



Onderzoek naar de visvriendelijkheid van vijzelgemaal Ennemaborgh

Rapport: VA2010_47

Opgesteld in opdracht van:

Waterschap Hunze & Aa's

April 2011

conceptversie

door:

Kemper Jan H. & H.Vis

Statuspagina

Titel:	Onderzoek naar de visvriendelijkheid van vijzelgemaal Ennemaborgh
Samenstelling:	VisAdvies BV
Adres:	Twentehaven 5 3433 PT Nieuwegein
Telefoon:	030 285 1066
Homepage:	http://www.VisAdvies.nl
Opdrachtgever:	Waterschap Hunze en Aa's
Auteur(s):	Kemper Jan H. & H.Vis
E-mail adres:	kemper@VisAdvies.nl
Eindverantwoording	Jan Kemper
Aantal pagina's:	13
Trefwoorden:	gemalen, visschade, geluid
Projectnummer:	VA2010_47
Datum:	april 2011
Versie:	Concept

Bibliografische referentie

Kemper, J.H & H. Vis, 2011. Onderzoek naar de visvriendelijkheid van vijzelgemaal Ennemaborgh. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2010_47, 13 pag.

Copyright: © 2011 VisAdvies BV

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit document worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VisAdvies BV.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Vraagstelling.....	1
2	Methode en materialen	2
2.1	Proefgebied	2
2.2	Gemaal Ennemaborgh	2
2.3	Visdummies	3
2.4	Geluid	3
3	Resultaten en discussie	6
3.1	Dummies	6
3.2	Geluidsmetingen	6
3.3	Natuurlijke doortrek vis	10
3.4	Constructie vijzel	10
4	Discussie	11
4.1	Visoverleefbaarheid.....	11
4.2	Vispasseerbaarheid.....	11

1

Inleiding

De laatste jaren is er toenemende aandacht voor visschade bij gemalen. In opdracht van de STOWA is in het najaar van 2009 een onderzoek uitgevoerd naar optredende visschade bij 26 verschillende opvoerwerken (Kemper *et. al*, 2011a). Hieruit bleek dat de visschade tussen de opvoerwerken onderling sterk verschilde. Tevens bleek dat er visvriendelijke alternatieven beschikbaar zijn.

Visvriendelijkheid van een opvoerwerk wordt gedefinieerd in twee dimensies (Kunst *et al.*, 2008), namelijk

- **vispasseerbaarheid** (in welke mate is migratie van vis door het opvoerwerk mogelijk) en
- **visoverleefbaarheid** (in welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij passage door het opvoerwerk).

Pompproducent Landustrie werkt aan de ontwikkeling van een visvriendelijke vijzel. Twee exemplaren hiervan zijn in gemaal Ennemaborgh geplaatst, in het gebied van waterschap Hunze en Aa's. In het najaar van 2010 is een onderzoek uitgevoerd om de *visoverleefbaarheid* van de vijzels te evalueren. In de onderzoeksperiode bleek dat het visaanbod onvoldoende was om hierover een uitspraak te doen. Aanvullend op dit onderzoek zijn kunstvissen (dummies) ingezet om een indruk te krijgen van de *visoverleefbaarheid* bij gemaal Ennemaborgh.

Aangenomen wordt dat geluid dat een gemaal onder water produceert, een rol speelt bij de *vispasseerbaarheid*. Hoge geluidproductie zou daarbij de vissen afschrikken waardoor het gemaal een barrière vormt in de stroomafwaartse vismigratie. In het kader van het STOWA gemalenonderzoek is een start gemaakt met het in kaart brengen van de onderwatergeluidsproductie door gemalen (Kemper *et. al*, 2011b). In navolging hierop zijn ook bij gemaal Ennemaborgh en gemaal Oude Geut geluidsmetingen verricht.

1.1

Vraagstelling

- Wat is de schade aan dummies bij passage door de vijzelpompen van gemaal Ennemaborgh, als indicatie voor de *visoverleefbaarheid*?
- Wat is de onderwatergeluidsproductie van gemaal Ennemaborgh als indicatie voor één van de factoren die een rol spelen bij de *vispasseerbaarheid*?

2 Methode en materialen

2.1 Proefgebied



figuur 2.1 Geografische ligging van de gemalen Ennemaborgh en Oude Geut.

Gemaal Ennemaborgh stond centraal in het onderzoek. Bij gemaal "Oude Geut" zijn alleen geluidmetingen uitgevoerd.

2.2 Gemaal Ennemaborgh

tabel 2.1 Eigenschappen gemaal Ennemaborgh



Type opvoerwerk	2 vijzels
Capaciteit	2x 40m ³ /min
Toeren (omw/min)	19,1 bij 30HZ (20m ³ /min) 38,2 bij 50Hz (40m ³ /min)

2.3 Visdummies

Voor de test is gebruik gemaakt van dummies met afmetingen van 125x25mm en 210x50mm.. De dummies zijn gemaakt van doorzichtig acrylaat met een wanddikte van 2 mm. De dummies zijn dusdanig kwetsbaar dat er schade optreedt door een botsing met of beklemming tussen de draaiende delen van de pomp. De dummies zijn gevuld met water en lucht, zodat het soortelijk gewicht gelijk is aan water (visen). In elke dummy is een drijvertje geplaatst met een uniek nummer. Wanneer de dummy tijdens de passage door het opvoerwerk doormidden breekt, komt het drijvertje terug. Van dummies waar van, na passage door het gemaal, niets wordt teruggevonden, wordt aangenomen dat deze onbeschadigd in neringen aan de in- of uitstroomzijde van het gemaal is achtergebleven. Voor het opvangen van de dummies aan de uitstroomzijde is gebruik gemaakt van een monitoringsfuijk. De dummies zijn aan de stroomopwaartse zijde in het water geplaatst, tussen het krooshek en de vijzel. Het doorvoeren van de dummies is meerdere keren herhaald bij beide vijzels en bij twee verschillende toerentallen, 19,1 en 38,2 omw/min.



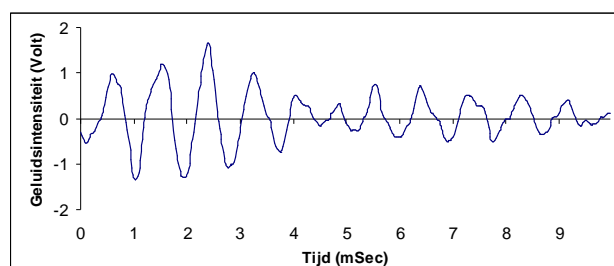
figuur 2.2 Gebruikte Dummies

2.4 Geluid

Met behulp van een onderwatermicrofoon (hydrofoon, Reson, type: TC4032) zijn geluidsoptnames gemaakt. De hydrofoon wordt gevoed door de Reson Input module (type: EC6073). Van hieruit werd het signaal doorgevoerd naar een externe geluidskaart (E-MU Tracker pre) voor de filtering en digitalisering van het binnenkomende analoge geluidssignaal. De geluidskaart is aangesloten op een standaard laptop. Voor de opname en analyse van het geluid werd gebruik gemaakt van het softwarepakket SpectraPlus™. De geluidsmetingen in het veld zijn op verschillende afstanden vanaf het krooshek uitgevoerd op ca 75 cm diepte.

Het opgenomen geluid wordt in eerste instantie vastgelegd in het tijdsdomein. Dit wil zeggen dat de geluidintensiteit wordt uitgezet op een tijdsas, zoals in figuur 2.3 is weergegeven. De geluidintensiteit is hier weergegeven in Volts, zoals dat door de hydrofoon wordt gemeten. Hierna vindt een omrekening plaats naar de druk in Pas-

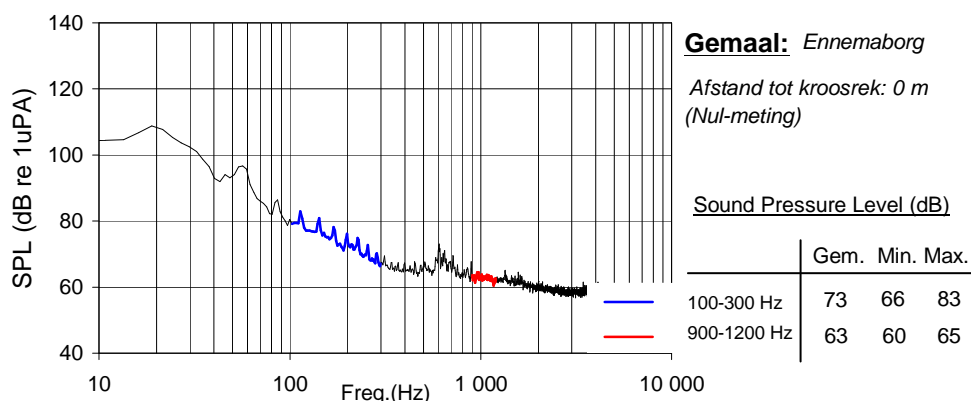
cal (Pa) volgens de gekalibreerde omrekeningsfactor van de hydrofoon. De schaal van de geluidsintensiteit in Pa doorloopt een range van 1 μ Pa tot ca 10^5 Pa. Om deze range inzichtelijk (behapbaar) te maken, wordt gebruik gemaakt van de decibel (dB). De dB is de logaritme van de verhouding tussen een referentiewaarde in Pa en de gemeten waarde in Pa. Als referentiewaarde in lucht is internationaal gekozen voor 20 μ Pa en bij metingen onder water voor 1 μ Pa. **N.B.** Hoewel de dB sterk wordt geassocieerd met geluid, is de schaal dimensieloos.



figuur 2.3 Geluidsfragment in het tijdsdomein.

In een volgende stap van de analyse werd het geluidsfragment van het tijdsdomein omgezet naar het frequentiedomein. Met behulp van een "Fast Fourier Transformatie" (FFT) werd dan inzichtelijk welke afzonderlijke frequenties in het geluidsfragment aanwezig zijn met de bijbehorende

geluidsintensiteit in dB. Een voorbeeld van dit "frequentiespectrum" staat in figuur 2.4. Er zijn twee frequentieklassen onderscheiden als representatief voor het laag- en hoogfrequent gebied waarbinnen vissen gevoelig kunnen zijn voor geluid. Het laagfrequent gebied loopt van 100 tot 300 Hz (blauw) en een hoogfrequent gebied van 900-1200 Hz (rood). Van elke klasse is het gemiddelde, maximum en minimum bepaald.



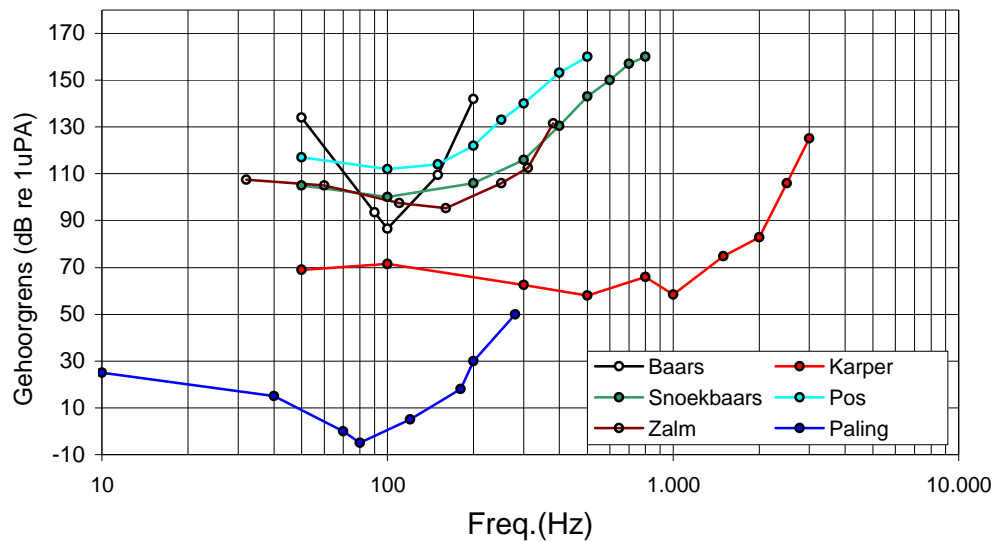
figuur 2.4 Voorbeeld van een frequentiespectrum.

Gevoeligheid

Vissen zijn in staat om geluid onder water te horen, en zijn daarbij in te delen in drie categorieën: hoorspecialisten, geen specialisten met luchtblaas en soorten zonder luchtblaas. Vissen hebben, net als bv, mensen, een frequentieafhankelijk gehoorbereik. Dit gehoorbereik is per vissoort verschillend en kan worden weergegeven in een audiogram (figuur 2.5 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). In het audiogram wordt de onderste gehoorgrens weergegeven bij een bepaalde frequentie die nog net door de desbetreffende vis kan worden waargenomen. Zo kan een karpers bij 60 dB nog net het geluid bij een frequentie van 1 kHz waarnemen. Voor de Nederlandse

zoetwatervissen zijn helaas maar enkele resultaten beschikbaar. Dit zijn baars (Wolff, 1967), Karper (Popper, 1972), snoekbaars/pos (Wolff, 1968) en zalm (Hawkins & Johnstone, 1978).

Met uitzondering van de karper, ligt de grootste gevoeligheid van deze vissen in het gebied 50-400 Hz vanaf een geluidsgrens van ca 100 dB. Hoewel de mens geluid kan horen in de range van 20 Hz tot 20 kHz ligt de grootste gevoeligheid bij een frequentie van 1 kHz tot 5 kHz. Dit houdt in dat wij als mens, bij het terugluisteren van onderwatergeluid, de geluidsintensiteit anders zullen ervaren dan vissen.



figuur 2.5 Audiogrammen van in Nederland voorkomende zoetwatervissen.

3 Resultaten en discussie

3.1 Dummies

In tabel 3.1 zijn de resultaten weergegeven van de doorvoer van de kleine dummies. In totaal zijn 490 exemplaren aan de stroomopwaartse zijde van het gemaal doorgevoerd. Bij geen van de opgevangen dummies is schade vastgesteld. In totaal zijn 12 dummies niet teruggevonden (3%). Van deze dummies is geen drijvertje met uniek nummer aangetroffen. Tijdens de testen bleek dat er soms dummies tijdelijk bleven hangen in de nering van de instroom of de uitstroom van het gemaal. Bij een volgende test kwamen deze veelal alsnog in de opvangfuik terecht. Aangenomen mag worden dat de genoemde 12 verloren dummies niet beschadigd zijn geraakt en waarschijnlijk nabij de in – of uitstroom zijn achtergebleven.

tabel 3.1 Resultaten kleine dummies (linker vijzel= zijde van bedieningskast)

Tijd	Vijzel	Aantal	Omw/min	N onbeschadigd	N beschadigd	N verloren
10:45	linker	10	19,1	10	0	0
10:56	linker	50	19,1	46	0	4
11:20	linker	92	19,1	88	0	4
12:10	rechter	88	19,1	82	0	6
12:30	rechter	82	19,1	86	0	-4
13:30	rechter	86	38,2	82	0	4
13:50	linker	82	38,2	84	0	-2
totaal		490		478	0	12

In tabel 3.2 zijn de resultaten weergegeven van de grote dummies. In totaal zijn er 33 grote dummies ingezet. Geen enkele is beschadigd of verloren gegaan.

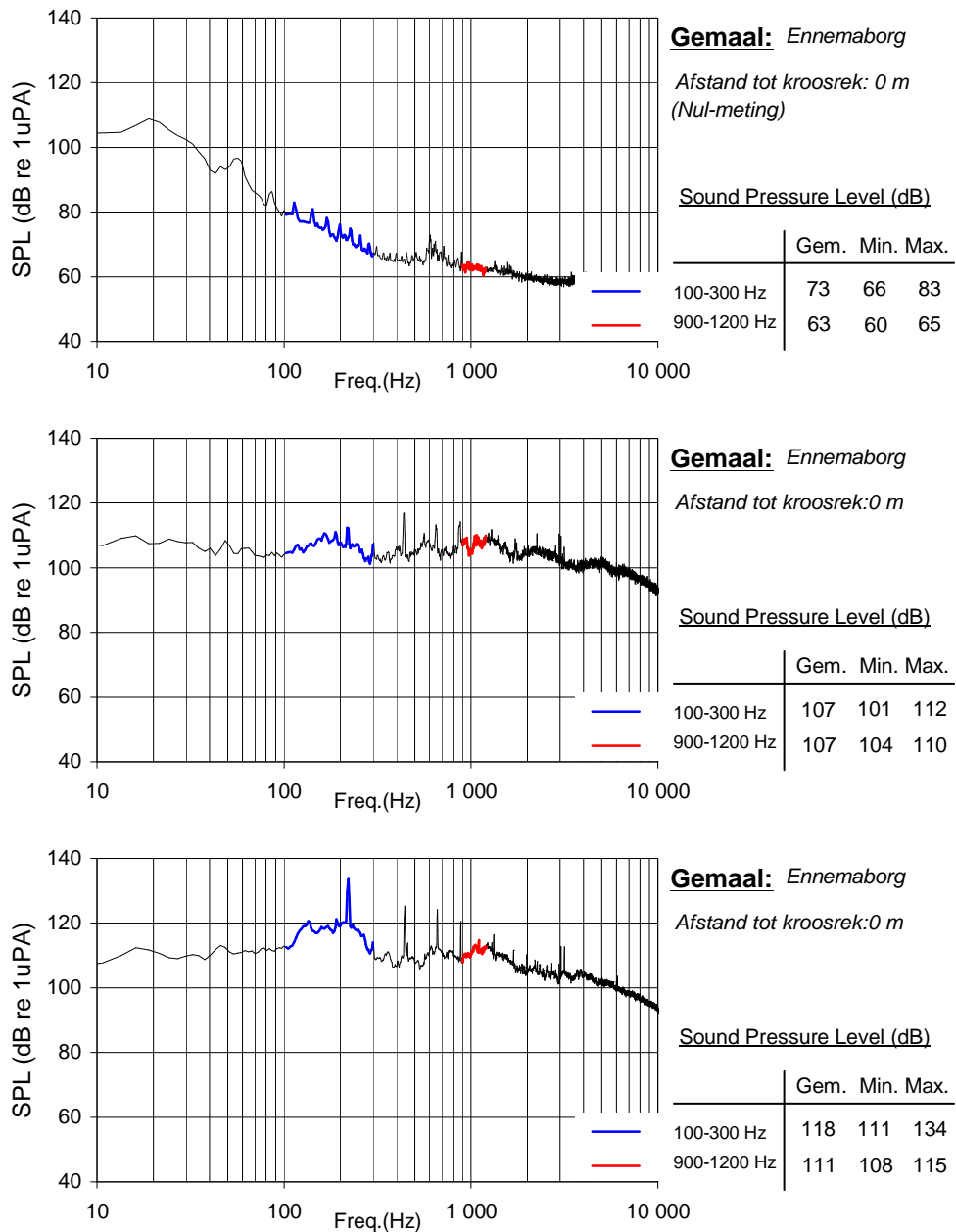
tabel 3.2 Resultaten grote dummies (linker vijzel= zijde van bedieningskast)

Tijd	Vijzel	Aantal	Omw/min	N onbeschadigd	N beschadigd	N verloren
10:56	linker	3	19,1	3	0	0
11:20	linker	6	19,1	6	0	0
12:10	rechter	6	19,1	6	0	0
12:30	rechter	6	19,1	6	0	0
13:30	rechter	6	38,2	6	0	0
13:50	linker	6	38,2	6	0	0
Totaal		33		0	0	0

3.2 Geluidsmetingen

Er zijn geluidsmetingen uitgevoerd bij gemaal Ennemaborgh op verschillende afstanden vanaf het kroosrek te weten: 0, 5, 12, en 18 meter. Tevens is gekeken naar het verschil in geluidsproductie tussen de linker- en rechterzijde van het gemaal. Bij gemaal Oude Geut zijn ook metingen uitgevoerd als referentie voor gemaal Ennemaborgh.

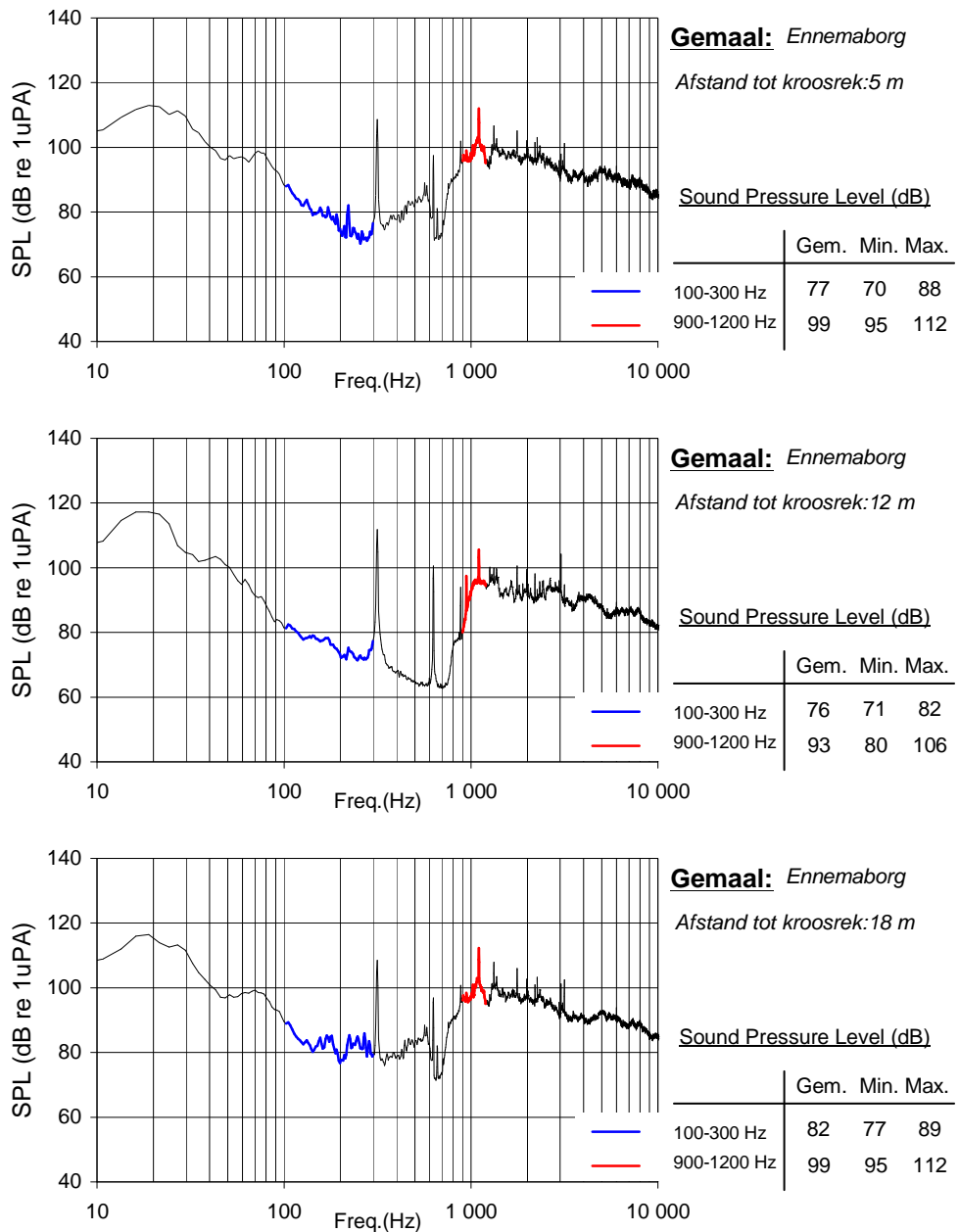
Er wordt ook een nulmeting uitgevoerd om te controleren of er geen andere significante geluidsbronnen, dan afkomstig van het gemaal, een rol spelen. Ook kan hiermee worden nagegaan of er sprake is van een elektrische verstoring.



figuur 3.1 Geluidsspectra gemaal Ennemaborgh

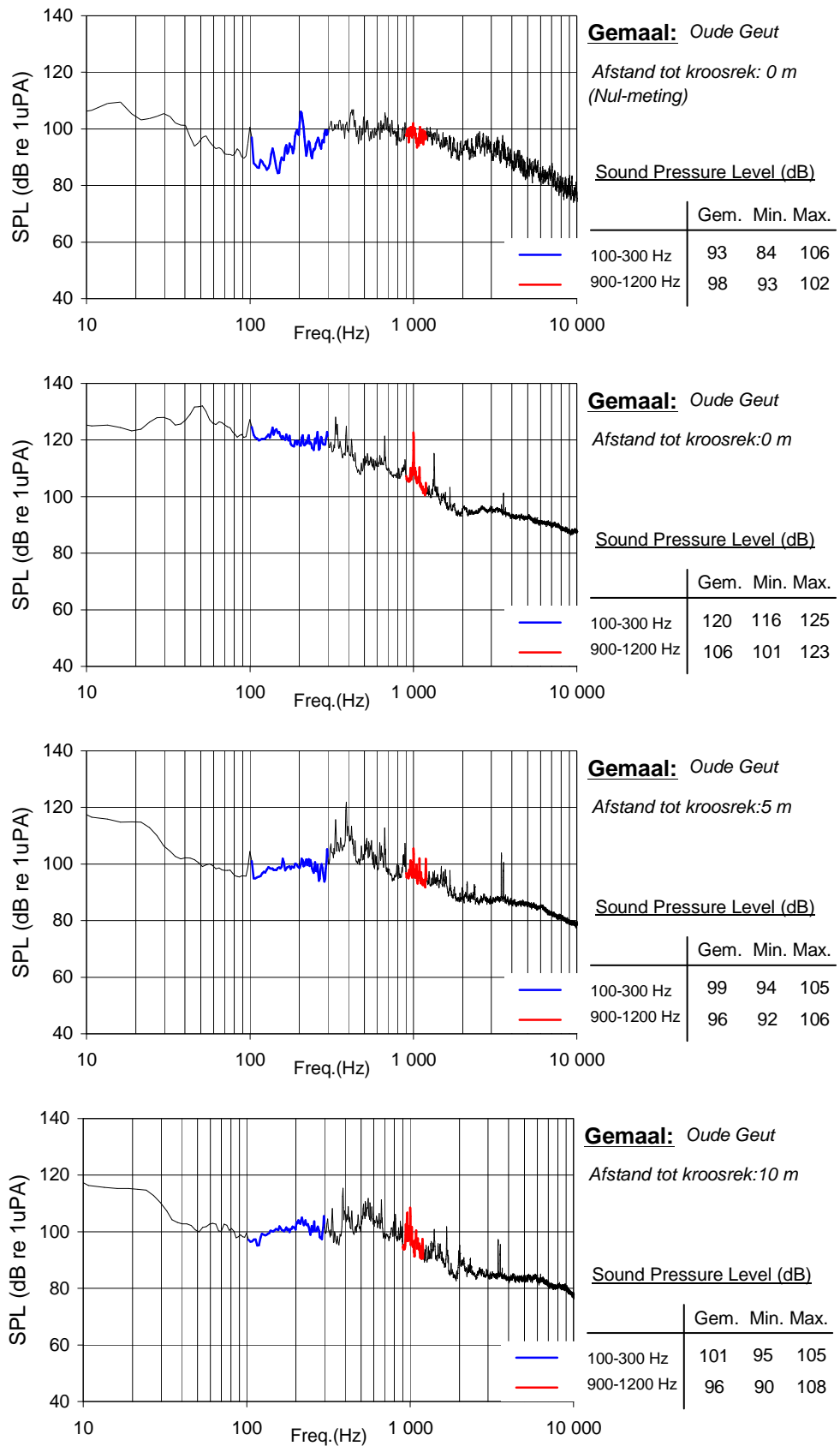
- Boven: nulmeting
- Midden: Meting bij vizel A op 0 meter afstand van het kroosrek.
- Onder: Meting bij vizel B op 0 meter afstand van het kroosrek..

De geluidsintensiteit van beide vizels komt sterk met elkaar overeen. Bij vizel B valt de geluidspiek bij 120 Hertz op. Deze blijft zichtbaar op alle afstanden. De geluidsintensiteit op de lagere frequenties doven sneller uit dan de hogere frequenties. De geluidsintensiteit in het lage frequentiebereik is laag



figuur 3.2 Geluidsspectra gemaal Ennemaborgh (vijzel B) op 5, 12 en 18 meter afstand van het kroosrek

In figuur 3.3 zijn de geluidsspectra bij gemaal Oude Geut weergegeven. Opvallend is dat bij de nulmeting een hogere geluidsintensiteit wordt gemeten dan bij gemaal Ennemaborgh. De bron hiervan is aan de hand van de geluidsspectra niet of nauwelijks te herleiden. Bij het afluisteren van de opnamen werd echter duidelijk dat het geluid werd veroorzaakt door lekkage van water door het gemaal. Niet kon worden vastgesteld of het hier om veel water gaat en of de lekkage van permanente aard is. De geluidintensiteit is bij gemaal Oude Geut vooral in het lage frequentiegebied hoger. Ook op grotere afstanden.



figuur 3.3 Geluidsspectra gemaal Oude Geut op 0, 5, en 10 meter afstand van het kroosrek

3.3 Natuurlijke doortrek vis

Tijdens het onderzoek zijn ook vissen door het gemaal gepasseerd (tabel 3.3). Het ging om in totaal 15 vissen verdeeld over drie vissoorten: baars, pos en tien-doornige stekelbaars. Twee vissen zijn tijdens de passage dodelijk beschadigd (13%). Van de zichtbare schade was af te leiden dat beide vissen bekneld hadden gezeten. De overige vissen waren uiterlijk onbeschadigd. Op basis van de beperkte aantallen kan geen uitspraak worden gedaan over de visvriendelijkheid van de vijzels.

tabel 3.3 *Natuurlijke doortrek vis (rood=dodelijk beschadigd), (linker vijzel= zijde van bedieningskast)*

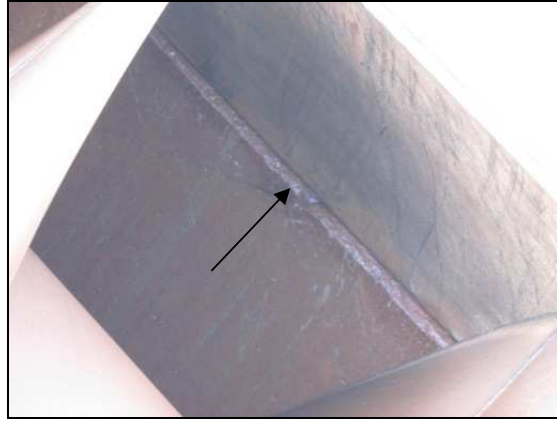
Vijzel	Toeren (omw/min)	soort	lengte	Aantal
linker	19,1	baars	10	1
linker	19,1	baars	15	1
linker	19,1	pos	6	2
linker	19,1	pos	7	2
linker	19,1	pos	10	1
rechter	19,1	pos	10	1
rechter	19,1	pos	10	2
rechter	38,2	10-D. Stekelb.	4	1
rechter	38,2	baars	7	1
rechter	38,2	baars	19	1
rechter	38,2	pos	9	1
linker	38,2	baars	8	1



figuur 3.4 *Dodelijk beschadigde baars (links) en pos (rechts) met zichtbare kneuzingen.*

3.4 Constructie vijzel

De schade die is vastgesteld bij beide vissen duidt erop dat de vissen tijdelijk bekneld hebben gezeten. Mogelijk treed er beknelling op tussen de betonnen fundering en de rand van de vijzel. Tevens bleek er een ruimte aanwezig tussen de betonnen fundering en de kunststof kap. De afstand tussen de rand van de vijzel en de fundering is kleiner dan de afstand tussen de rand van de vijzel en de kunststof kap. Verwacht mag worden dat door het verkleinen van de afstand en het glad afwerken van de overgang tussen fundering en kunststof kap, de kans op vis schade nog verder zal worden beperkt.



figuur 3.5 Kieren nabij overgang van fundering naar geleidekap

4 Discussie

4.1 Visoverleefbaarheid

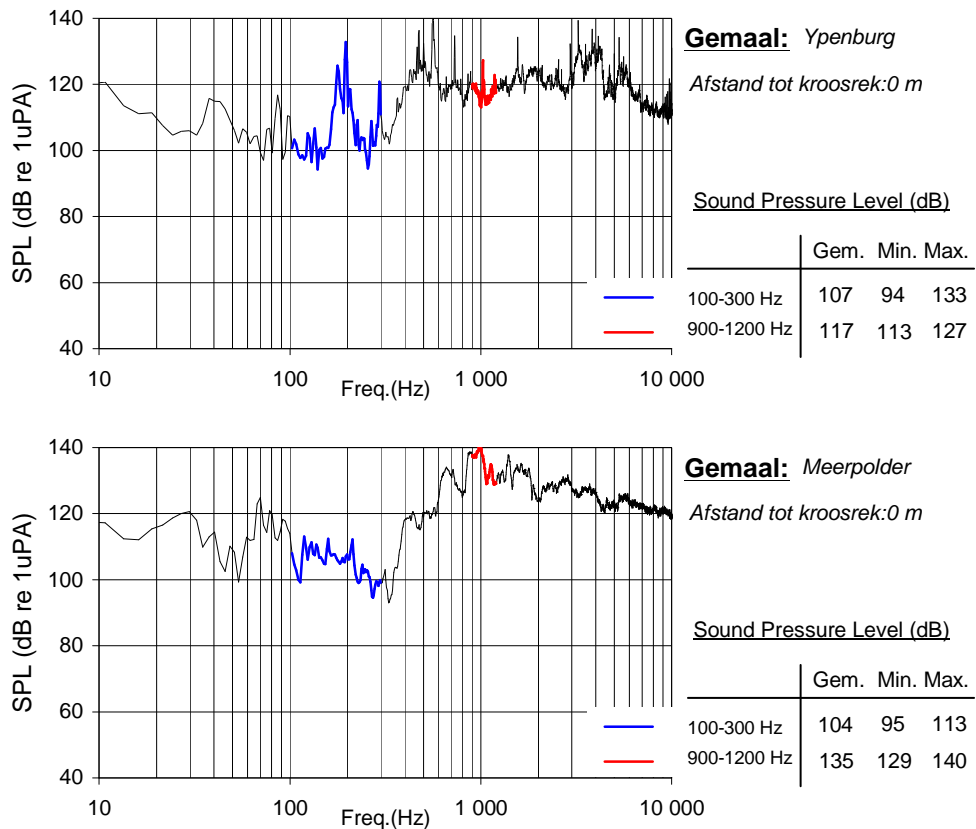
De resultaten van het onderzoek met de dummies voldeden aan de verwachting. In het STOWA gemalen onderzoek was de schade aan dummies bij de passage door de vijf onderzochte vijzel gemalen ook minimaal (< 95%). Het wordt aanbevolen om de vijzelconstructie op een paar kleine punten na te lopen om nog beter te voorkomen dat vissen bekneld kunnen raken. Verder mag worden gesteld dat aan de hand van de experimenten met de dummies, de *visoverleefbaarheid* bij passage door vijzel gewaarborgd is.

4.2 Vispasseerbaarheid.

De geluidsintensiteit voor het gemaal kan mogelijk een barrière vormen voor vissen om te passeren. Om dit te toetsen moet informatie beschikbaar zijn met betrekking tot het visaanbod voor het gemaal en de vissen die daadwerkelijk het gemaal passeren. De verhouding hiertussen geeft een index voor de *vispasseerbaarheid* van het gemaal. De focus ligt in de regel bij het in beeld brengen van de passage door het gemaal, terwijl het aanbod meestal onderbelicht blijft. Niet in de laatste plaats, omdat het aanbod zeer lastig is vast te stellen. Aanbodfuiken lopen snel vol met drijfvuil en vooral grote vis is aan deze zijde van het gemaal lastig te vangen.

Geluid blijft daarom een theoretische factor die een rol speelt bij de *vispasseerbaarheid* van het gemaal. Niettemin is de inventarisatie van de geluidsintensiteit van grote waarde om dit in de toekomst in verband te kunnen brengen met de index voor *vispasseerbaarheid*, zodra deze informatie beschikbaar komt.

Voor dit moment kan alleen een uitspraak worden gedaan over de geluidintensiteit bij gemaal Ennemaborgh in vergelijking tot andere gemalen. In vergelijking tot de geluidsbelasting bij gemaal Oude Geut produceert de vijzel, vooral in het lage frequentiegebied, weinig lawaai. Ter vergelijking zijn ook nog twee geluidsspectra gepresenteerd van een hydrostale pomp en een gesloten schroef (compact) pomp. Deze gemalen behoren tot de klassen die het meest lawaai produceren.



figuur 4.1 Geluidsspectra van gemaal Ypenburg (Hydrostal, 21 m³/min) en gemaal Meerpolder (gesloten schroef (compact) pomp, 45 m³/min).

Literatuurlijst

Hawkins, A.D. & Johnstone, A.D.F., 1978. The hearing of the Atlantic salmon, *Salmo salar*. J. Fish. Biol., 13:655-673.

Kemper J.H., H. Vis, F.T. Vriese, J. Hop & J. Kampen, 2011a. Gemalen of vermalen worden. Subtitel: Onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_33, 73 pag.

Kemper J.H., I.L.Y. Spierts & H. Vis, 2011b. Bijlagenrapport 2 Fysische omstandigheden bij opvoerwerktuigen in relatie tot vis. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_33, pag.45

Kunst, J.M., B. Spaargaren, F.T. Vriese, M.J. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan, & R.R. Jonker, 2008. Gemalen of vermalen worden Subtitel : Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen Projectnummer: 253293 Referentienummer: I&M-99065369-MK. Grontmij BV en VisAdvies BV. I.o.v. STOWA.

Popper, A.N., 1972. Pure-tone auditory thresholds for the carp, *Cyprinus carpio*. JASA, 52(6) Part 2, 1714-1717.

Spierts, I.L.Y. & J.H. Kemper, 2010. Fysische omstandigheden bij de gemalen Hoek-polder en Aalkeetpolder in relatie tot vis. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_42, 18 pag.

Wolff, D.L., 1967. Das Hörvermögen des Flussbarsches (*Perca fluviatilis* L.). Biol. Entz., 86:449-460.

Wolff, D.L., 1968. Das Hörvermögen des Kaalbarsches (*Acerina cernua* L.) und des Zanders, (*Lucioperca sandra* Cuv. Und Val.). Z. vergl. Physiol., 60:14-33.



Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

t. 030 285 10 66
e. info@VisAdvies.nl
www.VisAdvies.nl

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

Aansprakelijkheid:

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeien uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichtte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximumaansprakelijkheid van [€50.000].