



SINTEF

Termvel AP3

SINTEF Ocean AS

Postadresse:

Brattørkaia 17b

7010 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:

NO 937357370 MVA

Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt

VERSJON

02

DATO

2024-01-29

FORFATTER(E)

Birger Venås

OPPDRAGSGIVER(E)

FHF

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

NA

PROSJEKTNUMMER

901649

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

19+ Bilag/vedlegg

Sammendrag

Denne rapporten sammenfatter resultater fra arbeidspakke 3 i FHF-prosjektet Termvel (FHF#901649). Observasjoner fra felt rapporterer om fysiske vibrasjoner og lyd i rørsystemer i forbindelse med termisk avlusing som en konsekvens av panikkadferd fra fisk. Denne rapporten presenterer en objektiv målemetodikk for å kvantifisere disse vibrasjonene med formål om å bedre kunne overvåke og forstå prosessen. På grunn av utfordringer med tilgang til kommersielle fartøy og frisk fisk ble bare deler av planlagt arbeidsomfang utført.

UTARBEIDET AV

Birger Venås

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Morten Bondø

SIGNATUR

GODKJENT AV

Merete Bjørgan Schrøder

SIGNATUR

PROSJEKTNOTAT NR

NA

GRADERING

Åpen

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001



SINTEF

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
01	2024-01-19	Utgitt for kommentar
02	2024-01-29	Endelig versjon



Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Problemstilling og formål.....	4
2	Prosjektgjennomføring	5
2.1	Måling av støt registrert av fisk	5
2.2	Måling av støt registrert på utside av rør/tanker under termisk behandling.....	5
3	Resultater	7
3.1	Håndslag.....	7
3.2	Bakgrunnsstøy og målinger med fisk i systemet.....	9
3.3	Fisketeller	11
3.4	Effekt av sensorplassering.....	11
3.4.1	Periode 4 – Sensorer plassert samme sted ved innløp Thermolicer.....	11
3.4.2	Periode 3 – Begge sensorer plassert ved utløp Thermolicer.....	13
3.4.3	Periode 2 – Sensorer plassert ved innløp og utløp Thermolicer.	14
3.4.4	Periode 1 – Sensorer plassert på to ulike linjer ved innløp Thermolicer.....	15
4	Diskusjon/Oppsummering	16
5	Hovedfunn	19
6	Referanser	19

BILAG/VEDLEGG

Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.



1 Innledning

Denne rapporten presenterer resultater fra arbeidspakke 3, «Panikkrespons, eksponeringstid og behandlingstemperatur ved termisk avlusing i felt», i FHF-prosjektet Termvel (FHF 901649). Planlagte forsøk krevde tilgang til avlusingsenhet (båt), mannskap, ventemerd og frisk fisk og dette viste seg å bli en stor utfordring i prosjektperioden med både covid, dårlig fiskehelse (ikke egnet for forsøk) og høy avlusingsaktivitet (fartøy opptatt). Arbeidspakke 3 ble derfor bare delvis gjennomført og disse resultatene presenteres her.

1.1 Bakgrunn

Ifølge fiskehelse rapporten 2021 er termisk behandling overrepresentert i skader relatert til akutt dødelighet, øyeskader, hjerneblødning og bruddskader. Det er en uklar årsak/virkningssammenheng for disse skadene, men det er en kjent utfordring at fisken får panikkrespons i møte med vann som har høyere temperatur enn den sjøtemperaturen den kom fra (Gismervik et al., 2019; Nilsson et al., 2019). Det er kjent at en kan høre at fisken treffer rørene i avlusingsystemer med ulik kraft, men det er ikke utført systematiske registreringer for å undersøke om disse forholdene endres med for eksempel fysisk utforming av avluser, pumpehastighet, fisketetthet, temperatur, fiskestørrelse eller andre faktorer. Støt fisken opplever gjennom rørtransport kan skyldes passive støt (fisk som passivt følger vannstrømmen treffer rør, ventiler, pumper etc.) eller aktive støt (støt som skyldes fiskens aktive svømming, som for eksempel utløst av panikk).

Et nytt verktøy for å kunne kvantifisere panikkinduserte støt vil kunne bidra objektivt til å vurdere tilstanden under behandling, og dermed kunne hjelpe utstyrsløpere i arbeidet med å forbedre utstyret ved å redusere eller styre panikkresponsen, eller redusere akselerasjonen i støtene (polstring, oppbremsing, redesign etc.). Som eksempel viser resultater fra Termvel AP 1 at sedering i forbindelse med avlusing trolig kan dempe panikkresponsen og dermed også redusere dødeligheten og skadene fisken påfører seg selv ved kollisjoner i avlusingsenheten. Sedering er likevel ikke en løsning i seg selv da dette er kun et avbøtende tiltak som er utfordrende å utføre i praksis og som ikke påvirker rotårsaken som kan være u hensiktsmessig utforming av konstruksjonen, behandlingsregime mv.

Ved termisk avlusing i kommersiell skala søker en å etterleve en eksponeringstid på ca 30 sekunder pr fisk, men det finnes ikke verktøy for å verifisere om dette blir overholdt og det er usikkert hvordan fiskens egenbevegelse kan påvirke dette (svømme motstrøms). En mer nøyaktig måling av fiskens faktiske eksponeringstid i det tempererte vannet vil kunne bidra til at utstyr utvikles på en slik måte at reell eksponeringstid blir mer i tråd med foreskrevet behandlingstid, og dermed også i tråd med de fiskevelferdsmessige kriteriene som settes for termisk avlusing.

1.2 Problemstilling og formål

Formålet med arbeidspakken var å utvikle og validere verktøy for å forstå og tilpasse termisk baserte avlusingsoperasjoner for bedre fiskevelferd og redusert dødelighet. Dette for å kunne dekomponere og



kartlegge forholdene fisken går gjennom ved termiske avlusinger og gå nærmere inn på variasjon i eksponeringstid, behandlingstemperatur og panikkrespons under ulike forhold.

2 Prosjektgjennomføring

For å svare opp målsetningen med prosjektet ble to hovedaktiviteter planlagt:

- 1) **Måling av støt registrert av fisk.** Måling av støt fisk har blitt påført gjennom rørtransport og spylebehandling har tidligere blitt målt i FHF-prosjektet OWITools (901594). Dette ble gjort ved å instrumentere levende fisk med gastriske aktivitetsmålere gjennom spiserøret ned i magesekken. Med bakgrunn i dette var det ønskelig å gjenta forsøket ved å måle støt på enkeltfisk som går gjennom termisk behandling i en brønnbåt. Disse resultatene ville være direkte sammenlignbare med tidligere forsøk.
- 2) **Støtregistrering på utvendige rør/tanker under termisk behandling.** Basert på uttalelser fra drift- og fiskehelsepersonell, kan man både høre og føle støt mellom fisk og tank/rør under termisk behandling. Det var derfor ønskelig å se om det var mulig å kvantifisere dette gjennom objektiv målemetodikk fra utsiden av behandlingsenheten. Om dette var mulig var det ønskelig å utvikle en metode for å se om det er forhold ved operasjonen (temperatur i behandlingsvannet, delta-temperatur, mengde fisk, fiskestørrelse, tilstand til fisken osv) som påvirker støtbildet. Dette vil kunne gi mer innsikt i operasjonen og også være et verktøy for å videreutvikle termisk behandling i en skånsom retning.

2.1 Måling av støt registrert av fisk

Det ble planlagt et forsøk ved ventemerdd ved slakteri da det var for utfordrende å gjennomføre forsøket under en vanlig termisk avlusing. Avlusingsoperasjoner er ofte planmessig uforutsigbare og endringer i siste liten er vanlig. En avlusing er også en stressende operasjon og mannskap og operatører ønsker minst mulig ekstra aktivitet i den forbindelse. Forsøket ble derfor planlagt med en kommersiell brønnbåt utstyrt med Thermolicer ved ventemerdd. Forsøket ble planlagt med 2 grupper med ulike behandlingstemperaturer og 1 kontrollgruppe. Dette forsøket ble dessverre ikke gjennomført på grunn besøksrestriksjoner under pandemien (SARS-CoV-2) i perioden mellom 2019 og 2022, og i senere tid har flere planlagte forsøk blitt kansellert på grunn av utfordringer med tilgang til kommersiell brønnbåt (høy aktivitet) og svak fisk (direktelossing uten bruk av ventemerdd).

2.2 Måling av støt registrert på utside av rør/tanker under termisk behandling

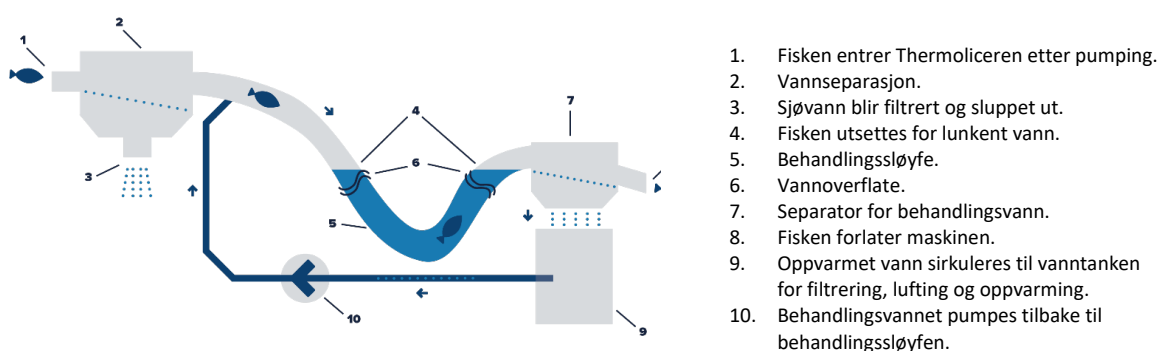
Det ble innledningsvis gjennomført diverse tester i lab med banking på rør for å utvikle måleutstyr tilpasset en reell situasjon. Måleprinsipp, sensitivitet og samplingsrate ble vurdert, og det ble besluttet å gå for 1-akse akselerometer (PCB, IMIC01) som sensor med et grensesnitt (National Instruments, cDAQ-9185) og modul (National Instruments, NI-9230 C Series Sound and Vibration Input Module). Oppsettet har en samplingsrate på 10 kHz.

Det ble gjennomført et pilotforsøk på en brønnbåt 20.04.23 der to støtsensorer ble montert forskjellige steder på en Thermolicer for å se om det er mulig å detektere støt/kollisjoner mellom fisk og rørvegg.



Forskjellige konfigurasjoner og plasseringer ble testet ut for å se i hvilken grad plassering påvirker resultatet. Dette ville være viktig for videre utvikling av metode. Det ble også gjennomført en "banketest" hvor det ble slått på røret med flat og knyttet hånd for å vurdere sensitiviteten til utstyret og sammenligne dette med støt fra fisk.

Figur 1 viser prinsippskisse av Thermolicer systemet. Den fysiske rørføringen skiller seg fra skissen ved at den kveiler seg i en spiral for å utnytte arealet bedre. Fysisk plassering av sensorer for de ulike periodene er vist i Figur 2. Det ble gjennomført målinger i 4 perioder og periodene er beskrevet i Tabell 1.

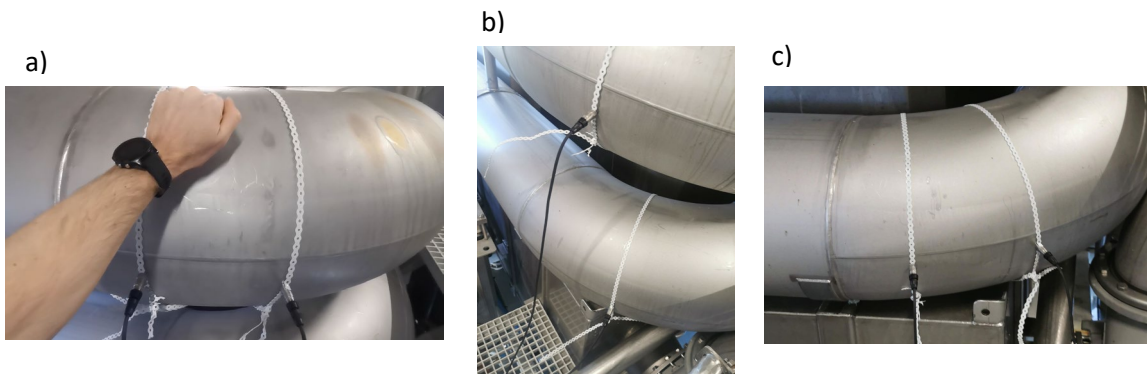


Figur 1 – Thermolicer prinsippskisse. Hentet fra www.scaleaq.no.

Tabell 1 – Beskrivelse av over måleperioder

Periode	Varighet	Kommentar
P1	Ca 20 min	Slutten av avlusingsoperasjon 1. Sensor 2 på babord, ved innløp ¹ Thermolicer Sensor 1 på styrbord, ved innløp Thermolicer
P2	Ca 20 min	Avlusingsoperasjon 2 starter. Begge sensorer babord, Sensor 2 ved innløp Thermolicer og Sensor 1 nær utløp av Thermolicer
P3	Ca 20 min	Begge sensorer babord, begge sensorer nær utløp av Thermolicer
P4	Ca 50 min	Begge sensorer babord, begge sensorer ved innløp Thermolicer

¹ Innløp = ca ved vannspeil Thermolicer

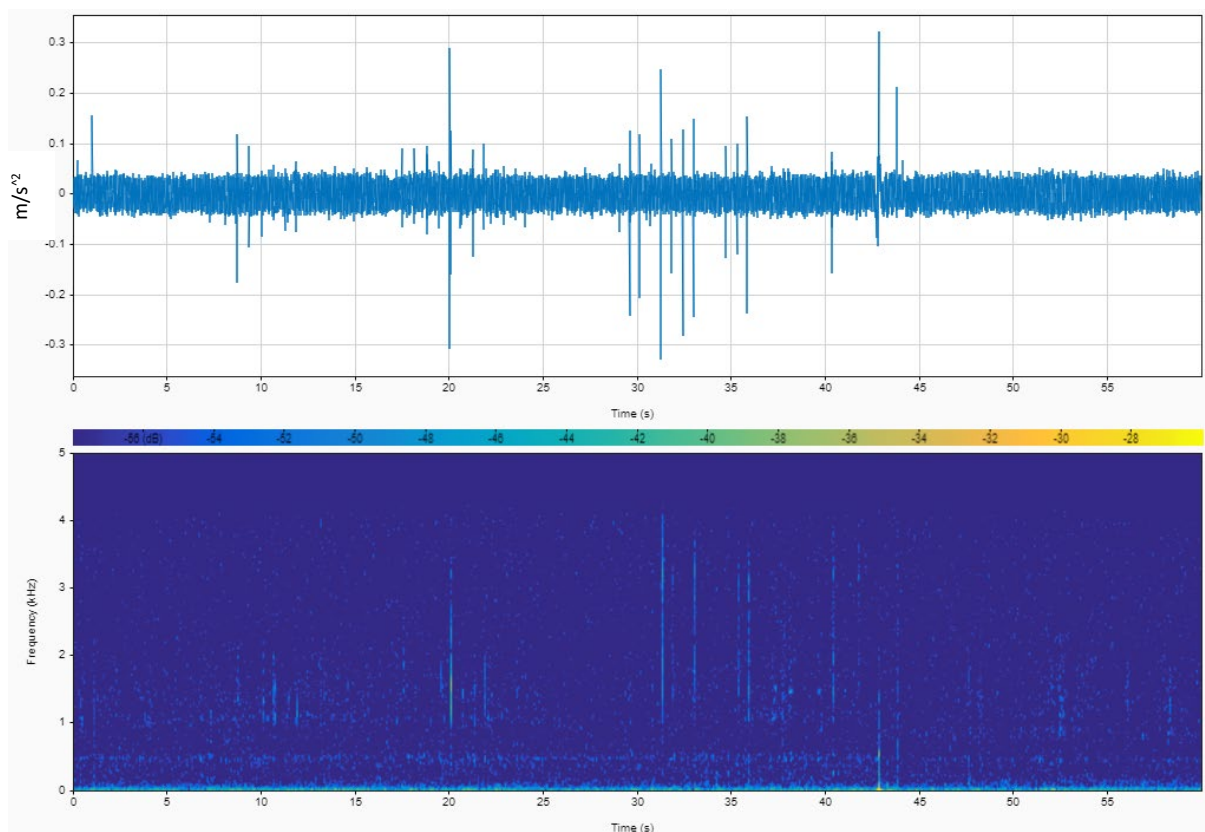


Figur 2 – Sensorplassering: a) P4 - Begge sensorer plassert på innløp av Thermolicer, b) P2 - Sensor 1 plassert på innløp Thermolicer og Sensor 2 plassert på utløp, c) P3 – begge sensorer plassert på utløp av Thermolicer.

3 Resultater

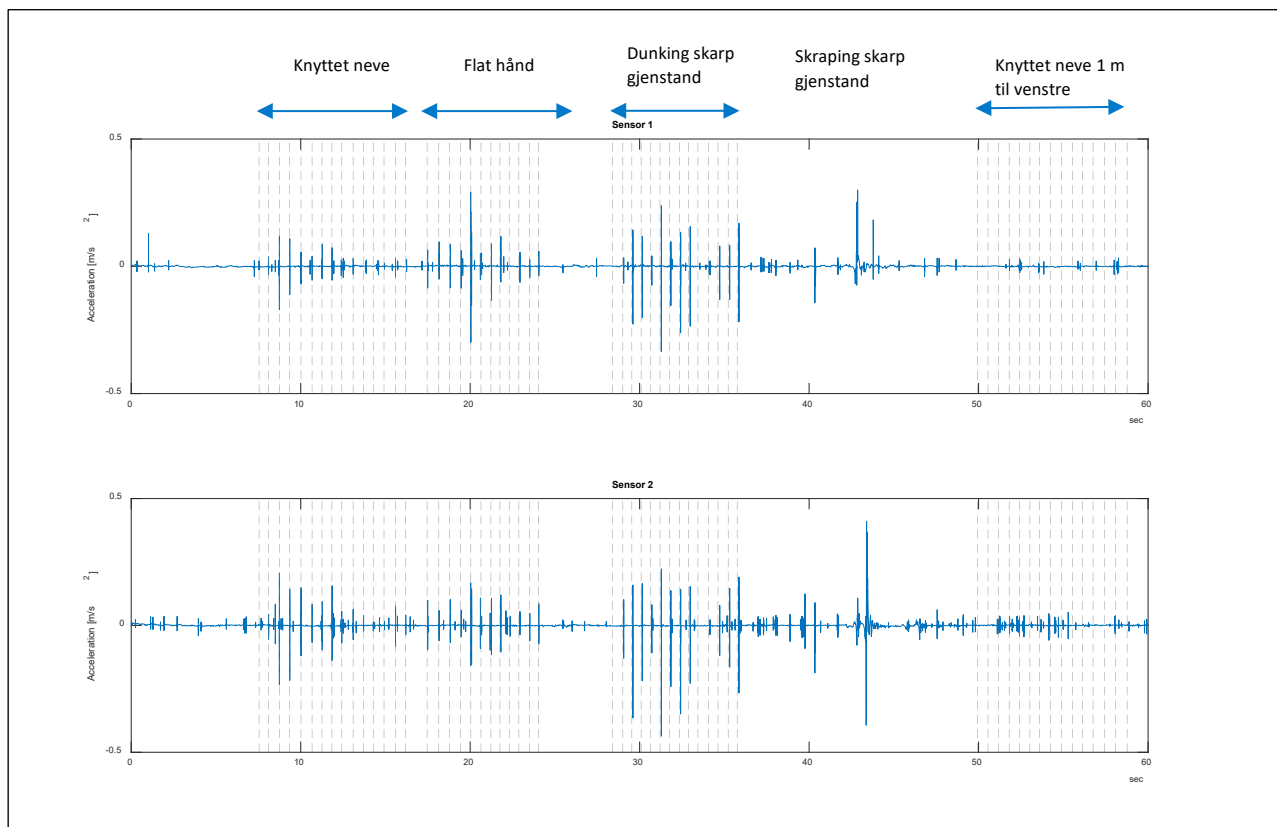
3.1 Håndslag

Det ble gjennomført en rekke tester med håndslag på rørene for å vurdere sensitiviteten og samplingsfrekvensen til sensorene. Figur 3 viser eksempel på rådata av akselerasjonsmålinger (gravitasjonbidrag trukket fra) i tid- og frekvensplanet. Rette, vertikale streker indikerer slag. Det er mye støy i målingene (bredt «belte» rundt 0 m/s^2), og det ser ut til at slagene ligger innenfor ca 1-4 khz (hørbar lyd). Rådata ble støyfiltrert ved bruk av Discrete Wavelet Transform (DWT) i Matlab og resultatet er fremstilt i Figur 4 hvor det meste av støyen er fjernet og den ønskede informasjonen er beholdt.



Figur 3 – Øverst: Rådata i tidsplanet, Nederst: rådata i tids- og frekvensplanet.

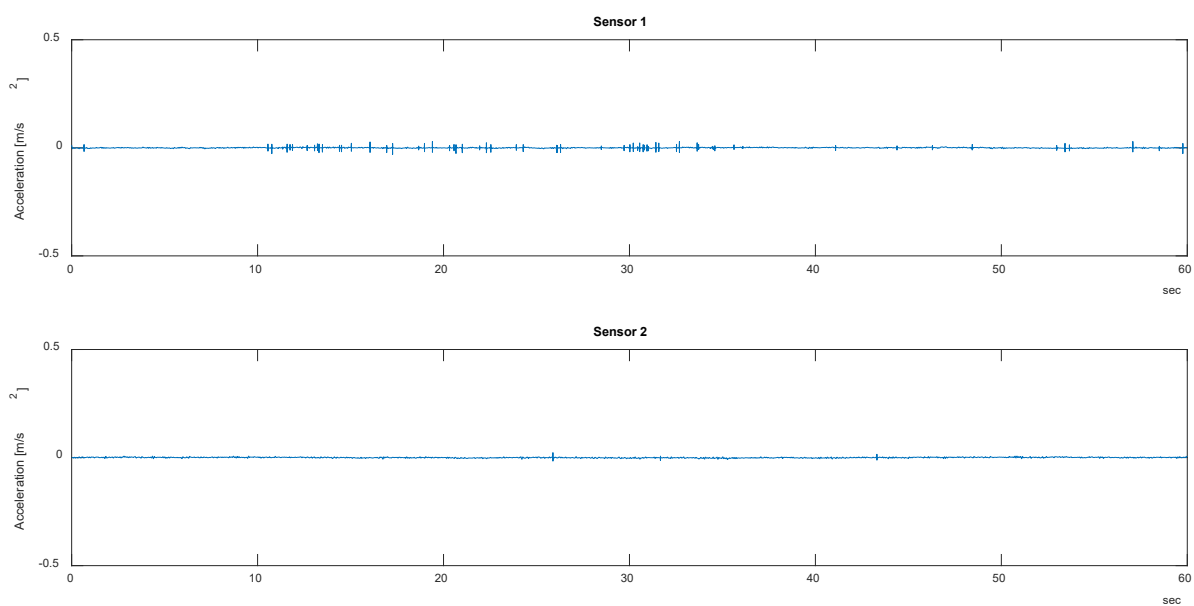
Figur 4 viser tydelige utslag i målingene på slag med knyttet neve og flat hånd (med slagpunkt som vist i Figur 2a)), men amplituden på målingene varierer – både mellom slag og mellom sensorer. Dette kan skyldes variasjon i håndslag (styrke, treffpunkt på hånd, treffpunkt på rør), men kan også skyldes klipping av signalet grunnet begrenset samplingsrate (10 kHz). Støtvarigheten ble målt til typisk 2 ms, noe som gir 5 datapunkter per måling. Det ble også gjennomført slag ca 1 meter til venstre for det første slaget. Dette gav svakere målinger og betyr at sensoren er veldig sensitiv i forhold til avstand til slagpunkt. Det ble også gjennomført dunking og skraping med en skarp gjenstand (et patentbånd/metallbånd) som består av metall og har mindre demping enn håndslag, og man ser at dette gir et annet utslag både i tids- og frekvensplanet.



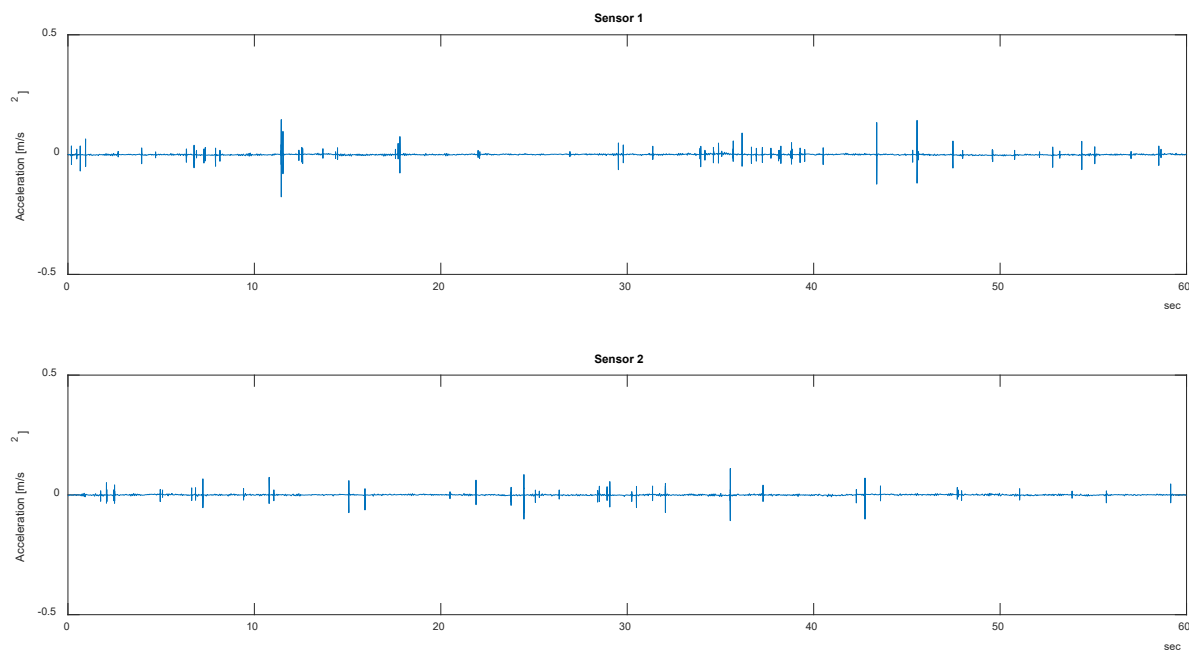
Figur 4 – Filtrerte måledata fra slagtest.

3.2 Bakgrunnsstøy og målinger med fisk i systemet

Figur 5 og Figur 6 viser målinger fra sensorer plassert på to parallelle, ulike linjer på samme tidspunkt. Begge sensorene ble plassert like ved vannspeilet i Thermoliceren der fisken entrer det tempererte vannet. Figur 5 viser målinger uten fisk i systemet og man kan se at det er litt forskjell i utslag på de to linjene. Nivået på vibrasjonene i systemene uten fisk er på opp til 0.04 m/s^2 . Figur 5 viser målinger på samme sted med fisk i systemet. Nivåene på vibrasjoner med fisk i systemet er 3-4 ganger sterkere på de kraftigste støtene enn bakgrunsvibrasjonene i systemet. Basert på målingene med og uten fisk i systemet ble alle akselerasjonsmålinger over 0.07 m/s^2 kategorisert som støt mellom fisk og rørvegg, og benyttet som grunnlag for videre analyse.



Figur 5 – Målinger uten fisk i systemet. Sensor 1 plassert på styrbord linje og Sensor 2 plassert på babord linje. Begge montert ved vannspeilet i Thermolicer.

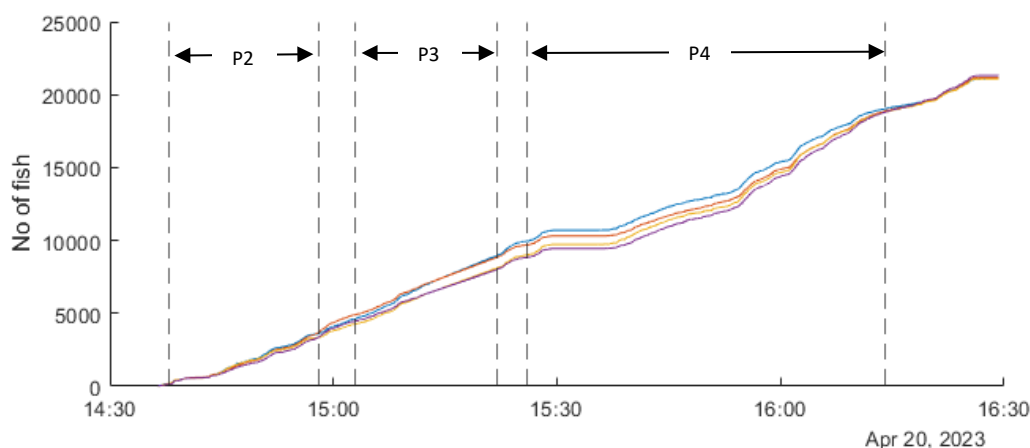


Figur 6 – Målinger med fisk i systemet. Samme plassering som Figur 5.



3.3 Fisketeller

Rådata fra fisketellere var ikke direkte tilgjengelig, og det ble derfor satt opp et kamera for visuell avlesing av fisketellerskjermen. Det ble videre benyttet en OCR programvare (Optical Character Recognition) i Matlab for å gjøre om videoopptak til numeriske verdier til videre analyse. Brønnbåten utførte avlusning på 4 parallelle linjer, og resultatet fra tellingene vises i Figur 7. Som man kan se av figuren var det en pause i behandlingen fra ca kl 15:30 til ca kl 15:45. Periode 1 ble gjennomført på foregående avlusingsoperasjon og fisketellerdata ble ikke registrert og vises derfor ikke i figuren. Strømningsrate (fisk/sekund) ble i videre analyse beregnet basert på numerisk derivasjon av ovennevnte tidsserie.



Figur 7 – Tidsserie av fisketellere på de 4 parallelle linjene. Resultat basert på tekstgjenkjenning av videomateriale. Testperioder angitt innenfor stiplede linjer.

3.4 Effekt av sensorplassering

Det ble gjennomført målinger på forskjellige steder for å se på sensitivitet av metode i forhold til målepunkt. Fire ulike måleoppsett ble gjennomført og presentert i de følgende underkapitlene. Aggregerte tall for de ulike periodene er presentert i Tabell 2.

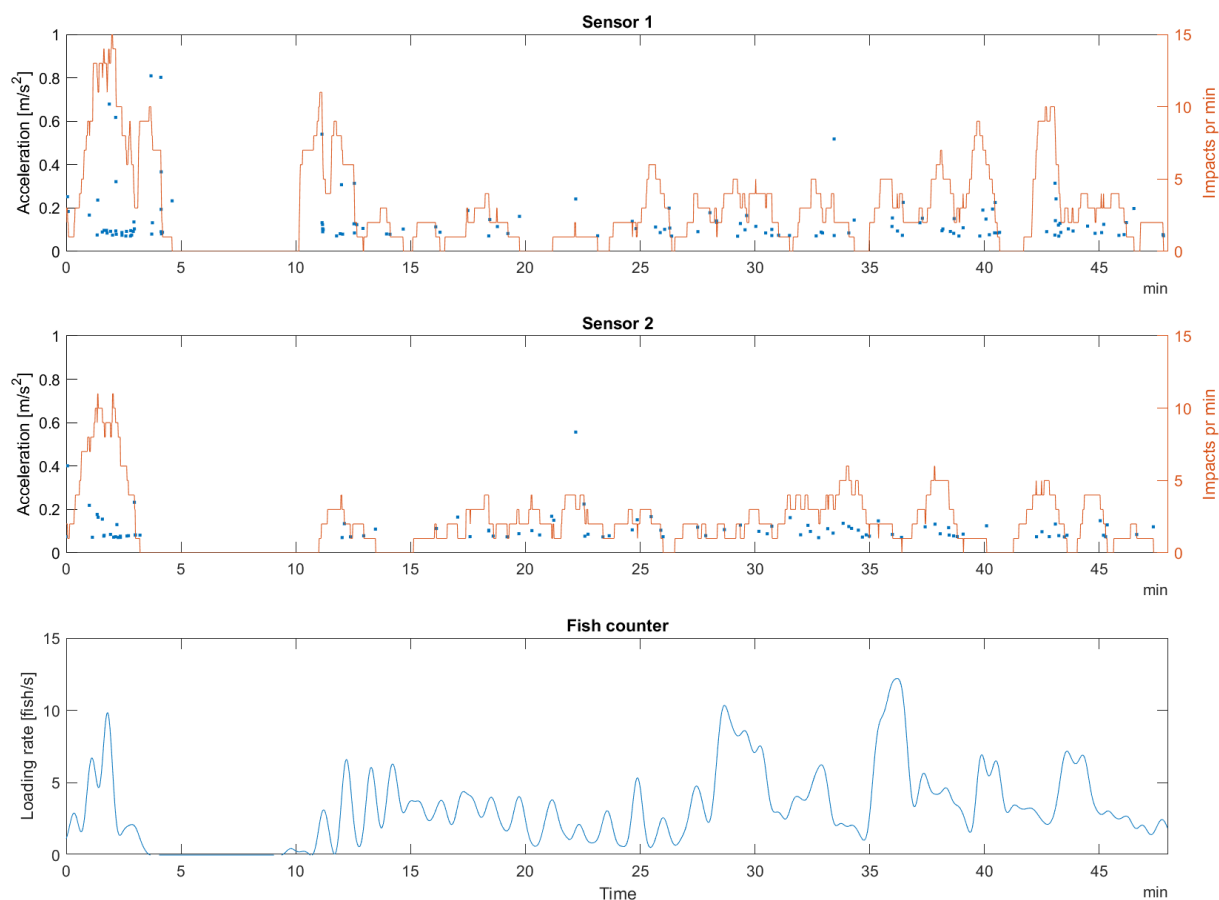
3.4.1 Periode 4 – Sensorer plassert samme sted ved innløp Thermolicer.

Figur 11 viser registrerte støt for periode P4, hvor to sensorer er plassert ved siden av hverandre ved vannspeil på samme Thermolicer (Figur 2a). Hver prikk indikerer registrert støt (akselerasjonsmåling > 0.07 m/s). Heltrukken linje i samme graf viser antall registrerte slag per minutt. For å beregne antall støt pr minutt ble det benyttet en «sliding window»-funksjon som deler opp tidsserien i 60 sekunds intervaller



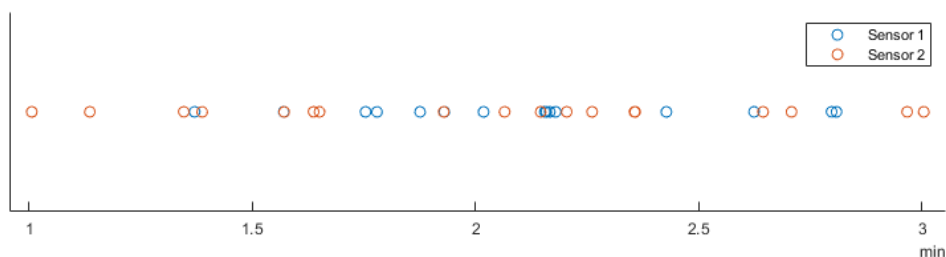
hvor hvert intervall overlapper med 59 sekunder. Alle støt summeres for hvert intervall. Nederste graf viser strømningsrate av fisk i rørene.

Som forventet registreres det ikke støt i perioden hvor det er pause i lastingen (periode 5-10 min). Ved visuell sammenligning kan man se at det er en viss variasjon i utslagene. Spesielt tidlig i tidsserien (0-5 min), ser man flere og kraftigere slag registrert av Sensor 1 enn av Sensor 2. Det er vanskelig å si noe om antall fisk i røret samvarierer med antall registrerte støt, men den ujevne lastingen fra perioden 27min til 45 min kan kanskje ses igjen i «slag per minutt»- målingene.



Figur 8 – Periode P4. Begge sensorer plassert ved siden av hverandre på samme linje ved innløp Thermolicer.

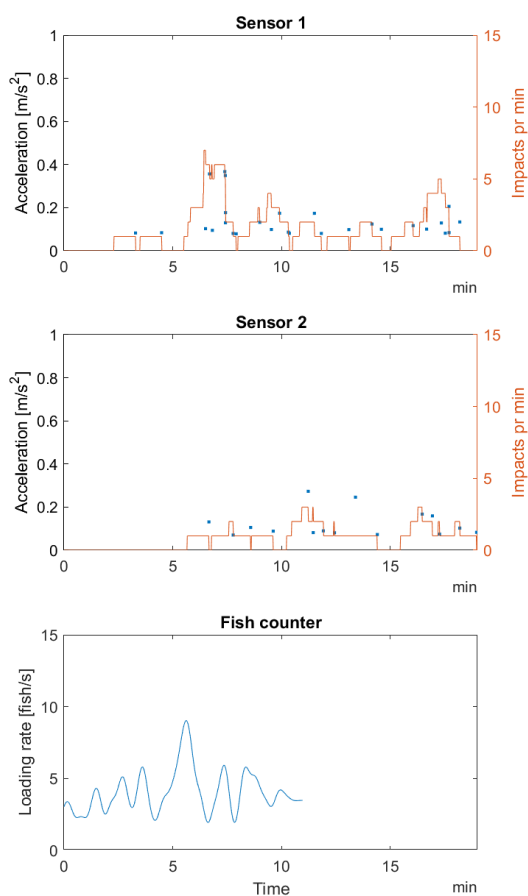
Figur 9 viser et utsnitt av tidsperioden 1-3 min. Figuren viser når støtene er registrert for de to sensorene, og det er tydelig at metoden ikke registrerer de samme støtene (få overlappende registreringer). Dette illustrerer sensitiviteten til metoden og skyldes trolig ulik avstand til støtpunkt (basert på resultater fra håndslag).



Figur 9 – Utsnitt av tidsserie fra Periode 4. Registrerte støt fra de to sensorene overlapper stort sett ikke i tidsmessig, og den usystematiske variasjonen skyldes trolig at de måler ulike støt selv om de er plassert ganske nærme hverandre.

3.4.2 Periode 3 – Begge sensorer plassert ved utløp Thermolicer

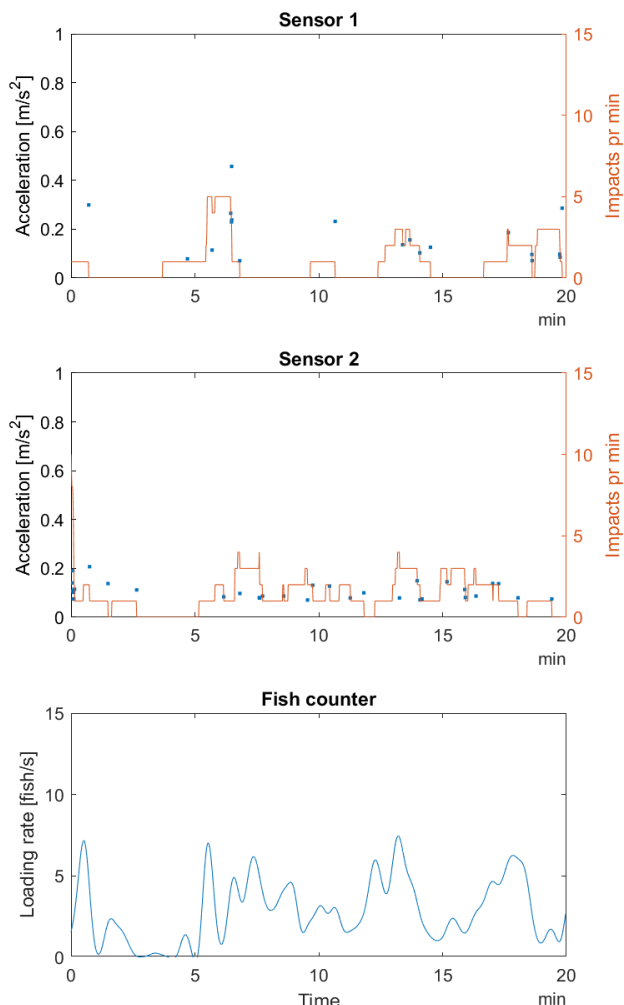
Figur 10 viser registrerte støt for periode P3 hvor begge sensorer er plassert ved utløp av Thermolicer. Sensorplassering kan ses i Figur 2c). Data fra fisketeller var dessverre ikke tilgjengelig i hele perioden. Selv om sensorene er plassert like i nærheten av hverandre (30-40 cm avstand) skiller målingene seg visuelt fra hverandre. Dette gjenspeiler seg også i resultatene i Tabell 2 hvor antall registrerte støt er nesten dobbelt så mange for Sensor 1 som for Sensor 2.



Figur 10 - Periode P3. Begge sensorer plassert ved siden av hverandre på samme linje ved utløp Thermolicer.

3.4.3 Periode 2 – Sensorer plassert ved innløp og utløp Thermolicer.

Figur 11 viser registrerte støt for periode P2 – Sensor 2 ved innløp og Sensor 1 ved utløp av Thermolicer. Sensorplassering kan ses i Figur 2b). Målingene ved utløpet skiller seg fra målingene ved utløpet ved at det måles signifikant ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis) kraftigere slag ved utløp enn ved innløp, med gjennomsnittsmåling 0.18 m/s^2 mot 0.11 m/s^2 . Det registreres nesten dobbelt så mange støt ved innløpet som ved utløpet.

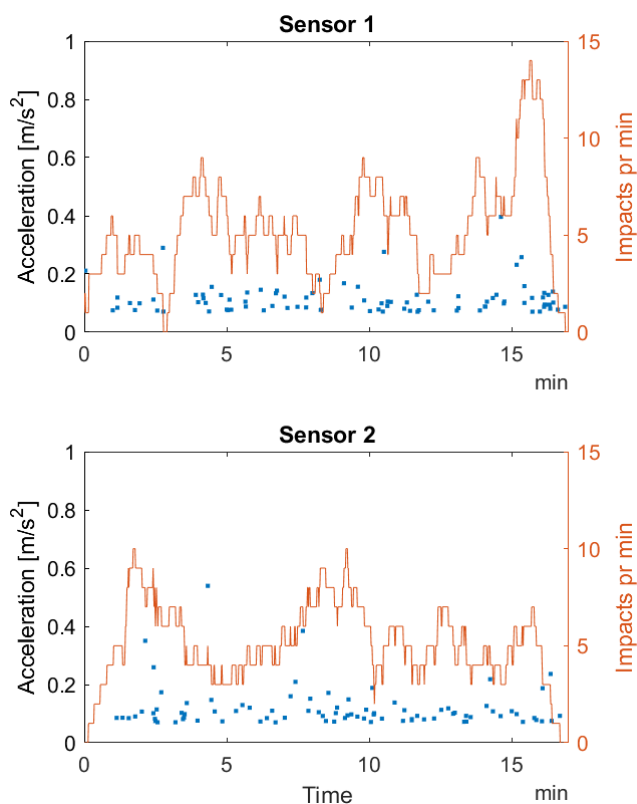


Figur 11 - Periode P2. Sensorer plassert ved innløp (Sensor 2) og utløp (Sensor 1) av Thermolicer.

3.4.4 Periode 1 – Sensorer plassert på to ulike linjer ved innløp Thermolicer.

Figur 12 viser registrerte støt for periode hvor sensorer er plassert på to ulike parallelle avlusingslinjer ved innløp til Thermolicer. Denne dataregistreringen ble gjort på slutten av foregående avlusingsoperasjon og ikke avlusingsoperasjonen som P2, P3 og P4 tilhører. Det ble dessverre ikke gjort opptak av fisketeller ved dette forsøket. Basert på telleresultatene (Figur 7) fra de andre forsøkene er det rimelig å anta at mengde fisk er relativt jevnt fordelt på de to linjene.

Periode P1 skiller seg tydelig fra de andre periodene med en mye høyere støtfrekvens, henholdsvis 5.3 og 5.0 støt/minutt mot de andre periodene som ligger på 0.8-2.5 støt/min. Støtintensiteten skiller seg imidlertid ikke fra de andre periodene.



Figur 12 - Periode P1. Sensorer plassert på to ulike linjer ved innløp av Thermolicer.

4 Diskusjon/Oppsummering

Resultatene fra forsøkene viser at man kan måle kollisjoner mellom fisk og rørvegg innenfor et begrenset område ved å benytte beskrevet metode. Rekkevidden for utstyret benyttet i dette forsøket er usikker, men basert på målinger med håndslag er det mindre enn én meter fra slagpunkt til sensor. Dette bekreftes av målinger av sensorer plassert 30-40 cm unna hverandre med få overlappende registreringer. Basert på dette er det rimelig å anta at vibrasjoner dempes raskt som en funksjon av avstand, og støt langt unna vil registreres som svakere enn støt som oppstår nært.

Forsøkene med to sensorer plassert i nærheten av hverandre viser at antall registrerte støt kan variere mye mellom sensorene. Grunnen til dette er usikker, men dette kan tyde på at visse områder er mer utsatt for støt (sensoren som måler flest støt er nærmest et område det oppstår flest kollisjoner).

Generelt kan det se ut til at det måles flere støt ved innløpet til Thermoliceren enn utløpet. Dette er basert på resultatene i periode P2 der det ble registrert 80% flere støt ved innløp enn ved utløp, og sammenligning mellom periode P4 (begge sensorer på innløp) og P3 (begge sensorer på utløp) som viser ca



dobbelt så mange (100%) slag registrert ved innløp som utløp (både P3 og P4 hadde gjennomsnittlig lik fiskemengde i rørene i perioden). Behandlingstid i Thermolicer er oppgitt til ca 30 sekunder og med gitt sensorplassering er det antatt at en fisk vil passere utløpssensoren 25-30 sekunder etter sensoren ved innløpet. En forklaring på forskjellen i målingene kan være at fisken har kraftigere panikkadferd i det den entrer det temperert behandlingsvannet enn etter at den har vært i vannet i 25-30 sekunder. En annen forklaring kan være mindre vibrasjonsdemping eller mer høyere «sprelle»-aktivitet i delvis vannfylte rør enn i helt vannfylte rør (sensor på innløpet er nærmere vannspeilet enn sensoren på utløpet).

Gjennomsnittlig støtintensitet for begge sensorer i alle perioder er jevnt over ganske lik (0.11-0.14 m/s²) bortsett fra målingene utført av Sensor 1 i periode P2 (utløp). Grunnen til dette er usikker, men tyder på kraftigere støt eller flere støt nærme sensoren (lite demping).

Løpende fisketellerdata lagres ikke i systemet til båten og bare endelig sluttall blir lagret. Løpende fisketellerdata er bare tilgjengelig via skjerm til informasjon for mannskapet. Sammenligner man støtfrekvens på innløp for periode P2 og P4, ser man at det er registrert 16% flere støt/minutt i periode P4 som også har en 73% høyere gjennomsnittlig strømningsrate enn P2. Perioder uten fisk viser ingen støtregistreringer og det er derfor rimelig å anta at fiskemengde i røret påvirker resultatene og derfor en nødvendig parameter å måle for å tolke resultater. Det bør likevel nevnes at fisketellere kan være relativt unøyaktige (< 10%, PRESAL – FHF#901684) og må behandles deretter. Som tidligere beskrevet er det mulig å registrere løpende fisketellerdata ved bruk av kamera og tekstgjenkjenning. For å vurdere effekten av fiskemengde i røret bør det gjennomføres flere forsøk over lengre tidsperioder og med ulik fyllingsgrad.

Periode P1 skiller seg fra de andre periodene ved at den tilhører en annen avlusingsoperasjon. Informasjon om mengde fisk i systemet var dessverre ikke tilgjengelig, og det er derfor vanskelig å si noe om grunnen til høyere støtfrekvens. Intensiteten i støtene fra P1 skiller seg ikke nevneverdig fra de andre periodene.

Siste kolonne i Tabell 2 viser et forholdstall mellom antall støt registrert og antall fisk passert i perioden. På grunn av manglende fisketellerdata var det dessverre ikke mulig å regne ut denne parameteren for to av periodene. Tallene varierer fra ca 0.005-0.011 og kan kanskje si noe om den totale mekaniske belastningen på operasjonen og det bør undersøkes videre om denne størrelsen korrelerer med operasjonelle faktorer som fyllingsgrad, behandlingstemperatur, fiskestørrelse, kondisjon, bruk av sedering.

Tabell 2 – Støtregistreringer per periode

Periode	Varighet [min]	Sensorplassering	Gjennomsnittlig strømningsrate [fisk/sek]	Antall støt		Gjennomsnittlig støtintensitet [m/s ²]		Støtfrekvens [støt/min]		Støt/fisk	
				Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2
P1	17	Ulike linjer. Innløp	-	90	86	0.11	0.12	5.29	5.06	-	-
P2	20	Sensor 2 innløp Sensor 1 utløp	2.85	19	35	0.18	0.11	0.95	1.75	0.0056	0.0102
P3	19	Begge utløp	3.81 ²	28	15	0.14	0.12	1.47	0.79	-	-
P4 ³	34	Begge innløp	3.82	85	69	0.12	0.11	2.5	2.03	0.0109	0.0089

² Gjennomsnittlig strømningsrate er basert på perioden med registrert telling

³ Analyse basert på tidsperioden etter lastepausen.



5 Hovedfunn

- Det er mulig å måle støt mellom fisk og rørvegg ved å montere akselerometre på utsiden av rørvegg.
- Variasjon i målinger mellom sensorer plassert i nærheten av hverandre (30-40 cm) tyder på at oppsettet er sensitivt i forhold til plassering.
- Det ble registrert flere støt ved innløp enn utløp av Thermolicer.

6 Referanser

Gismervik, K., Gåsnes, S.K., Gu, J., Stien, L.H., Madaro, A., Nilsson, J., 2019. Thermal injuries in Atlantic salmon in a pilot laboratory trial. *Vet. Anim. Sci.* 8, 100081.
<https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100081>

Nilsson, J., Moltumyr, L., Madaro, A., Kristiansen, T.S., Gåsnes, S.K., Mejdell, C.M., Gismervik, K., Stien, L.H., 2019. Sudden exposure to warm water causes instant behavioural responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon. *Vet. Anim. Sci.* 8.
<https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100076>