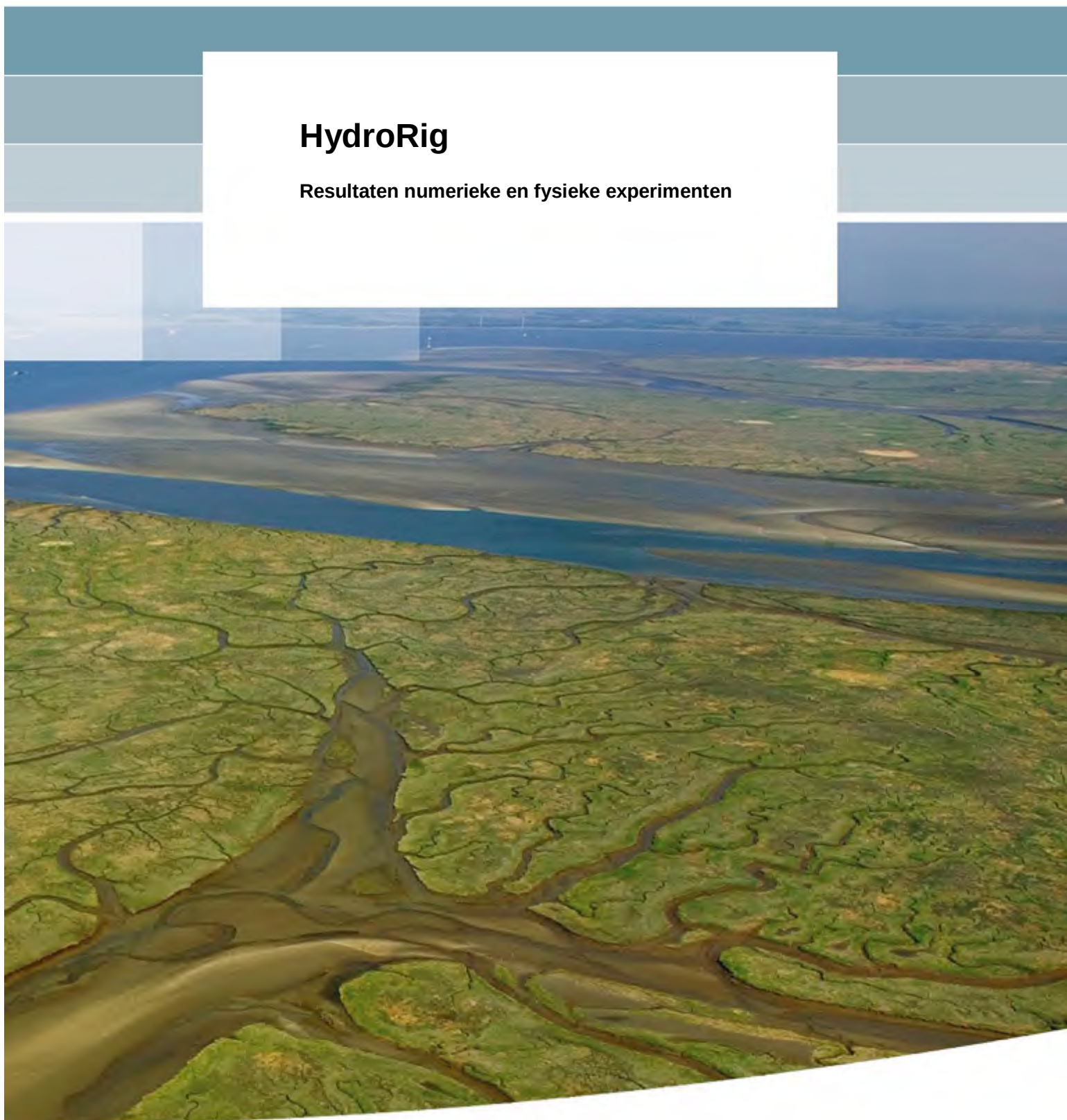


HydroRig

Resultaten numerieke en fysieke experimenten



HydroRig

Resultaten numerieke en fysieke experimenten

dr. L.A. van Duren
ir. S.H. De Kleermaeker

1002324-000

Titel
HydroRig

Opdrachtgever
VCU Urk

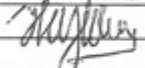
Project
1002324-000

Pagina's
36

Trefwoorden
HydroRig, vistuig, numerieke modellering, gootproeven

Samenvatting

Dit verslag beschrijft de resultaten van numerieke modellering en fysische modelproeven aan een alternatief ontwerp voor de boomkor visserij. Dit tuig beoogt minder schade aan bodemleven toe te brengen en overlevingskansen van bijvangst te verbeteren door de bodemberoering met wekkerkettingen te verminderen. Daarnaast moet door het verminderde gebruik van wekkerkettingen de brandstofconsumptie worden verminderd. De numerieke en fysieke proeven bij Deltares dienen om inzicht te krijgen in de werking van het tuig en aanwijzingen te krijgen over de optimale configuratie. De resultaten laten zien dat het tuig een hoge turbulentie opwekt op de bodem die voldoende is om objecten met dezelfde vorm en dichtheid als platvis van de bodem op te wervelen. Tevens veroorzaakt het tuig drukverschillen aan de bodem die mogelijk een schrikreactie bij vissen kunnen veroorzaken.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	okt. 2010	Dr. L.A. van Duren		Ir. H.W.J. Kernkamp		Ir. T. Schilperoort	
		Ir. S.H. De Kleermaeker					

Status
definitief

Financiering



Dit rapport is tot stand gekomen met financiering van het Europees Visserijfonds: Investering in duurzame visserij

Op het ontwerp is octrooi aangevraagd.

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Algemene doelstelling van het HydroRig Project	1
1.2 Functie van de numerieke modellering en de gootproeven binnen de totaal opzet	1
2 Numerieke modellen	2
2 Numerieke modellen	3
2.1 Modelleerwerk	3
2.2 Configuratie	3
2.3 Resultaten balkopsimulaties	3
3 Fysieke modelstudies in de Water- en grondgoot	6
3.1 Doel van de proeven	6
3.1.1 Basismethode	6
3.1.2 Schaling	6
3.2 Fysische modellen	7
3.2.1 Ronde boom	7
3.2.2 Balkoppen	7
3.3 Vismodellen	8
3.4 Configuratie van de druksensoren en opzet van de proeven	9
3.5 Voorbewerking van de drukopnemer data	9
3.6 Bewerking en analyse video data	10
4 Resultaten	13
4.1 1:1 model	13
4.1.1 Referentie ronde boom	13
4.1.2 Effect van snelheid op de ruimtelijke variabiliteit van druk	16
4.1.3 Afstand balkoppen tot de bodem	17
4.1.4 Afstand boom – balkoppen	19
4.1.5 Hoek van de balkop.	21
4.1.6 Dubbele rij balkoppen	26
4.2 Andere configuraties	28
4.3 1:6 model	29
5 Vergelijking tussen numerieke en fysische testen	30
6 Conclusies	31
6.1 Consistentie van de metingen	31
6.1.1 Druksensoren	31
6.1.2 Video analyse	31
6.2 Effecten van verschillende configuraties	32
6.2.1 Aanwezigheid balkoppen	32
6.2.2 Effect van sleepsnelheid	32
6.2.3 Effect van positie van de balkoppen tot de bodem en tot de boom.	32
6.2.4 Effect van variaties in hoek.	32
6.2.5 Meerdere rijen balkoppen	33
6.3 Aanzet voor vervolproeven.	33

1 Inleiding

1.1 Algemene doelstelling van het HydroRig Project

Boomkor visserij staat maatschappelijk onder druk vanwege het gebruik van zgn. wekkerkettingen om platvis uit de bodem te jagen. Deze wekkerkettingen zijn zware metalen kettingen die voor het net uit door de bodem schrapen. Deze kettingen veroorzaken schade aan de bodem en zorgen voor beschadiging van bijvangst. Ondermaatse vis en andere bodemdieren komen momenteel grotendeels in het net terecht. Zelfs als wordt dit deel van de vangst aan boord snel uitgesorteerd en overboord gezet is de overleving laag. Daarnaast veroorzaakt het gebruik van zware wekkerkettingen die door de bodem 'ploegen' voor een hoog brandstofgebruik.

Met het ontwikkelen van een alternatief ontwerp van het boomkortuig wordt geprobeerd deze nadelen te minimaliseren. Het principe van het tuig is gebaseerd op het veroorzaken van een hydrodynamische verstoring aan de bodem, waarmee platvis de bodem wordt uitgejaagd en in het net komt, zonder gebruik van de zware wekkerketting. Bodemverstoring wordt hierdoor zwaar gereduceerd en ondermaatse vissen wordt niet fysiek beschadigd, zodat ze door het grofmazige deel van het net kunnen ontsnappen. Daarnaast zal het opwerken van turbulentie wel wat extra brandstof kosten met zich meebrengen in vergelijking met een boot zonder vistuig, maar veel minder dan wordt veroorzaakt door de weerstand van de wekkerkettingen.

Het project wordt uitgevoerd door een consortium van Visserij Coöperatie Urk (VCU), Zeevisbedrijf Geertruida BV., Wageningen Imares (in samenwerking met ILVO) en Deltares. Deltares is verantwoordelijk voor de numerieke modellering en voor het testen van verschillende fysieke schaalmodellen in de water- en grondgoot.

Dit verslag betreft een korte beschrijving van de resultaten van de numerieke modellen en een beschrijving van de resultaten van de praktijkproeven in de water- en grondgoot.

1.2 Functie van de numerieke modellering en de gootproeven binnen de totaal opzet

De numerieke modellering en de gootproeven moeten inzicht geven in hoe het tuig functioneert en wat variaties in het ontwerp voor gevolgen hebben. Dit is met name gericht op de hydrodynamische verstoring die wordt opgewekt door het tuig en wat er gebeurt wanneer de configuratie van het tuig wordt gewijzigd. Hiermee kan een optimalisatie van het ontwerp worden bereikt.

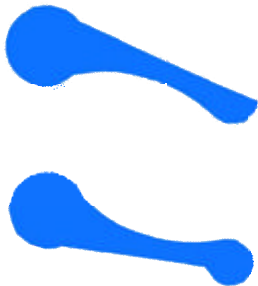
Bij de praktijkproeven kan gebruik gemaakt worden van zgn. vis-mimics, model vissen met een vergelijkbare relatieve dichtheid als platvissen. De uiteindelijke efficiëntie van het tuig zal worden bepaald door een combinatie van factoren, waar zeker ook het gedrag van de vissen een rol speelt. Deze laatste factor kan niet worden meegenomen in de gootproeven. Momenteel is nog niet goed bekend of de schrikreactie van vissen voornamelijk wordt bepaald door drukverschillen aan de bodem, door veranderingen van schuifspanning, of door het opwervelen van sediment waardoor ingegraven vissen boven het zand komen te liggen. Dit kan wel verschil maken in de uiteindelijke optimale configuratie van het tuig.

Belangrijke informatie over efficiëntie in het veld, overlevingskansen van bijvangst en effecten op brandstofgebruik moeten dan ook komen van de praktijkproeven, uitgevoerd door Wageningen-Imares en ILVO.

Behalve het opwekken van verstoring aan de bodem waarmee vissen uit het sediment worden gejaagd is de vorm en het ontwerp van het net een belangrijke bepalende factor voor

de efficiëntie van het vistuig. Optimalisatie van het net is in deze deelstudie niet meegenomen.

In een eerdere fase van het project zijn verschillende basisconfiguraties numeriek doorgerekend en in het veld getest. De eerdere versies met een aanpassing van de vorm van de vorm van boom zelf (zie Figuur 1.1 voor een schets van de gebruikte dwarsdoorsneden), bleken wel enig effect te hebben, maar uiteindelijk in het veld toch niet het gewenste resultaat te geven.



Uiteindelijk is gekozen voor een basisontwerp met zgn. 'bolkoppen', concave structuren die op de boom worden bevestigd (zie Figuur 1.2). Dit ontwerp is gebaseerd op een prototype van een tuig voor Sint Jakobsschelpen, ontwikkeld door Cliff Goudey (centrum voor visserijonderzoek, Massachusetts U.S.A) in samenwerking met een consortium van bedrijven en organisaties.

Figuur 1.1: Schematische tekening van eerdere geteste prototypes



Figuur 1.1: Foto van de bolkoppen zoals in het veld getest

Numerieke modellen

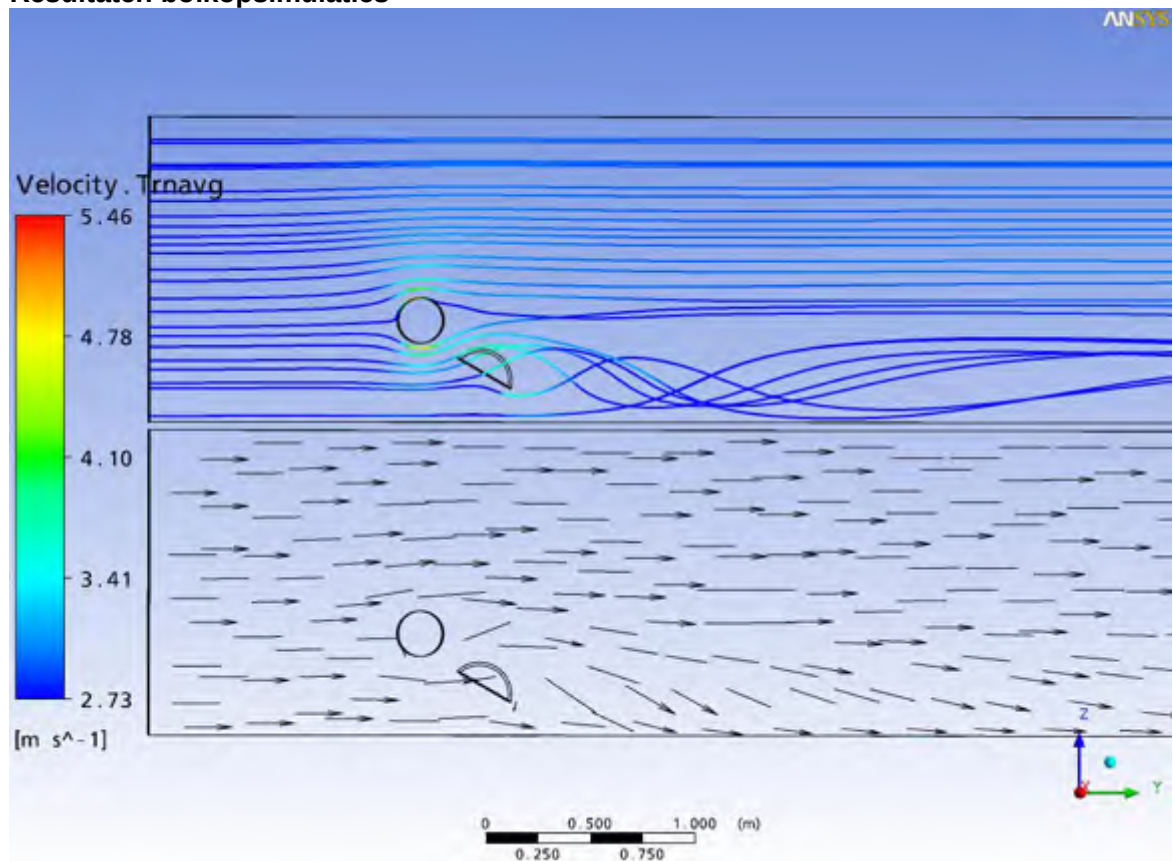
2.1 Modelleerwerk

De modellen worden uitgevoerd met het pakket CFX. In eerdere stadia van dit project zijn verschillende modellen doorgerekend. Hieronder wordt volstaan met enkele voorbeelden die relevant zijn voor directe vergelijking met de fysieke proeven. In een later stadium wordt hier een volledige rapportage van opgeleverd. De los bij dit rapport bijgeleverde files (273_11C2_Mom+Tavg_Blend_001_Final.htm) geven details over het gebruikte rooster, wandruwheden en verschillende modelsettings

2.2 Configuratie

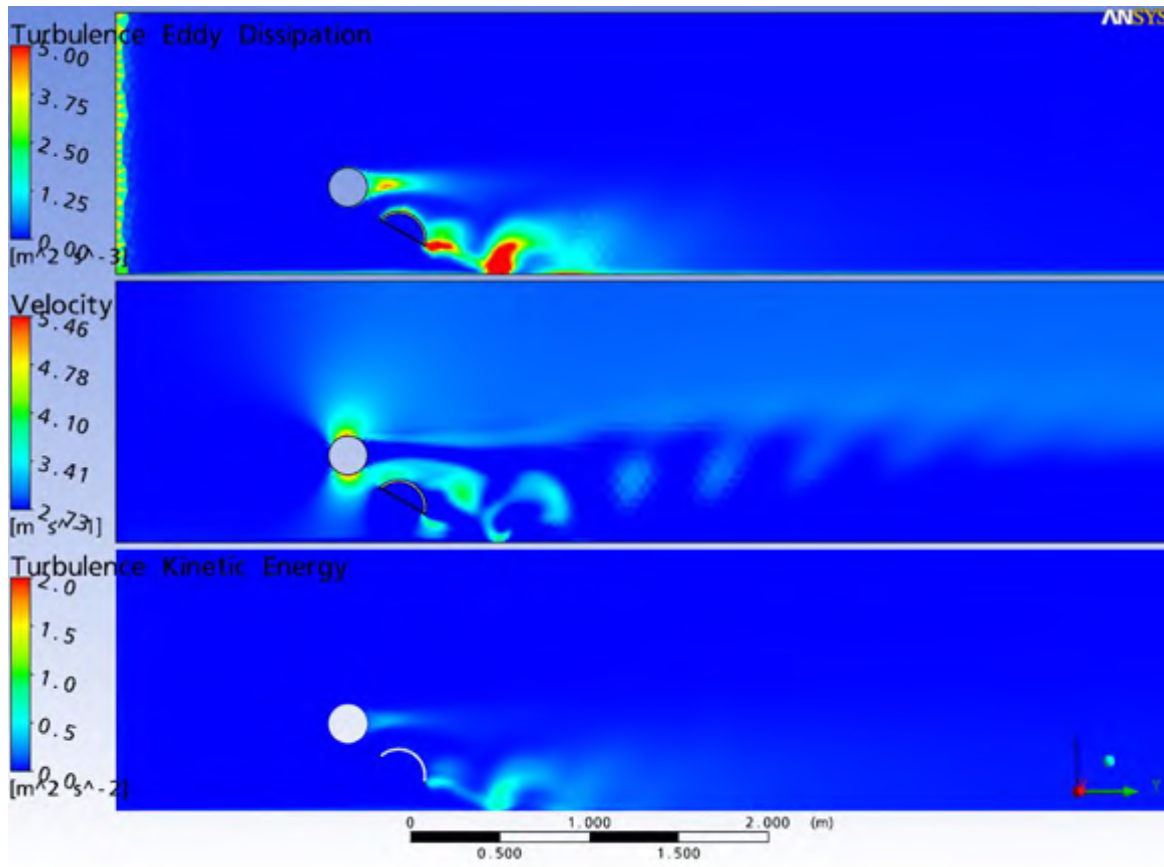
In de gesimuleerde situatie zit de balkop op 30 cm afstand van de boom, onder een hoek van 30° en de bovenzijde van de balkop zit ongeveer op dezelfde hoogte als de onderzijde van de boom. De onderzijde van de balkop bevindt zich 16 cm boven de bodem van het model domein.

2.3 Resultaten balkopsimulaties



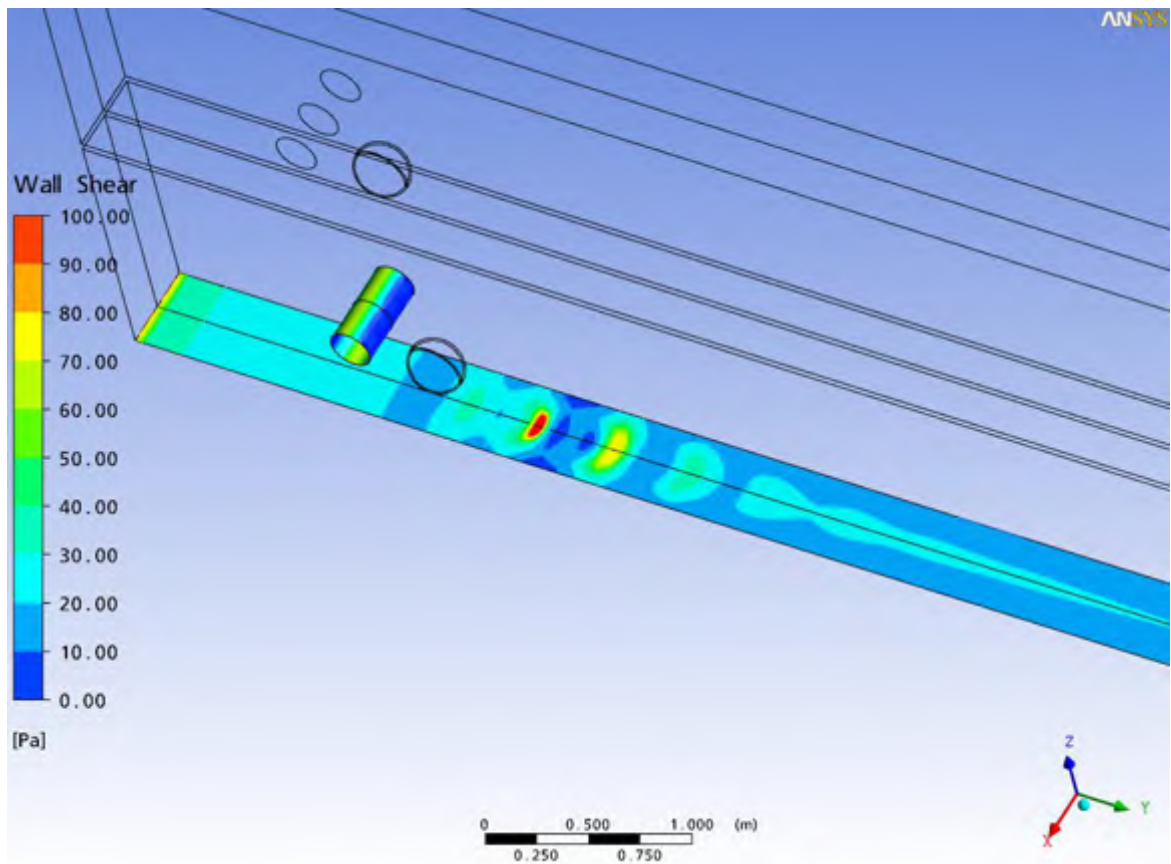
Figuur 2.2: Gesimuleerde snelheden achter het tuig met balkoppen. Sleepsnelheid: 2.73 m s^{-1} .

De gesimuleerde snelheden rond de balkoppen geven versnellingen vlak boven en onder de boom te zien en boven en onder de rand van de balkop. Achter het tuig is een sterk oscillerende stroming. Figuur 2.2 geeft een gemiddelde situatie over enkele seconden weer, in het detailrapport is ook een momentopname te zien.



Figuur 2.3: turbulentie achter het tuig

Figuur 2.3 laat een momentopname van de turbulentie achter het tuig zien. Deze snelheidsfluctuaties bereiken de bodem ongeveer een meter achter de positie van de boom en verhoogde niveaus zijn zichtbaar over ongeveer een meter achter de balkop. In het gedetailleerde rapport staat ook een indruk van de tijdgemiddelde situatie.



Figuur 2.4: Bodemschuifspanning op de bodem achter het tuig

De stromingspatronen rond het HydroRig geven een sterk fluctuerende schuifspanning op de bodem. Figuur 2.4 geeft een momentopname weer. De positie van de piek in de bodemschuifspanning varieert over de tijd en ook sterk over de horizontaal. De significante effecten op de bodem strekken zich 1-1.5 m uit achter het tuig. De schuifspanning is een parameter die door vissen wordt waargenomen met het zijlijn systeem. Dit is dus een mogelijke parameter die mede bepaald of vissen worden opgeschrikt uit het sediment.

3 Fysieke modelstudies in de Water- en grondgoot

DELTAIRES heeft de beschikking over de “water-sediment goot” ofwel de “water-soil flume”. Dit is een trekgoet waar onder gecontroleerde omstandigheden proeven uitgevoerd kunnen worden met zwaar materiaal, zoals vistuigen om de effecten op water en bodem te testen. Een beschrijving van de goot is te vinden op: <http://www.deltares.nl/en/facility/205335/water-soil-flume/205370>.

Deze faciliteit bestaat uit een grote betonnen bak, breedte 9 m., lengte variabel, tot 50 m. met een zelfbewegende sleepinstallatie gebouwd op de wanden van de goot. Deze installatie is voorzien van meetapparatuur. De bak kan voorzien worden van een glaswand, zodat een smallere goot ontstaat waarmee stroming gevisualiseerd kan worden. Met deze glazen wand is de breedte van de goot maximaal 2.4 m. in deze configuratie is de goot voor de HydroRig proeven gebruikt

De goot is 2.5 m diep en kan van verschillende soorten sediment worden voorzien. In deze eerste serie proeven is echter gekozen voor een opzet met een vaste bodem waar in druksensoren geplaatst zijn met de bovenzijde op gelijke hoogte met de bodem van de goot. Hiervoor is over een lengte van 15 meter een valse (houten) bodem geplaatst met een hoogte van ongeveer 4 cm. Hierin konden de drukopnemers worden verzonken zodanig dat de bovenkant van de opnemer op gelijke hoogte lag met de bodem. Voor en achter de valse bodem was een kort talud geconstrueerd waarmee een gelijkmatig hethoogteverschil kon worden overbrugd. De meetsectie was ver genoeg verwijderd van deze taluds om hiervan effect te ondervinden.

3.1 Doel van de proeven

Effecten en effectiviteit van het HydroRig tuig en optimalisatie van huidig bolkoppenontwerp. Validering van modelresultaten.

Bepaald moet worden

- Optimale positie van de bolkoppen
- Optimale methode van ophanging
- Optimale positie van onderpees achter de boom

3.1.1 Basismethode

Verschillende schaalmodellen worden met verschillende snelheden door de bak gesleept. Met drukopnemers wordt de gegenereerde drukverschillen op de bodem geregistreerd, evenals de afstand achter het tuig waar deze druk optreedt.

Met gestandaardiseerde vismodellen wordt waargenomen hoe de passieve verplaatsing van platvis door het tuig wordt veroorzaakt.

3.1.2 Schaling

De proeven in de goot worden beperkt door

De maximale sleepsnelheid van het tuig in de goot. Die is om veiligheidsredenen beperkt tot 2 m s^{-1} . Dit betekent dat voor 1:1 schaalmodellen niet de normale sleepsnelheid van 5.3 knopen (2.73 m s^{-1}) kan worden bereikt.

De maximale breedte van de bak: om de goot te kunnen gebruiken met de glazen observatiewand moet de breedte worden beperkt tot 2.4 m

De normale snelheid waarmee in het veld wordt gevestigd en waarmee de meeste numeriek simulaties zijn uitgevoerd is 2.73 m s^{-1} (5.3 knopen). Om met volle snelheid te kunnen slepen moet het tuig kleiner geschaald worden op basis van Froude schaling: $\frac{U^2}{gL}$. Hierbij is U de

snelheid van het tuig, g de valversnelling en L de lengte schaal. M.a.w. de snelheid van het tuig schaalt dus met de vierkantswortel van de lengteschaal van het tuig. Om een volledig schaalmodel van het tuig (inclusief net) in de goot te testen is de maximale schaal van het tuig 1:6, wat neer komt op een lengte van de boom van 2 m. Dit zou volgens de Froude schaling betekenen dat een snelheid van 1.11 m s^{-1} equivalent is aan een snelheid van 2.73 m s^{-1} (5.3 knopen) in een 1:1 schaal. Voor een volle snelheid van 6 knopen zou dit schaalmodel gesleept moeten worden met 1.26 m s^{-1} , wat ook binnen het bereik van de mogelijkheden van de sleeptank ligt.

Alleen bij de 1:1 schaalmodellen kan er redelijkerwijs gebruik gemaakt worden van plastic vismodellen, om enig inzicht te verkrijgen in het gedrag van passieve visvormen onder invloed van de opgewekte stroming. NB. Dit heeft nog steeds relatief beperkte relevantie voor het effect op levende vissen die gedragsmatige reacties vertonen op stimuli zoals drukverschillen of snelheidsverschillen. Bij het 1:6 schaalmodel zouden de vissen ook 1:6 geschaald moeten worden. Dit zou echter waarschijnlijk problemen gaan geven met een

andere relevante schaalfactor: de Reynolds schaling. Het Reynolds getal ($\frac{UL}{\nu}$, waar U snelheid, L de lengteschaal en ν de kinematische viscositeit weergeeft) geeft de verhouding weer tussen traagheidskrachten en viskeuze krachten. Naarmate objecten in water kleiner worden en trager bewegen heeft viscositeit een steeds grotere invloed op beweging. Bij een 1:6 schaling van de vissen begint viscositeit een dusdanige invloed te hebben dat bewegingen van passieve modellen helemaal niet meer interpreteerbaar zijn in termen van mogelijke effecten op vangstsucces.

3.2 Fysische modellen

3.2.1 Ronde boom

Schaal: 1:1

Verwachting: zal geen meetbare effecten op de bodem hebben

Snelheden:

- 1:1 model $1, 1.5$ en 2 m s^{-1} (= 1.9, 2.9 en 3.9 knopen)

3.2.2 Bolkoppen

Schaal: 1:1 en 1:6

Snelheden:

- 1:1 model 1.5 m s^{-1} (= 2.9 knopen)
- 1:6 model 1.1 m s^{-1} Deze run niet met modelvissen i.v.m. conflict Reynolds schaling, deze run met en zonder net als referentie voor de bolkoppen + net



Figuur 3.1: constructie schaalmodel met bolkoppen

Met het 1:6 model van de bolkoppen konden geen verschillende configuraties worden doorgemeten. De

1:1 modellen waren zo geconstrueerd dat er ruimte was om de afstand tussen de balkoppen te variëren (afhankelijk van de configuratie konden er 4 of 3 balkoppen naast elkaar geplaatst worden), tevens kon de hoek van de balkop worden gevarieerd en kon er met twee rijen balkoppen gewerkt worden. De constructie was zodanig dat ook de hoogte boven de bodem kon worden aangepast. Voor het wijzigen van de configuratie moest het geheel uit het water getakeld worden. Dit hield in dat het bassin daarvoor leeg en weer volgepompt moest worden.



Figuur 3.2: Afstellen van het 1:1 schaal model in de goot

3.3 Vismodellen

De modelvissen waren geconstrueerd van silicone en gegoten in een mal gemaakt van een model van een tong. De siliconen vissen waren enigszins flexibel en hadden een dichtheid van 1.05 kg dm^{-3} , een iets grotere dichtheid dan water. Voor verbeterde zichtbaarheid waren de vissen in heldere kleuren gespoten (Figuur 3.3).

Beweging van de vismodellen werd geregistreerd met een videocamera die in de observatieruimte naast de glazenwand van de goot geplaatst was. Hier was goed te zien of de modellen echt de waterkolom ingetrokken werden of dat ze vlak bij de

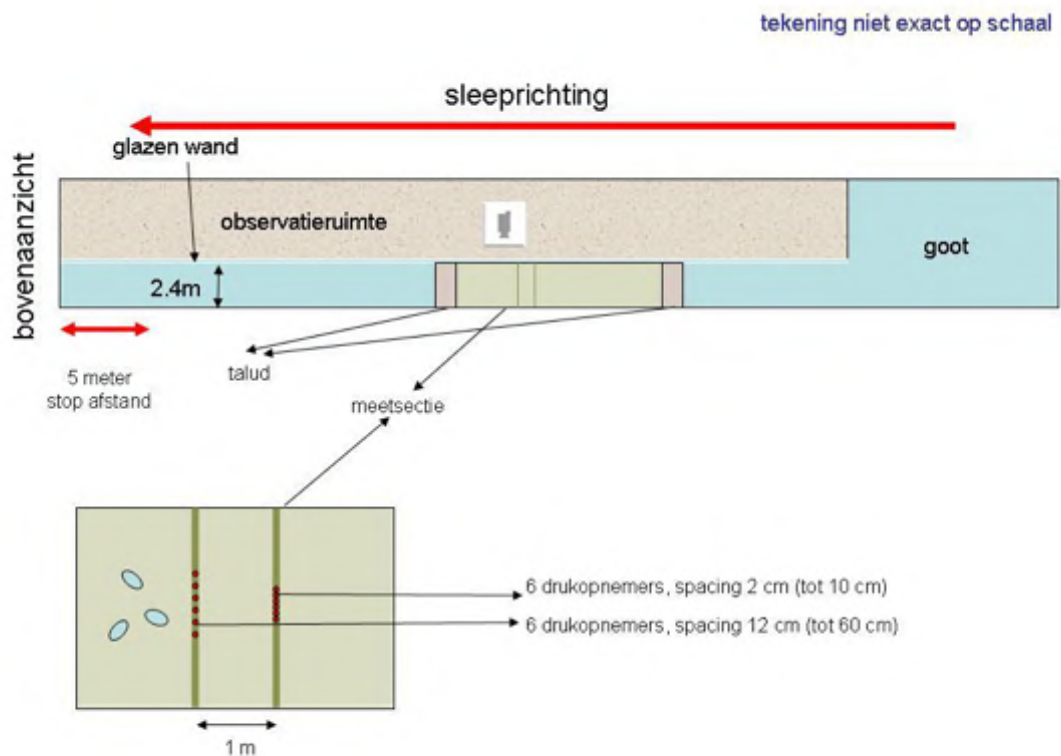


Figuur 3.3: siliconenmodel van platvis in de goot

grond bleven. Per proef lagen er 7-8 vismodellen in de bak altijd achter de druksensoren gepositioneerd.

3.4 Configuratie van de druksensoren en opzet van de proeven

In de testsectie zijn twee rijen met sensoren aangebracht. De voorste rij had een afstand (centrum tot centrum van de sensor) van 2 cm, en een meter daar achter een rij met een spacing van 12 cm (Figuur 3.4). De voorste rij is vooral bedoeld de spatiële verschillen in druk voor het 1:6 model te registreren, De tweede rij is bedoeld voor de verschillen over de breedte bij het 1:1 model.



Figuur 3.4: overzichtsschets van de water- en grondgoot met de locatie van de camera en de positionering van de druksensoren.

Voor de meeste configuraties is met 3 snelheden gewerkt: 1.0, 1.5 en 2 m s⁻¹. Appendix A geeft een volledig overzicht van alle configuraties die zijn getest.

3.5 Voorbewerking van de drukopnemer data

De ruwe data van de drukopnemers lieten zien dat er verschillen zaten in de offset van de verschillende sensoren. Tevens bleek dat enkele van de sensoren niet helemaal stabiel waren over het verloop van de proeven. Daarom is de absolute waterhoogte gestandaardiseerd op een gemiddelde van 20 metingen in stilstaand water van de vijf meest stabiele drukopnemers en op basis daarvan alle andere drukopnemers teruggerekend. Nu hebben de drukopnemers dus geen offset meer van elkaar. Tussen verschillende runs kunnen nog verschillen zitten in gemiddelde hoogte als tussentijds de goot hervuld is, daardoor kunnen er uiteraard verschillen zitten in de hoogte van de waterkolom.

3.6 Bewerking en analyse video data

Door videocamera was opgesteld in de observatie ruimte. Om dicht genoeg aan de bodem te kunnen filmen was deze ondersteboven bevestigd aan een driepoot. vanwege het filmen door glas en de belichting (opgesteld vlak naast de camera) was het noodzakelijk de camera zo dicht mogelijk tegen de glaswand te plaatsen, i.v.m. reflectie van het glas. Dit zorgde voor een close-up beeld waarin de vissen redelijk goed te onderscheiden waren, maar dat erg gelimiteerd was qua reikwijdte. Aan de zijde van de camera was het blikveld ongeveer 50 cm breed, naar achter toe, dieper de bak in, rond de 2 meter (Figuur 3.5).



Figuur 3.5: videobeeld van de camera (180° geroteerd, zodat de bodem onder zit)

Omdat de camera ondersteboven aan een statief hing en interpretatie van dergelijke beelden lastig is, zijn voor verwerking de beelden geroteerd in een videobewerkingsprogramma (Premiere). Sommige beelden waren erg donker door troebelheid van het water. Bij deze beelden is het contrast en de scherpte digitaal geoptimaliseerd. Om de resultaten van de visbeweging zo goed mogelijk te kwantificeren zijn de volgende parameters van de filmbeelden gecoörd:

Tabel 3-1: Overzicht van de parameters afgeleid van de videobeelden

n°	Parameter	Score	Criteria
1	Kwalitatieve horizontaal	score	0 geen beweging 1 bijna geen beweging, geen van de zichtbare vissen verdwijnen uit beeld 2 redelijk wat beweging, enkele vissen verdwijnen uit beeld 3 veel beweging, alle vissen die in het oorspronkelijke beeld zichtbaar waren verdwijnen uit beeld
2	Kwalitatieve score verticaal		0 alle vissen blijven volledig aan de bodem 1 enkele vissen komen deels los, maar blijven contact houden met de bodem 2 meeste vissen komen volledig los van de bodem, maar blijven in de onderste waterlaag 3 alle vissen komen los en enkelen gaan boven uit beeld
3	Gemiddelde horizontaal + verticaal	score	0-3 gemiddelde waarde van bovenstaande parameters
4	Kwalitatieve score beweging		0 Geen beweging, alle vissen blijven aan de bodem 1 Trage beweging, vissen komen niet volledig los van de bodem, de meeste schuiven langzaam over de bodem. 2 Middelmatig snelle beweging, meeste vissen komen ten dele los van de bodem, sommige blijven wel contact houden met bv. een zijkant of staartvin. 3 Heftige snelle beweging. Vissen komen helemaal los van de bodem
5	Timing balkoppen na de boom	aantal beelden	Geteld van eerste frame waar de schroefplaat van de balkoppen te zien is tot laatste frame waar de balkop te zien is
6	Timing visbeweging na de balkop (τ)	aantal beelden	Per vis: aantal frames tussen het frame waar de punt van de balkop zich boven de vis bevindt en het frame waar een punt van de vis begint los te komen van de bodem. Waarde is gemiddelde voor alle vissen in beeld waarvoor de deze waarden kunnen worden bepaald. Voor runs met 2 rijen balkoppen is de eerste rij als referentie genomen
7	Timing visbeweging na de boom	aantal beelden	Voor alle runs met balkoppen is dit bepaald op basis van parameter 5 en 6, voor runs met alleen de boom zonder balkoppen is geteld vanaf het eerste frame waar de schroefplaat van de balkoppen te zien zijn (de boom zit dan ongeveer midden boven het centrum van het beeld)

Door het perspectief van de camera met een focus variërend van enkele decimeters tot meer dan anderhalve meter is het lastig absolute verplaatsing tussen beelden en dus snelheden af te leiden. Alle scores t.a.v. de beweging van de vissen hebben een zekere mate van subjectiviteit in zich, met name de kwalitatieve score van de beweging. Het lijkt dan ook niet verantwoord om de vrij grove categorisering verder te verfijnen. Ook het moment van begin van beweging van de vismimics was soms moeilijk eenduidig vast te stellen. De timing van

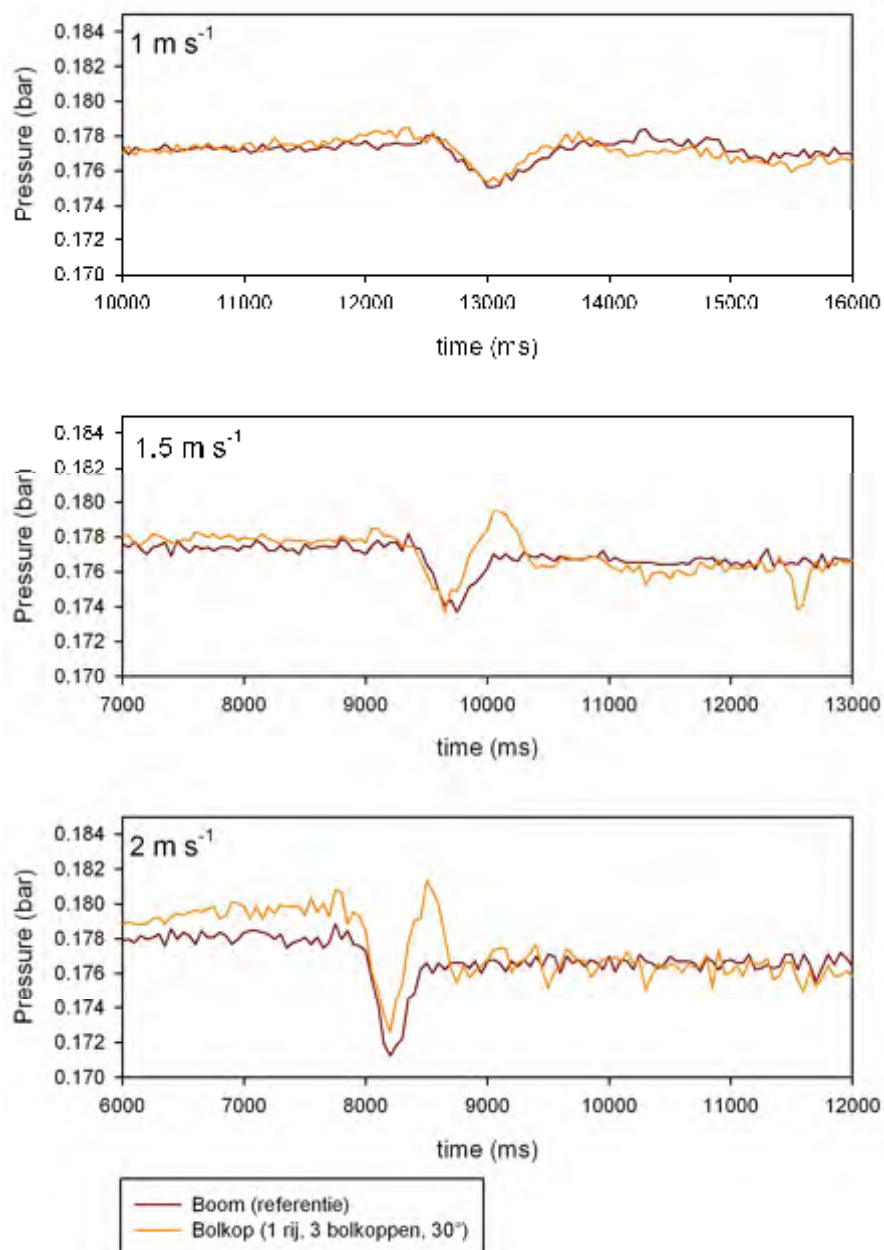
aanvang van beweging is vastgesteld voor elke vis in beeld. De waarde is het rekenkundig gemiddelde van alle vissen uit één videofragment. Hoe meer vissen zichtbaar zijn hoe betrouwbaarder de schatting wordt. Dit aantal varieerde tussen de 1 en 5. Tenslotte zijn alle intervallen op basis van de aantallen frames teruggerekend naar tijdsintervallen, gerekend met een frame rate van 25 beelden per seconde van de camera. Omdat de positie van de balkoppen t.o.v. de vissen beduidend nauwkeuriger is vast te stellen dan die van de boom, zijn de meeste vergelijkingen voor het tijdsinterval tussen passeren van het tuig en eerste beweging van de vissen gemaakt met parameter 6 (τ). Voor een vergelijking tussen series met en zonder balkoppen is gebruikgemaakt van parameter 7 (Timing visbeweging na de boom).

Voor de efficiëntie van het HydroRig is eigenlijk de afstand waarover het effect op de bodem aanhoudt belangrijker dan de aanvang van de beweging achter de boom. Voor het effect op de druksensoren is dit goed vast te stellen, maar voor de beweging van de vismimics niet. In veel gevallen verdwijnen de vissen uit beeld nadat ze in beweging zijn gekomen.

4 Resultaten

4.1 1:1 model

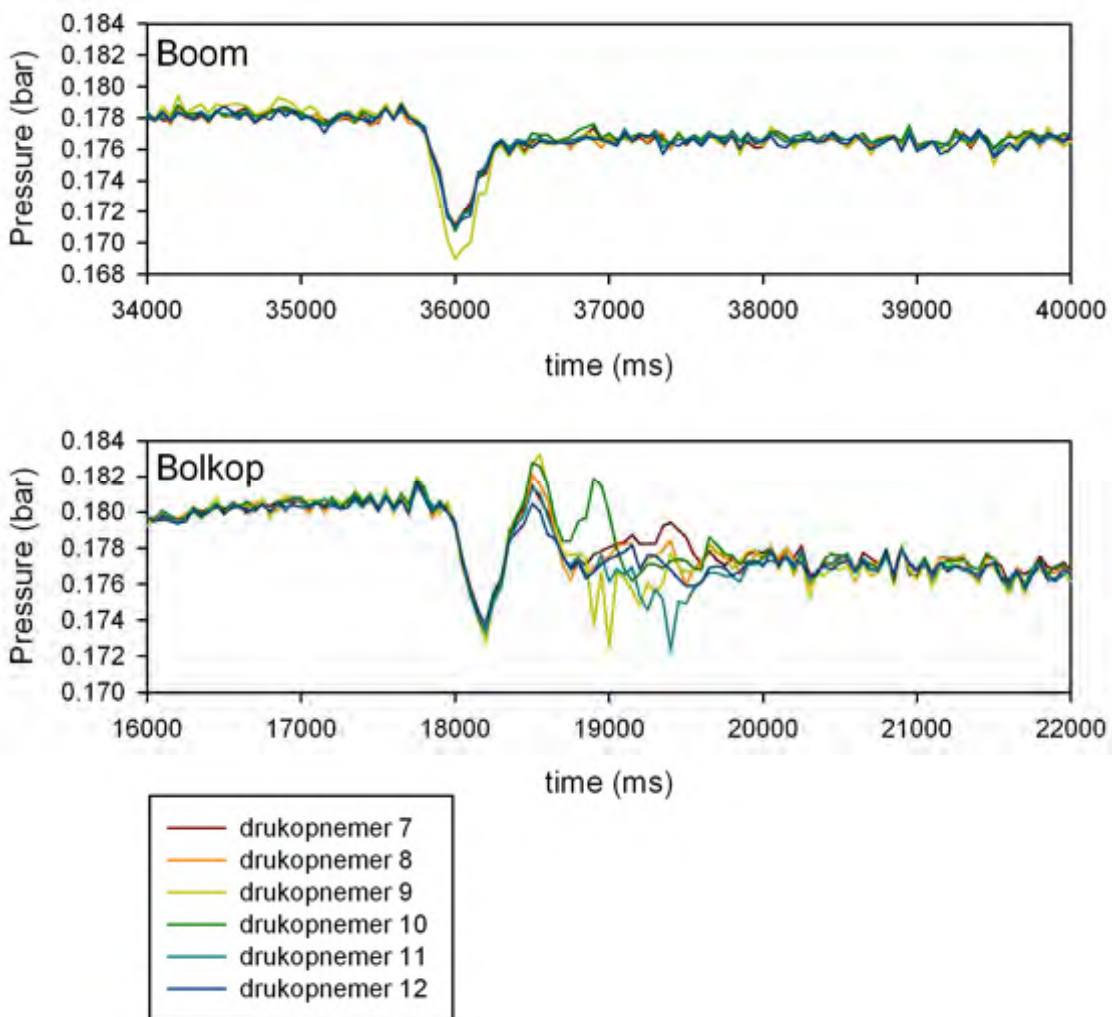
4.1.1 Referentie ronde boom



Figuur 4.1 sleeptesten met alleen de ronde boom en met de bolkoppen

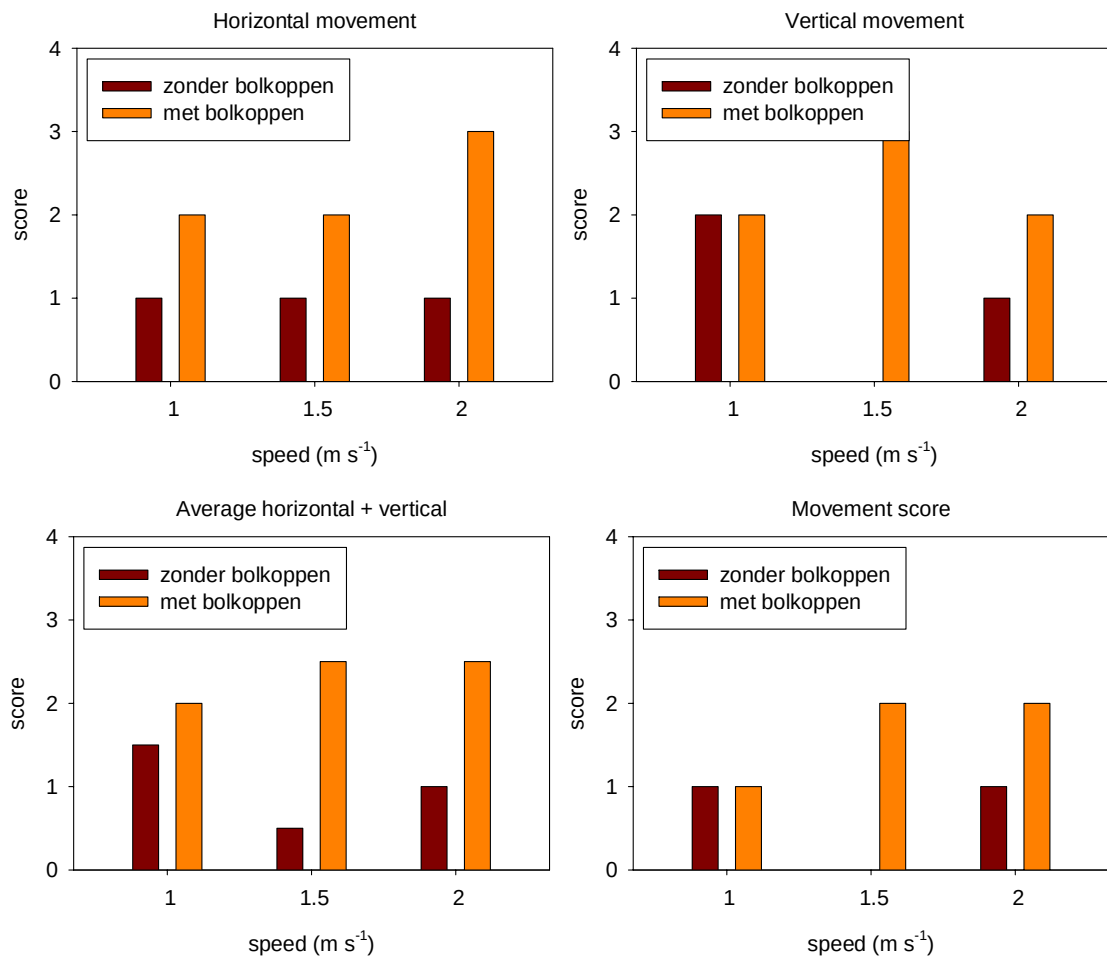
In Figuur 4.1 is een vergelijking gemaakt met resultaten van steeds dezelfde drukopnemer op 3 verschillende snelheden en met een serie met bolkoppen. Dit was een enkele rij van 3

koppen (spacing 600 m) en de balkoppen onder een hoek van 30°. Het is duidelijk dat de boom zelf ook een meetbaar effect heeft op de bodem. In deze configuratie is m.n. de lage snelheid niet veel anders met of zonder balkoppen. De boom veroorzaakt eerst een drukverhoging en vervolgens onmiddellijk gevolgd door een korte onderdruk. Bij de hogere snelheden is er bij de balkoppen na de eerste onderdruk puls nog een serie positieve en negatieve drukgolven te zien. Bij lagere snelheden is het effect van de balkoppen nauwelijks te onderscheiden.



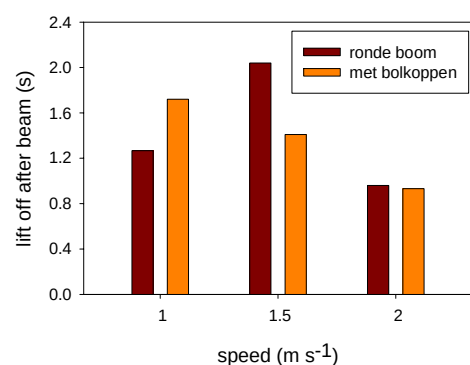
Figuur 4.2: variabiliteit in drukmetingen over de breedte van de boom

Over de breedte van de tank is bij alleen de boom weinig variatie te zien. Alleen druksensor 9 lijkt iets af te wijken. Achter de balkoppen is een grote variatie in onder en bovendrukken te zien. Deze grote variatie duurt (bij sleepsnelheid 2 m s^{-1}) ongeveer een seconde (Figuur 4.2).



Figuur 4.3: Scores voor bewegingsparameters bij ronde boom (zonder bolkoppen en de boom met 3 bolkoppen met een hoek van 30°)

De bolkoppen hebben een duidelijk effect op de beweging van de vissen Figuur 4.3. Bij de proeven met alleen de ronde boom komen de meeste vissen wel iets in beweging, maar beweging is traag en voor de meeste vissen blijft het bij schuiven over de bodem. Horizontaal was er bij alle snelheden wel enige beweging, maar verdwenen weinig vissen uit beeld. Alleen bij de laagste snelheid kwamen enkele vissen duidelijk los van de bodem. Bij 1.5 m s⁻¹ bewogen de vissen zeer weinig en was er alleen sprake van een beetje schuiven over de bodem. Bij gebruik van de bolkoppen komen er altijd vissen geheel of gedeeltelijk los van de bodem en beweging is zichtbaar heftiger.



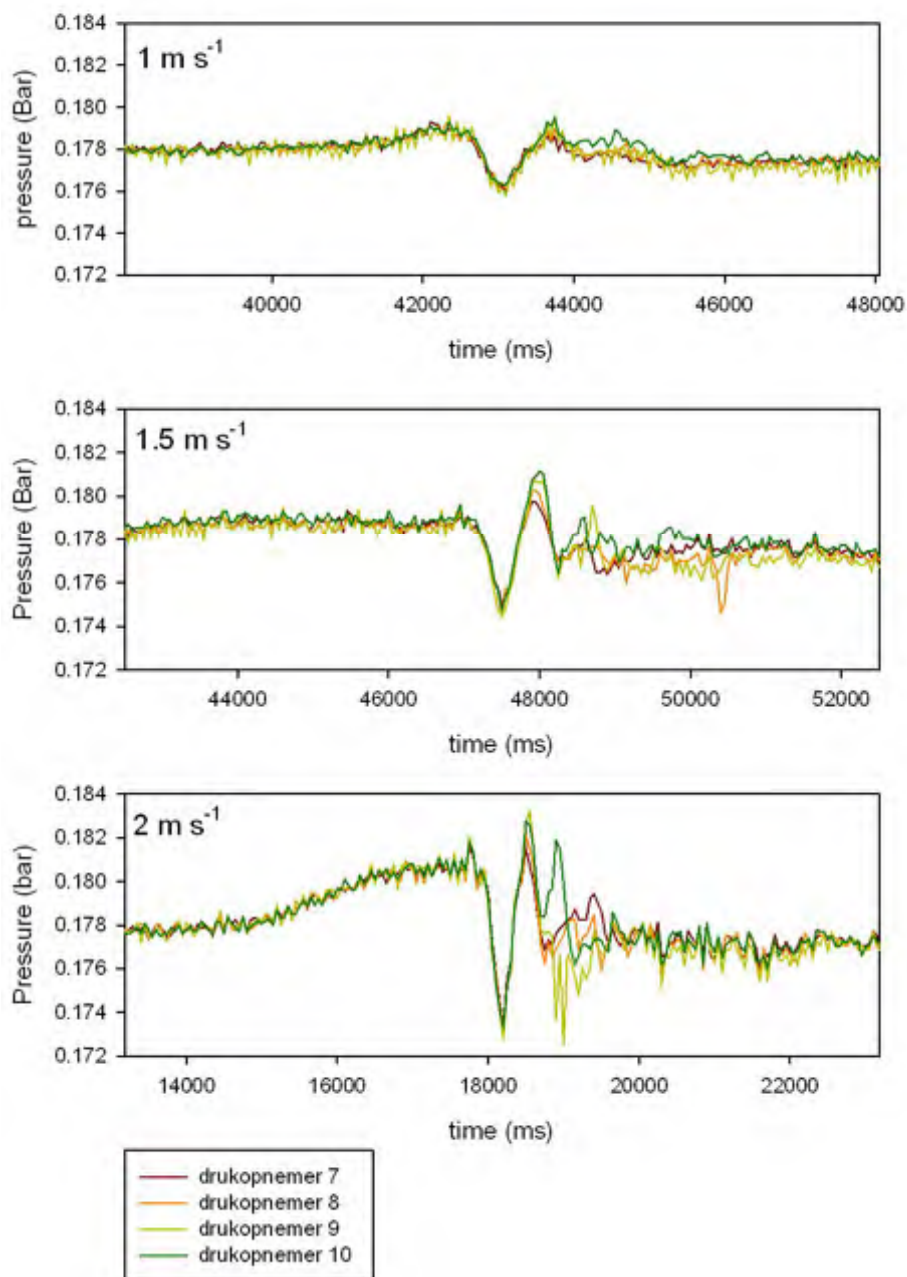
Figuur 4.4: tijdsinterval tussen passeren van de boom en eerste beweging van de vissen

Het is niet zo dat bij de bolkoppen de vissen sneller van de bodem komen. Het tijdsinterval tussen het passeren van de boom en het bewegen van de vissen vertoont geen duidelijke trend Figuur 4.4. Opgemerkt moet worden dat vooral bij 1.5 m s⁻¹ het lastig was het moment van bewegen vast te stellen omdat beweging zo minimaal was.

4.1.2 Effect van snelheid op de ruimtelijke variabiliteit van druk

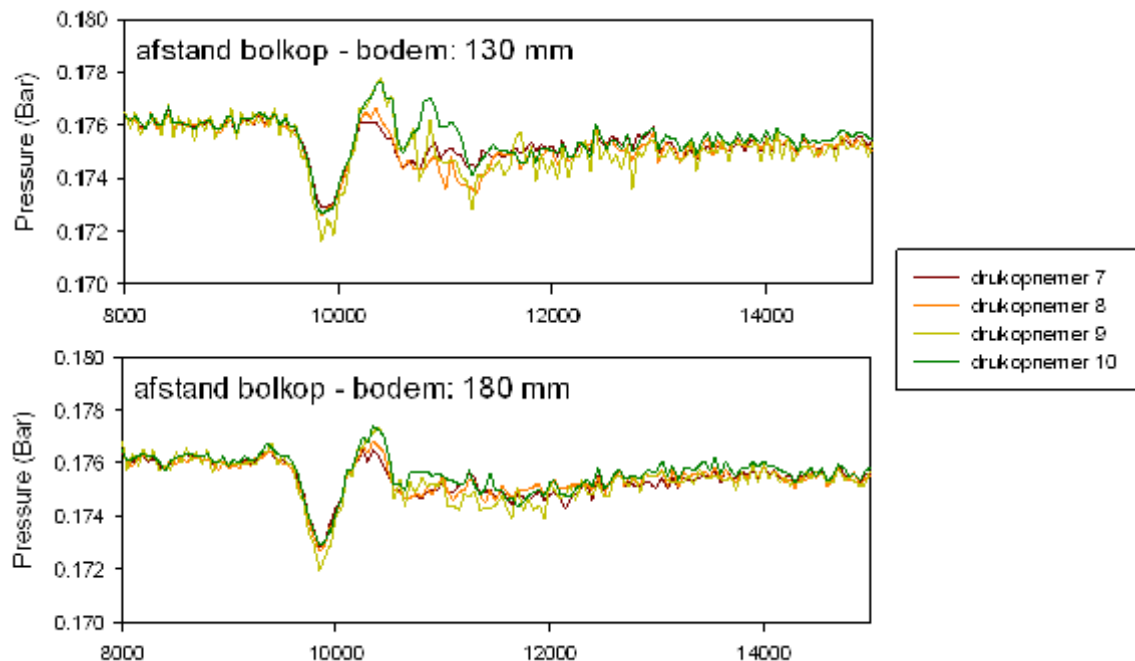
Bij een vergelijking tussen de balkoppen op verschillende snelheden is goed te zien dat de horizontale variabiliteit veruit het sterkst is bij de hoge snelheid. Bij de lage snelheid is het patroon vrij uniform (Figuur 4.5).

3 balkoppen, 60 cm spacing, 885 mm achter de boom, hoek 30°



Figuur 4.5: Variabiliteit over de breedte van de boom met balkoppen bij verschillende snelheden. Om de figuren iets duidelijker te maken zijn niet alle druksensoren weergegeven.

4.1.3 Afstand balkoppen tot de bodem

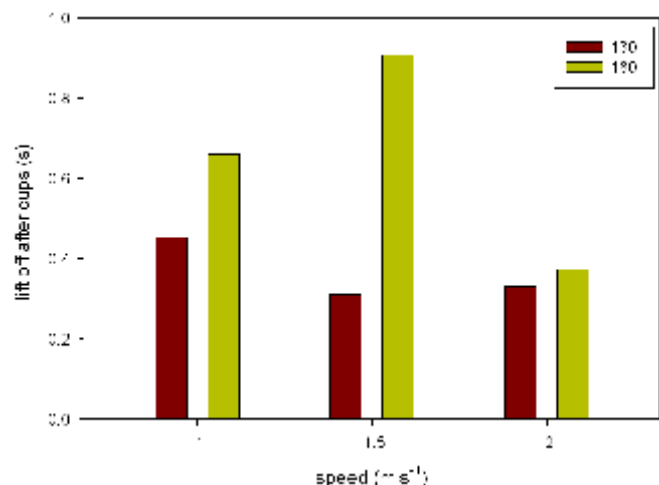


Figuur 4.6: Effect afstand balkoppen tot de bodem (voorbeeld bij 2 ms^{-1})

Er is een serie experimenten uitgevoerd waarbij de balkoppen verlaagd zijn t.o.v. de boom. Daarbij is de afstand van de balkoppen naar de bodem verkleind van 180 naar 130 mm. Figuur 4.6 laat zien dat met een grotere afstand het effect op de druk sensoren kleiner is. Ook is in de verlaagde situatie meer variatie te zien achter de boom.

Behalve een effect van snelheid leverde de verlaging van de boom in de meeste gevallen een verkorting van het tijdsinterval (τ), zoals te zien in Figuur 4.7.

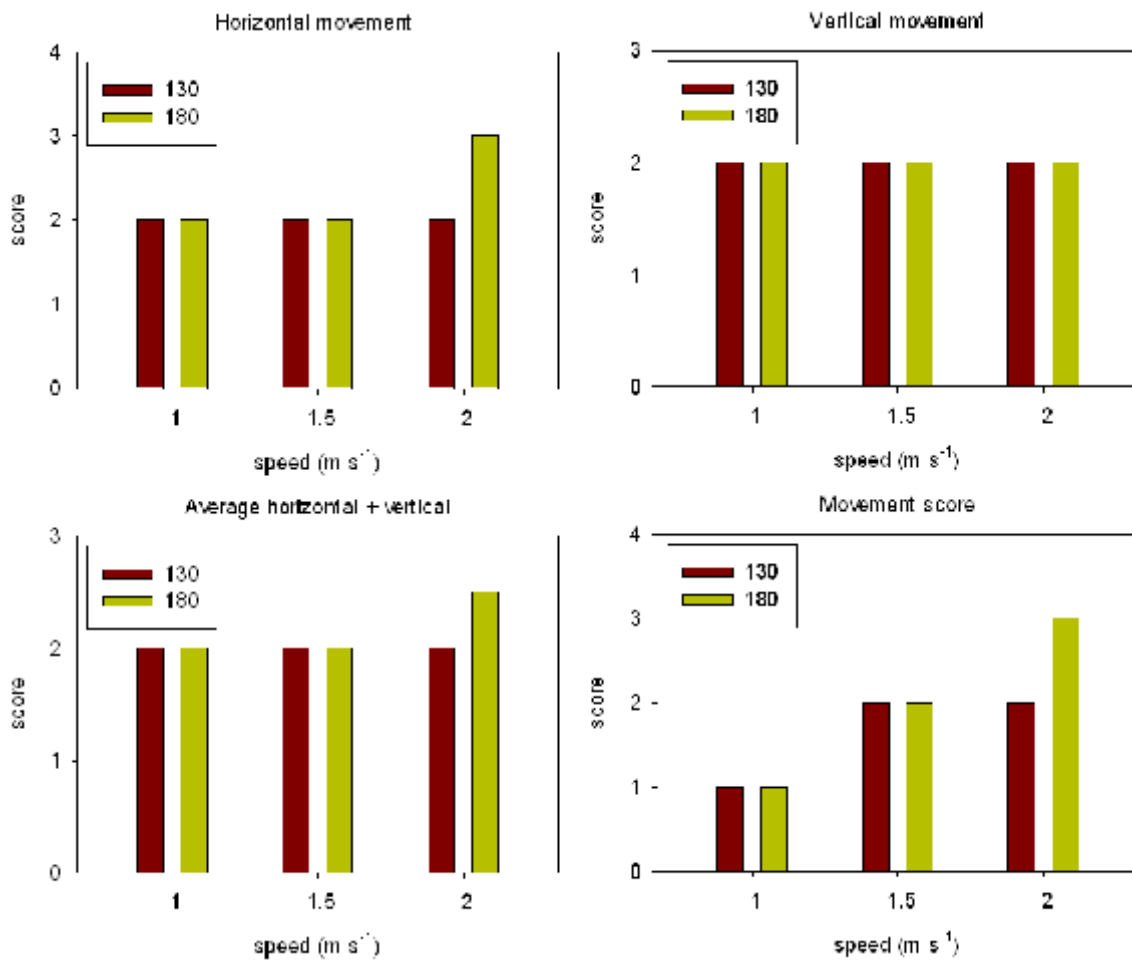
Het verlagen van de boom had verassend weinig effect op de bewegingen van de vismodellen (Figuur 4.8). De scores waren in de meeste gevallen gelijk. Alleen het effect van de



Figuur 4.7: effect van verlaging balkoppen op tijdsinterval τ

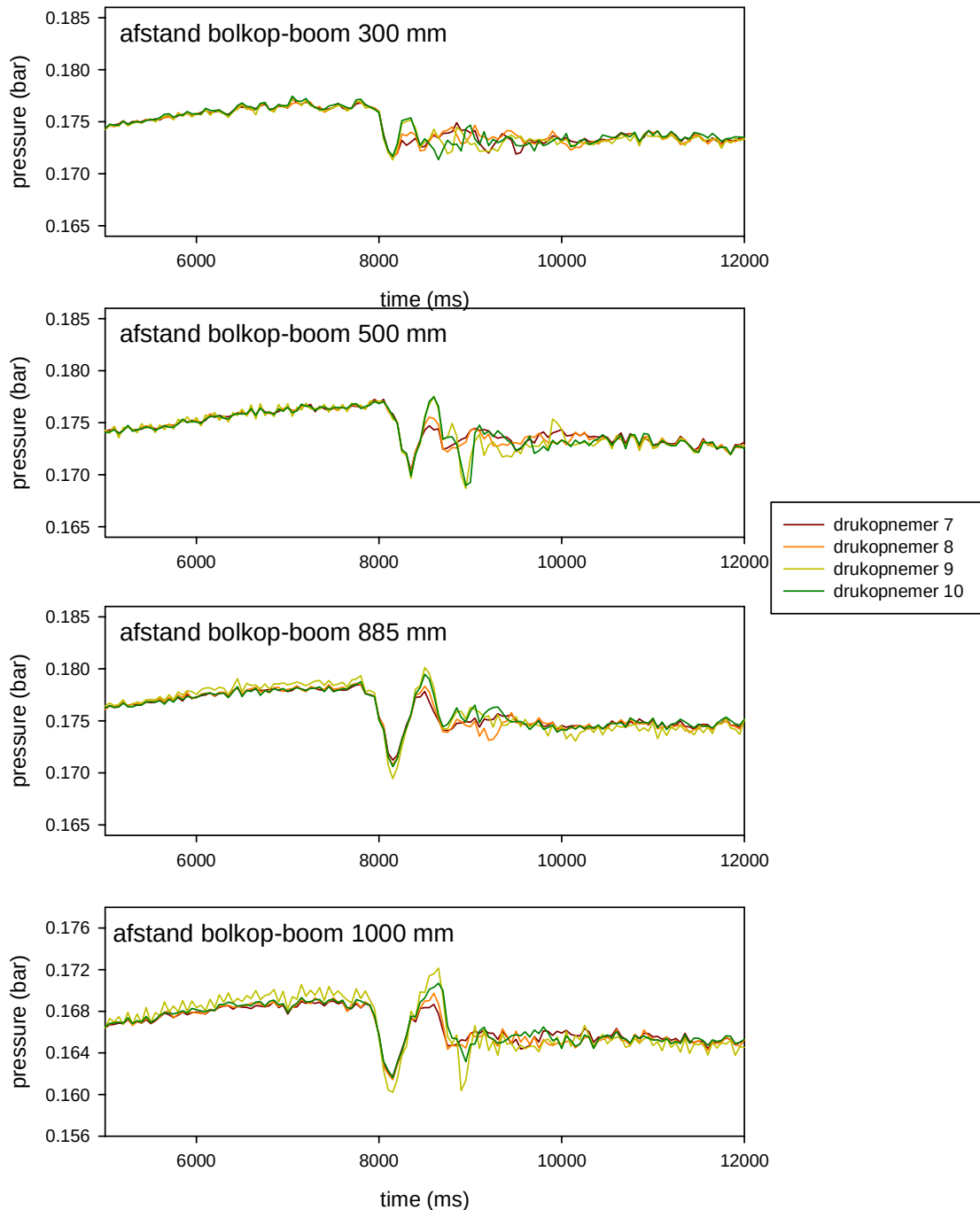
snelheid is zichtbaar in de kwalitatieve score van

beweging



Figuur 4.8: Effect van verlaging van de bokoppen t.o.v. de boom op visbeweging

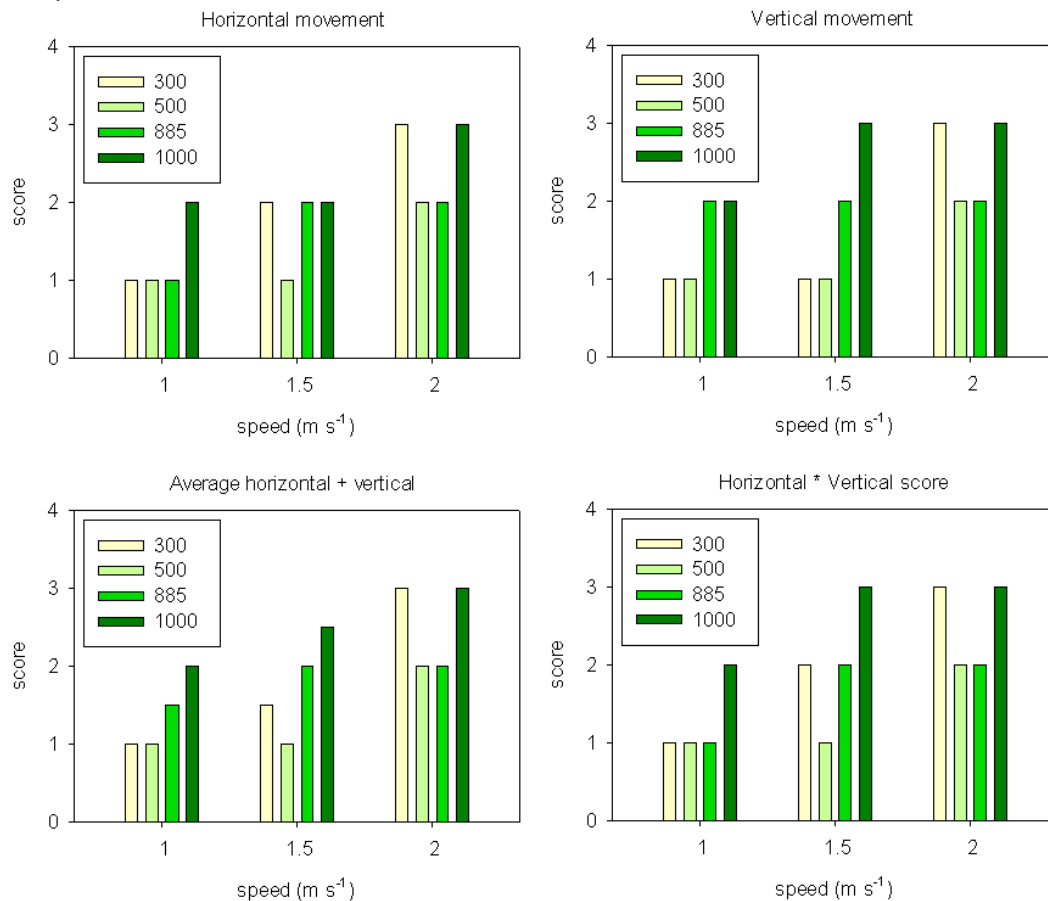
4.1.4 Afstand boom – balkoppen



Figuur 4.9: Effect van variatie in de horizontale afstand tussen boom en balkoppen. Alle snelheden 2 m s^{-1} , hoek balkoppen 20° .

In de numerieke simulatie zat de balkop op 300 mm achter de boom. In de goot is hiermee gevarieerd. Het lijkt er op dat een kortere afstand een minder uitgesproken effect geeft (Figuur 4.9). Dit kan echter iets beïnvloed worden door het feit dat in de gootstudie de balkop ten opzichte van de boom wat hoger geplaatst was en daardoor de hekgolf van de boom voor een deel inving. Uit bovenstaande registratie blijkt dat op 500 mm achter de boom er een

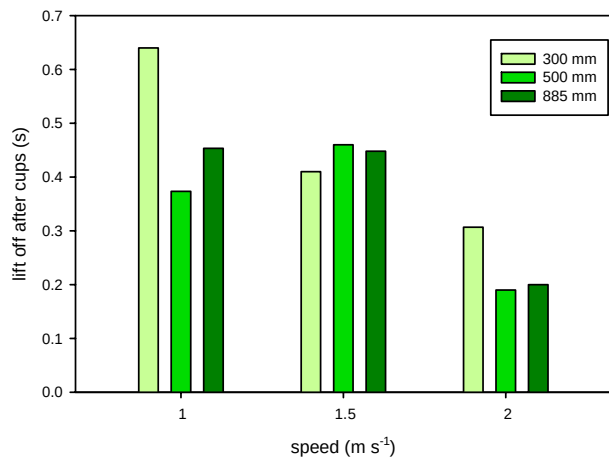
uitgesproken dubbele onderdruk piek op de bodem komt. Wat ook het beeld iets kan vertekenen is dat de achterwaartse stangen waar tussen de balkoppen worden bevestigd meer doorbuigen naarmate de afstand van de balkoppen tot de boom langer wordt. Bij 300 en 500 mm boog de stang weinig door en was de afstand tussen de onderzijde van de balkop en de bodem 145 mm, bij de grootste afstand was dit gereduceerd tot 130 mm (bij het tuig in stilstand).



Figuur 4.10: Bewegingscores met variërende afstand van balkoppen tot boom bij verschillende snelheden

Figuur 4.10 laat de verschillende scores zien voor beweging wanneer de afstand van balkop tot boom wordt gevarieerd. Hoe hoger de snelheid hoe meer vissen in beweging komen. Er lijkt bij de twee lagere snelheden een trend zichtbaar dat hoe verder de balkop naar achter zit, t.o.v de boom hoe meer beweging de vissen te zien geven.

Er lijkt weinig effect waar te nemen van de afstand tot de boom op het tijdsinterval (τ), tussen het passeren van de boom en het bewegen van de vismimics. Ook hier is het effect van snelheid duidelijk: hoe hoger de snelheid hoe sneller vissen achter de balkop in beweging komen, maar het effect van de afstand tussen boom en balkop is

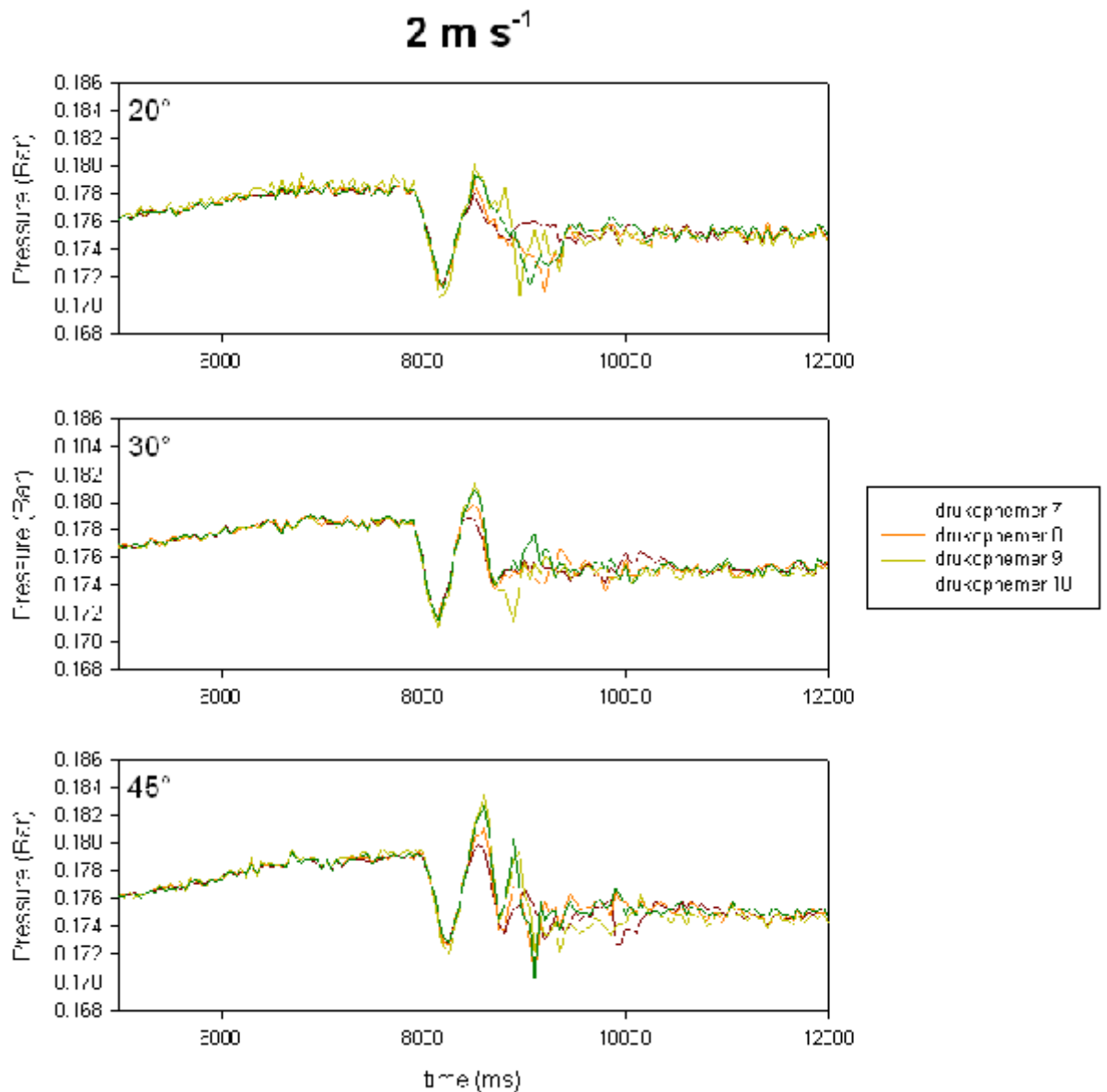


Figuur 4.11: effect van afstand van boom tot balkop op de timing van in beweging komen van vissen

niet zeer consistent en kan beïnvloedt zijn door de verkorte afstand tot de bodem bij 885 mm (Figuur 4.11).

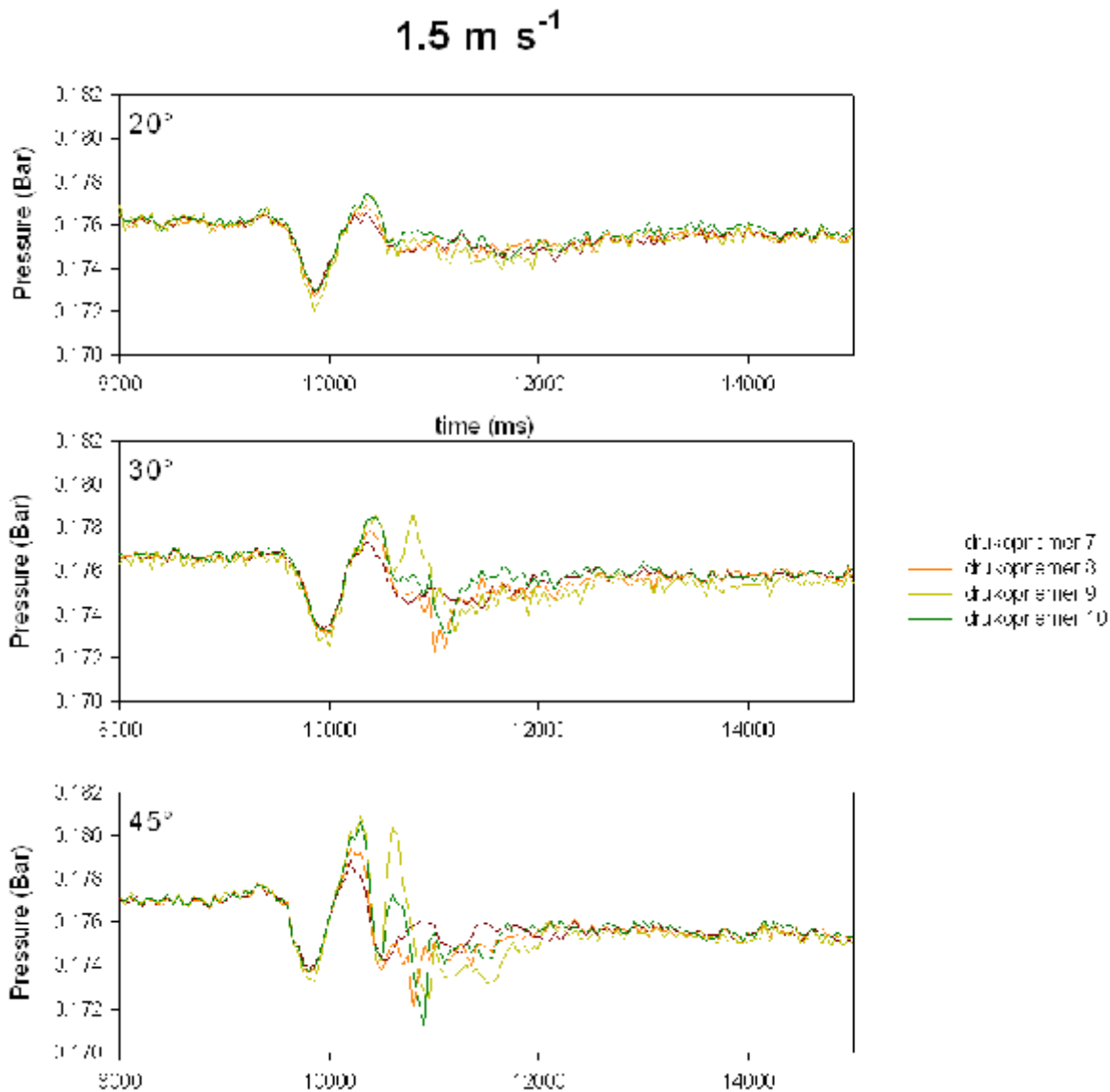
4.1.5 Hoek van de balkop.

Er is een serie van experimenten gedaan met 3 balkoppen (onderlinge afstand 600 mm, afstand tot de boom 885 mm) waarbij de hoek van de balkop met de horizontaal werd gevarieerd.



Figuur 4.12: Registratie van de drukopnemers bij één rij balkoppen onder verschillende hoeken (sleeplengte 2 m s^{-1})

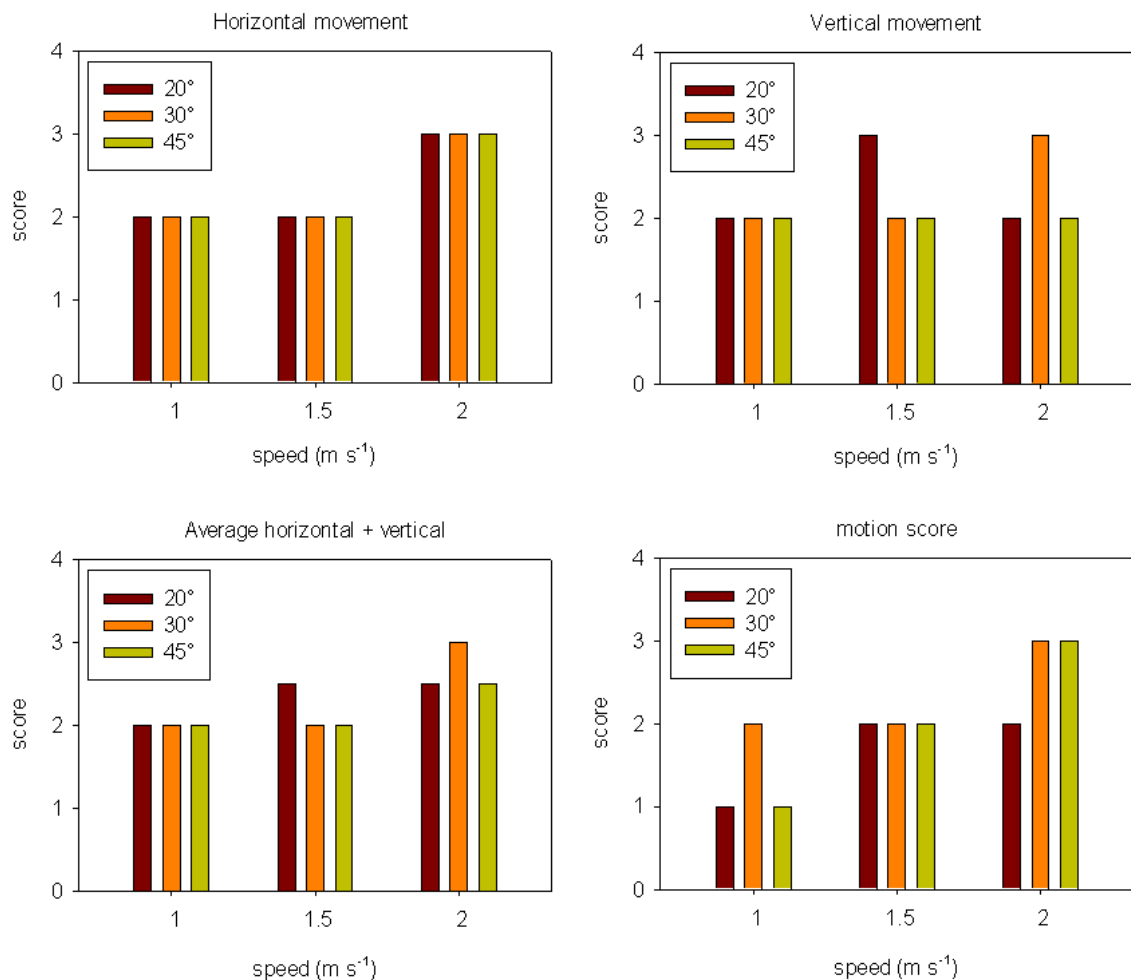
In Figuur 4.12 staan de resultaten van de drukopnemers bij een snelheid van 2 m s^{-1} . De pieken en dalen achter de eerste onderdruk piek van de boom zijn meer uitgesproken bij een grotere hoek. Bij de lagere snelheden was dit verschil nog duidelijker.



Figuur 4.13: Idem als Figuur 4.12 met sleepsnelheid 1.5 m s⁻¹

Figuur 4.13 laat zien dat de variabiliteit in druk achter de bolkop duidelijk groter is bij een grotere hoek. Tevens blijken de variaties langer aan te houden. Bij een hoek van 20° is minder dan een seconde nadat de boom gepasseerd is de variatie vergelijkbaar met voorheen. Bij 45° is het effect van het tuig zeker 2 seconden zichtbaar in op de druk sensoren. Ook in de dwarsrichting (tussen de sensoren) zit meer variatie bij een grote dan bij een kleinere hoek.

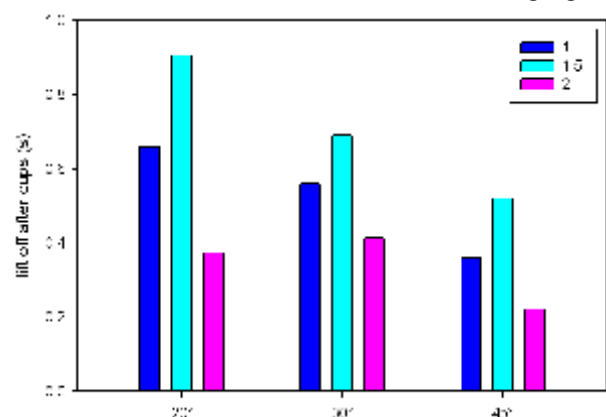
Dit grotere effect op de drukverschillen op de bodem, vertaalde zich niet in duidelijk meer beweging van de vissen. De scores van de verschillende hoeken en verschillende snelheden zijn weergegeven in



Figuur 4.14: Effect van variatie in hoek van de balkoppen op bewegingsscores

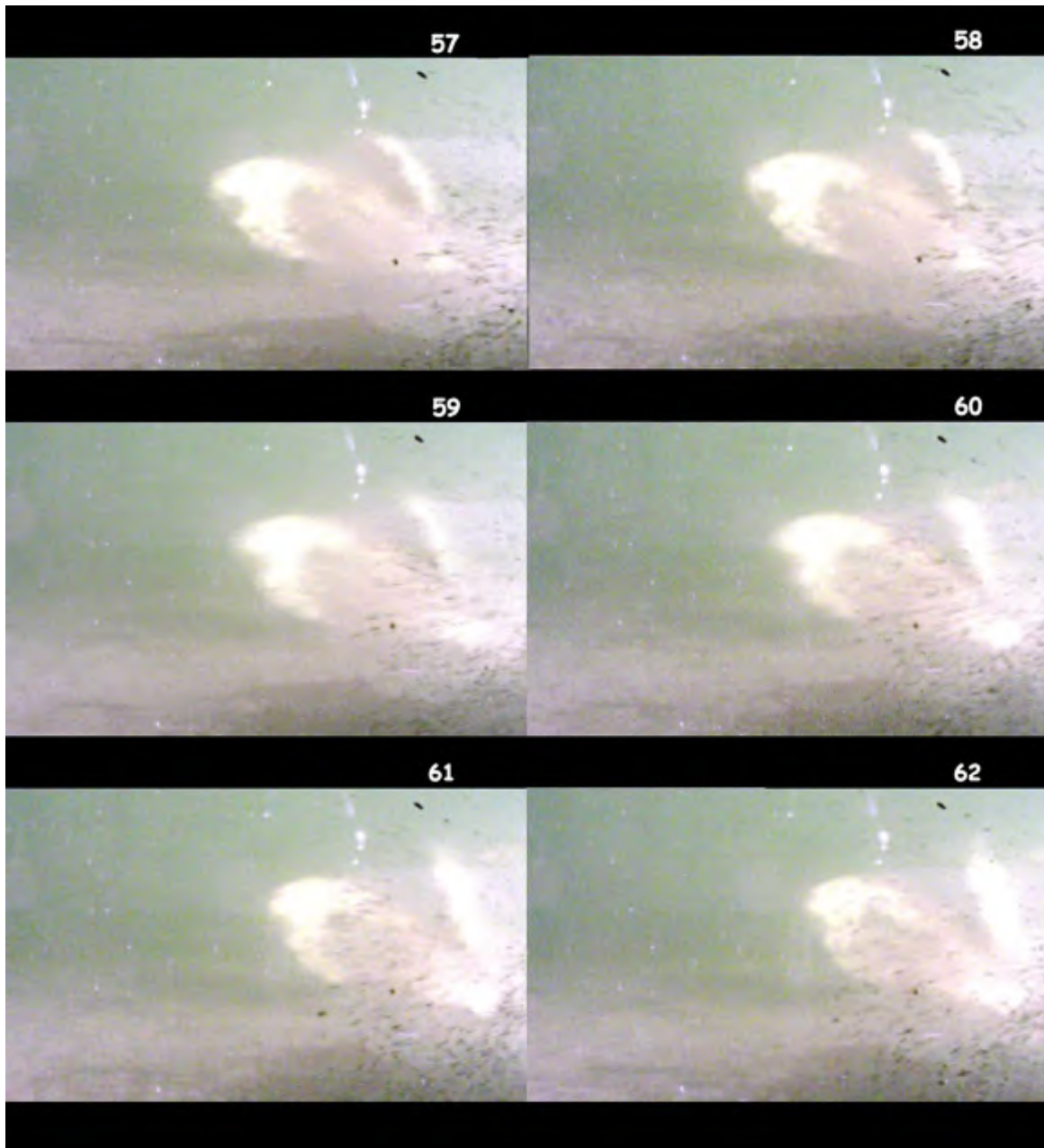
In Figuur 4.14 is te zien dat het effect van snelheid weer duidelijk een weerslag heeft op de heftigheid van de beweging, maar dat in de scores voor horizontale en verticale beweging er weinig differentiatie is.

Waar het effect van de hoek van de balkop wel in terug te herkennen is, is het tijdstip van aanvang van beweging. Hoe groter de hoek des te eerder beginnen de vissen te bewegen (Figuur 4.15). Opmerkelijk is dat bij een snelheid van 1.5 m s⁻¹ een consistent groter tijdsintervall te zien is dan de andere twee snelheden. Het feit dat bij een kleinere hoek het tijdsinterval langer is, is niet merkwaardig: bij een grotere hoek wordt de stroming mer naar beneden gericht en bij een kleinere hoek meer naar achter. Het verschil is in het meest extreme geval enkele

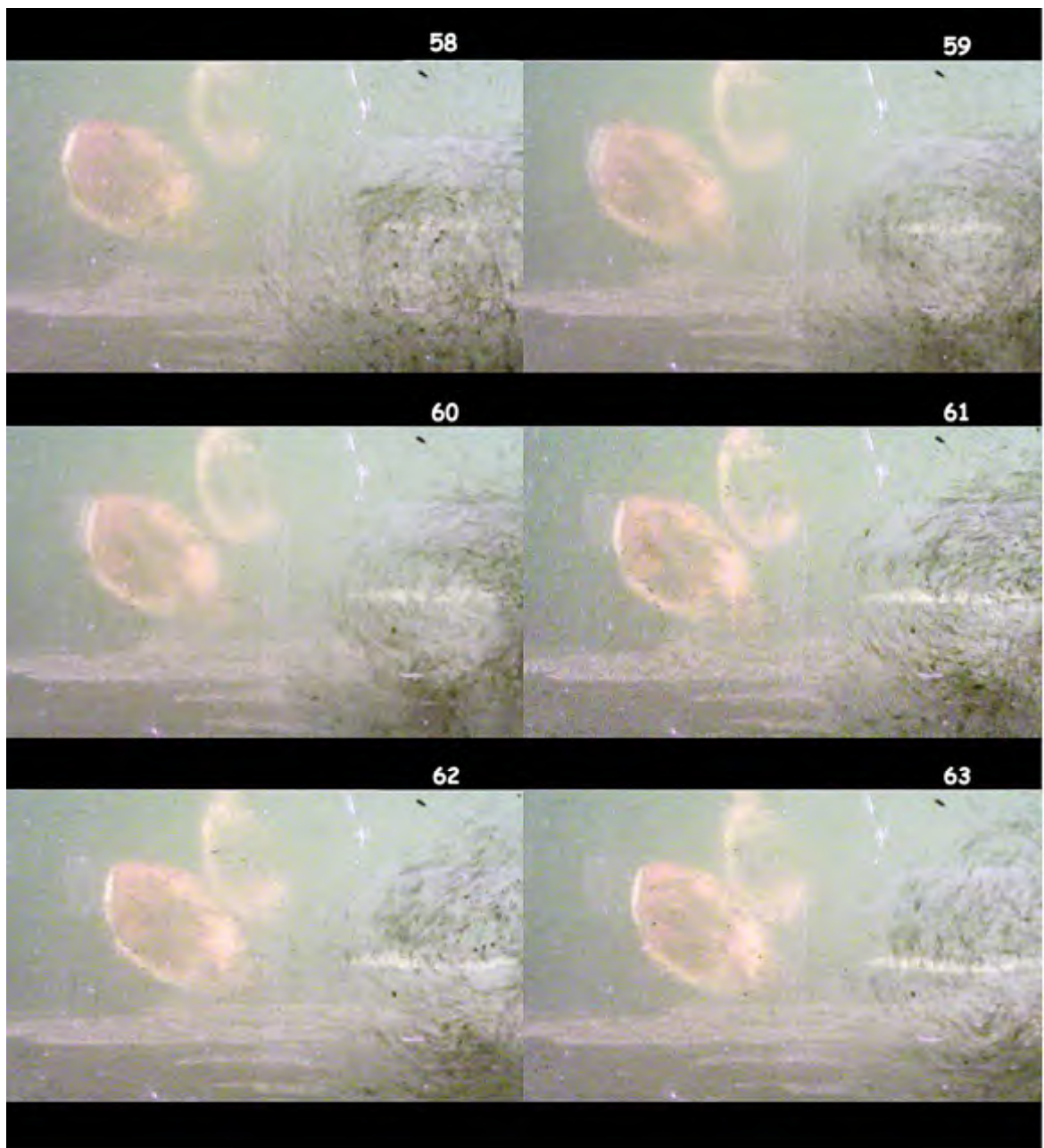


Figuur 4.15: tijdsinterval τ bij verschillende hoeken

tienden van seconden en is in absolute termen korter bij hoge dan bij lage snelheden. Bij de run met een hoek van 20° en 45°, was er bij de runs op 2 m s⁻¹ een kleine hoeveelheid zeer grof zand (Ø ± 1 mm) op de bodem, vlak voor de camera gestrooid. In beide gevallen werden niet alleen de vissen, maar ook dit zand opgewerveld. Bij de kleinere hoek (Figuur 4.16) was de wervel minder compact en gecoördineerd dan bij 45° (Figuur 4.17).



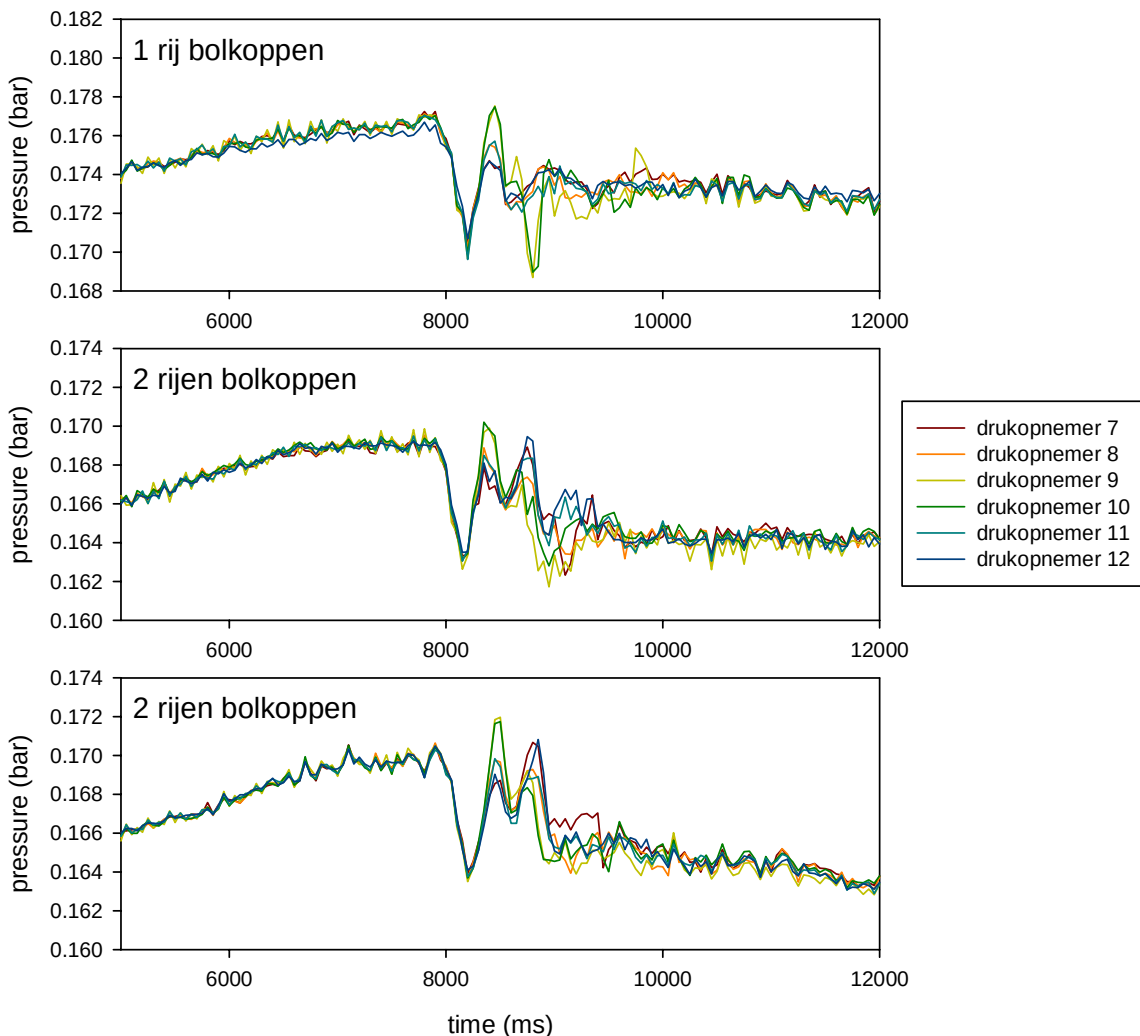
Figuur 4.16 opwervelend zand na het passeren van een enkele rij balkoppen onder een hoek van 20°



Figuur 4.17: opwervelend zand na het passeren van een enkele rij bolkoppen onder een hoek van 45°.

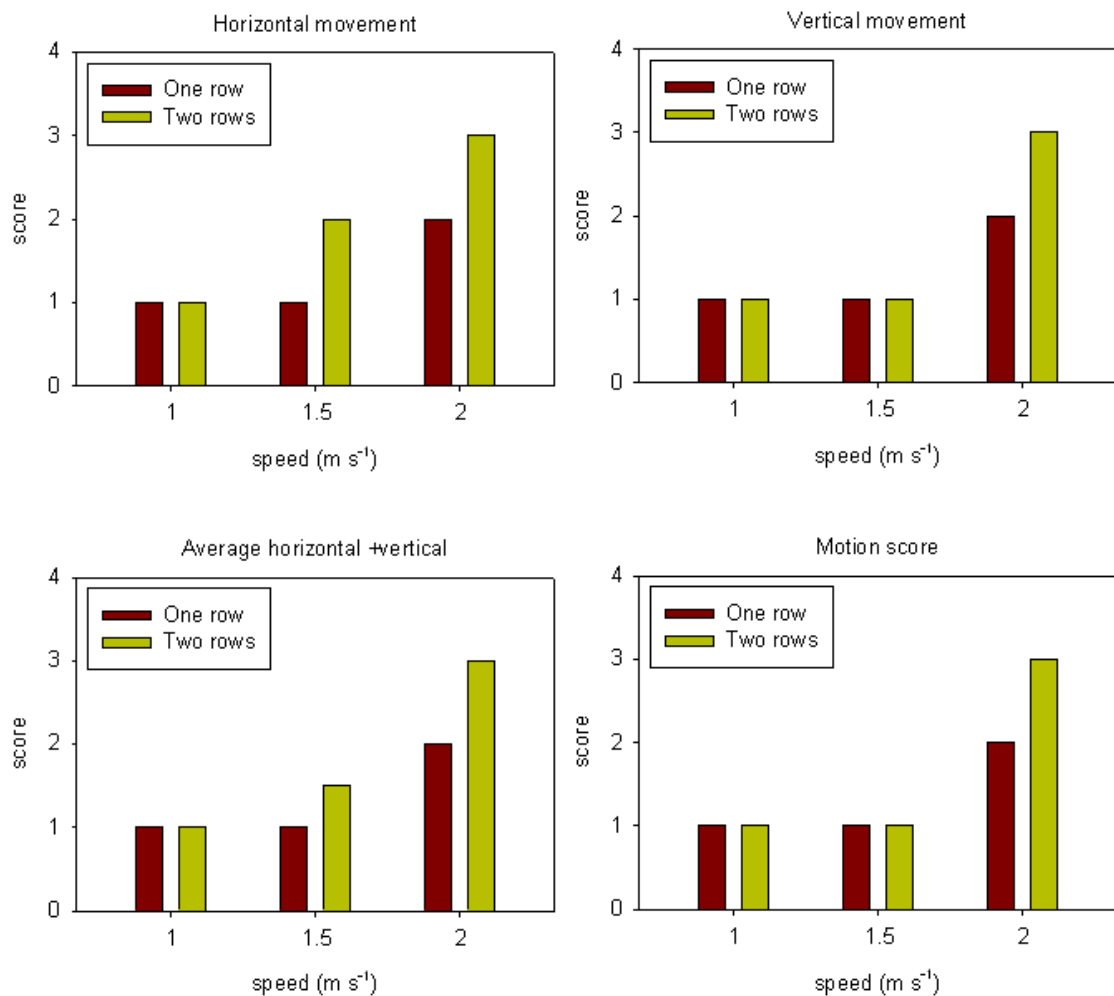
4.1.6 Dubbele rij balkoppen

Er is tevens gekeken of een tweede rij balkoppen een mogelijk gunstig effect zou kunnen hebben op de effectiviteit.



Figuur 4.18: Effect dubbele rij balkoppen. Alle snelheden 2 m s^{-1} . de twee runs met 2 rijen balkoppen zijn replicaten

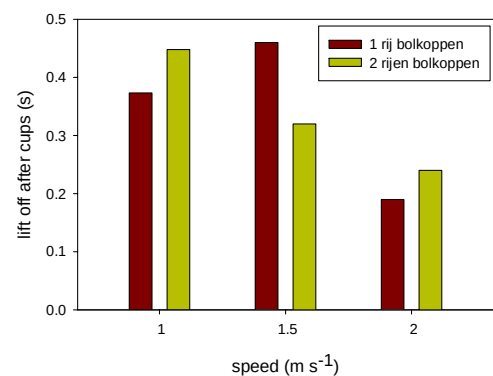
Met twee rijen balkoppen lijkt de tijdsduur dat er op de bodem een verhoogd signaal te zien is iets opgerekt, in vergelijking met een enkele rij. Het patroon op de bodem van de replicaten lijkt bijzonder consistent te zijn, zowel in grootte van het effect als in de duur en volgorde van de over- en onderdruk pieken. De dubbele rij balkoppen geeft een tweede overdruk piek, ongeveer 0.4 seconde na de eerste piek. Dit komt overeen met het gemeten tijdsinterval tussen de twee balkoppen op basis van de filmbeelden. Bij lagere snelheden is dit tijdsinterval 0.8 s (1 m s^{-1}) en 0.5 s (1.5 m s^{-1}). NB er zat kennelijk een klein beetje hoogte verschil in het water niveau van de goot tussen de proef met een enkele rij en de dubbele rij. De offset in de y-as is daarom iets verschillend. De range van de schaal is echter in alle figuren gelijk. Ofschoon de duur van het effect op de drukopnemers langer was, was er geen groot verschil te zien in de grootte van de pieken.



Figuur 4.19: Effect van dubbele rij balkoppen op de beweging van de vissen

De video-opnames gaven wel enig verschil te zien in de scores van de beweging van de vissen, vooral in de horizontale richting. De verticale beweging was alleen bij de hoogste snelheid ook meer bij twee rijen dan bij één rij balkoppen. Bij zowel de run op 1 m s⁻¹ als bij 2 m s⁻¹ was bij meerdere vissen een contraflow beweging te zien: d.w.z. na het passeren van de eerste balkop was de initiële beweging van de vissen in de tegengestelde richting van de beweging van het vistuig. Bij vrijwel alle runs met een enkele rij balkoppen was de beweging van de vissen in dezelfde richting als het tuig. Na het passeren van de tweede rij balkoppen bewogen de vissen wel weer met het tuig mee.

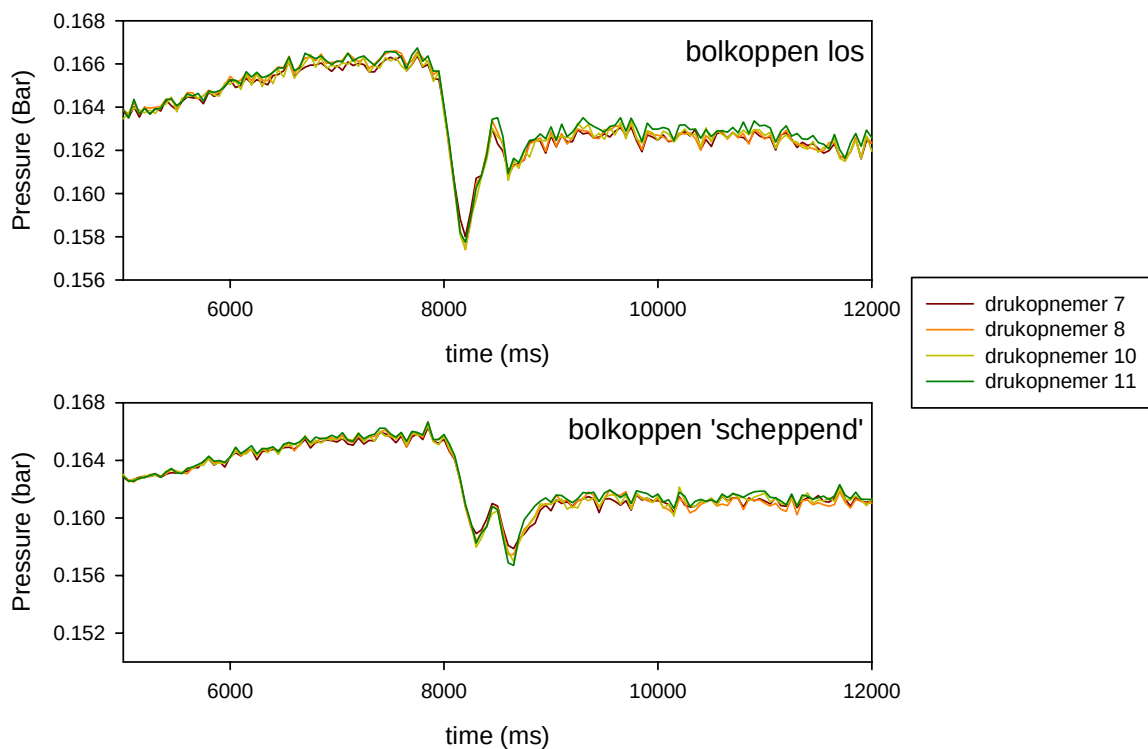
Er zat geen consistent patroon in het tijdsinterval van beweging na het passeren van de eerste rij balkoppen (Figuur 4.20).



Figuur 4.20: Timing van eerste beweging van de vissen na het passeren van de eerste rij balkoppen

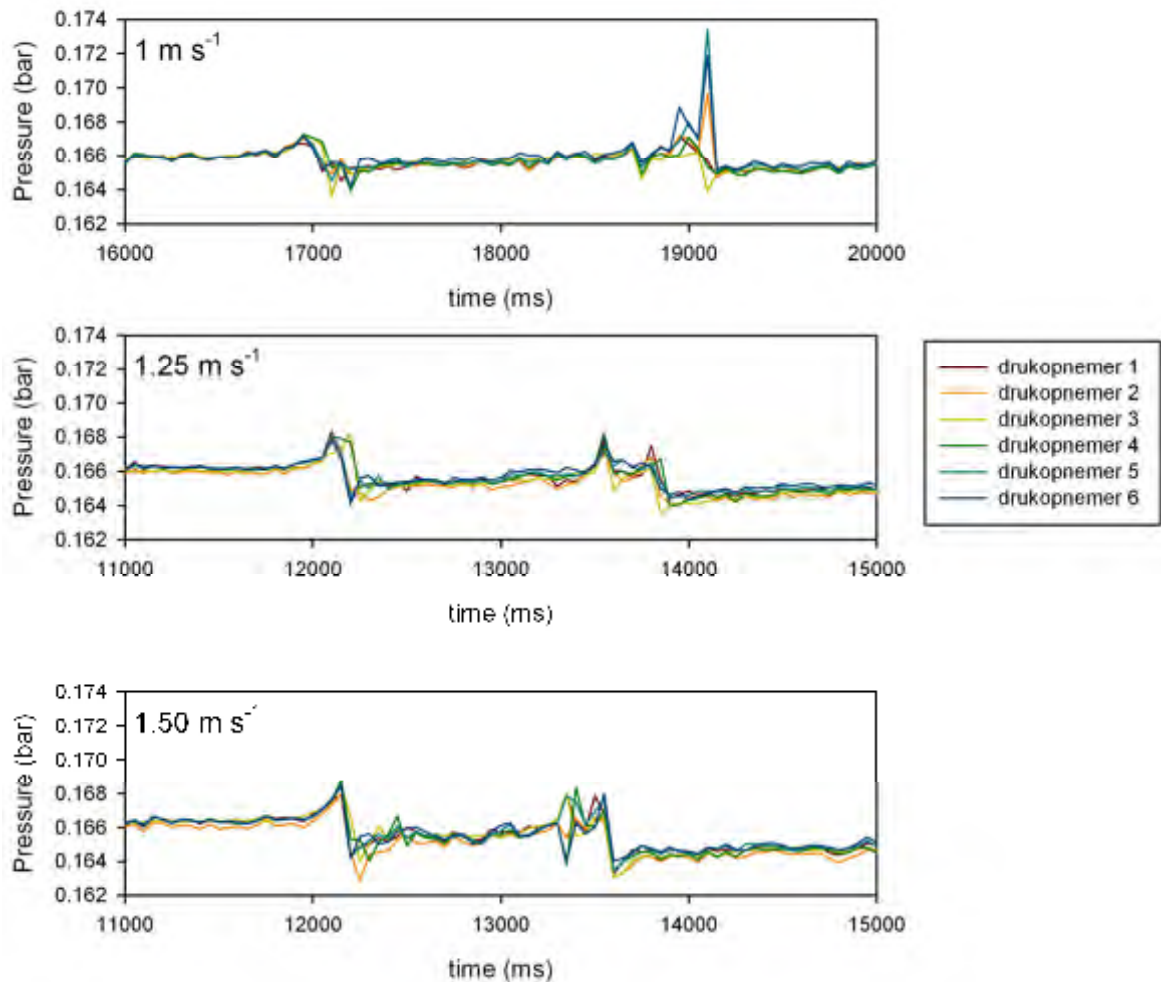
4.2 Andere configuraties

Er is nog een klein aantal andere configuraties getest, waaronder de balkoppen “scheppend” (dus met de holle kant naar boven i.p.v. beneden) en met de balkoppen loshangend waarmee ze zelf hun configuratie konden bepalen. Uit een eerste analyse van de filmbeelden bleek echter dat deze configuraties geen van allen een sterk effect op de visbeweging hadden. Vanwege de tijdrovende bezigheid van het analyseren van de videobeelden is dit achterwege gelaten. Ook op de druksensoren is geen bijzonder grote uitslag te zien (Figuur 4.21). Deze proeven zijn later in de testweek genomen. Later in de testweek begon de uitslag van druksensor 9 in alle proeven af te wijken van de andere sensoren. Die sensor is vanaf dag 4 buiten beschouwing gelaten.



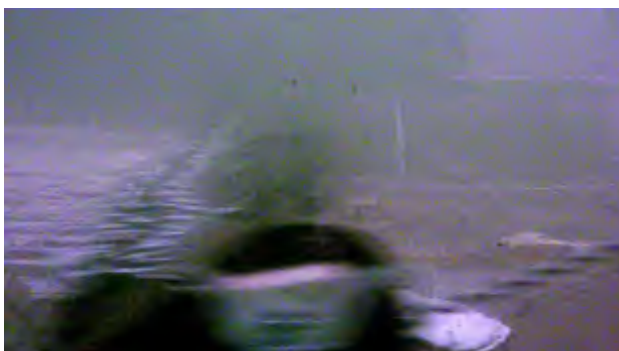
Figuur 4.21: Uitslag van de druksensoren met losse balkoppen en balkoppen scheppend, met een hoek van -43° . Beide runs van 2 m s^{-1}

4.3 1:6 model



Figuur 4.22: Data van de eerste rij druksensoren tijdens de runs met het 1:6 schaalmodel.

Het 1:6 schaal model kon alleen getest worden met het net er achter. Dit houdt in dat de profielen zowel de effecten van de boom laten zien als de effecten van het net (Figuur 4.22). Het net komt echter na de boom en de effecten zijn in tijd goed te scheiden. Met dit schaalmodel is ook geen referentie run gedaan om alleen de effecten van de boom, zonder andere structuren te testen. Kwalitatief zijn de resultaten consistent met de 1:1 schaalmodellen.

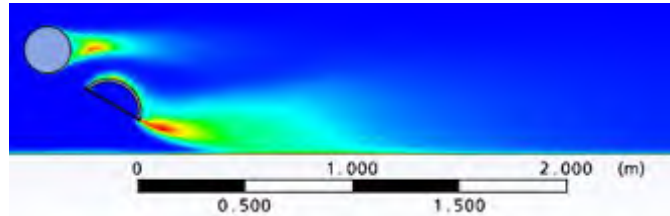


Figuur 4.23: beeld van het schaalmodel met net.

Door de aanwezigheid van het net en door de positie van de sloffen was de beweging van de vissen (en van $\pm 2 \times 2 \times 2$ cm blokjes van hetzelfde materiaal waar de vissen van gemaakt waren) niet voldoende zichtbaar om daar een beeldanalyse op uit te voeren aan de initiële beweging en een score aan de beweging toe te kennen. Los van het feit dat op basis van de Reynolds-schaling een dergelijke analyse sowieso dubieus is. Dit is dan ook niet uitgevoerd.

5 Vergelijking tussen numerieke en fysische testen

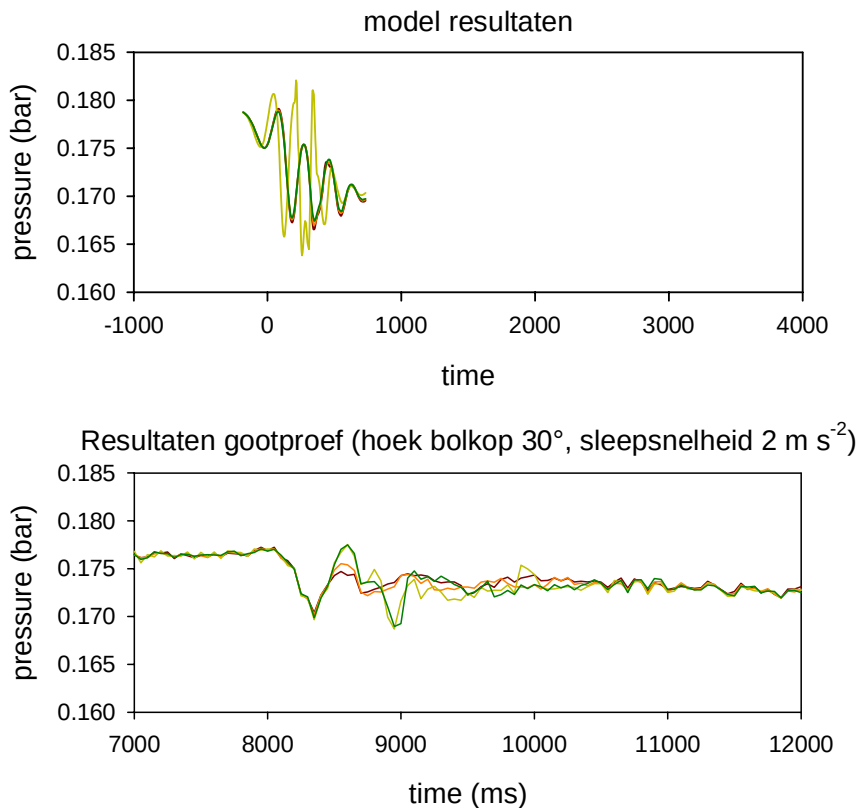
De numerieke testen zijn uitgevoerd met een balkop met een hoek van 30° en een afstand van de onderzijde van de balkop tot de bodem van 16 cm. Dit kwam overeen met de configuratie in een aantal van de fysieke testen. De numerieke testen zijn uitgevoerd met 2.73 m s^{-1} (dit is de sleepsnelheid die in het veld wordt gebruikt), terwijl de maximale sleepsnelheid in de goot op 2 m s^{-1} lag. In de numerieke testen lag de locatie op de bodem waar turbulentie het hoogst was varieerde



Figuur 5.1: Tijdsgemiddelde waarde van turbulente kinetische energie dissipatie achter de balkop

tussen 0.4 en 0.8 m achter de tip van de balkop, met een gebied van verhoogde turbulentie dat zich tot ruim een meter achter de punt van de balkop reikte (Figuur 5.1). In de goottesten met deze configuratie kwamen bij 2 m s^{-1} vissen gemiddeld rond 0.4 s, dus op 0.8 achter de balkop van de bodem af. In alle testen (met verschillende snelheden) varieerde dit tussen de 0.5 en de 1 m achter de balkop. Gezien het feit dat de vissen grote objecten zijn die het water met enige vertraging zullen volgen lijkt dit goed overeen te komen. Ook kwalitatief komt de observatie van vormende en loslatende wervels in de goot goed overeen met de simulaties.

De gootproeven met het 1:1 model konden slechts met een maximale snelheid van 2 m s^{-1} , terwijl de modelproeven met een hogere snelheid (2.73 m s^{-1}) zijn uitgevoerd. Daarnaast geven de modelresultaten een ruimtelijk beeld, terwijl de drukopnemers in de goot een tijdserie geven. Door de afstand te verdisconteren met de snelheid kan er in principe wel een tijdreeks geconstrueerd worden. Door een waterkolomhoogte aan te nemen die ongeveer even hoog was als in de flume kunnen model runs enigszins vergeleken worden met de gootdata (Figuur 5.2). De modeldata vertonen een iets grotere fluctuatie vergeleken met de flume, maar wel ongeveer van dezelfde orde van grootte. dat mag ook verwacht worden, aangezien de sleepsnelheid groter is. Door de beperking van de grootte van het modeldomein is de maximale lengte van de tijdreeks beperkt.



Figuur 5.2: vergelijking tussen drukvariaties genomen uit de modeldata en een tijdserie van de drukopnemers in de goot. NB de snelheden zijn verschillend.

6 Conclusies

6.1 Consistentie van de metingen

6.1.1 Druksensoren

De druksensoren geven een redelijk consistent beeld van de effecten op de bodem. Wanneer proeven worden herhaald met dezelfde configuratie en dezelfde snelheid blijken de resultaten bijzonder goed reproduceerbaar. In hoeverre deze drukpulsen nu ook daadwerkelijk voldoende zijn om vissen mee de bodem uit te jagen kan hiermee niet worden vastgesteld. In vrijwel alle gevallen geldt dat de hogere snelheid niet alleen een grotere magnitude van de puls te zien geeft, maar ook meer differentiatie over de ruimte. In deze situatie worden vissen geconfronteerd met een snelle afwisseling van positieve en negatieve drukkogolven.

Kwalitatief lijken de resultaten goed overeen te komen met de indruk die is ontstaan van de numerieke modellering. Het is de vraag of de drukverschillen alleen een volledig beeld geven van de effecten van het tuig. Kwantitatief waren de verschillen tussen de referentiesituatie van de boom en de effecten achter het tuig meetbaar, maar minder extreem dan van te voren was ingeschat.

6.1.2 Video analyse

Er is een keuze gemaakt om heel veel verschillende configuraties uit te testen, maar per configuratie geen replicaten uit te voeren. Voor de druksensoren is dat geen probleem gezien

de consistentie van de metingen (zie 4.1.1.). De videobeelden geven een kwalitatieve indruk van de bewegingen van vismodellen. Per run zijn er slechts een beperkt aantal vissen in beeld, soms slechts 2. Het feit dat het exacte frame waar vissen begonnen te bewegen soms lastig eenduidig was vast te stellen en er ook behoorlijk wat variatie zat tussen vissen in dezelfde run m.b.t. het tijdsinterval (τ), zorgt wel voor een forse onzekerheidsmarge op deze analyse data. Over het algemeen gaven de data een redelijk consistent beeld te zien en kwamen er uit de fysische proeven geen resultaten die fysisch moeilijk te verklaren zijn.

6.2 Effecten van verschillende configuraties

6.2.1 Aanwezigheid balkoppen

Het is duidelijk dat de balkoppen een significant effect hebben op de stroming en dat dit tevens een effect heeft op het opwervelen van zand en objecten. Echter ook de boom alleen had een duidelijk meetbaar effect zowel in het drukprofiel als dat het vis-mimics in beweging bracht. Dit laatste echter in zeer geringe mate. Wel was het opvallend dat er geen consistent verschil zat in het tijdsinterval waarop de vissen in beweging komen en het passeren van de boom (in de vergelijking tussen een boom zonder balkoppen en met balkoppen onder een hoek van 30°). Dit kan op toeval berusten gezien het feit dat de hoek waaronder de balkop staat een effect heeft op dit tijdsinterval.

6.2.2 Effect van sleepsnelheid

Over het algemeen geldt: hoe sneller hoe sterker het effect op de water beweging – hetgeen niet verwonderlijk is. Wat wel opmerkelijk was, was dat de intermediaire snelheid, 1.5 m s^{-1} het tijdsinterval (τ) vaak iets groter was (zie bv. Figuur 4.15). Dit gaf geen effect op de scores van de heftigheid van de beweging. Die waren vrij consistent hoger bij een hogere snelheid. Wat hiervan de oorzaak is, is niet helemaal duidelijk.

6.2.3 Effect van positie van de balkoppen tot de bodem en tot de boom.

Zowel in de druksensoren als (iets minder duidelijk) in de bewegingsanalyse was te zien dat wanneer de balkoppen verder naar achteren zitten het effect van de balkoppen duidelijker is. Mogelijk is dit een gevolg van het feit dat dicht op de boom de balkoppen een deel van de hekgolf van de boom opvangen. Het verlagen van de het hele tuig gaf weliswaar in de drukopnemers meer variabiliteit achter de balkop, maar had geen heel spectaculair effect op de beweging.

6.2.4 Effect van variaties in hoek.

Hoe groter de hoek met de horizontaal, hoe groter de weerstand van de balkoppen door het water en hoe sterker de generatie van turbulentie verwacht kan worden. Dit wordt bevestigd in de registraties van de druksensoren, die een grotere variabiliteit achter het tuig te zien geven bij een hoek van 45° dan bij 20°.

Hoewel ook deze observatie kwalitatief is, lijkt de wervel die de bewegende zandkorrels laten zien achter de balkop coherenter dan bij de kleinere hoek. De wervel bij de grotere hoek blijft ook min of meer op dezelfde locatie tot hij zoveel energie verliest dat de zandkorrels uitzinken. Bij de wervel achter de balkop met de kleinere hoek lijkt hij zich meer met het tuig mee uit beeld te bewegen. Dit kan er op wijzen dat deze wervel niet helemaal los laat achter de balkop. Hier moet wel opgemerkt worden dat de zandkorrels zeer grof waren en daarom een grote zinksnelheid hebben. Deze zandkorrels zijn dan ook geen nette passieve tracers voor flowvisualisatie. Ook gezien het beperkte aantal waarnemingen aan deze wervels moet hier voorzichtig mee omgegaan worden. Het verschil in wervelstructuur lijkt zich niet eenduidig in andere beweging van de vis-mimics te vertalen. De vis-mimics zijn groter dan de

wervels die worden gegenereerd. Deze objecten zullen dus eerder de gemiddelde waterstroom gaan volgen dan de instantane turbulente fluctuaties. Een heel belangrijke vraag die met dit onderzoek niet opgelost kan worden is wat de sterkste prikkel is voor vissen om de bodem uit te komen. Als dit bepaald wordt door de verticale fluctuaties dan zal een grotere hoek effectiever zijn. Als de horizontale versnelling onder de bolkop belangrijker is dan is mogelijk een kleinere hoek effectiever.

6.2.5 Meerdere rijen bolkoppen

Door twee rijen bolkoppen achter elkaar te plaatsen wordt het effect op druk niet opvallend groter, maar het effect lijkt wel langer aan te houden. Aangezien het net op enige afstand achter de boom aankomt en vis niet de kans moet krijgen voortijdig terug in de bodem te schieten kan dit belangrijk zijn. Echter, de verlenging van het effect lijkt niet verder te reiken dan de afstand tussen de rijen bolkoppen. Het is niet zo dat de uitdoving van het signaal disproportioneel langer aanhoudt bij twee rijen.

6.3 Aanzet voor vervolgprouven.

Voordat er begonnen met vervolgprouven in een goot is het verstandig de exacte configuratie door te rekenen met CFX. De huidige prouven verschillen in enkele opzichten van de configuratie van de doorgerkende modellen. De fysieke modellen stonden de bolkoppen iets hoger t.o.v. de boom, en in de meeste gevallen verder naar achter. Dit betekent dat de bolkoppen geen uniforme stroming invangen, maar dat de stroming daar direct beïnvloed wordt door de boom. Met een CFX analyse kan nagegaan worden of de verschillen die gevonden zijn bij het verlagen van de bolkoppen primair een gevolg zijn van het feit dat de onderzijde van de bolkop dichter aan de bodem staat of dat dit het gevolg is van het feit dat de hekgolf van de boom interfereert met de turbulentiegeneratie door de bolkoppen.

Voordat verder geëxperimenteerd wordt is het goed deze data naast de gegevens van de veldprouven te leggen. Mogelijk dat de waarnemingen met de onderwatercamera aan levende vissen meer inzicht geven in de reacties van levende platvis op het passeren van het tuig. Met name voor de keuze van de optimale hoek (meer turbulentie of meer horizontale versnelling) is dit cruciaal.

Tevens zal goed moeten worden nagedacht over de noodzaak met sediment op de bodem te werken. Aan één kant kan dit belangrijke informatie geven over het effect van de bolkoppen op het sediment, maar het beperkt het aantal prouven dat in de korte tijd gedaan kan worden enorm. Daarnaast wordt het gebruik van een videocamera voor directe observaties hier erg door beperkt. Aan de andere kant kan het wel zinvol zijn te achterhalen tot hoe diep in de bodem de effecten van het tuig te registreren zijn.

Het lijkt er op dat de druksensoren slechts een beperkt beeld geven van het totale effect van het HydroRig. Verder heeft ervaring ook geleerd dat met de beperkte mogelijkheden tot belichting en het soms relatief troebele water de mogelijkheden tot flowvisualisatie in de



Figuur 6.1: Kop van een EMS sensor. De snelheidsmeting vindt plaats aan het oppervlak van de sensor

baggergoot beperkt zijn. Wat mogelijk een nuttige aanvulling op waarnemingen kan zijn is het gebruik van een elektromagnetische stroommeter (EMS) die met de kop vlak boven de bodem wordt gepositioneerd. Figuur 6.1. Bij Deltares zijn een aantal “zijwaartsijkende” instrumenten aanwezig die plat in de bodem gelegd kunnen worden en vervolgens op of vlak boven de bodem de snelheid kunnen meten. De verhoging van de houten bodem die nu nodig was om de druksensoren in te kunnen bedden zal nog iets groter gemaakt moeten worden, maar die verhoging zal niet zo extreem zijn dat het grote problemen oplevert voor het slepen.

Tenslotte was in de opzet waarin het 1:1 model was getest geen directe meting mogelijk van kracht op het tuig of weerstand die het tuig ondervindt. Met het 1:6 model was het wel mogelijk een trekkrachtmeter te bevestigen tussen het tuig en het net. Hierdoor is het bij de verschillende configuraties niet mogelijk een uitspraak te doen over extra motorvermogen dat noodzakelijk is voor het slepen van een bepaalde configuratie. Bij een eventuele vervolgttest zou dat ook meteen meegenomen moeten worden om een kwantitatieve uitspraak te kunnen doen over het brandstofverbruik.

A Bijlage 1: Overzicht proeven

HydroRig Proeven													
Rig	Schaal	Configuratie						Snelheid	Filenaam	Filenaam	Bijzonderheden	datum	tijd
		beam tot bodem	onderzijde bolkop tot bodem	hoek bolkop (gat)	afstand bolkop boom	afstand tussen bolkoppen	afstand tussen rijen		druk-opnemers	Camera			
bolkop enkel	1:1	486.5	260	30°	885	450	-	1.5	HydroRig001	File0003		16-11-09	15:52
bolkop enkel	1:1	486.5	260	30°	885	450	-	1.5	HydroRig002	File0004		16-11-09	16:02
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	450	-	1.5	HydroRig003	File0005		17-11-09	10:34
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	450	-	2	HydroRig004	File0006		17-11-09	10:52
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	450	-	1	HydroRig005	File0007		17-11-09	11:02
Boom	1:1	481.5	-	-	-	-	-	1	HydroRig006	File0008		17-11-09	13:26
Boom	1:1	481.5	-	-	-	-	-	1.5	HydroRig007	File0009		17-11-09	13:44
Boom	1:1	481.5	-	-	-	-	-	2	HydroRig008	File0010		17-11-09	13:51
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	2	HydroRig009	File0011	linker bolkop 33°	17-11-09	15:29
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	1.5	HydroRig010	File0012		17-11-09	15:42
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	1	HydroRig011	File0013		17-11-09	15:55
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	1.5	HydroRig012	File0014		17-11-09	16:03
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	2	HydroRig013	File0015		17-11-09	16:11
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	1	HydroRig014	File0016	drukopnemers 4x gevoeliger	18-11-09	08:41
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	1.5	HydroRig015	File0017	10 volt = 0.25 bar	18-11-09	08:50
bolkop enkel	1:1	481.5	160	30°	885	600	-	2	HydroRig016	File0018	op de balk hoek = 43°	18-11-09	08:58
bolkop enkel	1:1	481.5	145	45°	885	600	-	1	HydroRig017	File0019		18-11-09	09:48
bolkop enkel	1:1	481.5	145	45°	885	600	-	1.5	HydroRig018	File0020		18-11-09	09:58
bolkop enkel	1:1	481.5	145	45°	885	600	-	2	HydroRig019	File0021		18-11-09	10:11
bolkop enkel	1:1	481.5	180	20°	885	600	-	1	HydroRig020	File0022	in tank hoek ongeveer 22°	18-11-09	10:48
bolkop enkel	1:1	481.5	180	20°	885	600	-	1.5	HydroRig021	File0023		18-11-09	10:53
bolkop enkel	1:1	481.5	180	20°	885	600	-	2	HydroRig022	File0024		18-11-09	11:03

HydroRig Proeven													
Rig	Schaal	Configuratie						Snelheid	Filenaam	Filenaam	Bijzonderheden	datum	tijd
		beam tot bodem	onderzijde bolkop tot bodem	hoek bolkop (gat)	afstand bolkop boom	afstand tussen bolkoppen	afstand tussen rijen		druk-opnemers	Camera			
bolkop enkel	1:1	481.5	130	20°	885	600	-	1	HydroRig023	File0025	in tank hoek ongeveer 22°	18-11-09	11:51
bolkop enkel	1:1	481.5	130	20°	885	600	-	1.5	HydroRig024	File0026		18-11-09	12:00
bolkop enkel	1:1	481.5	130	20°	885	600	-	2	HydroRig025	File0027		18-11-09	12:07
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	300	600	-	1	HydroRig026	File0028	Bolkoppen naar voren 3e gat	18-11-09	15:04
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	300	600	-	1.5	HydroRig027	File0029	ruit geknapt door hitte lamp	18-11-09	15:12
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	300	600	-	2	HydroRig028	File0030		18-11-09	15:19
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	500	600	-	1	HydroRig029	File0031		18-11-09	16:05
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	500	600	-	1.5	HydroRig030	File0032		18-11-09	16:09
bolkop enkel	1:1	481.5	145	20°	500	600	-	2	HydroRig031	File0033		18-11-09	16:17
bolkop dubbel	1:1	481.5	145	20°	500	600	750	1	HydroRig032	File0034		19-11-09	08:40
bolkop dubbel	1:1	481.5	145	20°	500	600	750	1.5	HydroRig033	File0035		19-11-09	08:50
bolkop dubbel	1:1	481.5	145	20°	500	600	750	2	HydroRig034	File0036		19-11-09	08:57
bolkop dubbel	1:1	481.5	145	20°	500	600	750	2	HydroRig035	File0037		19-11-09	09:08
bolkop dubbel	1:1	481.5		43°	500	600	750	1	HydroRig036	File0038		19-11-09	09:56
bolkop dubbel	1:1	481.5		43°	500	600	750	1.5	HydroRig037	File0039		19-11-09	10:06
bolkop dubbel	1:1	481.5		43°	500	600	750	2	HydroRig038	File0040		19-11-09	10:15
bolkop dubbel	1:1	481.5		43°	500	600	750	2	HydroRig039	File0041		19-11-09	10:42
bolkop dubbel	1:1	481.5		+43, -46	500	600	750	1	HydroRig040	File0042	1e rij normaal, 2e rij scheppend	19-11-09	11:19
bolkop dubbel	1:1	481.5		+43, -46	500	600	750	2	HydroRig041	File0043	1e rij normaal, 2e rij scheppend	19-11-09	11:23
bolkop dubbel	1:1	481.5		43°	500	600	750	1	HydroRig042	File0044	normaal	19-11-09	11:45
bolkop dubbel	1:1	481.5	160	43°	500	600	750	2	HydroRig043	File0045	normaal	19-11-09	11:56
bolkop dubbel	1:1	481.5		-45, -43	500	600	750		HydroRig044	File0046	bolle kant naar voren	19-11-09	12:29
bolkop dubbel	1:1	481.5	120	15°	500	600	750	2	HydroRig045	File0047		19-11-09	13:41

25 november 2010, definitief

HydroRig Proeven													
Rig	Schaal	Configuratie						Snelheid	Filenaam	Filenaam	Bijzonderheden	datum	tijd
		beam tot bodem	onderzijde bolkop tot bodem	hoek bolkop (gat)	afstand bolkop boom	afstand tussen bolkoppen	afstand tussen rijen		druk-opnemers	Camera			
bolkop enkel	1:1	481.5	150	20°	1000	600	-	1	HydroRig046	File0048		19-11-09	14:21
bolkop enkel	1:1	481.5	150	20°	1000	600	-	1.5	HydroRig047	File0049		19-11-09	14:27
bolkop enkel	1:1	481.5	150	20°	1000	600	-	2	HydroRig048	File0050		19-11-09	14:35
bolkop enkel	1:1	481.5	150	20°	785	600	-	2	HydroRig049	File0051	camera te laat	19-11-09	14:47
bolkop enkel	1:1	481.5	150	20°	785	600	-	2	HydroRig050	File0052		19-11-09	15:26
bolkop enkel	1:6	481.5						1	HydroRig051	File0053		19-11-09	16:12
bolkop enkel	1:6	481.5						1.25	HydroRig052	File0054		19-11-09	16:35
bolkop enkel	1:6	481.5						1.5	HydroRig053	File0055		19-11-09	16:46
bolkop enkel	1:1	481.5		20°				1	HydroRig054	File0056		20-11-09	09:11
bolkop enkel	1:1	481.5		20°				1.5	HydroRig055	File0057		20-11-09	09:15
bolkop enkel	1:1	481.5		20°				2	HydroRig056	File0058		20-11-09	09:23
bolkop enkel	1:1	481.5		20°				2	HydroRig057	File0059		20-11-09	10:41
bolkop enkel	1:1	481.5		20°				1.5	HydroRig058	File0060		20-11-09	10:53
bolkop enkel	1:1	481.5		los - gat 3				1	HydroRig059	File0061		20-11-09	11:41
bolkop enkel	1:1	481.5		los - gat 3				1.5	HydroRig060	File0062		20-11-09	11:49
bolkop enkel	1:1	481.5		los - gat 3				2	HydroRig061	File0063		20-11-09	11:57
bolkop enkel	1:6							1	HydroRig062	File0064	camera stopt-batterij leeg	20-11-09	13:37
bolkop enkel	1:6							1	HydroRig063	File0065		20-11-09	13:53
bolkop enkel	1:6							1.1	HydroRig064	File0066	ketting aangespannen	20-11-09	14:23
bolkop enkel	1:6							1.25	HydroRig065	File0067		20-11-09	14:46
alleen boom	1:6							1	HydroRig066	File0068		20-11-09	15:03
alleen boom	1:6							1.1	HydroRig067	File0069		20-11-09	15:14
alleen boom	1:6							1.25	HydroRig068	File0070		20-11-09	15:22
bolkop enkel	1:1	481.5	195	+43°	870 (gat 14)	600	2 bolkoppen	1	HydroRig069	File0071	bolkoppen scheppend	20-11-09	15:50
bolkop enkel	1:1	481.5	195	+43°	870 (gat 14)	600	2 bolkoppen	2	HydroRig070	File0072	bolkoppen scheppend	20-11-09	15:56
bolkop enkel	1:1	481.5	variabel	los, gat 1	gat 14	600	2 bolkoppen	2	HydroRig071	File0073		20-11-09	16:27
bolkop enkel	1:1	481.5	variabel	los, gat 1	gat 14	600	2 bolkoppen	1.5	HydroRig072	File0074		20-11-09	16:32

