

RAPPORT

GJENFINNING AV TAPTE FISKEGARN



Oppdragsgiver:
Fiskeridirektoratet

Forfattere:
Jarle Spilde
Cato Bjelland
Andrew C. Baker
David Peddie
Eivind O. Dahl

Bergen, Februar 2004

Ref.nr.: CMR-03-A10014

REFERANSESIDE

RAPPORT		<i>Ref. nr.:</i> CMR-03-A10014
<i>Forfatter(e)</i> <i>Jarle Spilde Cato Bjelland Andrew C. Baker David Peddie Eivind O. Dahl</i>		<i>Tilgjengelighet</i> <p style="text-align: center;">ÅPEN</p>
<i>Tittel</i> Gjenfinning av tapte fiskegarn		
<i>Sammendrag</i> Formålet med prosjektet har vært å foreta evaluering av nye teknologiske løsninger for å identifisere og gjenfinne tapte garn. Ulike løsninger har vært vurdert ut i fra tekniske, praktiske og kostnadmessige forhold. Denne tekniske rapporten beskriver de ulike løsningene og er ment å gi grunnlag for sammenlikning og eventuelt valg av best egnede teknologiske løsning.		
<i>Oppdragsgiver</i>	Fiskeridirektoratet	<i>Oppdragsgivers ref.</i> Gjermund Langedal
<i>Prosjekt</i>	Gjenfinning av tapte garn	
<i>CMR-Prosjektnr.</i>	10340	
<i>CMR-avdeling</i>	Industriell instrumentering	
<i>Avdelingsleder</i>	Cato Bjelland	
<i>Programleder</i>	Eivind O. Dahl	
<i>Prosjektleder</i>	Jarle Spilde <i>Sign.</i>
<i>Godkjent</i> <i>Avdelingsleder sign.</i>	
<i>Indekseringstermer</i>		
<i>Norsk</i>		<i>Engelsk</i>
Spøkelsesfiske		Ghost fishing
Gjenfinning av tapte fiskegarn		Retrieval of lost fishing nets
Fisk		Fish
<i>Antall sider</i>	<i>Prisgruppe</i>	<i>Dato:</i>
29		2. Februar, 2004

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	1
2	OVERORDNET VURDERING AV MULIGE LØSNINGER	2
2.1	OVERSIKT OVER LØSNINGER.....	2
2.2	POSISJONERING/OVERVÅKNING AV BØYE I VANNOVERFLATEN.....	4
2.3	RETRIEVE-ENHET.....	4
2.4	GJENFINNINGSMULIGHETER FOR BØYE	5
2.4.1	<i>Bruk av refleks på bøye.....</i>	<i>5</i>
2.4.2	<i>Bruk av lys på bøye.....</i>	<i>5</i>
2.4.3	<i>Radarreflektor.....</i>	<i>5</i>
2.4.4	<i>Radartransponder.....</i>	<i>5</i>
2.4.5	<i>GPS og radio-/satellittkommunikasjon.....</i>	<i>6</i>
2.5	AKUSTISK POSISJONERING	6
2.5.1	<i>Pinger og ekkolodd.....</i>	<i>6</i>
2.5.2	<i>Akustisk transponder og ekkolodd.....</i>	<i>7</i>
2.5.3	<i>Akustisk transponder og spesialutviklet gjenfinningsenhet.....</i>	<i>7</i>
2.5.4	<i>Akustisk pinger/transponder og tauing av hydrofoner.....</i>	<i>8</i>
2.6	OPPSUMMERING.....	9
3	HOVEDLØSNING - AKUSTISK POSISJONERING	10
3.1	BAKGRUNN/ TEORI	10
3.1.1	<i>Undervannsakustikk.....</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Ekkolodd.....</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Triangulering.....</i>	<i>15</i>
3.1.4	<i>Posisjonering ved tauing av hydrofon array.....</i>	<i>18</i>
3.2	EKSISTERENDE AKUSTISKE GJENFINNINGSSYSTEMER	19
3.2.1	<i>Pingere og pingergjenfinnere.....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Transpondere og transpondergjenfinnere.....</i>	<i>21</i>
3.2.3	<i>Gearfinder 700.....</i>	<i>22</i>
3.2.4	<i>Oppsummering.....</i>	<i>23</i>
3.3	FORSLAG TIL UTVIKLING AV NY TRANSPONDER/GJENFINNINGSLØSNINGER	24
3.3.1	<i>Akustisk transponder.....</i>	<i>24</i>
3.3.2	<i>Gjenfinningssystem basert på tauing av hydrofon array.....</i>	<i>26</i>
4	KONKLUSJON	28
5	REFERANSER.....	29

Forsidebilde gjengitt med tillatelse fra Fiskeridirektoratet.

ORDLISTE

Akustisk pinger	Undervannsenhet som sender ut et kort akustisk signal med jevne mellomrom, f.eks. en gang i sekundet.
Akustisk transponder	Undervannsenhet som sender ut et akustisk svarsignal når den mottar et akustisk triggesignal fra en sender (kan være f.eks. et ekkolodd).
Radarreflektor	Innretning som reflekterer et radarsignal. Det reflekterte signalet er synlig på radarskjermen.
Radartransponder	Enhet som sender ut et svarsignal når den mottar signal fra en radar. Svarsignalet er synlig på radarskjermen som en serie med punkter og/eller streker.
Retrieve-enhet	Et flyteelement som er festet til garnlenken og flyter opp til vannoverflaten når et gitt kriterium er oppfylt. Mellom flytelementet og garnlenken er det en line (retrieve-line) som kan benyttes til opphaling av garnet eller guiding av henteredskap.
GPS	Global Position System.
GTR	Galvanic Time Release.
Triangulering	Estimering av posisjonen til en akustisk transponder ved å utføre tre avstandsmålinger fra tre forskjellige posisjoner som spenner ut en trekant.
Transduser	Et akustisk sender-/mottakerelement som omformer et akustisk signal til et elektronisk signal og omvendt.
Hydrofon	En akustisk undervannsmottaker som omformer et akustisk signal til et elektronisk signal. Den kan i de fleste tilfeller også benyttes som en sender.

1 INNLEDNING

CMR ble 30. oktober 2002 invitert til idédugnad og prosjektinnspill for å redusere tap av garn og påfølgende ”ghost fishing”, og har senere deltatt med innspill og i møter for å diskutere problemstillingen.

I denne prosessen er det kommet frem en rekke forslag til løsninger på problemet, både med utgangspunkt i materialteknologi og i ulike måletekniske/instrumenteringsløsninger.

Det har i denne prosessen vist seg å være behov for en mer grundig og systematisk gjennomgang av de ulike teknologisk baserte alternativene. En slik systematisk gjennomgang, som presenteres i denne rapporten, vil kunne gi oversikt og danne grunnlag for sammenlikning og identifisering av best egnede tiltak for å redusere problemet knyttet til tap av garn. For at et tiltak skal ha den ønskede virkning, er det avgjørende at tekniske og praktiske hensyn er godt ivaretatt. Det er også avgjørende at kostnadene forbundet med bruk og drifting av tiltakene må stå i forhold til fiskernes normale inntjening/driftskostnader (og for så vidt alvorlighetsgraden av ”ghost fishing” problemet). Ettersom kostnadsfaktoren vil være svært viktig i vurderingen av aktuelle løsninger, legges det derfor vekt på å få laget kostnadsoverslag for de ulike løsningene.

Løsninger som har vært mest diskutert i prosessen hittil har i stor grad vært løsninger basert på ulike anvendelser av akustikk og ulike ”retriever” løsninger med varierende grad av instrumentering, fra det ”enkleste” hvor en enkel bøye kommer til overflaten til systemer med GPS og satellittforbindelse. Ulike løsninger med selvdestruksjon har også vært diskutert. I prosjektet har man forsøkt å orientere seg så godt som mulig om løsninger som har vært utprøvd tidligere, og de erfaringer som er gjort i så måte, for ikke unødig å bruke ressurser på løsninger som tidligere har vist seg å være ubrukelige.

2 OVERORDNET VURDERING AV MULIGE LØSNINGER

I dette kapitlet gies en kortfattet gjennomgang av eksisterende og nye mulige løsninger med overordnet vurdering av egnetheten til den enkelte løsning. På bakgrunn av denne gjennomgangen valgte vi i samarbeid med Fiskeridirektoratet en hovedløsning som ble utredet nærmere (se kap. 3).

2.1 Oversikt over løsninger

Tabell 2.1 på neste side viser en oversikt over mulige løsninger for gjenfinning av tapte fiskegarn.

Tabell 2.1 Oversikt over mulige gjenfinningsløsninger for garn.

Stadium	Hovedløsninger	Varianter	Kostnad	Fordele	Ulemper
Primærbøye ikke tapt, eller reservebøye er utløst	Gjenfinning av bøye	Bøye / GPS posisjon registreres av fiskeren selv / Visuell gjenfinning av bøyen (evt. med lys)	Lav		- Kort rekkevidde (0,1 naut. mil) - Kortere rekkevidde ved dårlig vær, tåke, etc.
		Gjenfinning vha. radarreflektor på bøyen	Lav	- Rekkevidde 1 nautisk mil - Varsler annen trafikk - Benytter båten eksisterende radar - Passiv enhet	- Rekkevidde reduseres ved høye bølger
		Gjenfinning vha. radartransponder	Law/middels	- Rekkevidde 5-10 naut. mil - Varsler annen trafikk - Benytter båten eksisterende radar	- Rekkevidde reduseres ved høye bølger
		Bøye med GPS og satellitt/VHF komm. for å signalisere "ok" eller "jeg mistet kontakt med garnet"	Høy	- Bøyen gir selv beskjed om sin posisjon - Kontinuerlig overvåkning	- Må ha abb. på satellitt-komm. - Høyt strømforbruk
Primærbøye er tapt	Retrieve enhet	Ny bøye utløses med GTR - gjenfinningsmuligheter som beskrevet over. - med line som garnet kan trekkes etter - med line for guiding av henteredskap	10kr pr garn pr setting for utløser + kostnad for valgt gjenfinningsløsning	- GTR er en passiv løsning (ikke avhengig av at batterier, elektronikk eller mekanikk fungerer) - Tidsnedteiling starter automatisk ved nedsenking i sjø vann - Utløses i det noe går galt - Utløses på ønsket tidspunkt	- "Bruk og kast" løsning. Må hele tiden erstatte GTR-enheterne - Innpakking av line etter utløsning - Ikke passiv - Innpakking av line etter utløsning - Som over - Som over - Må ha akustisk sender i båten
		Utløses elektronisk (som funksjon av tid eller ved tap av kontakt med primærbøye) Utløses ved en gitt dybde Akustisk utløsning fra fartøyet	Middels Middels Middels		
		Akustisk posisjonering	Law	- Benytter båten eksisterende ekkolodd	- Kort rekkevidde
		- Akustisk ping-enhet eller transponder festet til garnlenken	Law	Som over - Kan lagres med ping-funksjon i tillegg	- Kort rekkevidde
		Akustisk transponder og enkel håndholdt sender/mottaker enhet som viser avstanden	Law/middels	- Bedre rekkevidde enn ekkolodd - Kan også brukes sammen med ekkolodd	
		Akustisk transponder og spesial sender/mottaker enhet i fartøyet tilkoblet båten eksisterende GPS. Posisjon finnes ved triangulering.	Middels	Som over	- Akustisk sender/mottaker må monteres på båten skrog
		Akustisk transponder med instrumentering (dybdemåler, temp. måler, strømmingsmåler, etc.) og spesial sender/mottaker enhet i fartøyet (som over)	Høy	Som over	Som over
		Akustisk transponder og gjenfinningssystem basert på tauting av hydrofoner	Middels	- Bedre nøyaktighet enn ved triangulering - Mer robust enn triangulering - Større rekkevidde enn triangulering	- Må legge overføringsprotokoll for Måledata

2.2 Posisjonering/overvåking av bøye i vannoverflaten

Bøyen som i dag festes med ilettau til garnlenken tenkes erstattet med en bøye med instrumentering som kan overvåke garnets tilstand. Ved å utstyre bøyen med satellitt/VHF-sender kan det automatisk meldes fra til eier eller til et sentralt overvåkningssystem dersom kontakten med garnet tapes. I tillegg kan bøyen utstyres med GPS slik at det kan varsles om aktuell posisjon dersom bøye og garn driver vekk fra den opprinnelige utsetningsposisjonen. I det sistnevnte stadium, ”primærbøye ikke tapt” (ref. Tabell 2.1), er det flere mulige gjenfinningsmetoder. Disse er gjennomgått i avsnitt 2.4.

2.3 Retrieve-enhet

En retrieve-enhet er et flyteelement som er festet til garnlenken og utløses og flyter opp til overflaten når et bestemt kriterium er oppfylt. Utløskriteriet kan f.eks. være tid fra garnet ble satt ut og kan realiseres ved bruk av en galvanisk tidsutløser (Galvanic Time Release, GTR). Fordelene med GTR er lav pris og at det er en passiv utløsningsmekanisme som ikke er avhengig av fungerende batterier og elektronikk. En ulempe er at det kan oppleves som mye ekstraarbeid for fiskerne å til stadighet måtte erstatte brukte GTR med nye. Dette kan bidra til at enheten ikke blir brukt. Et annet alternativ er å lage en elektronisk styrt utløsningsmekanisme der tidsnedtellingen starter automatisk når enheten senkes ned i sjøvannet. Et slikt system vil være mye enklere i bruk. Et annet mulig utløskriterium kan være dybde, slik at enheten utløses dersom garnet synker til et større dyp enn ønsket. Automatisk utløsning i det kontakten med primærbøyen tapes er et annet alternativ. Enheten kan også utstyres med en akustisk utløser slik at den kan utløses på ønsket tidspunkt ved at man sender ut et akustisk signal fra båten. Enheten tenkes utstyrt med en ”retrieve-line” som enten er sterk nok til å hale garnet etter, eller den kan fungere som en guide til å føre ned et redskap for å hente opp garnet. En ulempe med retrieve-enheten er at det kan være en del arbeid å pakke inn linen igjen etter at den har vært utløst. For å gjenfinne den utløste retrieve-bøyen kan det benyttes forskjellige grader av instrumentering. En del forslag blir gjennomgått i neste avsnitt.

2.4 Gjenfinningsmuligheter for bøye

Det er flere gjenfinningsmuligheter for en overflatebøye eller en utløst retrieve-bøye og i de påfølgende avsnittene gjennomgås aktuelle metoder som kan brukes enkeltvis eller i kombinasjon.

2.4.1 Bruk av refleks på bøye

Ved gjenfinning av bøye etter mørkets frembrudd er refleks på bøyen den mest brukte metoden. Når fartøyets lyskaster sveipes rundt på søk, vil refleksen fra bøyen synes lenge før en klarer å identifisere selve bøyen. Det reflekterte lyset vil være synlig i en avstand på opptil 0,1 nautiske mil. Rekkevidden vil imidlertid kunne reduseres som følge av regn-/snøbyger eller tåke.

2.4.2 Bruk av lys på bøye

Bøyen kan utstyres med blinkende lys for å gjøre visuell gjenfinning i mørket lettere. Rekkevidden blir den samme som ved bruk av refleks på bøye dvs. opptil 0,1 nautiske mil avhengig av vær- og lysforhold.

2.4.3 Radarreflektor

En annen billig gjenfinningsmetode er å utstyre bøyen med radarreflektor. Den vil da kunne oppdages på båtens radar i en avstand på ca. 1 nautisk mil. Denne avstanden vil imidlertid reduseres jo mer urolig sjøen er. Bølger som er høye i forhold til bøyens størrelse vil reflektere radarsignalet og gjøre det vanskelig å observere bøyen på radaren.

2.4.4 Radartransponder

En mer avansert metode er å utstyre bøyen med en radartransponder som umiddelbart sender ut et responssignal når den mottar et radarsignal i 9 GHz-båndet. Radartranspondere brukes i dag ombord på livbåter og redningsflåter. Disse kalles Search and Rescue Radar Transponder (SART) og sender ut et responssignal som er lett gjenkjennelig på radarskjermen som en linje bestående av 12 punkter som indikerer posisjon og retning (se Figur 2.1). Rekkevidden til en radartransponder er ca. 5-10 nautiske mil, men også her vil bølger som er høye i forhold til bøyens størrelse gjøre det vanskelig å observere bøyen på radaren. Dersom en radartransponder skal brukes til å finne igjen en bøye, er det veldig viktig at responssignalet ikke kan forveksles med responssignalet fra en SART.



Figur 2.1: Radarsignal fra en SART (Search and Rescue Radar Transponder). Responssignalet sees som en linje bestående av 12 punkter.

2.4.5 GPS og radio-/satellittkommunikasjon

Den mest avanserte instrumenteringen for å finne posisjonen til en bøye vil være å bygge inn en GPS-mottaker og satellitt-/VHF-sender. Bøyen kan da sende den nøyaktige posisjonen via satellitt eller VHF til fartøy/myndigheter. Den kan også signalisere status, dvs. om alt er i orden eller om garnet er tapt. Fordelen med et slikt system er at man ikke trenger å lete etter bøyen fordi den selv gir beskjed om hvor den er. Dette vil imidlertid være en ganske kostbar løsning.

2.5 Akustisk posisjonering

2.5.1 Pinger og ekkolodd

En pinger er en liten akustisk sender som sender ut et kort akustisk signal med jevne mellomrom, f.eks. hvert sekund. Dersom man fester en slik enhet på garnlenken, vil man kunne se det utsendte signalet på skjermen til båtens ekkolodd. Dette forutsetter at signalet som pingeren sender ut har samme frekvens som ekkoloddet benytter. I tillegg må den utsendte pulsen ha lang nok varighet til at den blir synlig på ekkoloddets skjerm. En av ulempene ved bruk av pinger er kort batterilevetid siden pingeren sender ut pulser hele tiden. En annen ulempe er at gjenfinningen kan være vanskelig fordi båten må være nesten rett over for at ekkoloddet skal fange opp signalet. Dette gjelder dersom strålevinkelen til ekkoloddet er liten. Dersom strålevinkelen er stor, vil rekkevidden bli bedre men til gjengjeld blir det vanskeligere å avgjøre den nøyaktige posisjonen. Pingerer er å få kjøpt som hyllevarer og produseres blant annet av det amerikanske selskapet Benthos [7]. De selger også eget gjenfinningsutstyr for pingerer.

2.5.2 Akustisk transponder og ekkolodd

En akustisk transponder kan både sende og motta akustiske pulser. Når den mottar en puls med en bestemt frekvens sender den umiddelbart ut et svarsignal. Batterilevetiden blir på denne måten god fordi den bare sender pulser når det er nødvendig. Ved å feste en transponder på garnlenken, kan garnet finnes igjen ved bruk av båtens ekkolodd dersom ekkoloddet og transponderen opererer på samme frekvens. Signalet fra ekkoloddet trigger transponderen og det utsendte responssignalet fra transponderen kan sees på ekkoloddets skjerm. Dersom ekkoloddet har en smal stråle, vil det være vanskelig å finne igjen transponderen fordi båten må befinne seg nesten rett over transponderen. Dersom strålen er bred, vil rekkevidden bli god men det vil være vanskelig å avgjøre transponderens nøyaktige posisjon.

Akustiske transpondere er å få kjøpt som hyllevare og produseres blant annet av Benthos [7]. Samme firma lager også eget gjenfinningsutstyr for transpondere. Det eksisterer også en transponder kalt Netfinder som er utviklet etter spesifikasjon fra Havforskningsinstituttet [1]. Denne er laget for å kunne lokaliseres ved hjelp av ekkolodd. Det er lagt inn en liten tidsforsinkelse fra transponderen mottar signal fra ekkoloddet til den sender svar tilbake. På denne måten vil signalet være synlig under bunnsignalet på ekkoloddets skjerm. Frekvensen som ble benyttet var 38 kHz. Under tester har det vært oppnådd en rekkevidde på 600-900 meter avhengig av topografiske forhold og dypet. Den var testet ned til ca. 500 meters dyp. Foreløpig er den bare en prototyp.

2.5.3 Akustisk transponder og spesialutviklet gjenfinningsenhet

Hvis man i tillegg til å utstyre garnlenken med en akustisk transponder, utstyres båten med akustisk sender- og mottakerutstyr vil det være mulig å lokalisere garnet relativt nøyaktig. En slik gjenfinningsenhet kan enten lages som et fastmontert system ombord i båten eller som en håndholdt enhet. Den bør ha sfærisk utsending og mottaking av signal slik at båten ikke trenger å være rett over transponderen for at det skal oppnåes kontakt med den. Gjenfinningsenheten måler hvor lang tid det går fra det sendes ut et signal til det mottas et responssignal fra transponderen på fiskegarnet, og på bakgrunn av dette kan avstanden beregnes. Gjenfinning av transponderen kan da skje ved at fiskerne prøver å manøvrere båten i en retning som gjør at avstanden til transponderen minker og på den måten prøve å sirkle inn posisjonen. Når avstanden er lik dybden som vises på ekkoloddet er transponderen funnet.

Dette vil imidlertid være en upraktisk løsning. En bedre løsning vil være å utstyre gjenfinningsenheten med en GPS eller koble den til båtens eksisterende GPS. Posisjonen hvor avstandsmålingene utføres kan da registreres av

gjenfinningsenheten, og ved å foreta avstandsmålinger fra minst tre forskjellige posisjoner kan den estimere garnets posisjon ved hjelp av triangulering.

Det vil også være mulig å utstyre transponderen på garnlenken med dybde-, temperatur- og/eller strømningsmåler. Måledataene kan da sendes opp til fartøyet sammen med det vanlige responssignalet. Dybde, temperatur og strømning er opplysninger som er av interesse for fiskerne og kan bidra til å effektivisere fisket. Dersom fiskerne kan ha nytte av utstyret i den daglige driften vil dette bidra til at utstyret faktisk brukes og betalingsvilligheten for utstyret vil være større. Systemet vil bli kunne bli en god del dyrere dersom det utstyres med en eller flere av de ovennevnte måleinstrumenter.

Det eksisterer allerede et lignende system til det som er beskrevet over. Dette kalles Gearfinder 700 og består av en kommandoenhet ombord i båten, en hydrofon tilknyttet kommandoenheten og en distansesensor (transponder) som festes på garnlenken. Garnet lokaliseres ved bruk av triangulering. Systemet har vært vurdert brukt i Norge men er funnet å være for dyrt [2].

2.5.4 Akustisk pinger/transponder og tauing av hydrofoner

En pinger eller transponder kan gjenfinnes ved å taue en armert kabel med et antall hydrofoner påmontert og sammenligne tidsforskjellen til signalene som mottas av de forskjellige hydrofonene. Ved å finne to posisjoner der kabelen står på tvers av en tenkt linje fra pinger/transponder til kabelens midtpunkt, kan pingerens/transponderens posisjon estimeres. Ved å utstyre elektronikkenheten ombord i båten med GPS kan transponderens posisjon estimeres automatisk.

2.6 Oppsummering

I et møte mellom Fiskeridirektoratet og CMR ble de tre hovedløsningene diskutert for å avgjøre hvilke løsninger det skulle arbeides videre med. De tre hovedløsningene ble vurdert slik:

Hovedløsning 1: Gjenfinning av bøye i vannoverflaten

Denne løsningen er ikke til stor hjelp når kontakten med garnet er tapt. Det er først når kontakt mellom bøye og garn er brutt at vi har et reelt gjenfinningsproblem. Mulighet for overvåkning av alle bruk som er satt ut er interessant men uaktuelt pga. høy pris, og vil dessuten være svært ressurskrevende.

Hovedløsning 2: Retrieve-enhet

Etter en gjennomgang av fordeler og ulemper med en retrieve-løsning, ble det avgjort at vi ikke skal gå videre med denne løsningen fordi det er mange usikkerhetsmomenter knyttet til den. Hva er sannsynligheten for at bøyen vil komme til overflaten når den er utløst? Den kan bli liggende under garnet eller det kan oppstå floke i den lange linen. Når bøyen er kommet til overflaten, skal den finnes igjen. Siden bøyen naturlig nok må være liten, blir den vanskeligere å finne enn en overflatebøye. Systemet vil være upraktisk i bruk da opptil 800 meter line må tvinnes inn igjen dersom bøyen er blitt utløst. Hvis det tar lang tid å tvinne inn linen, er det sannsynlig at fiskerne ikke vil bruke systemet fordi de i utgangspunktet har stort tidspress. Det finnes et slikt system som heter Lost Pot Retriever (LPR) [5], men dette er ikke tatt i bruk på garnbruk etter det vi kjenner til.

Hovedløsning 3: Akustisk posisjonering

Løsningene innenfor denne hovedkategorien ble sett på som de potensielt mest praktiske og brukervennlige. Det ble derfor besluttet at de mest aktuelle akustiske løsningsalternativene skulle utredes i nærmere detalj med en gjennomgang av eksisterende tilgjengelige teknologier med utviklingsmuligheter innenfor dette området.

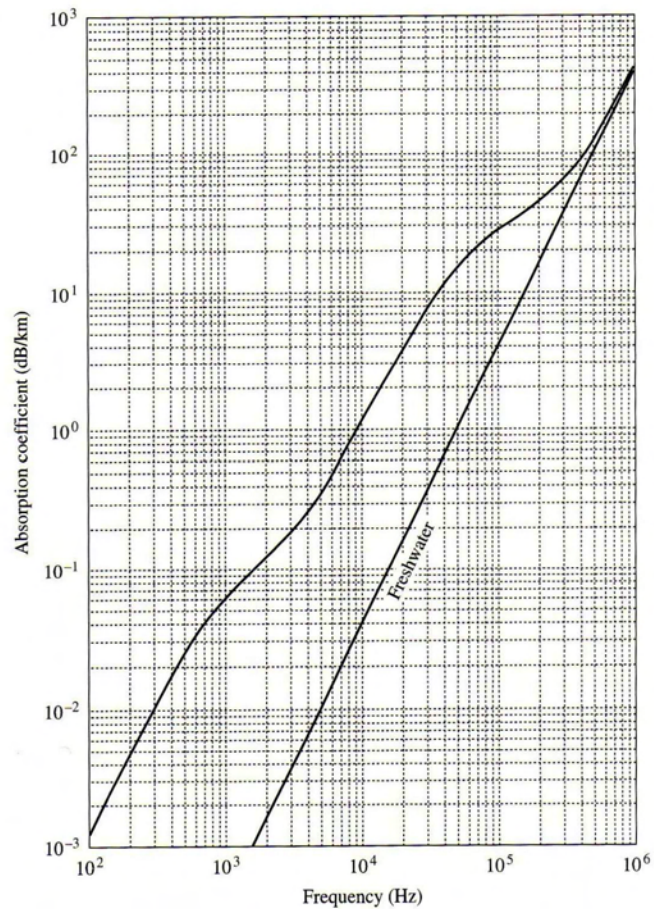
3 HOVEDLØSNING - AKUSTISK POSISJONERING

3.1 Bakgrunn / Teori

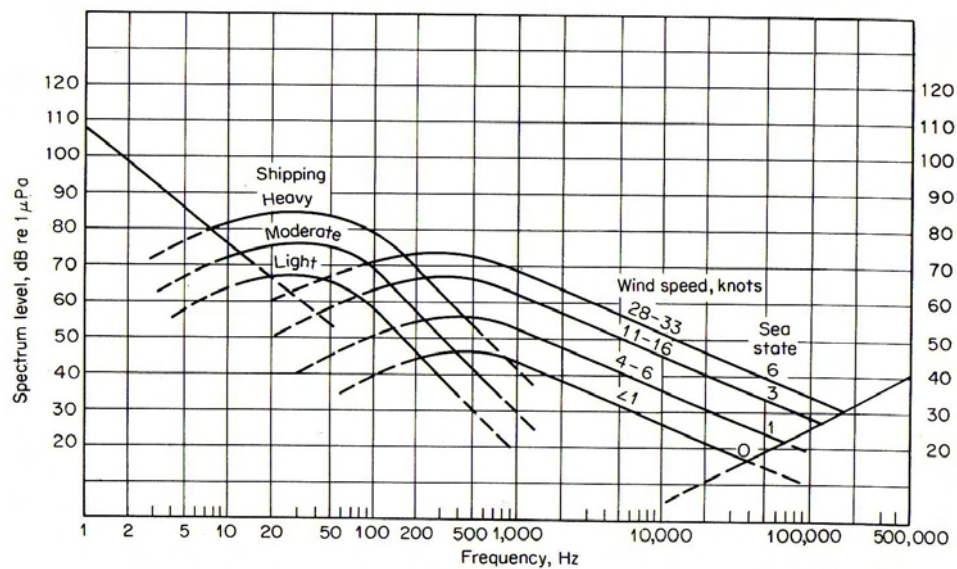
I dette kapittelet gjennomgås en del akustisk teori som danner grunnlag for videre vurderinger av akustiske gjenfinningssystemer. Det blir også sett på egenskapene til et typisk ekkolodd i forhold til det å gjenfinne en transponder eller pinger. Prinsippet for triangulering blir gjennomgått og det blir utført en analyse for å estimere usikkerheten i posisjoneringen. Til slutt gjennomgås prinsippet for posisjonering vha hydrofon array.

3.1.1 Undervannsakustikk

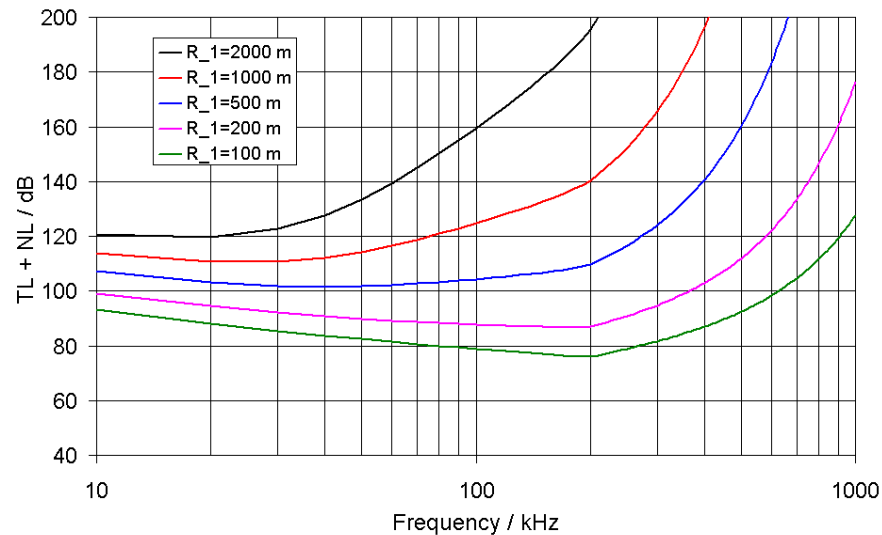
Valg av frekvens er et viktig moment når det skal kommuniseres over relativt store avstander ved bruk av lyd. Frekvensen bør velges i det område som gir minst mulig tap slik at man kan få et best mulig forhold mellom rekkevidde og energiforbruk. Intensiteten til et utsendt akustisk signal vil avta etter hvert som signalet forplanter seg utover. Dette transmisjonstapet har to årsaker. Den første er absorpsjon av lydenergi i vannet. Energien som absorberes omsettes til varme i vannet. Figur 3.1 viser sammenhengen mellom absorpsjon og frekvens for ferskvann og sjøvann. Vi ser av figuren at absorpsjonen øker med frekvensen. Den andre årsaken til transmisjonstap er spredning. Lydbølgene fra en punktkilde har sfærisk spredning og dermed vil lydintensiteten være omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden til kilden. Man tenke seg dette som en voksende kule der energien fordeles over et stadig større areal. Spredningstapet alene tilsvarer 6 dB reduksjon i lydintensiteten for hver dobling av avstanden fra lydkilden. I tillegg til transmisjonstapet må man ta hensyn til bakgrunnstøyen. Figur 3.2 viser et gjennomsnittlig frekvensspekter for bakgrunnstøy. Figur 3.3 viser summen av transmisjonstap og bakgrunnstøy ved forskjellige avstander fra lydkilden. Tapene som er plottet i figuren er egenskaper ved havet og er uavhengig av hvilken mottaker-transduser som benyttes. Figuren viser at det er den lave delen av frekvensområdet som er aktuelt for kommunikasjon over lange avstander. En ulempe med å gå langt ned i frekvens er dårligere oppløsning ved måling av lydets gangtid. Usikkerhetsbidraget blir omtrent lik bølgelengden. Dersom det skal overføres data, vil maksimal datarate bli lavere når frekvensen senkes. For å avgjøre hvor høy effekt man må sende med for å oppnå en ønsket rekkevidde, må man i tillegg til transmisjonstap og bakgrunnstøy, kjenne direktiviteten og nødvendig signal/støy-forhold for den aktuelle mottaker-transduseren. Den utsendte effekten det her er snakk om er den akustiske effekten. Effekten som trekkes fra batteriet vil være større på grunn av transduserelementets virkningsgrad. Virkningsgraden kan være fra 0,5% til 50% avhengig av hvilket element som benyttes.



Figur 3.1: Lydabsorpsjon som funksjon av frekvens ved temperatur $T = 5^{\circ}\text{C}$ og dybde $Z = 0$ km i ferskvann og sjøvann ($pH = 8$, $S = 35$ ppt) [3].



Figur 3.2: Gjennomsnittlig frekvensspekter for bakgrunnstøy [4].



Figur 3.3: Summen av transmisjonstap og bakgrunnsstøy ved forskjellige avstander fra lydkilden.

Lydhastigheten er et annet viktig moment når man skal utføre avstandsmålinger ved hjelp av lyd. Figur 3.4 viser lydhastigheten som funksjon av temperatur og dybde i sjøvann med en salinitet på 35 ppt. Lydhastigheten øker når temperaturen eller dybden/trykket øker. Ved beregning av avstanden til en transponder må vi bruke en midlere verdi for hastigheten eller kjenne den aktuelle hastighetsprofilen i sjøen. Usikkerheten i hastigheten vil bidra til økt usikkerhet i den beregnede avstanden. Tabell 3.1 viser lydhastigheten for det som antas å være ytterpunktene for temperatur og dybde.

Tabell 3.1 Lydhastighet ved de antatte ytterpunktene for temperatur og dybde.

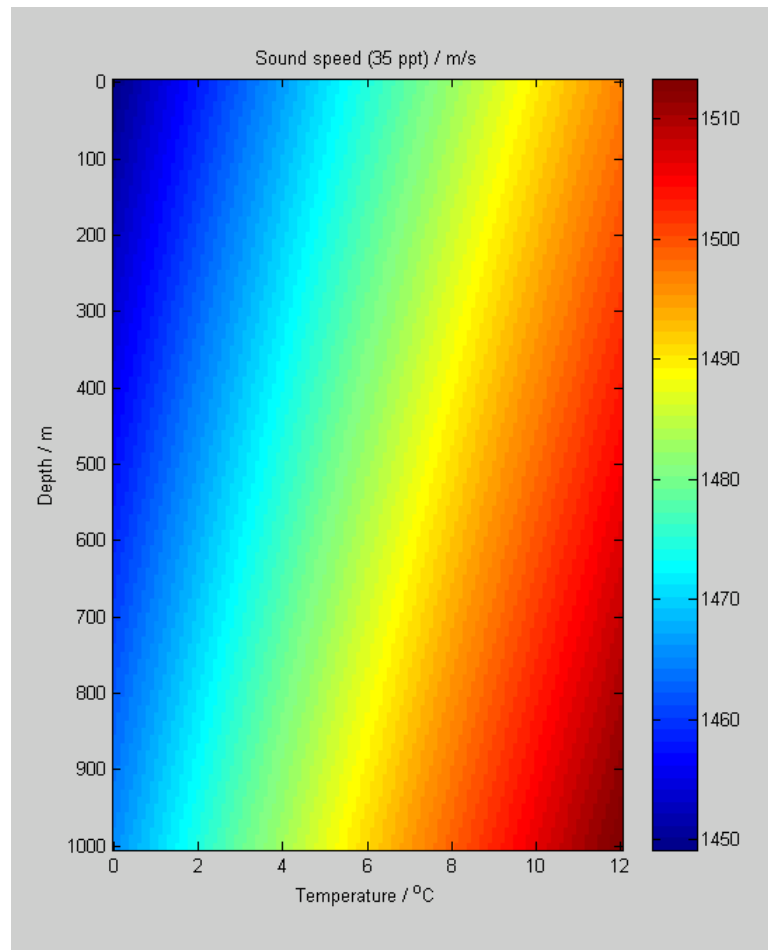
Salinitet [ppt]	Temperatur [°C]	Dybde [m]	Lydhastighet [m/s]
35	10	0	1489,8
35	0	1000	1465,5
Gjennomsnitt			1477,7
Endring			24,3

Dersom vi antar at de to hastighetene i tabellen over representerer ytterpunktene for lydhastighetens størrelse, kan vi beregne en midlere hastighet med en usikkerhet på ett standardavvik:

$$v = (1477,7 \pm \frac{24,3}{2\sqrt{3}}) \text{ m/s} = (1477,7 \pm 7,0) \text{ m/s}$$

Den relative usikkerheten blir 0,47 %. Denne usikkerheten gjelder bare dersom lydbølgene går vertikalt i vannet. Usikkerheten vil være større for lydbølger som ikke

går vertikalt grunnet avbøyning som følge av trykkendring og sjikt i vannet med forskjellig temperatur.



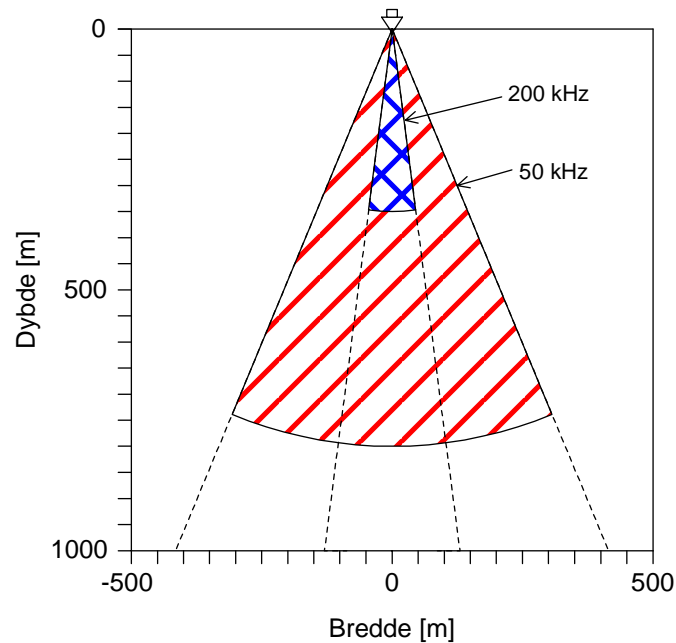
Figur 3.4: Lydhastigheten som funksjon av temperatur og dybde i sjøvann med salinitet på 35 ppt.

3.1.2 Ekkolodd

Mange ekkolodd kan operere på to forskjellige frekvenser, en lav og en høy. Den lave frekvensen er vanligvis 38 eller 50 kHz, men andre frekvenser forekommer også. Den høye frekvensen er vanligvis valgt til 200 kHz. Når frekvensen senkes, blir den utsendte strålen bredere i tillegg til at rekkevidden blir lengre. Lave frekvenser er derfor nyttig til å bedømme bunnforholdene. Høye frekvenser gir en smalere stråle og dermed blir oppløsningen bedre. Dette er nyttig til observasjon av fiskestimer. Høy frekvens gir imidlertid kortere rekkevidde. Tabell 3.2 viser tekniske data for et ekkolodd fra Simrad som kan operere på 50 og 200 kHz. Figur 3.5 viser en skisse av strålens utbredelse for de to frekvensene. Det vil i praksis kunne forekomme sideløber i tillegg til hovedstrålen. På grunn av strålens spredning vil oppløsningen bli dårligere desto dypere det er.

Tabell 3.2 Tekniske data for Simrad EQ/CE33 ekkolodd [6].

Frekvens	Stråle	Effekt (RMS)	Dybde
50 kHz	45°	600 Watt	800 m
200 kHz	15°	600 Watt	350 m



Figur 3.5: Skisse av dekningsområde for Simrad EQ/CE33 ekkolodd ved 50 og 200 kHz.

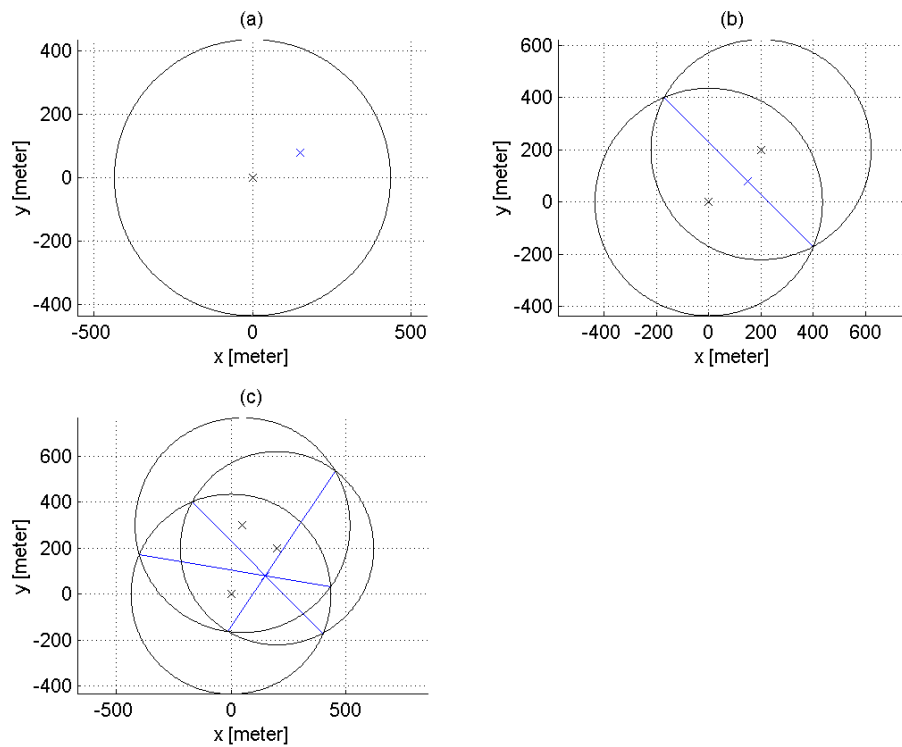
Dersom ekkolodd skal brukes i kombinasjon med en pinger eller transponder, er det de lave frekvensene som er mest aktuelle fordi rekkevidden da blir størst i forhold til utsendt effekt. En pinger eller transponder som skal sende et akustisk signal opp til ekkoloddet trenger ikke å sende med like høy effekt som ekkoloddet. Dette skyldes at signalet bare skal gå en vei. Ekkoloddet sender med forholdsvis høy effekt fordi signalet skal gå både frem og tilbake, og dermed blir overføringstapet dobbelt. I tillegg vil en del av lydenergien absorberes på havbunnen. Bunnforholdene kan også føre til at deler av lydsignalet ikke reflekteres i retning av ekkoloddets transduser.

Bruk av ekkolodd til leting etter et garn utstyrt med en akustisk transponder (eller pinger) vil arte seg forskjellig avhengig av om garnet ligger på dypt eller grunt vann. På grunt vann vil man først få signal på ekkoloddet når båten er nesten rett over transponderen. Dette vil medføre mye leting men når man først får signal vet man posisjonen relativt nøyaktig. Dersom garnet ligger på dypt vann, vil ekkoloddet dekke et mye større areal på havbunnen på grunn av strålens spredning. Man vil dermed motta signal fra transponderen selv om båten ikke er rett over. Dette innebærer mindre leting før man detekterer signal fra transponderen, men samtidig blir posisjonen mindre nøyaktig siden man ikke vet hvor i ekkoloddets dekningsområde transponderen befinner seg.

Den største ulempen med å basere seg på bruk av ekkolodd er at transponderen eller pingeren kun vil være synlig på ekkolodd som opererer på samme frekvens.

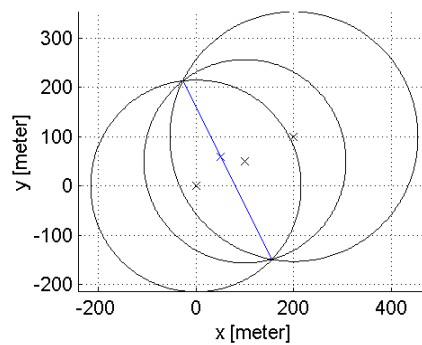
3.1.3 Triangulering

Avstanden til en akustisk transponder kan beregnes ved å måle tidsforsinkelsen fra man sender ut et signal til man mottar responssignalet fra transponderen. Dersom man antar at transduseren i gjenfinningsenheten har sfærisk utstråling og mottaking, kan man ikke si noe om retningen. Det vil si at transponderens posisjon kan være hvor som helst på overflaten til en tenkt kule der senderen befinner seg i senter og radius tilsvarende avstanden til transponderen. Naturligvis er det bare den halvdelen av kuleskallet som er under vannoverflaten som er aktuell. Figur 3.6a viser denne situasjonen sett ovenfra. Båtens posisjon er for enkelhets skyld definert til å være i origo i koordinatsystemet. Transponderen som vi prøver å finne tenkes å være plassert i punktet $x = 150\text{m}$, $y = 80\text{m}$ og $z = 400\text{m}$, der z er dybden. Dette punktet er markert i figuren. Sirkelen i figuren er projeksjonen av kuleskallet som transponderen befinner seg på. Vi antar nå at båten flytter seg til posisjonen $x = y = 200\text{m}$ hvor det blir foretatt en ny avstandsmåling og vi får et nytt kuleskall. Dette er vist i Figur 3.6b. Skjæringen mellom de to kuleskallene danner en sirkel som sett ovenfra blir en rett linje. Transponderen befinner seg et sted på denne linjen. For å finne ut hvor på linjen den befinner seg må vi ta enda en avstandsmåling i en tredje posisjon. Dette er vist i Figur 3.6c hvor båten tenkes å ha flyttet seg til posisjonen $x = 50\text{m}$ og $y = 300\text{m}$. Det nye kuleskallet danner en skjæringssirkel med hver av de to andre kulene og dermed får vi totalt tre skjæringssirkler. Projeksjonene av disse er vist i figuren som tre linjer. Disse tre linjene har ett felles skjæringspunkt som tilsvarende transponderens posisjon. Når dette punktet er beregnet kan også dybden beregnes.



Figur 3.6: De tre stadiene for å finne posisjonen til en transponder ved bruk av triangulering.

Når man skal utføre triangulering, er det viktig at de tre posisjonene hvor avstandsmålingene foretas ikke ligger på en rett linje. Ligningssystemet vil da ikke la seg løse. Dette er illustrert i Figur 3.7.



Figur 3.7: Avstandsmålinger fra tre punkter som ligger på en rett linje gir ingen løsning.

Ideelt sett samsvarer krysningspunktet mellom de tre linjene i Figur 3.6c med transponderens posisjon, men grunnet ubestemthet i posisjonen fra GPS'en og i avstandsmålingen vil det i praksis være et avvik. Det er flere ting som bidrar til usikkerheten i avstandsmålingen:

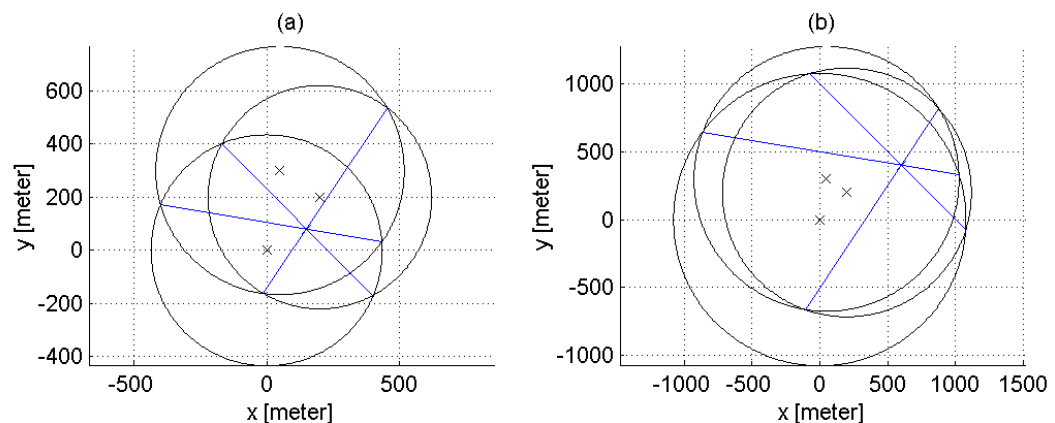
- Lydhastigheten i vannet er ikke konstant grunnet temperatur- og trykkvariasjoner. Hastigheten ble i avsnitt 3.1.1 anslått til å være $(1477,7 \pm 7,0)$ m/s. I tillegg kommer usikkerhet på grunn av avbøying av lydbølgene.

- Transponderen bruker en viss tid fra den mottar signal til den sender svar. Dersom transponderen er styrt av en mikrokontroller, vil denne tidsforsinkelsen kunne variere til en viss grad. Tidsforsinkelsen kan være f.eks være 10 ms med en variasjon (pga mikrokontroller) på typisk 10 μ S.
- Periodetiden til det akustiske signalet avgjør oppløsningen i tidsmålingen. Dersom vi antar en frekvens på 20 kHz blir periodetiden 50 μ S.
- Bølger på sjøen bidrar til en ubestemthet i avstandsmålingen tilsvarende bølgeamplituden. En typisk verdi er anslått til å være 2 meter. Dette fører til en ubestemthet i tidsmålingen på 2,7 ms.

Av bidragene som er nevnt over er det ubestemtheten i hastighetsmålingen og ubestemtheten som skyldes bølger som er de dominerende. Trianguleringsmodellen som er beskrevet over er blitt implementert i Matlab for simulering med hensyn på å finne et estimat for usikkerheten. Usikkerheten til GPS'en ble satt til ± 10 meter mens det for lydhastigheten ble benyttet en ubestemthet på ± 7 meter. Det ble ikke tatt hensyn til den ekstra usikkerheten som oppstår som følge av at lydbølgene kan avbøyes når de ikke går vertikalt. Dette vil utgjøre mest når avstanden mellom båt og transponder er stor fordi vinkelen mellom vertikalaksen og lydets utbredelsesretning da er størst.

Tabell 3.3 Resultat av ubestemthetssimuleringer.

Båtposisjoner (x, y) [m]	Transponderposisjon [m]	Ubestemthet [m]	Utvidet ubestemthet [m]	Bilde
P1 = (0, 0) P2 = (200, 200) P3 = (50, 300)	x = 150 y = 80 z = 400	ux = 23 uy = 17 uz = 7	ux = 46 uy = 34 uz = 14	Figur 3.8a
P1 = (0, 0) P2 = (200, 200) P3 = (50, 300)	x = 600 y = 400 z = 800	ux = 86 uy = 65 uz = 55	ux = 172 uy = 130 uz = 110	Figur 3.8b



Figur 3.8: Grafisk fremstilling av posisjonene som er brukt i ubestemthetsberegningene.

Tabell 3.3 viser to eksempler der ubestemtheten er estimert. De tre båtposisjonene som brukes til triangulering er valgt likt i de to eksemplene. Transponderposisjonen er derimot valgt forskjellig slik at avstanden er størst i det andre eksempelet. I Figur 3.8 er begge eksemplene fremstilt grafisk. Ubestemtheten er størst når avstanden mellom transponderen og måleposisjonene er stor. Dette kan imidlertid løses ved at man tar en eller flere nye avstandsmålinger når man nærmer seg den estimerte posisjonen. En ny og mer nøyaktig posisjon kan da estimeres.

3.1.4 Posisjonering ved tauing av hydrofon array

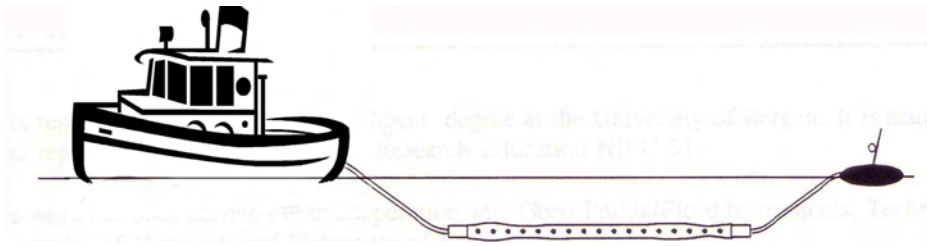
Tauing av en streamer (serie) med hydrofoner er et prinsipp som kan benyttes til å estimere posisjonen til en pinger/transponder. Et slikt system er skissert i Figur 3.9 Systemet er tilsvarende en streamer som benyttes innen marin seismikk. Systemet består av en hydrofonkabel som er balansert for å taues på ca. 10 meters dyp (operasjonsdyp). Hydrofon kablen taues fra akterdekket på båten vha en armert kabel. På enden av hydrofonkablen er det festet en bøye som ligger i overflaten. For å holde kablen nede i front benyttes en tauefisk. Hele systemet taues etter båten og kan ha en total lengde på typisk 50-100 meter (25m fra båt til tauelegeme, 50m hydrofonkabel, 25 m fra kabel til endebøye).

Hydrofonkablen inneholder mange hydrofoner som er koblet sammen i grupper for å forsterke signalet og oppnå direktivitet, god rekkevidde og oppløsning. Dette er helt avgjørende for å lykkes med letingen. Vi kan sette sammen f.eks 100 hydrofoner i en gruppe slik at vi både oppnår sterkere signaler og siden hydrofonene ligger på en lang rekke oppnås evnen til å finne retningen til pingerene som henger på det tapte garnet. Når systemet ikke er i bruk vinsjes kablen med hydrofonseksjonen inn på en liten og kompakt vinsj/trommel på akterdekket på båten.

Fordelen med dette systemet er:

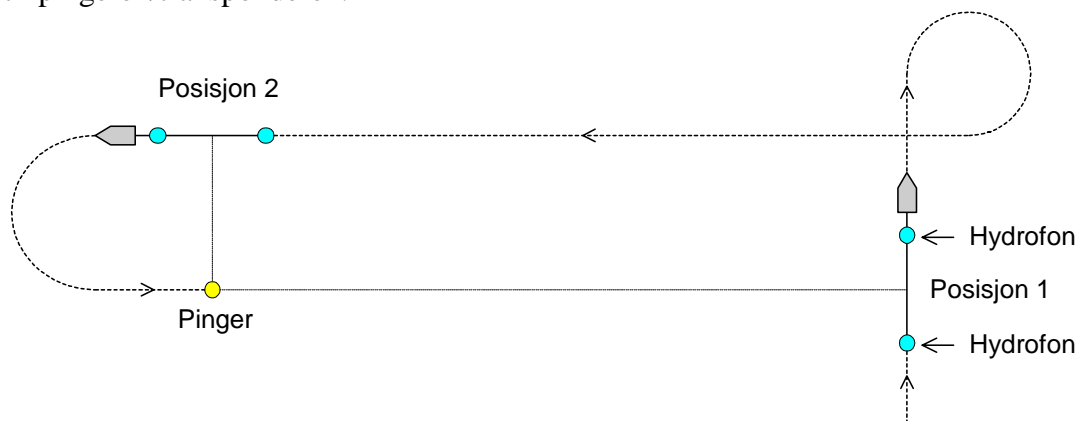
1. Mange hydrofoner sammen som gir stor rekkevidde og fanger opp selv svake signaler
2. Systemet taues etter båten i en situasjon som fiskerne behersker
3. Systemet er i balanse på 10 m dyp og innvirkning av bevegelse og støy er redusert
4. Systemet er antatt å kunne opereres med 1-2 m bølgehøyde¹
5. Systemet består av kjente masseproduserte komponenter

¹ Maksimal bølgehøyde må undersøkes nærmere, og det er godt mulig systemet kan opereres med større bølgehøyder. Dette vil avhenge hvor mye akustisk støy og hvilken signalkvalitet man kan oppnå, samt mekanisk styrke på systemet.



Figur 3.9: Skisse av et posisjoneringssystem med tauing av hydrofoner[10].

Gjenfinningsprinsippet er skissert i Figur 3.10. Det akustiske signalet fra pingeren/transponderen mottas og omgjøres til elektroniske signaler av hydrofonene. Signalene fra hydrofonene sendes videre til en elektronisk enhet ombord i båten hvor signalene prosesseres for å finne retningen til pingeren/transponderen. Fra båten vil man da se når pingeren/transponderen befinner seg i en posisjon som er 90 grader i forhold til hydrofonkabelen og båten. Denne posisjonen merkes og båten sirkler opp og snur 90 grader. Når kabelen og båten på befinner seg 90 grader i forhold til pingeren/transponderen merkes ny posisjon og systemet kommer opp med posisjonen til pingeren/transponderen.



Figur 3.10: Prinsippet for gjenfinning av en pinger ved bruk av hydrofonkabel posisjonering.

Den oppnåelige nøyaktigheten for dette gjenfinningsprinsippet er anslått til å være ca. 20 meter. Båtens hastighet kan være opp til 10 knop frem til det oppnås kontakt med transponderen/pingeren. Deretter bør båtens hastighet reduseres til rundt 3 knop. Siden kabelen hele tiden ligger under vann, vil den være lite følsom for bølger.

3.2 Eksisterende akustiske gjenfinningssystemer

I dette kapittelet gjennomgås noen eksisterende akustiske gjenfinningssystemer. De vurderes med hensyn på pris, egenskaper og hvor godt egnet de vil være til gjenfinning av garn.

3.2.1 Pingere og pingergjenfindere

To produsenter av pingere er Benthos [7] og Dukane [8]. Tabell 3.4 viser tekniske data for noen pingere fra de to produsentene. Det taes forbehold om at det også kan finnes andre produsenter. For flere av pingerene fra Benthos kan man velge frekvens

og effekt ved bestilling. Egenskaper som rekkevidde og batterilevetid vil være avhengig av valgt frekvens og effekt. Med hensyn på rekkevidde er det bare pingerne som sender med en akustisk effekt på 8W som er aktuell. Disse gir en rekkevidde på opptil 1700 meter avhenging av følsomheten til mottakerutstyret. Pingerne i tabellen vil i prinsippet kunne være synlig på skjermen til et ekkolodd som benytter samme frekvens. Det vil imidlertid kunne være vanskelig å observere signalet på grunn av den korte pulslengden. Den største ulempen er batterilevetiden som er svært kort når effekten er høy.

Tabell 3.4 Oversikt over et utvalg kommersielt tilgjengelige pingere [7], [8].

Produsent	Benthos	Benthos	Benthos	Dukane	Dukane
Modell	ALP-364A	ALP-363	ELP-362A	DK100	DK120
Pris (okt. 2003)	\$795	\$2855	\$475	\$495	\$495
Dybde	750 m	2000 m	6096 m	6096 m	6096 m
Frekvens	27, 37,5, 45 eller 54 kHz	12, 27, 37,5, 45 eller 54 kHz	27, 37,5 eller 45 kHz	37,5 kHz \pm 1 kHz	37,5 kHz \pm 1 kHz
Pulslengde	5 ms	5 ms	10 ms	\geq 9 ms	\geq 9ms
Puls repetisjon	1 puls/sek	1 puls/sek	1 puls/sek	\geq 0,9 pulser/sek	\geq 0,9 pulser/sek
Akustisk effekt ref. 1 μ Pa@1m	162 dB (0,125W) 168 dB (0,5W) 174 dB (2W) 180 dB (8W)	162 dB (0,125W) 168 dB (0,5W) 174 dB (2W) 180 dB (8W)	160,5 dB	160,5 dB	160,5 dB
Batteritype	2 stk. 9V alkalisk eller litium	6V lanternebatteri	7,2V litium	Ikke utskiftbart av bruker	Cathode litium
Batterilevetid uaktivert	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	6 år	6 år
Batterilevetid aktivert	0,125W: 6 mnd.* 0,5W: 2 mnd.* 2W: 16 dager* 8W: 5 dager*	0,125W: 3 år 0,5W: 2 år 2W: 6 mnd. 8W: 1,5 mnd.	\geq 30 dager	> 30 dager	> 30 dager
Batteripris	Alkaliske: \$12 Litium: \$35	\$5	\$75	Ukjent	Ukjent
Vekt i luft	0,68 kg	3,2 kg	0,19 kg	0,20 kg	0,20 kg
Lengde	18,42 cm	25,5 cm	10,16 cm	10,16 cm	10,16 cm
Diameter	5,08 cm	10 cm	3,30 cm	3,30 cm	3,30 cm

* Gjelder ved bruk av litium batterier. Levetiden blir under halvparten med alkaliske batterier.

Tabell 3.5 viser en prisoversikt over et system fra Benthos for lokalisering av pingere. Systemet er i utgangspunktet ment for dykkere, men kan ved hjelp av et konverteringssett brukes i vannoverflaten. Systemet består av et sett hodetelefoner og en retningsbestemt hydrofon. Hydrofonen beveges i forskjellige retninger i vannet samtidig som man lytter etter en hørbar puls i hodetelefonene. Når et signal er mottatt, beveger man seg i retning av det sterkeste signalet. Prosessen gjentas flere ganger til man er rett over pingeren. Den største ulempen med dette systemet er høy pris. Det krever også en viss brukerferdighet. Rekkevidden for systemet er oppgitt å

være 1710 meter dersom pingeren sender med en akustisk effekt på 8 W (180 dB ref. 1 μ Pa@1m).

Tabell 3.5 Prisoversikt over et gjenfinningssystem for pingere [7].

Type	Pris
Benthos DPL-275A Dive Pinger Locator	\$5695
Benthos DHA-151 Surface Conversion Kit	\$2195
Totalt	\$7890

3.2.2 Transpondere og transpondergjenfinnere

Tabell 3.6 viser tekniske data for to kommersielt tilgjengelige transpondere fra Benthos [7]. Frekvenser for mottaking og sending må velges ved bestilling unntatt for den ene modellen hvor senderfrekvensen kan velges av bruker. Dersom en transponder skal være synlig på skjermen til et ekkolodd, må den motta og sende på samme frekvens som ekkoloddet benytter. Siden transponderne i Tabell 3.6 mottar på en annen frekvens enn de sender, vil det ikke være mulig å gjenfinne dem ved hjelp av ekkolodd. I tillegg er varigheten til svarpulsen så kort at den vil være vanskelig å observere på ekkoloddets skjerm. Gjenfinning av disse transponderne må skje med spesielt utstyr. Det vil være mulig å lage en enhet som kan bestemme posisjonen til disse transponderne vha. for eksempel triangulering eller tauing av hydrofoner, men dette eksisterer ikke per i dag.

Den første transponderen (UAT-376) vil være godt egnet til å gjenfinne fiskegarn dersom de ikke ligger dypere enn 750 meter. Dette er den billigste transponderen fra Benthos. Den andre transponderen (UAT-387) kan brukes på dyp ned til 2000 meter men den er for dyr til at den aktuell. Dette er den eneste av transponderne fra Benthos som kan brukes på mer enn 750 meters dyp. Ingen av transponderne sender noen form for ID-kode eller måledata.

Tabell 3.6 Tekniske data for to kommersielt tilgjengelige transpondere [7].

Produsent	Benthos	Benthos
Modell	UAT-376	UAT-387
Pris (okt. 2003)	\$1295	\$3750
Dybde	750 m	2000 m
Frekvens	Mottaking: 26 kHz Sending: 25, 27, 28, 29, 30, 31 eller 32 kHz	Mottaking: 9, 11 eller 26 kHz Sending: 20-40 kHz (valgbart av bruker)
Pulslengde	5 ms	7 ms
Akustisk effekt ref. 1 μ Pa@1m	180 dB (8W)	188 dB (50W)
Batteritype	2 stk. 9V alkalisk eller lithium	Alkalisk batteripakke
Batterilevetid	Alkalisk: 4 mnd. eller 150.000 svar Litium: 8 mnd eller 300.000 svar	1 år eller 300.000 svar
Batteripris	Alkaliske: \$12 Litium: \$35	Ukjent
Vekt i luft	0,68 kg	1,81 kg
Lengde	18,42 cm	33 cm
Diameter	5,08 cm	8,9 cm

Tabell 3.7 viser en prisoversikt over et system fra Benthos [7] for lokalisering av transpondere. Systemet er i utgangspunktet ment for dykkere men kan brukes i vannoverflaten ved hjelp av et konverteringssett. Undervannsenheten sender ut pulser og når en transponder kommer innenfor rekkevidde, sender den svar tilbake. Avstand og retning til transponderen kan leses av på en LCD-skjerm. Prisen på dette utstyret er veldig høy. Rekkevidden for systemet er oppgitt å være 1710 meter dersom transponderen sender med en akustisk effekt på 8W (180 dB ref. 1 μ Pa@1m).

Tabell 3.7 Prisoversikt over et gjenfinningssystem for transpondere [7].

Type	Pris
Benthos DRI-367A Dive Ranger Interrogator	\$6995
Benthos ACU-266 Surface Conversion Kit	\$6495
Totalt	\$13490

3.2.3 Gearfinder 700

Gearfinder 700 består av en kommandoenhet ombord i båten, en hydrofon tilknyttet kommandoenheten og en distansesensor (transponder) som festes på garnlenken [9]. Posisjonen til distansesensoren bestemmes ved bruk av triangulering. Distansesensoren er utstyrt med ID-kode og en egen temperatursensor er også tilgjengelig. Systemet har vært vurdert utprøvd i Norge men er funnet å være for dyrt [2]. En prisoversikt for systemet er vist i Tabell 3.8. Rekkevidden er oppgitt til å være 3000 meter.

Tabell 3.8 Prisoversikt for Gearfinder 700 (oktober 2003).

Basic System	Price
Command Unit GM700ET	\$4500
Portable Hydrophone (G700AP) (5 M Cable)	\$1485
Rechargeable Distance Sensor 700R	\$1401
Battery Charger 5VBC	\$600
Total	\$7986
Optional Sensors	
Hull Mounted Hydrophone G700MHS	\$2100
Rechargeable Temperature Sensor 700TR	\$2898

3.2.4 Oppsummering

Etter en gjennomgang av eksisterende løsninger er det vår vurdering at de enten synes å være svært kostbare, eller de har ikke den rekkevidde og funksjonalitet som er ønsket. Man bør derfor også vurdere om det kan utvikles nye akustiske løsninger hvor man oppnår ønsket funksjonalitet til en akseptabel pris. Forslag til ny transponder og gjenfinningsutstyr blir gjennomgått i neste kapittel.

3.3 Forslag til utvikling av ny transponder/gjenfinningsløsninger

I dette kapittelet presenteres et forslag til utvikling av en transponder som kan brukes sammen med ekkolodd eller en egen gjenfinningsenhet. Det presenteres også et forslag til utvikling av en gjenfinningsløsninger basert på tauing av hydrofon array.

3.3.1 Akustisk transponder

Den akustiske transponderen festes på garnlenken og gjenfinning kan skje enten ved bruk av båtens eksisterende ekkolodd eller en spesiell gjenfinningsenhet. Transponderen bør kunne brukes på dyp ned til minst 800 meter. Det vil være en fordel om transponderen flyter i vann fordi den da kan festes i et tau et lite stykke over garnet. På denne måten reduseres risikoen for at transponderen vikler seg inn i garnet, og i tillegg vil transponderen alltid være orientert med transduseren oppover.

Som tidligere nevnt må en transponder som skal være synlig på skjermen til et ekkolodd sende og motta på samme frekvens som ekkoloddet benytter. I tillegg bør den lages slik at det er en liten tidsforsinkelse fra den mottar triggesignal til den sender ut svarsignal. Det vil da være lettere å identifisere signalet på ekkoloddets skjerm fordi det vil være synlig under bunnsignalet. Svarsignalet bør bestå av en enkelt puls med lang nok varighet til at den lett kan observeres på ekkoloddets skjerm. En varighet på rundt 50 ms bør være tilstrekkelig.

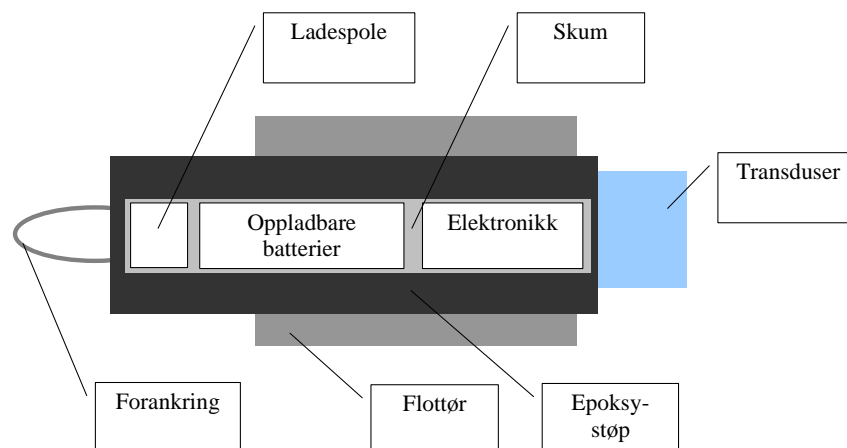
Hvis transponderen skal gjenfinnes med en egen gjenfinningsenhet, bør mottaking og sending skje på to forskjellige frekvenser. Dette er nødvendig for at gjenfinningsenheten skal kunne skille mellom et svar fra transponderen og en eventuell refleksjon av signalet som den selv sender ut. Transponderen kan lages slik at den sender ut en ID-kode for identifikasjon og måledata som f.eks. temperatur til gjenfinningsenheten.

Det er nesten ingen forskjell på transponderen enten den lages for gjenfinning med ekkolodd eller en egen gjenfinningsenhet. Det eneste er programmeringen av mikrokontrolleren og valg av frekvenser.

Elektronikken kan lages med en så lav hvilestrøm at batterilevetiden blir ett år dersom den ikke sender ut pulser i løpet av denne perioden. Antallet pulser den kan sende ut vil være avhengig valgt batterikapasitet, hvor stor akustisk effekt vi ønsker å sende med, pulslengde og virkningsgraden til transduserelementet. Dersom man antar at disse parametrene velges noenlunde likt som for Benthos UAT-376, vil man kunne sende opptil 300.000 pulser. Dersom det skal sendes ut data som ID-kode og temperatur, vil hvert svar bestå av flere pulser. Antallet pulser pr. svar avhenger av hvor mange mulige ID-koder systemet skal håndtere og hvor stor oppløsning temperaturmålingen skal ha. Dersom vi regner f.eks. 20 pulser pr. svar, vil antall

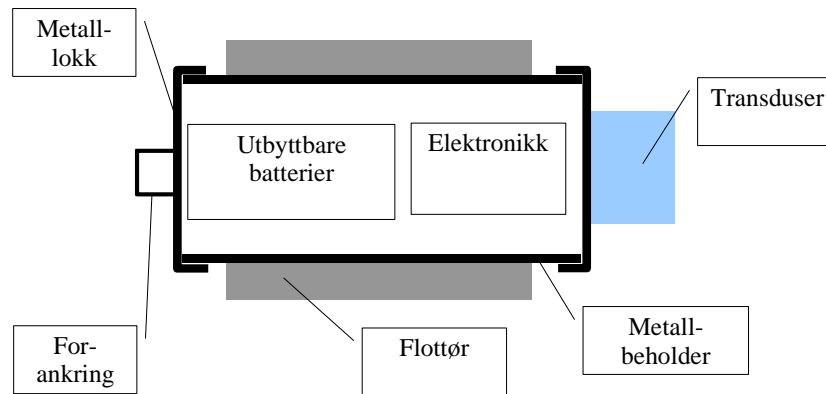
svar bli 15.000. Den utsendte effekten bør velges slik at rekkevidden blir minst 2000 meter og transponderen bør konstrueres for å fungere ned til 1000 meters dyp.

Det er laget kostnadsestimat for produksjon og utvikling av to forskjellige transpondervarianter der begge er utstyrt med temperatursensor. Dybde- og strømningsmåler er blitt vurdert men funnet å bli altfor dyrt. Den første varianten som foreslås kan lades opp trådløst ved at den settes ned i en lader som ved hjelp av induksjon lader opp batteriene. En skisse av transponderen er vist i Figur 3.11. Batterier, elektronikk og ladespole plasseres i et mykt skummateriale og deretter støpes alt inn i epoksy. Transduseren og en forankringskrok festes i hver sin ende. Utenpå epoksyen festes en flottør. Det antas at produksjonskostnader for en slik transponder vil ligge på ca. 5.000 – 10.000 NOK. Dette vil selvfølgelig avhenge av antallet som skal produseres. Produksjonskostnadene for laderen antas å ligge på 4.000 NOK. Basert på et foreløpig overslag estimeres utviklingskostnadene for en prototyp av transponderen til å være i størrelsesorden 500.000 NOK.



Figur 3.11: Prinsippskisse av oppladbar transponder.

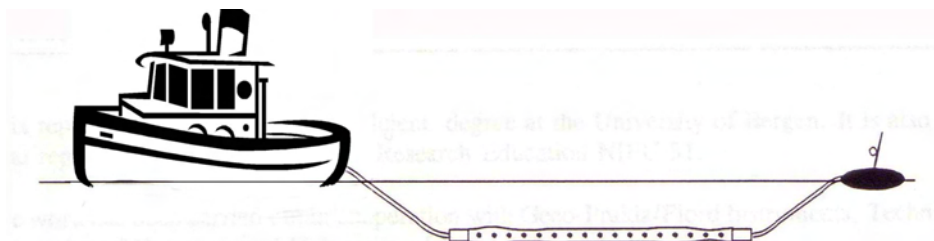
Den andre transpondervarianten er skissert i Figur 3.12. Denne består av en metallbeholder som inneholder batterier og elektronikk. Metallbeholderen har et lokk som kan åpnes slik at batteriene kan erstattes med nye. Det vil også være mulig å benytte ladbare batterier som kan taes ut og lades i en ekstern lader. Utenpå metallbeholderen er det festet en flottør. Transduseren og en forankringskrok er festet i hver sin ende. Det antas at produksjonskostnadene for en transponder med utbyttbare batterier vil være noe høyere, ettersom den mekaniske løsningen vil bli dyrere og mer komplisert. Antatt produksjonskostnad er 8.000 – 15.000 NOK men vil avhenge av antallet som skal produseres. I tillegg til produksjonskostnad kommer også andre kostnader knyttet til salg, markedsføring, support, garanti, etc. Det forventes ikke å være noen særlig forskjell i utviklingskostnader for de to transpondervariantene (ca. 500.000 NOK).



Figur 3.12: Prinsippskisse av transponder med utbyttbare batterier.

3.3.2 Gjenfinningssystem basert på tauing av hydrofon array

Som et alternativ til gjenfinningsenheten som benytter triangulering kan det lages et gjenfinningssystem basert på tauing av hydrofoner. Metoden ble gjennomgått i avsnitt 3.1.4, og i Figur 3.13 gjentas skissen som viser et slikt system. Fordelen med dette systemet er at det vil være mer robust og gi bedre nøyaktighet enn triangulering, men vil nok kunne forventes å bli noe dyrere i innkjøp. Systemet vil imidlertid lett kunne flyttes fra en båt til en annen og flere fiskere vil kunne dele på et slikt system for garnleting. Systemet tenkes å bestå av en kontrollenhet ombord i båten og en armert kabel med f.eks. 8 integrerte hydrofoner. Kabelen med hydrofoner vil kunne rulles inn på trommel når den ikke er i bruk og systemet vil dermed være relativt lett å transportere slik at det kan benyttes av flere. Kontrollenheten tenkes utstyrt med en egen GPS som er nødvendig for at den skal kunne beregne transponderen/pingerens posisjon. Den bør lages så enkel som mulig med kun en av/på-knapp. Den bør varsle med et lydsignal og/eller indikator på displayet når det er nødvendig å endre båtens kurs. Pingerens posisjon vises på displayet når den er beregnet.



Figur 3.13: Skisse av et posisjoneringssystem basert på tauing av hydrofoner [10].

For at batterilevetiden til transponderen/pingeren som festes på garnlenken skal bli best mulig, må en unngå at den sender ut pulser når det ikke er nødvendig. Dette kan gjøres ved at den aktiveres enten av båtens ekkolodd eller av en egen akustisk sender. Den deaktiveres igjen automatisk når det er gått en viss tid og man vil dermed oppnå lang batterilevetid. En slik transponder/pinger kan lages på samme måte som den

akustiske transponderen som ble beskrevet i avsnitt 3.3.1. Den eneste forskjellen vil være programmeringen av den, og dermed vil egenskaper som batterilevetid og pris blir de samme. Det antas at det vil være mulig å selge et slikt system bestående av en betjeningsenhet og en tauet enhet (array med 8 hydrofoner, tauelegeme og kabeltrommel) til en pris i størrelsesorden 50-100.000 NOK, og kostnad for utvikling av et prototypsystem er anslått til 750-1.000 NOK. I tillegg kommer kostnaden for det antall transpondere/pingere som man måtte ha behov for (Benthos UAT-376 koster for eksempel ca. 1295\$).

4 KONKLUSJON

Det er i dette arbeidet gjort en vurdering av ulike konsept for gjenfinning av tapte fiskegarn. Funksjonalitet, nøyaktighet, driftssikkerhet og prisnivå har vært de mest tungtveiende kriteriene i vurderingen. Akustiske gjenfinningsløsninger synes å best kunne tilfredsstille slike kriterier, og det ble derfor i samråd med Fiskeridirektoratet avgjort at akustiske gjenfinningsløsninger skulle utredes grundigst. Aktuelle eksisterende gjenfinningsløsninger ble vurdert og det ble konkludert med at disse enten var for kostbare eller ikke hadde ønsket funksjonalitet. Vi har derfor laget konkrete forslag til utvikling av en ny transponder og gjenfinningsløsninger som forventes å dekke kravene til funksjonalitet innenfor en akseptabel pris.

Om man ønsker å gå videre med utvikling av en ny teknisk løsning som foreslått, vil det kanskje være naturlig å starte med utvikling av en gjenfinningsenhet. Dersom man ikke har behov for en transponder som tåler mer enn 750 meters dyp, kan man innledningsvis bruke for eksempel Benthos UAT-376.

Det er derfor vår anbefaling å gå videre med utvikling av en prototyp gjenfinningsløsning basert på bruk av en hydrofonkabel(array) som blir spesialtilpasset dette formålet som beskrevet i kapittel 3.3.2, og som i første omgang tenkes benyttet sammen med en eksisterende transponder/pinger.

Et prosjektforslag vil bli utformet på bakgrunn av denne konklusjon, hvor man som en første del av utviklingsprosjektet bør gjennomføre en eksperimentell felttest for å avklare prinsippets praktiske og tekniske egnethet. På bakgrunn av resultatene fra disse testene kan man så gå videre med del to for utvikling av et dedikert prototyp gjenfinnings system.

5 REFERANSER

- [1] Dag M. Furevik, *Personlig kommunikasjon*, Havforskningsinstituttet
- [2] Nils-Roar Hareide, Geta Garnes, *Tapte Fiskegarn. Oversikt over problem og mulige løsninger*, Hareide Fiskericonsult (Desember 2002)
- [3] Frey Kinsler, *Fundamentals of Acoustics 3 ed.*, Coppens & Sanders 1982
- [4] RJ Urick, *Principles of Underwater Sound*
- [5] <http://www.neptunemarineproducts.com>
- [6] Simrad datablad, [http://www.simrad.no/PDF Library/Simrad 33 Series.pdf](http://www.simrad.no/PDF_Library/Simrad_33_Series.pdf)
- [7] www.benthos.com
- [8] www.dukane.com
- [9] <http://www.notus.nf.ca/>
- [10] Bjelland, C, *Reduction of noise in seismic hydrophone arrays, modelling of breathing waves and adaptive noise cancelling*, Dr.Scient thesis, University of Bergen/Nordic Industrial Research Education NIFU-31, 1993.