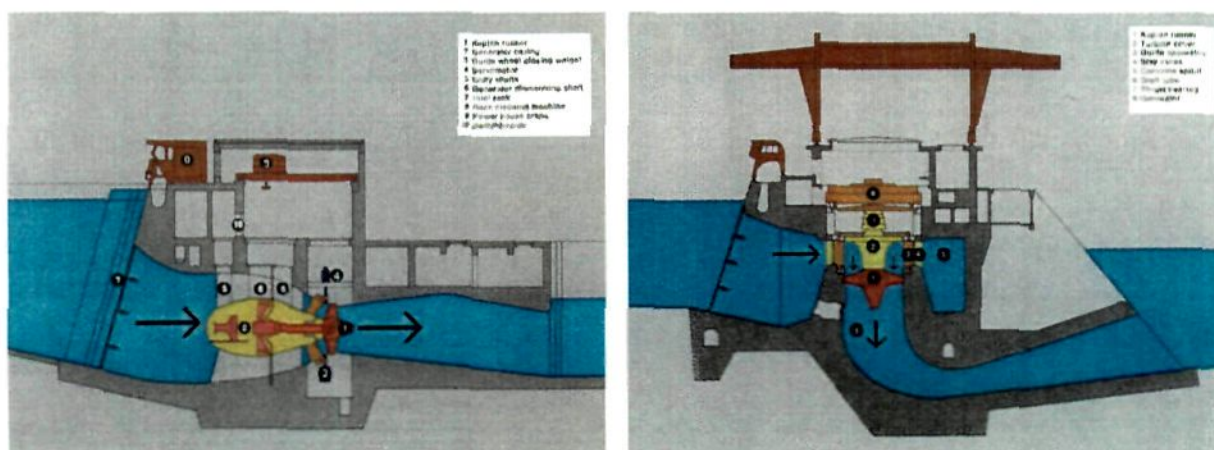
In Nederland is onderzoek naar visschade uitgevoerd bij de waterkrachtcentrales in Linne aan de Maas (Hadderingh & Bakker, 1996, KEMA, 2000) en bij De Haandrik aan de Overijsselse Vecht. In Duitsland is dit onder andere gedaan bij waterkrachtcentrales aan de Neckar (Berg, 1986) en aan de Main (Holzner, 1999). Belangrijke reviews van onderzoeksresultaten van visschade bij turbines zijn gepubliceerd door Montén (1985), Eicher (1987), Davies (1988) en Larinier & Dartiguelongue (1989).

Bij Francis en Kaplan turbines blijkt de sterfte van diverse factoren af te kunnen hangen zoals dimensies van de turbine, bedrijfsvoering, valhoogte, vissoort en lengte van de vis. Bijvoorbeeld, voor salmoniden smolts varieert de sterfte bij Francis turbines sterk, met waarden tussen 5 en 90%. Bij Kaplan turbines is de sterfte van smolts meestal geringer met percen-



tages tussen 5 en 20%. Ook blijkt de methode van onderzoek het gevonden schadepercentage te kunnen beïnvloeden.

Kaplan turbines zijn uitgerust met een krans van leidschoepen (circa 16) en een aantal loopschoepen (drie tot vijf). Door de stand van de leid- en loopschoepen te verstellen wordt de hoeveelheid water die de turbine passeert geregeld. Bij bulbturbines zijn de tandwieloverbrenging en de generator in de bulb geplaatst; de aanstroming van het water is steeds horizontaal gericht (zie figuur 1). Bij Kaplan turbines met een verticale as wordt de horizontale aanstroming via het zogenaamde slakkenhuis omgezet in een verticaal gerichte stroming evenwijdig aan de as van de turbine.



Figuur 1 Kaplan turbine met horizontale as (links) en Kaplan turbine met verticale as (rechts) (Folder Escher Wyss)

### 1.2.1 Algemeen overzicht schubvisschade bij Kaplan turbines

Uit verscheidene onderzoeken bij Europese en Amerikaanse waterkrachtcentrales blijkt dat de sterftepercentages per vissoort en per locatie vrij sterk kunnen verschillen. Dit hangt samen met het grote aantal variabelen, zoals opvangmethode van de vis achter de turbines, conditie van de vis, watertemperatuur, technisch / hydraulische kenmerken van de centrales en lengte van de vis.

Bij een aantal centrales is het sterfteniveau van verschillende lengtegroepen onderzocht. In enkele gevallen blijkt het sterfteniveau van zalmachtigen bij grotere individuen (lengte 25 tot 34 cm) lager te zijn dan bij kleinere individuen (lengte 10 - 14 cm). Dit verschil in sterfte heeft

waarschijnlijk te maken met de relatief hoge gevoeligheid voor schade van de kleinste lengteklasse. Maar in het algemeen, ook voor zalmachtigen, is voor alle vissoorten het sterftenniveau juist het hoogst bij de grotere lengteklassen. Dit beeld komt overeen met bevindingen bij schieraal en heeft waarschijnlijk te maken heeft met een verhoogde trefkans met de loopschoepen bij grotere vis. Het schadeniveau van zalmachtigen blijkt bij bulbturbines lager te zijn dan bij verticale turbines (tabel 3). Dit verschil is minder uitgesproken bij de andere soorten. Bij verticale turbines is het schadepercentage van zalmachtigen hoger dan bij de andere groepen.

Tabel 3      Overzicht letale visschade (%) van de belangrijkste categorieën vis, als gevolg van passage door Kaplan turbines met horizontale respectievelijk verticale as van Europese en Noord Amerikaanse waterkrachtcentrales

| categorie vis                      | Kaplan horizontaal | Kaplan verticaal |
|------------------------------------|--------------------|------------------|
| <b>Europese centrales</b>          |                    |                  |
| karperachtigen                     | 3,4                | 8,2              |
| baarsachtigen                      | 2,5                | 1,7              |
| zalmachtigen                       | 6 *                | 13,8             |
| <b>Noord Amerikaanse centrales</b> |                    |                  |
| karperachtigen                     | -                  | 4,6              |
| baarsachtigen                      | 5,7                | 5,8              |
| zalmachtigen                       | 3,5                | 10,9             |
| <b>totaal</b>                      | <b>4,2 ± 1,5</b>   | <b>7,5 ± 4,3</b> |

\* uitgezette zeeforel smolts bij Linne in voorjaar 1991 (KEMA, 1992b)

### 1.3 Oorzaken en typen van beschadiging

Vissen die de turbines van waterkrachtcentrales passeren, kunnen te maken krijgen met een aantal omstandigheden die beschadigingen respectievelijk sterfte kunnen veroorzaken. Deze omstandigheden zijn onder te verdelen in de volgende categorieën: mechanische oorzaken, druk, "shear" en cavitatie. Deze omstandigheden en de daarbij typerende beschadigingen zijn te vinden in reviews van Davies (1988), Eicher (1987) en Wittinger *et al.* (1995) en worden hierna besproken.

**Mechanische oorzaken:** de belangrijkste mechanische oorzaak van verwondingen en sterfte bij passage door turbines is de directe botsing van vissen met de bewegende loopschoepen van de turbine. Volgens Franke *et al.* (1997) hebben mechanische oorzaken het grootste aandeel in de schade. De typen schade welke door mechanische oorzaken optreden zijn: schaafwonden, insnijdingen, wervelbreuk en decapitatie (scheiding van kop en romp).

**Druk:** bij de passage van de turbines zullen vissen drukveranderingen ondervinden. De hoogste druk bevindt zich net voor de loopschoepen en de laagste druk na de loopschoepen. De hoogste druk hangt af van het niveauverschil tussen het opgestuwde water en de plaats van de turbine. De absolute drukverandering bij de vissen hangt af van de acclimatiedruk, de druk waaraan de vis gewend was voordat de turbine inlaat wordt bereikt. Effecten van drukveranderingen zijn: bloedingen van kieuwen en inwendige organen, uitpuilende ogen en gescheurde zwemblazen. Ten aanzien van schade aan zwemblazen zijn vissen met een open zwemblaas (physostomen zoals karperachtigen, snoek, aal en salmoniden) minder gevoelig voor schade omdat ze in staat zijn de druk in de zwemblaas snel aan te passen in tegenstelling tot vissoorten met een gesloten zwemblaas (physoclisten, zoals baarsachtigen).

**'Shear':** 'shear' ontstaat op plaatsen waar twee waterstromen met verschillende snelheid bij elkaar komen. Typerende schadebeelden zijn gescheurde of omgevouwen kieuwdeksels, schade aan kieuwweefsel, maar ook beschadigingen zoals kop- / rompscheidingen en ontbrekende ogen, beschadigingen die ook andere oorzaken kunnen hebben.

**Cavitatie:** cavitatie is het gevolg van een waterstroom die een gebied van lage druk bereikt en waar een luchtbel ontstaat, gevolgd door een zone van hoge druk. Het gevolg is het uiteenklappen van de luchtbel waardoor de volgende visschade kan optreden: kneuzingen, gescheurde zwemblazen en scheuren in het lichaam.



## 2 MATERIAAL EN METHODEN

### 2.1 Beschrijving van de waterkrachtcentrale te Linne

De waterkrachtcentrale (WKC) te Linne, in bedrijf sinds 1989, ligt in de Maas op 86 kilometer van de Belgische grens, naast de stuw waar het maximale niveauverschil van de rivier 4 meter is. De WKC is uitgevoerd met vier dubbelgeregelde Kaplan turbines met horizontale as, zogenaamde bulbturbines, elk met een diameter van 4 meter. Het vermogen per turbine is 2,87 MW en een maximaal vermogen van de WKC is 3,5 MW bij  $102,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . De WKC heeft in principe een maximum output van 11,5 MWe bij een verval van 4 meter (bovenstroompeil van 20,8 m +NAP) en een maximum debiet van  $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Het debiet per turbine kan variëren van 25 tot  $120 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Het toerental van de turbines is 88,23 rpm, welke in de tandwielkast wordt omgezet in 750 rpm voor de generator. Voor de inlaatpoorten is een spijlenrooster geplaatst om het grove vuil tegen te houden. De ruimte tussen de spijlen is 10 cm breed, zodat nagenoeg alle vis de turbines kan passeren. Tabel 4 geeft een overzicht van de technische details van WKC Linne.

Tabel 4 Technische details van WKC Linne

| algemene informatie     |                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------|
| bovenstrooms niveau     | 20,80 m                                            |
| maximaal verval         | 4,00 m                                             |
| gemiddeld rivier debiet | $250 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$              |
| totale output           | 11,5 MW                                            |
| units                   | 4 x 2,87 MW                                        |
| transmissie             |                                                    |
| type                    | één-traps planetaire tandwielkast                  |
| turbine                 |                                                    |
| type                    | horizontaal, dubbelgeregelde Kaplan turbine        |
| schoepen diameter       | 4 m                                                |
| maximaal vermogen       | 3,5 MW bij $102,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| omwentelingen           | 88,23 rpm                                          |

## 2.2 Condities tijdens het onderzoek

### 2.2.1 Maasdebiet

Gegevens over het debiet van de Maas gedurende de bemonsteringsperiode zijn verkregen van Rijkswaterstaat Directie Limburg. Het betreft daggemiddelden van het meetstation van Borgharen-Dorp.

### 2.2.2 Turbinedebiet

Voor elke turbine werd het debiet gemonitord met een automatisch registratiesysteem. Met dit systeem werd elke minuut het debiet over de stuw, het debiet per turbine en het totale debiet door de WKC geregistreerd. Voor het overzicht zijn hieruit de daggemiddelden berekend.

De in- en uitschakeling en de afregeling van de turbines gebeurt volledig automatisch (RCE-bedrijfsvoering te Eindhoven). Afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid water wordt een aantal turbines ingeschakeld. Dit gebeurt volgens een bepaald regime, zoals is weergegeven in tabel 5 (voorbeeld uit 1990). Het totaaldebiet wordt hierbij gelijk verdeeld over de totale turbines.

Tabel 5 Turbineregime in 1990

| <b>totaal debiet WKC (m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>aantal turbines in bedrijf</b> |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| 30 - 60                                    | 1                                 |
| 60 - 70                                    | 1 à 2                             |
| 70 - 100                                   | 2                                 |
| 100 - 115                                  | 2 à 3                             |
| 115 - 150                                  | 3                                 |
| 150 - 160                                  | 3 à 4                             |
| > 160                                      | 4                                 |

Het debiet van de bemonsterde turbine (turbine 4) werd tijdens de bemonsteringen zoveel mogelijk op een vaste waarde (handmatige instelling) gehouden om het effect van het turbinedebiet op het schadepercentage te kunnen vaststellen. Gedurende de gehele bemonsteringsperiode is turbine 2 uit bedrijf geweest vanwege revisiewerkzaamheden.



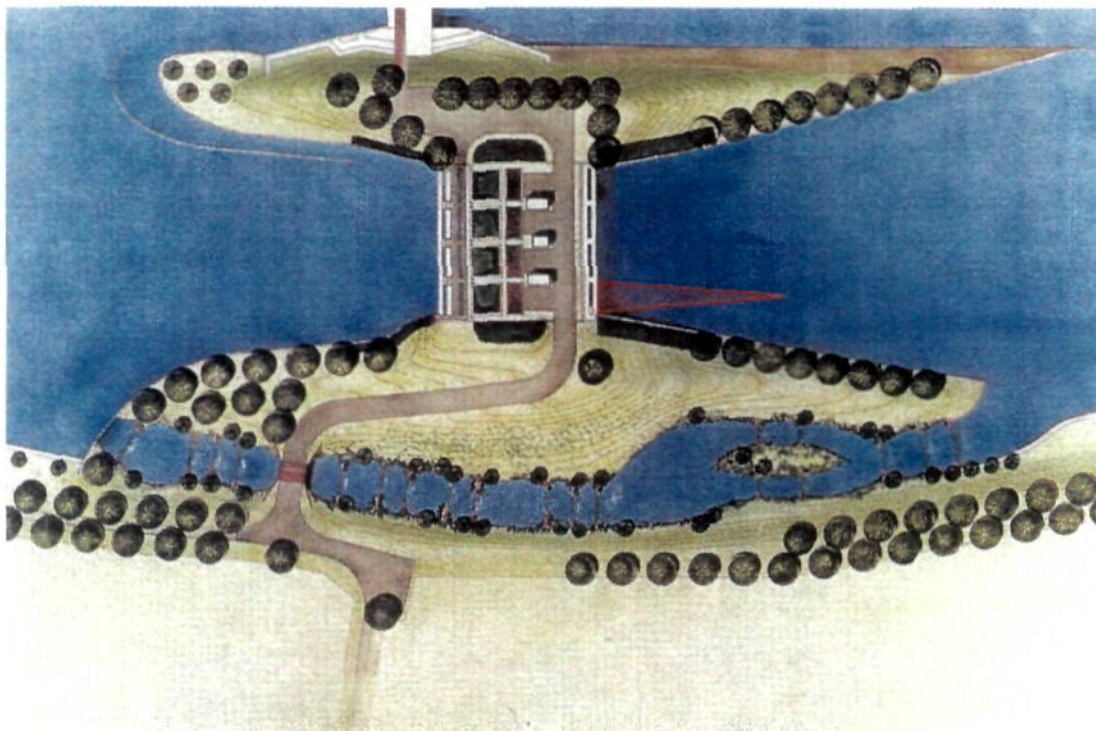
### 2.2.3 Waterparameters

Tijdens elke bemonstering zijn de watertemperatuur en de zichtdiepte (Secchi) gemeten aan het begin van het inlaatkanaal van WKC Linne.

## 2.3 Visbemonsteringen turbine 4

### 2.3.1 Procedure visbemonstering

De visbemonsteringen zijn uitgevoerd met één kuilnet achter turbine 4 (landzijde). Het net heeft een lengte van circa 35 m en loopt taps toe naar het eind waar zich een fuikgedeelte bevond om terugzwemmen van de vis te voorkomen. De eerste 28 m van het net heeft een gestrekte maas van 28 mm, het laatste gedeelte een gestrekte maas van 20 mm. Het net dat was bevestigd aan een frame, werd met een kraan neergelaten in de sponningen van de uitlaatpoorten van turbine 4. Op deze manier kon de door de turbines gepasseerde vis niet ontsnappen. Voordat het net werd neergelaten, werd de turbine eerst doorgespoeld om eventuele aanwezige vis tussen de turbine en de uitlaatopening te verdrijven. Figuur 2 geeft het bovenaanzicht van WKC Linne met de plaats van het net (in rood) achter turbine 4.



Figuur 2 Positionering van het kuilnet achter turbine 4 bij WKC Linne, najaar 2003



*Het net werd gefixeerd met touwen om te voorkomen dat het door schuring tegen de damwand kon beschadigen. Hiertoe was tevens een beschermingsnet aan de landzijde van het net aangebracht. Het uiteinde van het net, waarin de vis zich verzamelt, werd vastgemaakt aan een dwars over het uitlaatkanaal gespannen staalkabel om te voorkomen dat het net de turbine in kon worden getrokken of naar de bodem zonk. Bovendien zijn drijvers aan het net gemonteerd om meer drijfvermogen te krijgen. Het legen van het net werd uitgevoerd vanuit een boot.*

Het onderzoek is uitgevoerd in het najaar van 2002, van 2 september tot en met 22 november. De bemonsteringen waren om de drie dagen ingeroosterd. Er is getracht elke bemonstering om ongeveer 15:30 te starten en de volgende morgen om 08:30 te beëindigen. Voor de schubvis is dit deze bemonsteringstijd niet optimaal omdat de meeste soorten gedurende de dag zullen migreren, maar de bemonsteringen waren met name gericht op schieraal, die in de avond / nacht migreert. Aanpassingen aan dit rooster werden gemaakt op de dag van de start van de bemonstering op basis van de actuele condities van de rivier (Maasdebiet) en de voorspelling van het rivierdebiet voor de volgende 24 uur.

### **2.3.2 Verwerking monsters**

Voor elke vissoort werd het totaal aantal individuen in de vangst geteld en de totaallengte gemeten, afgerond op hele centimeters. Bij grote hoeveelheden vis is van maximaal 50 individuen per soort de lengte gemeten.

De schade is geanalyseerd voor alle vis groter dan 10 cm. Vissen kleiner dan 10 cm zijn niet meegenomen in het schade onderzoek, omdat deze beschadigd kunnen zijn door vuil in het net of contact met het net zelf. Behalve wanneer de schade aan vis < 10 cm duidelijk veroorzaakt is door passage van de centrale, is deze wel beoordeeld en meegenomen in de analyse. Voor elke beschadigde vis is het type beschadiging en de plaats van beschadiging opgenomen. Alleen verse beschadigingen zijn gerekend tot de WKC schade. Van vissen die al langere tijd dood waren (doffe ogen, grijs kieuwweefsel en slijmerige huid), zijn ook niet tot WKC-schade gerekend.

### 3 RESULTATEN

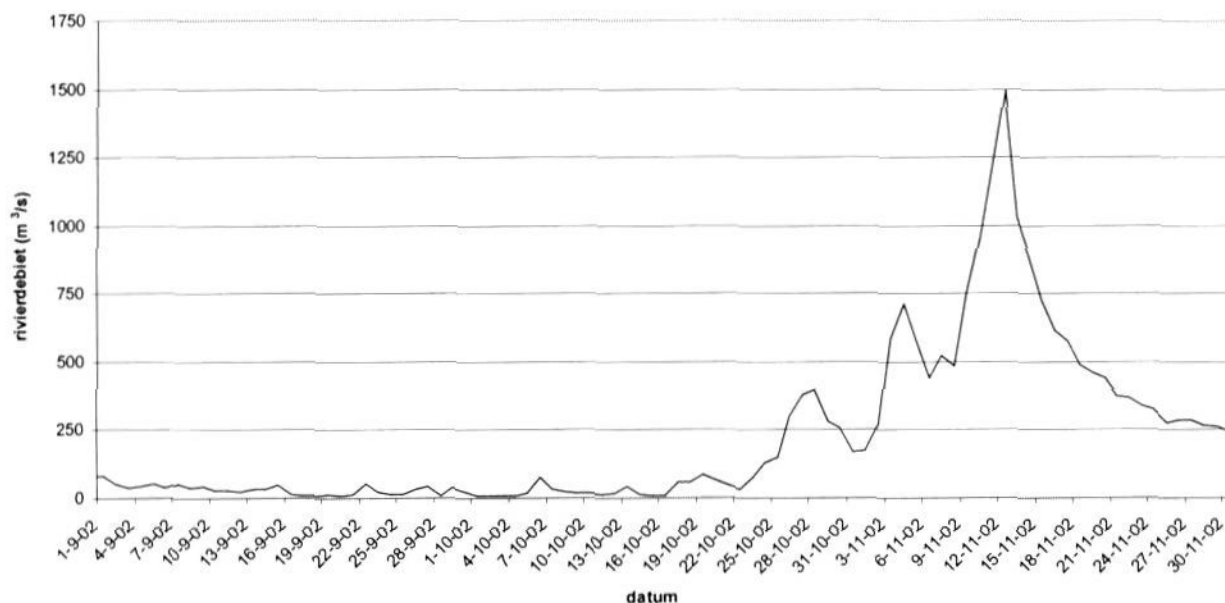
De perioden van de afzonderlijke bemonsteringen (begin en eindtijd) zijn vermeld in het overzicht in tabel 6. In tabel 7 staan de verschillende debieten tijdens de bemonsteringen (over de stuw, per turbine en WKC-totaal) aangegeven. Op de begintijd werd het net neergelaten, op de eindtijd werd het net opgetrokken, waarna het net werd geleege. In totaal zijn er 17 effectieve bemonsteringen uitgevoerd. Een aantal nachten is niet gemonsterd vanwege een laag debiet of juist te hoog debiet en tweemaal is het net door het hoge debiet, in combinatie met sterke vervuiling van het net, uitgescheurd.

Tabel 6 Gegevens van de afzonderlijk bemonsteringen

| monsternr. | net in<br>datum | tijd  | net uit<br>datum | tijd  | totale tijd<br>(uren) | opmerkingen                                                                     |
|------------|-----------------|-------|------------------|-------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | 02-sep          | 17:00 | 03-sep           | 09:00 | 16:00                 |                                                                                 |
| 2          | 05-sep          | 15:45 | 06-sep           | 09:30 | 17:45                 |                                                                                 |
| 3          | 08-sep          | 15:30 | 09-sep           | 08:30 | 17:00                 |                                                                                 |
| 4          | 11-sep          | 14:45 | 12-sep           | 08:30 | 17:45                 | gat in het net door scherp uitsteeksel aan de damwand                           |
| 5          | 14-sep          | 15:00 | 15-sep           | 08:45 | 16:45                 |                                                                                 |
| 6          | 23-sep          | 15:15 | 24-sep           | 08:30 | 16:45                 |                                                                                 |
| 7          | 26-sep          | 15:30 | 27-sep           | 08:30 | 17:00                 |                                                                                 |
| 8          | 07-okt          | 15:30 | 08-okt           | 08:30 | 17:00                 |                                                                                 |
| 9          | 11-okt          | 15:30 | 12-okt           | 08:00 | 16:30                 |                                                                                 |
| 10         | 13-okt          | 15:30 | 14-okt           | 04:30 | 13:00                 | beschermnet gerepareerd                                                         |
| 11         | 17-okt          | 15:45 | 18-okt           | 09:00 | 17:15                 |                                                                                 |
| 12         | 20-okt          | 16:00 | 21-okt           | 08:30 | 16:30                 |                                                                                 |
| 13         | 23-okt          | 15:15 | 24-okt           | 08:00 | 16:15                 |                                                                                 |
| 14         | 26-okt          | 15:40 | 27-okt           | 08:45 | 17:05                 | net uitgescheurd (linkerzijde volledig weg); geen vis                           |
| 15         | 02-nov          | 16:00 | 02-nov           | 23:30 | 07:30                 |                                                                                 |
| 16         | 07-nov          | 16:20 | 07-nov           | 20:20 | 04:00                 |                                                                                 |
| 17         | 19-nov          | 17:00 | 19-nov           | 20:00 | 03:00                 |                                                                                 |
| 18         | 22-nov          | 16:00 | 22-nov           | 20:00 | 03:30                 | net uitgescheurd (linkerzijde volledig weg); einde bemonsteringen bij WKC Linne |

### 3.1 Debieten

Een overzicht van het gemiddelde etmaalsdebiet van de Maas (gemeten bij Borgharen-Dorp) gedurende de bemonsteringsperiode van begin september tot en met eind november 2002 is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Overzicht etmaaldebiet van de Maas gedurende de bemonsteringsperiode

Tot begin oktober is het debiet laag en meestal onder  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Medio oktober is er een eerste sterke stijging van het rivierdebiet met een piek  $397 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  op 28 oktober, waarna het weer terugzakt tot  $173 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  op 1 november. Door hevige regenval hierna, is er een sterke stijging gedurende de eerste helft van november met een eerste piek op 4 november van 712 tot  $1491 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  op 12 november. Hierna zakt het debiet weer. Vanaf 20 december (niet weergegeven in grafiek) stijgt het debiet zeer sterk tot  $2547 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  op 4 januari 2003.

In tabel 7 staan de debieten (Q-daggemiddelden in  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) over de stuw, van de afzonderlijke turbines en van de totale WKC tijdens de bemonsteringen. De gemiddelden zijn berekend vanaf de start tot en met het einde van de afzonderlijke bemonsteringen.



Tabel 7      Debeten ( $Q$  daggemiddelden in  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) tijdens de bemonsteringen. De debietgemiddelden zijn berekend vanaf de start tot en met het einde van de afzonderlijke bemonsteringen

| nr. | nacht van bemonstering |    | $Q_{\text{gemiddeld}}$<br>stuw | $Q_{\text{gemiddeld}}$ turbines |                           |                           |                           | $Q_{\text{gemiddeld}}$<br>WKC <sub>Tot</sub> |
|-----|------------------------|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|
|     |                        |    |                                | 1                               | 2                         | 3                         | 4                         |                                              |
|     | (datum)                |    | ( $\text{m}^3/\text{s}$ )      | ( $\text{m}^3/\text{s}$ )       | ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                    |
|     | september              |    |                                |                                 |                           |                           |                           |                                              |
| 1   | 2                      | 3  | 0                              | 24                              | 0                         | 0                         | 30                        | 53                                           |
| 2   | 5                      | 6  | 0                              | 14                              | 7                         | 0                         | 30                        | 50                                           |
| 3   | 8                      | 9  | 0                              | 11                              | 0                         | 0                         | 30                        | 40                                           |
| 4   | 11                     | 12 | 0                              | 16                              | 0                         | 0                         | 31                        | 47                                           |
| 5   | 14                     | 15 | 0                              | 3                               | 0                         | 0                         | 30                        | 33                                           |
| 6   | 23                     | 24 | 0                              | 1                               | 0                         | 0                         | 31                        | 32                                           |
| 7   | 26                     | 27 | 0                              | 16                              | 0                         | 0                         | 31                        | 47                                           |
|     | oktober                |    |                                |                                 |                           |                           |                           |                                              |
| 8   | 7                      | 8  | 0                              | 12                              | 0                         | 0                         | 30                        | 42                                           |
| 9   | 11                     | 12 | 0                              | 3                               | 0                         | 0                         | 30                        | 33                                           |
| 10  | 13                     | 14 | 0                              | 0                               | 0                         | 0                         | 49                        | 49                                           |
| 11  | 17                     | 18 | 0                              | 0                               | 0                         | 50                        | 30                        | 80                                           |
| 12  | 20                     | 21 | 0                              | 14                              | 0                         | 0                         | 49                        | 62                                           |
| 13  | 23                     | 24 | 0                              | 32                              | 0                         | 7                         | 50                        | 88                                           |
| 14  | 26                     | 27 | 12                             | 107                             | 0                         | 115                       | 115                       | 337                                          |
|     | november               |    |                                |                                 |                           |                           |                           |                                              |
| 15  | 2                      | -  | 0                              | 87                              | 0                         | 87                        | 50                        | 224                                          |
| 16  | 7                      | -  | 124                            | 115                             | 0                         | 114                       | 96                        | 305                                          |
| 17  | 19                     | -  | 110                            | 124                             | 0                         | 108                       | 69                        | 301                                          |
| 18  | 22                     | -  | 125                            | 126                             | 0                         | 116                       | 85                        | 321                                          |

### 3.2 Watertemperatuur en zichtdiepte

De watertemperatuur daalde gedurende de bemonsteringsperiode van 22,2 °C begin september tot 11,2 °C eind november 2002 (tabel 8). De zichtdiepte varieerde van 40 tot 185 cm (Secchi). De grootste zichtdiepte deed zich voor tijdens de bemonstering van 13 - 14 oktober. De laagste waarde van 40 cm is gemeten gedurende de eerste piek van het rivierdebiet tijdens de bemonstering van 26 - 27 oktober, respectievelijk 299 en 379  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (figuur 2). Hierdoor werd het water zeer troebel.

Tabel 8 Watertemperatuur, zichtdiepte en Maasdebiet (daggemiddelden\*) bij Linne tijdens de visbemonsteringen bij de WKC Linne in 2002

| <b>monsternr.</b> | <b>zichtdiepte (cm)</b> | <b>temperatuur (°C)</b> | <b>gemiddeld rivierdebiet (m³/s)</b> |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1                 | 100                     | 22.2                    | 46                                   |
| 2                 | 110                     | 21.5                    | 47                                   |
| 3                 | 98                      | 21.2                    | 41                                   |
| 4                 | 150                     | 21.2                    | 27                                   |
| 5                 | 140                     | 20.4                    | 43                                   |
| 6                 | 150                     | 18                      | 19                                   |
| 7                 | 160                     | 16.6                    | 38                                   |
| 8                 | 160                     | 16                      | 29                                   |
| 9                 | 130                     | 14.2                    | 17                                   |
| 10                | 185                     | 14.6                    | 28                                   |
| 11                | 120                     | 13                      | 58                                   |
| 12                | 140                     | 13                      | 60                                   |
| 13**              | -                       | -                       | 103                                  |
| 14                | 40                      | 14.2                    | 340                                  |
| 15                | 95                      | 13.4                    | 271                                  |
| 16                | 60                      | 12.6                    | 523                                  |
| 17                | 60                      | 11.4                    | 462                                  |
| 18                | 75                      | 11.2                    | 369                                  |

\* het gemiddelde debiet van de Maas tijdens een bemonstering is berekend als het gemiddelde van de twee dagen waarop de nachtelijk bemonstering plaats vond, behalve voor de bemonsteringen 15 tot en met 18, waarvoor het debietgemiddelde gedurende het aantal monsteruren is berekend

\*\* tijdens deze bemonstering geen metingen verricht van temperatuur en zichtdiepte

### 3.3 Samenstelling van de vangst

Schubvis is verzameld en geanalyseerd in de periode van 2 september - 22 november 2002. In totaal zijn er analyses van 17 effectieve bemonsteringen uitgevoerd, allen bij turbine 4. Tabel 9 geeft een overzicht van het totaal aantal gevangen individuen per vissoort en het percentage dat de soort uitmaakt van de totale vangst, de lengte, alsook het aantal individuen > 10 cm. In totaal zijn 7.368 vissen gevangen behorende tot 23 soorten. Veruit de meerderheid van de vis bestond uit baars die met 3.320 individuen 43,7% uitmaakte van het totale aantal gevangen schubvis. Ook blankvoorn en pos werden in redelijk grote aantallen aangetroffen, respectievelijk 1.657 individuen (22,5%) en 1.155 individuen (15,7%). Soorten die regelmatig in redelijke aantallen (>100 individuen) werden gevonden zijn: snoekbaars, brasem / blei en kopvoorn. De overige soorten werden in geringe aantallen aangetroffen.



Tabel 9 Overzicht van de bemonsterde schubvissoorten, krabben en kreeften met aantallen, procentuele verdeling van totaalvangst en lengtes

| schubvissoort             | totaal<br>aantal | % van totale<br>vangst | lengte (cm) |      |      | aantal<br>> 10 cm |
|---------------------------|------------------|------------------------|-------------|------|------|-------------------|
|                           |                  |                        | gemiddeld   | min. | max. |                   |
| alver                     | 21               | 0,29                   | 10,17       | 3    | 15   | 9                 |
| baars                     | 3220             | 43,71                  | 9,22        | 6    | 40   | 167               |
| barbeel                   | 26               | 0,35                   | 12,00       | 8    | 23   | 19                |
| blankvoorn                | 1657             | 22,49                  | 13,07       | 5    | 26   | 209               |
| brasem / blei             | 483              | 6,54                   | 12,36       | 5    | 46   | 223               |
| driedoornige stekelbaars  | 1                | 0,03                   | 4,00        | 3    | 5    | -                 |
| karper                    | 3                | 0,04                   | 11,00       | 10   | 11   | 2                 |
| kleine modderkruiper      | 1                | 0,01                   | 9,50        | -    | -    | -                 |
| kolblei                   | 7                | 0,10                   | 10,36       | 7    | 12   | 2                 |
| kopvoorn                  | 125              | 1,70                   | 7,14        | 4    | 18   | 6                 |
| kroeskarper               | 1                | 0,01                   | 12,50       | -    | -    | 1                 |
| meerval                   | 1                | 0,01                   | 9,50        | -    | -    | -                 |
| pos                       | 1155             | 15,68                  | 8,27        | 5    | 14   | 128               |
| rivierdonderpad           | 2                | 0,03                   | 5,00        | 4    | 6    | -                 |
| riviergrondel             | 4                | 0,05                   | 11,50       | 10   | 13   | 2                 |
| rivierprik                | 17               | 0,23                   | 39,74       | 33   | 42   | 17                |
| serpeling                 | 1                | 0,01                   | 6,50        | -    | -    | -                 |
| sneep                     | 19               | 0,26                   | 8,82        | 5    | 11   | 7                 |
| snoekbaars                | 580              | 7,87                   | 16,87       | 6    | 71   | 229               |
| spiering                  | 35               | 0,48                   | 8,60        | 6    | 11   | 3                 |
| winde                     | 6                | 0,08                   | 13,17       | 11   | 17   | 6                 |
| zeeforel                  | 1                | 0,01                   | 35          | -    | -    | -                 |
| zonnebaars                | 1                | 0,01                   | 11,50       | -    | -    | 1                 |
| <b>totaal</b>             | <b>7.368</b>     | <b>100</b>             |             |      |      |                   |
|                           |                  |                        |             |      |      |                   |
| wolhandkrab               | 168              | 85,71                  | -           | 3    | 8    |                   |
| Amerikaanse rivierkreeft* | 28               | 14,29                  | 8,25        | 6    | 11   |                   |
| <b>totaal</b>             | <b>196</b>       | <b>100</b>             |             |      |      |                   |

\* voor de wolhandkrab is de breedte van de schaal opgemeten

In tabel 10 staat het totaal aantal gevangen schubvissen per bemonstering weergegeven, de totale bemonsteringstijd, het rivierdebiet (daggemiddelde) en het debiet van turbine 4 (gemiddelde gedurende de bemonstering). Een gedetailleerd vangstoverzicht staat weergegeven in bijlagen B en C.



Tabel 10 Monstertijd, debieten en totaal aantal gevangen schubvissen per bemonstering achter turbine 4 van WKC Linne, najaar 2002

| monsternr.       | totale monstertijd<br>(uren) | gemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /s) |      | totaal aantal schubvissen |
|------------------|------------------------------|--------------------------------------|------|---------------------------|
|                  |                              | turbine 4                            | Maas |                           |
| <b>september</b> |                              |                                      |      |                           |
| 1                | 16:00                        | 30                                   | 46   | 492                       |
| 2                | 17:45                        | 30                                   | 47   | 418                       |
| 3                | 17:00                        | 30                                   | 41   | 446                       |
| 4                | 17:45                        | 31                                   | 27   | 58                        |
| 5                | 16:45                        | 30                                   | 43   | 144                       |
| 6                | 16:45                        | 31                                   | 19   | 171                       |
| 7                | 17:00                        | 31                                   | 38   | 1028                      |
| <b>oktober</b>   |                              |                                      |      |                           |
| 8                | 17:00                        | 30                                   | 29   | 279                       |
| 9                | 16:30                        | 30                                   | 17   | 661                       |
| 10               | 13:00                        | 49                                   | 28   | 330                       |
| 11               | 17:15                        | 30                                   | 58   | 1149                      |
| 12               | 16:30                        | 49                                   | 60   | 870                       |
| 13               | 16:15                        | 50                                   | 103  | 787                       |
| 14               | 17:05                        | 115                                  | 340  | netschade                 |
| <b>november</b>  |                              |                                      |      |                           |
| 15               | 07:30                        | 50                                   | 271  | 381                       |
| 16               | 04:00                        | 96                                   | 523  | 34                        |
| 17               | 03:00                        | 69                                   | 462  | 21                        |
| 18               | 03:30                        | 85                                   | 369  | 99                        |
| <b>totaal</b>    |                              |                                      |      | <b>7.368</b>              |

De meeste bemonsteringen vonden plaats bij een turbinedebiet (turbine 4) van 30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> en is de meeste vis gevangen bij dit turbinedebiet. In november zijn er kortere bemonsterings-tijden gehanteerd om de kans op schade aan het net vanwege het hoge rivierdebiet te voorkomen. De kleinere vangst in deze periode is hierdoor waarschijnlijk te verklaren.

Met betrekking tot gevoelige soorten die in de rode lijst zijn opgenomen (Staatscourant, 22/6/1998), is voor de vangst bij WKC Linne in 2002 in de tabellen 11 en 12 een overzicht gegeven.

Tabel 11 Overzicht van de gevangen schubvissoorten bij WKC Linne (najaar 2002) per hoofdgroep (Quak & van der Spiegel, 1992) en categorisering in de rode lijst

| rheofiel A                                                                          | rheofiel B                                                                        | rheofiel C                                                                        | eurytoop                                                                             | limnofiel                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    |  |  |    |  |
| riverprik <sup>d</sup>                                                              | winde <sup>e</sup>                                                                | spiering                                                                          | baars                                                                                | kroeskarper <sup>d</sup>                                                            |
|    |  |  |    |                                                                                     |
| zeeforel <sup>d</sup>                                                               | kleine modderkruiper                                                              | driedoornige stekelbaars                                                          | snoekbaars                                                                           | <b>exoot</b>                                                                        |
|    |  |                                                                                   |    |  |
| barbeel <sup>c</sup>                                                                | riviergrondel                                                                     |                                                                                   | pos                                                                                  | zonnebaars                                                                          |
|  |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
| sneep <sup>c</sup>                                                                  |                                                                                   |                                                                                   | Meerval                                                                              |                                                                                     |
|  |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
| kopvoorn <sup>d</sup>                                                               |                                                                                   |                                                                                   | alver                                                                                |                                                                                     |
|  |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
| serpeling <sup>d</sup>                                                              |                                                                                   |                                                                                   | blankvoorn                                                                           |                                                                                     |
|  |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
| rivierdonderpad                                                                     |                                                                                   |                                                                                   | brasem                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
|                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   | karper                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
|                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   | kolblei                                                                              |                                                                                     |

Categorieën rode lijst soorten: <sup>a</sup> in het wild uit Nederland verdwenen (als zichzelf instandhoudende populatie); <sup>b</sup> ernstig bedreigd (geen soorten); <sup>c</sup> bedreigd; <sup>d</sup> kwetsbaar; <sup>e</sup> gevoelig (<sup>d</sup> en <sup>e</sup> zijn niet actueel bedreigd, maar behoeven gezien hun trend of zeldzaamheid bijzondere aandacht).

Tabel 12 Overzicht aantal gevangen schubvissoorten ingedeeld naar hoofdgroepen (zie bijlage A), het percentage van de vangst van het totaal en het aantal vissoorten per hoofdgroep die in de rode lijst zijn gecategoriseerd

|                             | <b>rheofiel A</b> | <b>rheofiel B</b> | <b>rheofiel C</b> | <b>eurytoop</b> | <b>limnofiel</b> | <b>exoot</b> |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|--------------|
| aantal soorten              | 7                 | 3                 | 2                 | 9               | 1                | 1            |
| aantal individuen           | 191               | 11                | 37                | 7127            | 1                | 1            |
| % van vangst                | 2,59%             | 0,15%             | 0,50%             | 96,73%          | 0,01%            | 0,01%        |
| <b>rode lijst categorie</b> |                   |                   |                   |                 |                  |              |
| bedreigd                    | 2                 | -                 | -                 | -               | -                | -            |
| kwetsbaar                   | 4                 | -                 | -                 | -               | 1                | -            |
| gevoelig                    | -                 | 1                 | -                 | -               | -                | -            |

### 3.4 Schade aan schubvis WKC Linne najaar 2002

In totaal zijn 42 individuen beschadigd door passage van de turbine, behorende tot zes soorten. Hiervan zijn 40 letaal en twee niet-letaal beschadigd. In tabel 13a staat per schubvissoort het schadepercentage van het totaal en in tabel 13b het schadepercentage voor het aantal > 10cm aangegeven. In bijlage D is een totaaloverzicht weergegeven (aantallen en lengtes) van de onbeschadigde en beschadigde vis per schubvissoort. Een beschrijving van de gevonden schade staat weergegeven in bijlage E. Tabellen 14 en 15 vermelden de gemiddelde lengtes van de beschadigde en onbeschadigde schubvissoorten.

Tabel 13a Schadepercentage berekend voor alle lengteklassen per schubvissoort (\*rode lijst soorten)

| <b>schubvissoort</b> | <b>aantal individuen</b> |                     |                   | <b>percentage (%)</b> |                    |
|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
|                      | <b>totaal</b>            | <b>onbeschadigd</b> | <b>beschadigd</b> | <b>letaal</b>         | <b>niet-letaal</b> |
| snoekbaars           | 580                      | 575                 | 5                 | 0,52 (n = 3)          | 0,35 (n = 2)       |
| baars                | 3220                     | 3210                | 10                | 0,31                  | -                  |
| pos                  | 1155                     | 1155                | -                 | -                     | -                  |
| blankvoorn           | 1657                     | 1639                | 18                | 1,09                  | -                  |
| brasem / blei        | 483                      | 476                 | 7                 | 1,45                  | -                  |
| kolblei              | 7                        | 7                   | -                 | -                     | -                  |
| alver                | 21                       | 21                  | -                 | -                     | -                  |
| kopvoorn*            | 125                      | 124                 | 1                 | 0,80                  | -                  |
| winde*               | 6                        | 6                   | -                 | -                     | -                  |
| serpeling*           | 1                        | 1                   | -                 | -                     | -                  |



Vervolg tabel 13a

| schubvissoort            | aantal individuen |              |            | percentage (%) |             |
|--------------------------|-------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
|                          | totaal            | onbeschadigd | beschadigd | letaal         | niet-letaal |
| barbeel*                 | 26                | 26           | -          | -              | -           |
| sneep*                   | 19                | 19           | -          | -              | -           |
| meerval                  | 1                 | 1            | -          | -              | -           |
| karper                   | 3                 | 3            | -          | -              | -           |
| kroeskarper*             | 1                 | 1            | -          | -              | -           |
| kleine modderkruiper     | 1                 | 1            | -          | -              | -           |
| riviergrondel            | 4                 | 4            | -          | -              | -           |
| rivierdonderpad          | 2                 | 2            | -          | -              | -           |
| spiering                 | 35                | 35           | -          | -              | -           |
| driedoornige stekelbaars | 2                 | 2            | -          | -              | -           |
| zonnebaars               | 1                 | 1            | -          | -              | -           |
| zeeforel*                | 1                 | 0            | 1          | 100,00         | -           |
| rivierprik*              | 17                | 17           | -          | -              | -           |
| <b>totaal</b>            | <b>7368</b>       | <b>7326</b>  | <b>42</b>  |                |             |

Tabel 13b Schadepercentage berekend voor het aantal vissen > 10 cm van de schubvissoorten waarvan > 100 individuen zijn gevangen (zie tabel 13a)

| soort         | aantal individuen > 10 cm |              |            |                  | percentage schade (%) |             |
|---------------|---------------------------|--------------|------------|------------------|-----------------------|-------------|
|               | totaal                    | onbeschadigd | beschadigd | gem. lengte (cm) | letaal                | niet-letaal |
| snoekbaars    | 328                       | 323          | 5          | 31,7             | 0,9                   | 0,61        |
| baars         | 665                       | 655          | 10         | 12,3             | 1,5                   | -           |
| pos           | 239                       | 239          | -          | 10,9             | -                     | -           |
| blankvoorn    | 355                       | 337          | 18         | 13,7             | 5,1                   | -           |
| brasem / blei | 287                       | 280          | 7          | 18,9             | 2,4                   | -           |
| kopvoorn*     | 6                         | 5            | 1          | 13,3             | 16,7                  | -           |

\* aantal is zes, inclusief één beschadigd exemplaar van 8,5 cm

NB: vanwege het kleine aantal kopvoorns is het % schade niet indicatief: voor verdere analyse niet gebruikt

De geconstateerde schadegevallen, zoals weergegeven in bijlage E, waren dermate, dat ze op twee licht beschadigde snoekbaarzen na, allen als letaal zijn beschouwd. De schadepercentages in tabel 13a zijn gebaseerd op een groot aantal individuen. Het merendeel van de totaalvangst bestond uit kleine exemplaren (73,5% < 10 cm < 26,5%). Wel is duidelijk waar-

neembaar dat de gemiddelde lengte van de beschadigde individuen groter is dan de gemiddelde lengte van de onbeschadigde individuen (tabel 14).

Tabel 14 Gemiddelde lengtes van de beschadigde individuen en van de onbeschadigde individuen van de schubvissoorten waarvoor schade is geconstateerd (alle lengteklassen)

| schubvissoort | aantal individuen | lengte (cm) |         |         |
|---------------|-------------------|-------------|---------|---------|
|               |                   | gemiddeld   | minimum | maximum |
| beschadigd    |                   |             |         |         |
| snoekbaars    | 3 (letaal)        | 39,2        | 33      | 42      |
| snoekbaars    | 2 (niet-letaal)   | 43,5        | 37      | 49      |
| baars         | 10 (letaal)       | 19,2        | 8       | 24      |
| blankvoorn    | 18 (letaal)       | 14,2        | 9       | 27      |
| brasem / blei | 7 (letaal)        | 27,8        | 10      | 46      |
| kopvoorn      | 1 (letaal)        | 8,5         | -       | -       |
| zeeforel      | 1 (letaal)        | 35,5        | -       | -       |
| onbeschadigd  |                   |             |         |         |
| snoekbaars    | 575               | 16,7        | 6       | 71      |
| baars         | 3210              | 9,2         | 6       | 40      |
| blankvoorn    | 1639              | 13,1        | 5       | 26      |
| brasem / blei | 475               | 12,1        | 5       | 43      |
| kopvoorn      | 124               | 7,1         | 4       | 18      |

De interesse bij RWS gaat met name uit naar specifieke doelsoorten, zoals stroomminnende vissoorten en rode lijst soorten. De vangsten van deze vissen in het eerdere onderzoek (KEMA 1990 / 1991) waren te laag waren om uitspraken te kunnen doen over schadepercentages. Echter, ook in dit onderzoek zijn van deze vissoorten weinig individuen gevangen. In bijlage F zijn van de aangetroffen doelsoorten de lengtefrequenties weergegeven. Alleen van de volgende soorten zijn meerdere individuen gevangen: kopvoorn (125, waarvan 5 > 10 cm), barbeel (26, waarvan 19 > 10 cm), sneep (19, waarvan 7 > 10 cm), rivierprik (17, allen > 10 cm) en winde (n = 6, allen > 10 cm). Alleen voor kopvoorn is letale schade als gevolg van passage van de turbine geconstateerd (één individu = 0,8% van alle kopvoorn). Op basis van het aantal kopvoorns > 10 cm (n = 6, inclusief beschadigd exemplaar van 8,5 cm), is dit 16,7%, maar is vanwege het zeer geringe aantal geen betrouwbare indicatie. Voor de overige specifieke doelsoorten is dus geen schade geconstateerd, maar zijn ook vanwege de lage aantallen geen uitspraken te doen over schadepercentages.



### 3.5 Vergelijking resultaten met andere onderzoeken

De gevonden schadepercentages voor het totaal aantal bemonsterde schubvis (tabel 13a) zijn laag te noemen. Uit de analyse van eerdere onderzoeken bij Europese en Noord-Amerikaanse centrales met vergelijkbare turbines, is gebleken dat het sterftepercentage per vissoort en per centrale vrij sterk kunnen verschillen. Van deze onderzoeken bedraagt het gemiddelde sterftepercentage bij Kaplan bulbturbines gerekend over alle schubvisgroepen samen  $4,2 \pm 1,5\%$ . In Tabel 15 staat een samenvatting per visgroep vermeld.

De letale schade ligt voor karperachtigen, baarsachtigen en zalmachtigen tussen 3,4 en 4,8% (tabel 15). Deze waarden zijn gebaseerd op vissen van gemiddelde grootteklassen. De grootteorde van het totale schadepercentage op basis van het totale aantal gevangen individuen per soort bij het onderzoek bij WKC Linne in het najaar van 2002 ligt veel lager. Voor karperachtigen (blankvoorn en brasem / blei) is dit gemiddeld  $1,27 \pm 0,25\%$  en voor baarsachtigen (snoekbaars en baars) gemiddeld  $0,42 \pm 0,15\%$  voor alle lengteklassen. Betreft zalmachtigen is bij WKC Linne in het najaar van 2002 slechts één exemplaar gevangen (zeeforel van 35 cm), welke letaal was beschadigd. Hierdoor is over het schadepercentage bij zalmachtigen geen uitspraak te doen. Er is verder geen duidelijk effect gevonden van de hoogte van het turbinedebiet op de schade. Gezien de effecten van vislengte op het schade-niveau, met name bij karperachtigen en baarsachtigen, kan het gevonden lage percentage worden verklaard door het feit dat met name kleine individuen zijn gevangen.

Tabel 15 Letale schade bij drie visgroepen als gevolg van passage door Kaplan turbines met horizontale as (bulbturbines)

| categorie vis  | lengteklasse | percentage letale schade (%) |                             |                         |
|----------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                |              | Europese centrales           | Noord Amerikaanse centrales | gemiddeld per categorie |
| karperachtigen | 17 – 32      | 3,4                          | -                           | 3,4                     |
| baarsachtigen  | 10 – 22      | 2,5                          | 5,7                         | 4,1                     |
| zalmachtigen   | 12 – 35      | 6                            | 3,5                         | 4,8                     |

Wanneer het sterftepercentage wordt berekend voor alleen de individuen  $> 10$  cm (voor soorten waarvan meer dan 100 individuen zijn gevangen, uitgaande van de gegevens weergegeven in tabel 13b), is dit voor karperachtigen gemiddeld  $3,75 \pm 1,9\%$  (10 - 46 cm) en voor baarsachtigen gemiddeld  $1,2 \pm 0,4\%$  (10 - 71 cm). Deze percentages zijn berekend voor alleen de soorten binnen deze groepen waarvoor beschadigingen zijn geconstateerd en vol-



doende individuen > 10 cm zijn gevangen (pos en kopvoorn zijn buiten wegen gelaten). Deze letale schade ligt voor karperachtigen in dezelfde ranges en is voor baarsachtigen lager dan gemiddeld bij Europese en Noord-Amerikaanse onderzoeken werd gevonden (tabel 15). Voor de schubvisgroepen karper- en baarsachtigen samen bedraagt het sterftepercentage  $2,5 \pm 1,8\%$ , wat lager is dan gevonden in de eerdere onderzoeken ( $4,2 \pm 1,5\%$ , inclusief zal-machtigen), maar er is overlap in de ranges. In het najaar van 2002 is het totaal aantal individuen groter dan 10 cm (onbeschadigd + beschadigd, inclusief de duidelijk door de WKC beschadigde individuen < 10cm) voor baars 665, snoekbaars 328, blankvoorn 355 en voor brasem / blei 287.

Het hoge aantal kleinere individuen komt doordat het onderzoek is uitgevoerd in het najaar van 2002, wanneer meer 0+ vis en juvenielen aanwezig zijn. In het voorjaar en zomer zijn er meer adulten aanwezig (zie ook tabellen 1 en 2). De gevonden najaarsschade op basis van de totale vangst (alle lengteklassen) zal daarom een onderschatting zijn van de gemiddelde schade per jaar. In tabel 16 worden schadepercentage bij passage van de turbine van WKC Linne in het najaar van 1990, het voorjaar van 1991 (Hadderingh & Bakker, 1998; KEMA 1992b) en het najaar van 2002 bij verschillende debieten met elkaar vergeleken. De aantallen zijn weergegeven in 1990 en 2002 voor vissen > 10 cm en in 1991 voor de totale vangst.

Er is zowel tussen de verschillende jaren (najaren 1990 en 2002) als tussen verschillende seizoenen (voorjaar en najaar) een duidelijk verschil in aantallen gevangen vis: in het voorjaar van 1991 zijn meer individuen gevangen in vergelijking met het najaar van 1990 en 2002. De grootte van de vis ligt hoger in het voorjaar, met name voor snoekbaars, blankvoorn en brasem / blei. Er is verder duidelijk veel variatie in schadepercentage tussen de seizoenen, tussen de verschillende jaren, alsook tussen vissoorten. Dit is waarschijnlijk te verklaren door de aantallen > 10 cm in de najaren van (met name) 1990 en 2002, welke in het algemeen te gering zijn om betrouwbare schadepercentages vast te stellen. Hierdoor zijn de gegevens uit de verschillende jaren moeilijk te vergelijken. Ook het effect van turbinedebiet in deze twee najaren is hierdoor moeilijk vast te stellen. In het voorjaar van 1991 is wel een effect van het turbinedebiet op schadepercentage gevonden (voor baars, blankvoorn en brasem / blei), maar de verschillen zijn niet significant.

Tabel 16 Vergelijking van percentage beschadigde vissen onder de 5 meest gevangen vissoorten in het najaar 1990 (vangst > 10 cm), voorjaar 1991 (totale vangst) en najaar 2002 (vangst > 10 cm) bij verschillende turbinedebieten

| debiet<br>(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | schubvis-<br>soort | vangst (n)      |              |                 | gemiddelde lengte (cm) |      |      | totale schade (%) |      |        |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|------------------------|------|------|-------------------|------|--------|
|                                              |                    | 1990<br>> 10 cm | 1991<br>tot. | 2002<br>> 10 cm | 1990                   | 1991 | 2002 | 1990              | 1991 | 2002   |
| 30                                           | snoekbaars         | 14              | 514          | 263             | 31,0                   | 34,5 | 29,2 | ** 7,1            | 0,2  | 1,1    |
|                                              | baars              | 2               | 216          | 412             | 20,5                   | 17,1 | 12,5 | ** 50,0           | 0,9  | 1,7    |
|                                              | pos                | 26              | 217          | 80              | 11,6                   | 10,2 | 10,9 | ** 0,0            | 0,0  | ** 0,0 |
|                                              | blankvoorn         | 231             | 912          | 132             | 12,6                   | 17,2 | 13,1 | 2,6               | 5,8  | 7,6    |
|                                              | brasem / blei      | 31              | 435          | 104             | 17,5                   | 29,7 | 19,4 | ** 6,5            | 3,1  | 2,9    |
| 50                                           | snoekbaars         | 100             | 498          | 55              | 38,0                   | 37,5 | 31,4 | 6,0               | 0,6  | ** 3,6 |
|                                              | baars              | 34              | 421          | 203             | 17,0                   | 15,9 | 12,7 | ** 2,9            | 0,2  | 1,5    |
|                                              | pos                | 100             | 868          | 131             | 12,1                   | 10,5 | 10,8 | 0,0               | 0,0  | 0,0    |
|                                              | blankvoorn         | 567             | 3277         | 180             | 14,0                   | 17,7 | 12,9 | 3,4               | 2,3  | 3,9    |
|                                              | brasem / blei      | 224             | 1125         | 139             | 22,7                   | 31,2 | 16,4 | 8,9               | 1,6  | 1,4    |
| 100*                                         | snoekbaars         | 112             | -            | 10              | 44,6                   | -    | 40,5 | 5,4               | -    | ** 0,0 |
|                                              | baars              | 15              | -            | 50              | 20,3                   | -    | 11,1 | ** 0,0            | -    | ** 0,0 |
|                                              | pos                | 1               | -            | 28              | 11,0                   | -    | 11,1 | ** 0,0            | -    | ** 0,0 |
|                                              | blankvoorn         | 99              | -            | 43              | 16,5                   | -    | 16,9 | 6,1               | -    | ** 2,3 |
|                                              | brasem / blei      | 124             | -            | 44              | 27,0                   | -    | 21,2 | 5,6               | -    | ** 4,6 |

\* voor najaar 2002 geldt > 70 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>

\*\* vanwege het geringe aantal individuen in de vangst, onbetrouwbare schadepercentages en daar-  
door moeilijk te vergelijken met andere jaren / seizoenen

Vanwege de aantallen zijn de vangsten tussen de verschillende jaren / seizoenen van pos (geen schade), blankvoorn en brasem / blei bij 50 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> en blankvoorn bij 30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> wel enigszins te vergelijken (tabel 16). Zo is in de jaren 1990 / 2002 het schadepercentage bij 50 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> (vangst > 10 cm) het hoogst voor blankvoorn in 2002 en voor brasem / blei het hoogst in 1990. Deze verschillen zijn niet door de gemiddelde lengtes te verklaren. Ook voor blankvoorn bij 30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> is het verschil in schadepercentage tussen 1990 en 2002 groot, wat ook niet door de lengte te verklaren is. Verder laten de percentages in voorjaar 1991 en najaar 2002 van blankvoorn en brasem / blei eenzelfde trend zien bij vergelijking van de percentage bij 30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> en 50 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, ondanks de verschillen in vislengte tussen de twee seizoenen.

In tabel 17 worden de percentages beschadigde vis in 2002 nogmaals vergeleken met de gegevens uit 1990 en 1991, maar nu berekend over alle turbinedebieten. Hadderingh & Bakker (1998) vonden in het najaar van 1990 een duidelijke relatie tussen lengte en schade voor blankvoorn en brasem / blei, waar de schade voor de grotere individuen een factor 4 tot 5 maal hoger lag dan voor de kleinere individuen. Voor snoekbaars werd dit verschil niet aangetroffen. In het najaar van 1991 kon geen lengte-effect worden vastgesteld.

Tabel 17 Vergelijking van percentage beschadiging voor vissen > 10 cm, berekend over alle debieten, van de drie meest aanwezige vissoorten in 1990, 1991 en 2002

| schubvis-<br>soort | vangst > 10 cm (n) |      |      | gemiddelde lengte (cm) |       |      | totale schade (%) |      |      |
|--------------------|--------------------|------|------|------------------------|-------|------|-------------------|------|------|
|                    | 1990               | 1991 | 2002 | 1990                   | 1991  | 2002 | 1990              | 1991 | 2002 |
| snoekbaars         | 226                | 1012 | 328  | 41                     | 40,4  | 31,7 | 5,75              | 0,45 | 1,5  |
| blankvoorn         | 897                | 4189 | 355  | 18,15                  | 19,1  | 13,7 | 6,85              | 3,3  | 5,1  |
| brasem / blei      | 377                | 1462 | 287  | 28,5                   | 28,15 | 18,9 | 11,65             | 2,4  | 2,4  |

In 2002 is de gemiddelde lengte van de drie vissoorten het kleinst en zijn deze tussen 1990 en 1991 vergelijkbaar. In deze vergelijking is tussen de jaren 1990 en 2002 een lengte-effect waarneembaar, waarbij voor de gemiddeld kleinere vissen in 2002 een lager schadepercentage is gevonden. Dit effect is het sterkst voor brasem / blei (factor 4,9) en snoekbaars (factor 3,8). In het voorjaar van 1991 zijn voor alle drie de soorten vergelijkbare percentages gevonden met het najaar van 2002, wat niet door een lengteeffect is te verklaren.



## LITERATUUR

BERG, R., 1986. Fish passage through Kaplan turbines at a power plant on the River Neckar and subsequent eel injuries. *Vie Milieu* 36 , pp. 307-310.

DAVIES, J.K., 1988. A review of information relating to fish passage through turbines: implications to tidal power schemes. *Journal of Fish Biology*, 33 (Supplement A): 111-126.

EICHER ASSOCIATES INC., 1987. Turbine related fish mortality: review and evaluation of studies. Final report EPRI, Palo Alto.

ESCHER WYSS. Folder.

FRANKE, G.F., WEBB, D.R., FISHER, R.K. Jr., MATHUR, D., HOPPING, P.N., MARCH, P.A., HEADRICK, M.R., LACZO, I.T., VENTIKOS, Y. & SOTIROPOULOS, F. 1997. Development of environmentally advanced hydropower turbine system design concepts. Idaho National Engineering Laboratory. INEEL-EXT-97-00639.

HADDERINGH R.H. & BAKKER, H.D., 1998. Fish mortality due to passage through hydroelectric power stations on the Meuse and Vecht rivers. In: Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S. (eds.) *Fish migration and fish bypasses*. Fishing News Books, Oxford. 315-328.

HOLZNER, M. 1999. Untersuchungen zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich dargestellt am Kraftwerk Dettelbach am Main/Unterfranken. Landesfischereiverband Bayern e.V.

KEMA (H.D. Bakker en J.J. Gerritsen), 1992 a. Schade aan vis als gevolg van passage door de waterkrachtcentrale in de Maas bij Linne; Deel 1 : Aal (*Anguilla anguilla* L.) 98263-MOB 92-3653.

KEMA (H.D. Bakker en J.J. Gerritsen), 1992 b. Schade aan vis als gevolg van passage door de waterkrachtcentrale in de Maas bij Linne; Deel 2 : Schubvis 98263-MOB 92-3701.

KEMA (R.H. Hadderingh en G.H.F.M. van Aerssen), 2000. Visgeleiding WKC Borgharen. 99550707-KPS/MEC 00-6079.

LARINIER, M. & DARTIGUELONGUE, J., 1989. La circulation des poissons migrateurs: le transit a travers les turbines des installations hydroélectrique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 312-313, pp.90.

MONTÉN, E., 1985. Fish and turbines. Stockholm, Vattenfall, pp. 111.

OVV (VRIESE, F.T. (OVV) & HADDERINGH R.H. (KEMA)). 1998. Vismigratie en visgeleiding in relatie tot de E.C.I.-Centrale te Roermond. Organisatie ter Verbetering van de binnenvisserij, Nieuwegein. OVV-onderzoeksrapport OND00057, 118 pp.

QUAK, J. & VAN DER SPIEGEL, A. (red.). 1992. Cursus visstandbeheer en Integraal Waterbeheer. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, 402 pp.

RABEN, K. Von, 1957. Über Turbinen und ihre schädliche Wirkung auf Fische. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Band VI N.F. Heft 1-8, pp. 171-182 (in German).

STAATSCOURANT, 1998. Rode lijst zoetwatervissen (LNV). Gepubliceerd in de Staatscourant nr. 116, 22 juni 1998 / Nr. J.982409.

WITTINGER, R., FERGUSON, J. & CARLSON, T. 1995. Proceedings, Turbine fish Passage survival workshop May 31 to June, 1995, Portland, Oregon, USA.

## BIJLAGE A INDELING VAN DE ZOETWATERVISSEN IN HOOFDGROEPEN (QUAK & VAN DER SPIEGEL, 1992)

| rheofiel A      | rheofiel B           | rheofiel C   | eurytoop   | limnofiel                |
|-----------------|----------------------|--------------|------------|--------------------------|
| rivierprik      | winde                | spiering     | aal        | bittervoorn              |
| zeeprik         | riviergrondel        | bot          | snoek      | kroeskarper              |
| beekprik        | kwabaal              | harder       | baars      | ruisvoorn                |
| steur           | kleine modderkruiper | fint         | snoekbaars | vetje                    |
| elft            |                      | driedoornige | pos        | zeelt                    |
| houting         |                      | stekelbaars* | meerval    | grote modderkruiper      |
| zalm            |                      |              | alver**    |                          |
| zeeforel        |                      |              | blankvoorn | tiendoornige stekelbaars |
| beekforel       |                      |              | brasem     |                          |
| vlagzalm        |                      |              | giebel     |                          |
| barbeel         |                      |              | karper     |                          |
| sneep           |                      |              | kolblei    |                          |
| kopvoorn        |                      |              |            |                          |
| serpeling       |                      |              |            |                          |
| elrits          |                      |              |            |                          |
| bermpje         |                      |              |            |                          |
| rivierdonderpad |                      |              |            |                          |

\* wordt ook wel tot de eurytope vissoorten gerekend (in geval van stekelbaars als sprake is van binnenwaterpopulaties)

\*\* wordt ook wel tot de rheofiel B soorten gerekend

- rheofiel A : alle levensstadia zijn - in het zoete water - gebonden aan stromend water (van rivieren of beken), met daarbij behorende oeverzones met langzaam stromend water of stilstaand water
- rheofiel B : enkele levensstadia zijn gebonden aan stilstaand of langzaam stromend water van zijwateren die permanent in open verbinding staan met rivier of beek
- rheofiel C : sommige levensstadia zijn gebonden aan langzaam stromend brak water - zoals in estuaria - waarvoor een permanente open verbinding tussen rivier en zee noodzakelijk is
- eurytoop : alle levensstadia kunnen zowel in stromend water als in stilstaand water voorkomen
- limnofiel : alle levensstadia zijn gebonden aan stilstaand water dat rijk begroeid is met aquatische vegetatie.





**BIJLAGE C OVERZICHT AANTALLEN BESCHADIGDE SCHUBVIS PER BEMONSTERING BIJ PASSAGE VAN TURBINE 4 BIJ WKC LINNE, NAJAAR 2002**

| bemonstering  | turbinedebiet<br>(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) |            | snoekbaars | baars     | pos | blankvoorn | brasem / blei | kolblei | alver | kopvoorn | winde | serpeling | barbeel | sneep | meerval | karper | kroeskarper | kl. modderkrui- | riviergrondel | rivierdonderpad | spiering | 3d. stekelbaars | zonnebaars | zeeforel | rivierprik | wolhandkrab | am. rivierkreeft |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------|------------|-----------|-----|------------|---------------|---------|-------|----------|-------|-----------|---------|-------|---------|--------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|----------|-----------------|------------|----------|------------|-------------|------------------|
|               | turbine 4                                           | WKC-totaal |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 1             | 30                                                  | 53         | 1          |           |     |            | 1             |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 2             | 30                                                  | 50         |            |           |     | 1          |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 3             | 30                                                  | 40         |            |           |     | 4          |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 4             | 31                                                  | 47         |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 5             | 30                                                  | 33         |            |           |     | 2          | 1             |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 6             | 31                                                  | 32         |            | 1         |     | 1          |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 7             | 31                                                  | 47         |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 8             | 30                                                  | 42         |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 9             | 30                                                  | 33         | 1*         |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 10            | 49                                                  | 49         |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 11            | 30                                                  | 80         | 1          | 6         |     | 2          | 1             |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 12            | 49                                                  | 62         | 1          | 1         |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 13            | 50                                                  | 88         | 1*         | 2         |     | 7          | 2             |         |       | 1        |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            | 1        |            |             |                  |
| 14            | 115                                                 | 337        | -          | -         | -   | -          | -             | -       | -     | -        | -     | -         | -       | -     | -       | -      | -           | -               | -             | -               | -        | -               | -          | -        | -          | -           | -                |
| 15            | 50                                                  | 224        |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 16            | 96                                                  | 305        |            |           |     | 1          |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 17            | 69                                                  | 301        |            |           |     |            |               |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| 18            | 85                                                  | 321        |            |           |     |            | 2             |         |       |          |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            |          |            |             |                  |
| <b>totaal</b> |                                                     |            | <b>5</b>   | <b>10</b> |     | <b>18</b>  | <b>7</b>      |         |       | <b>1</b> |       |           |         |       |         |        |             |                 |               |                 |          |                 |            | <b>1</b> |            |             |                  |

\* niet-letaal beschadigd



**BIJLAGE D OVERZICHT LENGTEN VAN BESCHADIGDE EN ONBESCHADIGDE SCHUBVISSSEN**

| vissoort           | onbeschadigde schubvis |        |             |      |      | beschadigde schubvis |                   |        |             |      |      |
|--------------------|------------------------|--------|-------------|------|------|----------------------|-------------------|--------|-------------|------|------|
|                    | aantal individuen      |        | lengte (cm) |      |      | schade               | aantal individuen |        | lengte (cm) |      |      |
|                    | sub-monster            | totaal | gemiddeld   | min. | max. |                      | sub-monster       | totaal | gemiddeld   | min. | max. |
| alver              | 21                     | 21     | 10,2        | 3    | 15   |                      |                   |        |             |      |      |
| baars              | 769                    | 3210   | 9,2         | 6    | 40   | letaal               | 10                | 10     | 19,2        | 8    | 24   |
| barbeel            | 26                     | 26     | 10,9        | 8    | 23   |                      |                   |        |             |      |      |
| blankvoorn         | 929                    | 1639   | 13,1        | 5    | 26   | letaal               | 18                | 18     | 14,2        | 9    | 27   |
| brasem / blei      | 367                    | 476    | 12,1        | 5    | 43   | letaal               | 7                 | 7      | 27,8        | 10   | 46   |
| dried. stekelbaars | 2                      | 2      | 4,0         | 3    | 5    |                      |                   |        |             |      |      |
| karper             | 2                      | 3      | 11,0        | 10   | 11   |                      |                   |        |             |      |      |
| kl. modderkruiper  | 1                      | 1      | 9,5         |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| kolblei            | 7                      | 7      | 10,4        | 7    | 12   |                      |                   |        |             |      |      |
| kopvoorn           | 124                    | 124    | 7,1         | 4    | 18   | letaal               | 1                 | 1      | 8,5         |      |      |
| kroeskarper        | 1                      | 1      | 12,5        |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| meerval            | 1                      | 1      | 9,5         |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| pos                | 619                    | 1155   | 8,3         | 5    | 14   |                      |                   |        |             |      |      |
| rivierdonderpad    | 2                      | 2      | 5,0         | 4    | 6    |                      |                   |        |             |      |      |
| riviergrondel      | 2                      | 4      | 11,5        | 10   | 13   |                      |                   |        |             |      |      |
| rivierprik         | 17                     | 17     | 39,7        | 33   | 42   |                      |                   |        |             |      |      |



Vervolg bijlage D

| vissoort         | onbeschadigde schubvis |        |             |      |      | beschadigde schubvis |                   |        |             |      |      |
|------------------|------------------------|--------|-------------|------|------|----------------------|-------------------|--------|-------------|------|------|
|                  | aantal individuen      |        | lengte (cm) |      |      | schade               | aantal individuen |        | lengte (cm) |      |      |
|                  | sub-monster            | totaal | gemiddeld   | min. | max. |                      | sub-monster       | totaal | gemiddeld   | min. | max. |
| serpeling        | 1                      | 1      | 6,5         |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| sneep            | 19                     | 19     | 8,8         | 5    | 11   |                      |                   |        |             |      |      |
| snoekbaars       | 399                    | 575    | 16,7        | 6    | 71   | letaal               | 3                 | 3      | 39,2        | 33   | 42   |
| snoekbaars       |                        |        |             |      |      | niet-letaal          | 2                 | 2      | 43,5        | 37   | 49   |
| spiering         | 34                     | 35     | 8,6         | 6    | 11   |                      |                   |        |             |      |      |
| winde            | 6                      | 6      | 13,2        | 11   | 17   |                      |                   |        |             |      |      |
| zeeforel         |                        |        |             |      |      | letaal               | 1                 | 1      | 35,5        |      |      |
| zonnebaars       | 1                      | 1      | 11,5        |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| <b>Overigen</b>  |                        |        |             |      |      |                      |                   |        |             |      |      |
| am. rivierkreeft | 4                      | 28     |             | 6    | 11   |                      |                   |        |             |      |      |
| wolhandkrab      | 24                     | 168    |             | 3    | 8    |                      |                   |        |             |      |      |

**BIJLAGE E OVERZICHT CATEGORIËN LETALE SCHUBVISSCHADE PER BEMONSTERING BIJ PASSAGE VAN TURBINE 4 BIJ WKC LINNE, NAJAAR 2002**

| monsternr. | vissoort   | lengte (cm) | opmerking                    | schadecategorie |            |               |             |                   |             |              |
|------------|------------|-------------|------------------------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|
|            |            |             |                              | doorsnijding    | insnijding | flank gedeukt | (schaf)wond | kieuwdeksel kapot | schubschade | huidstriemen |
| 1          | brasem     | 30          | ontschubt tussen 9 en 13 cm  |                 |            |               |             |                   | x           |              |
| 1          | snoekbaars | 42          | doorsnijding                 |                 |            |               |             |                   |             |              |
| 2          | blankvoorn | 18          | schubschade                  |                 |            |               |             |                   | x           |              |
| 3          | blankvoorn | 9           | doorsnijding                 | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 3          | blankvoorn | 9           | 3 insnijdingen               |                 | x          |               |             |                   |             |              |
| 3          | blankvoorn | 12          | stuk van 2 cm uit zijkant    |                 |            |               | x           |                   |             |              |
| 3          | blankvoorn | 12          | wond tussen staart en rugvin |                 |            |               | x           |                   |             |              |
| 5          | blankvoorn | 13          | 50% ontschubt                |                 |            |               |             |                   | x           |              |
| 5          | blankvoorn | 15          | 50% ontschubt                |                 |            |               |             |                   | x           |              |
| 5          | brasem     | 19          | 50% ontschubt                |                 |            |               |             |                   | x           |              |
| 6          | baars      | 8           | doormidden                   | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 6          | blankvoorn | 13          | schaafwond staart, lethaal   |                 |            |               | x           |                   |             |              |
| 9          | snoekbaars | 49          | bloeduitstorting staart      |                 |            |               | x           |                   |             |              |

## Vervolg bijlage E

| monsternr | vissoort   | lengte (cm) | opmerking                                                | schadecategorie |            |               |             |                   |             |              |
|-----------|------------|-------------|----------------------------------------------------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|
|           |            |             |                                                          | doorsnijding    | insnijding | flank gedeukt | (schaf)wond | kieuwdeksel kapot | schubschade | huidstriemen |
| 11        | baars      | 19          | rechterflank schaafwond                                  |                 |            |               | x           |                   |             |              |
| 11        | baars      | 19          | linkerflank insnijding + rechterflank deuk               |                 | x          | x             |             |                   |             |              |
| 11        | baars      | 21          | rechterflank gedeukt                                     |                 |            | x             |             |                   |             |              |
| 11        | baars      | 24          | linkerflank schaafwond + rechter kieuwdeksel deuk        |                 |            |               | x           | x                 |             |              |
| 11        | baars      | 24          | rechterflank schaafwond + rechter kieuwdeksel kapot      |                 |            |               | x           | x                 |             |              |
| 11        | baars      | 24          | rechterflank gedeukt                                     |                 |            | x             |             |                   |             |              |
| 11        | blankvoorn | 13          | doorsneden achter kop                                    | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 11        | blankvoorn | 13          | staart eraf                                              | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 11        | brasem     | 19          | linker en rechter flank schaafwonden tot op spierweefsel |                 | x          |               | x           |                   |             |              |
| 11        | snoekbaars | 41          | insnijding onder linker borstvin + kieuwen beschadigd    |                 | x          |               |             | x                 |             |              |
| 12        | baars      | 17          | insnijdingen rechter en linker flank                     |                 | x          |               |             |                   |             |              |
| 12        | snoekbaars | 33          | doormidden                                               | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 13        | baars      | 10          | onthoofd                                                 | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 13        | baars      | 21          | geheel doorsneden                                        | x               |            |               |             |                   |             |              |
| 13        | brasem     | 10          | onthoofd                                                 | x               |            |               |             |                   |             |              |



## Vervolg bijlage E

| monsternr.    | vissoort   | lengte (cm) | opmerking                              | schadecategorie |            |               |             |                   |            |              |
|---------------|------------|-------------|----------------------------------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-------------------|------------|--------------|
|               |            |             |                                        | doorsnijding    | insnijding | flank gedeukt | (schaf)wond | kieuwdeksel kapot | schubshade | huidstriemen |
| 13            | blankvoorn | 10          | doorsneden                             | x               |            |               |             |                   |            |              |
| 13            | blankvoorn | 14          | ingeslagen kop                         |                 | x          |               |             |                   |            |              |
| 13            | blankvoorn | 14          | onthoofd                               | x               |            |               |             |                   |            |              |
| 13            | blankvoorn | 15          | snijwonden beide flanken               |                 | x          |               |             |                   |            |              |
| 13            | blankvoorn | 17          | beide flanken grotendeels ontschubt    |                 |            |               |             |                   | x          |              |
| 13            | blankvoorn | 9           | snijwonden beide flanken               |                 | x          |               |             |                   |            |              |
| 13            | blankvoorn | 13          | onthoofd                               | x               |            |               |             |                   |            |              |
| 13            | brasem     | 46          | snijwond op flank onder rugvin         |                 | x          |               |             |                   |            |              |
| 13            | kopvoorn   | 8           | doormidden                             | x               |            |               |             |                   |            |              |
| 13            | snoekbaars | 37          | striemen                               |                 |            |               |             |                   |            | x            |
| 13            | zeeforel   | 35          | insnijding                             |                 | x          |               |             |                   |            |              |
| 16            | blankvoorn | 27          | doormidden op 6 cm                     | x               |            |               |             |                   |            |              |
| 18            | brasem     | 27          | linker flank striemen en bloedspikkels |                 |            |               |             |                   |            | x            |
| 18            | brasem     | 40          | snee op kop + wond aan staart          |                 | x          |               | x           |                   |            |              |
| <b>totaal</b> |            |             |                                        | <b>13</b>       | <b>11</b>  | <b>3</b>      | <b>8</b>    | <b>3</b>          | <b>6</b>   | <b>2</b>     |

## BIJLAGE F LENGTEFREQUENTIES VAN DOELSOORTEN

| lengteklasse<br>(cm) | doelsoorten (aantal) |       |           |         |       |             |            |
|----------------------|----------------------|-------|-----------|---------|-------|-------------|------------|
|                      | kopvoorn             | winde | serpeling | barbeel | sneep | kroeskarper | rivierprik |
| 3                    | 0                    | 0     | 0         | 0       | 2     | 0           | 0          |
| 4                    | 2                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 5                    | 20                   | 0     | 0         | 0       | 1     | 0           | 0          |
| 6                    | 45                   | 0     | 1         | 0       | 2     | 0           | 0          |
| 7                    | 38                   | 0     | 0         | 1       | 2     | 0           | 0          |
| 8                    | 11                   | 0     | 0         | 1       | 3     | 0           | 0          |
| 9                    | 4                    | 0     | 0         | 5       | 2     | 0           | 0          |
| 10                   | 2                    | 0     | 0         | 5       | 4     | 0           | 0          |
| 11                   | 1                    | 1     | 0         | 6       | 2     | 0           | 0          |
| 12                   | 0                    | 3     | 0         | 4       | 0     | 1           | 0          |
| 13                   | 0                    | 1     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 14                   | 1                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 15                   | 0                    | 0     | 0         | 2       | 0     | 0           | 0          |
| 16                   | 0                    | 1     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 17                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 1     | 0           | 0          |
| 18                   | 1                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 19                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 20                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 21                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 22                   | 0                    | 0     | 0         | 1       | 0     | 0           | 0          |
| 23                   | 0                    | 0     | 0         | 1       | 0     | 0           | 0          |
| 24                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 25                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 26                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 27                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 28                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 29                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 30                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 31                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 32                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |
| 33                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 1          |
| 34                   | 0                    | 0     | 0         | 0       | 0     | 0           | 0          |

## Vervolg bijlage F

| lengteklasse<br>(cm) | doelsoorten (aantal) |          |           |           |           |             |            |
|----------------------|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|
|                      | kopvoorn             | winde    | serpeling | barbeel   | sneep     | kroeskarper | rivierprik |
| 35                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          |
| 36                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 1          |
| 37                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 1          |
| 38                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          |
| 39                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 4          |
| 40                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 6          |
| 41                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 3          |
| 42                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 1          |
| 43                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          |
| 44                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          |
| 45                   | 0                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          |
| <b>totaal</b>        | <b>125</b>           | <b>6</b> | <b>1</b>  | <b>26</b> | <b>19</b> | <b>1</b>    | <b>17</b>  |