

FFI RAPPORT

MÅLING AV LYDTRYKK FRA UNDERSJØISKE MINEEKSPLOSJONER - Virksomheter på området for planlagt småbåthavn i Østhusvik

FARDAL Rune

FFI/RAPPORT-2005/03326

**MÅLING AV LYDTRYKK FRA UNDERSJØISKE
MINEEKSPLOJONER - Virkninger på området for
planlagt småbåthavn i Østhusvik**

FARDAL Rune

FFI/RAPPORT-2005/03326

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-05/03326 1a) PROJECT REFERENCE FFI-IV/896/914	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 12		
4) TITLE MÅLING AV LYDTRYKK FRA UNDERSJØISKE MINEEKSPLOSIONER - Virkninger på området for planlagt småbåthavn i Østhusvik MEASUREMENTS OF SOUND PRESSURE LEVEL FROM UNDERSEA MINE EXPLOSIONS				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) FARDAL Rune				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Mine explosions</u> b) <u>Sound measurements</u> c) <u>Leisure boats</u> d) _____ e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Minesprengninger</u> b) <u>Lydmålinger</u> c) <u>fritidsbåter</u> d) _____ e) _____ </td> </tr> </table>			a) <u>Mine explosions</u> b) <u>Sound measurements</u> c) <u>Leisure boats</u> d) _____ e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Minesprengninger</u> b) <u>Lydmålinger</u> c) <u>fritidsbåter</u> d) _____ e) _____
a) <u>Mine explosions</u> b) <u>Sound measurements</u> c) <u>Leisure boats</u> d) _____ e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Minesprengninger</u> b) <u>Lydmålinger</u> c) <u>fritidsbåter</u> d) _____ e) _____			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT Acoustic measurements of underwater mine explosions in the Naval test site in Brimsefjorden have been performed in an area of a planned small craft harbour. This is done to determine the possibilities for damages on the leisure boats related to the nearby mine explosions.				
9) DATE 2005-10-26	AUTHORIZED BY This page only Elling Tveit	POSITION Director of Research		

ISBN 82-464-0980-8

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

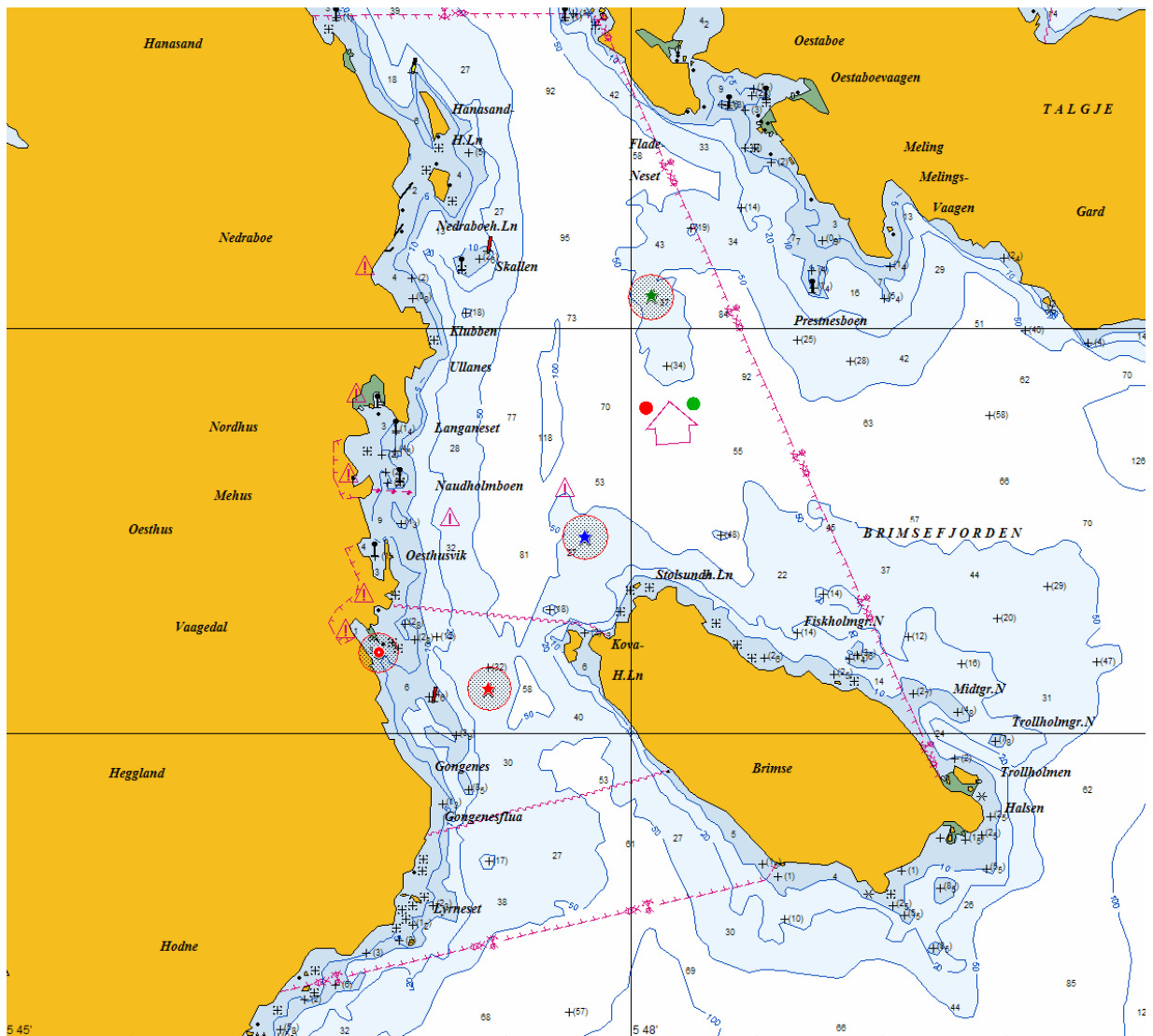
INNHOLD

	Side
1 BAKGRUNN	7
2 TEORI	8
3 RESULTAT	9
4 KONKLUSJON OG VURDERINGER	11
Litteratur	12

MÅLING AV LYDTRYKK FRA UNDERSJØISKE MINEEKSPLOSJONER - Virkninger på området for planlagt småbåthavn i Østhusvik

1 BAKGRUNN

Marinen har i flere år hatt sitt øvingsområde for minesprengninger i Brimsefjorden øst for Rennesøy. På grunn av den stadig voksende utbyggingen av boliger i Rennesøy kommune og økt småbåttaktivitet i øvingsområdet var det ønskelig å utføre undersjøiske trykkmålinger av sjokkbølgene fra mineeksplosjoner. Dette blir gjort for å kunne si mer om eventuelle farer for skader på småbåter som ligger til kai i nærheten av mineeksplosjonene. Målingene ble utført 5. Oktober 2005 på 1m dyp i bukten sør for Østhusvik, hvor det er planlagt en småbåthavn. Måleposisjonen markert som en rød prikk med sirkel rundt som vist på kartet i Figur 1.1.



Figur 1.1: Kart over sprengningsfeltet i Brimsefjorden. Feltet er avgrenset av den røde stiplede linjen i kartet.

Det ble avfyrt tre ladninger med eksplosiver og gjort målinger av disse. En MK6 mine med om lag 130 kg TNT ble plassert nord i Brimsefjorden, ca. 2100 meter fra målepunktet. Posisjonen for eksplosjonen er markert med en grønn stjerne i kartet. En ladning med om lag 300 kg TNT ble plassert like nord for Brimse, ca. 1100 meter fra målepunktet. Posisjonen for eksplosjonen er markert med en grønn stjerne i kartet. En ladning med om lag 500 kg TNT ble plassert i sundet mellom Rennesøy og Brimse, ca. 500 meter fra målepunktet. Posisjonen for eksplosjonen er markert med en rød stjerne i kartet. Alle tre ladningene ble plassert i vannvolumet på 15 meters dybde i områder hvor vanddyppet er ca 40 meter.

2 TEORI

Når eksplosiver detoneres under vann vil en svært kraftig lydimpuls bli generert, ved at eksplosjonen skaper en raskt ekspanderende gassboble. Denne gassboblen vil så bryte gjennom overflaten eller pulsere noen ganger før den løser seg opp. Lydimpulsen fra gassboblen vil forplante seg gjennom vannet og føre til vibrasjoner i eventuelle fartøy som er i nærheten. Styrken på lydimpulsen kan bestemmes ved at man måler trykkforandringen i vannet når lydimpulsen passerer. Denne trykkforandringen oppgis i dB verdier på samme måte som for lyd i luft. Man kan likevel ikke sammenligne dB verdier i luft og vann direkte, da det normalt benyttes forskjellige referanseverdier i luft (20 μPa) og vann (1 μPa). Lydtrykket i dB beregnes på følgende måte i vann [1]:

$$SPL = 20 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right). \quad (1)$$

Der P er det målte trykket og P_{ref} er referansetrykket 1 μPa . Siden man tar logaritmen til trykket er dB verdien logaritmisk, noe som betyr at dersom trykket dobles så øker dB nivået med 6 dB, dersom trykket tidobles så øker dB nivået med 20 dB og dersom trykket blir 100 ganger høyere, vil dB nivået øke med 40 dB.

Det forventede lydtrykket, L_r , fra en undervannseksplisjon beregnes med følgende formel [2]:

$$L_r = 267 + 20 \log \left(\frac{W^{1/3}}{r} \right). \quad (2)$$

Der W er mengden TNT og r er avstanden fra eksplosjon til målepunktet.

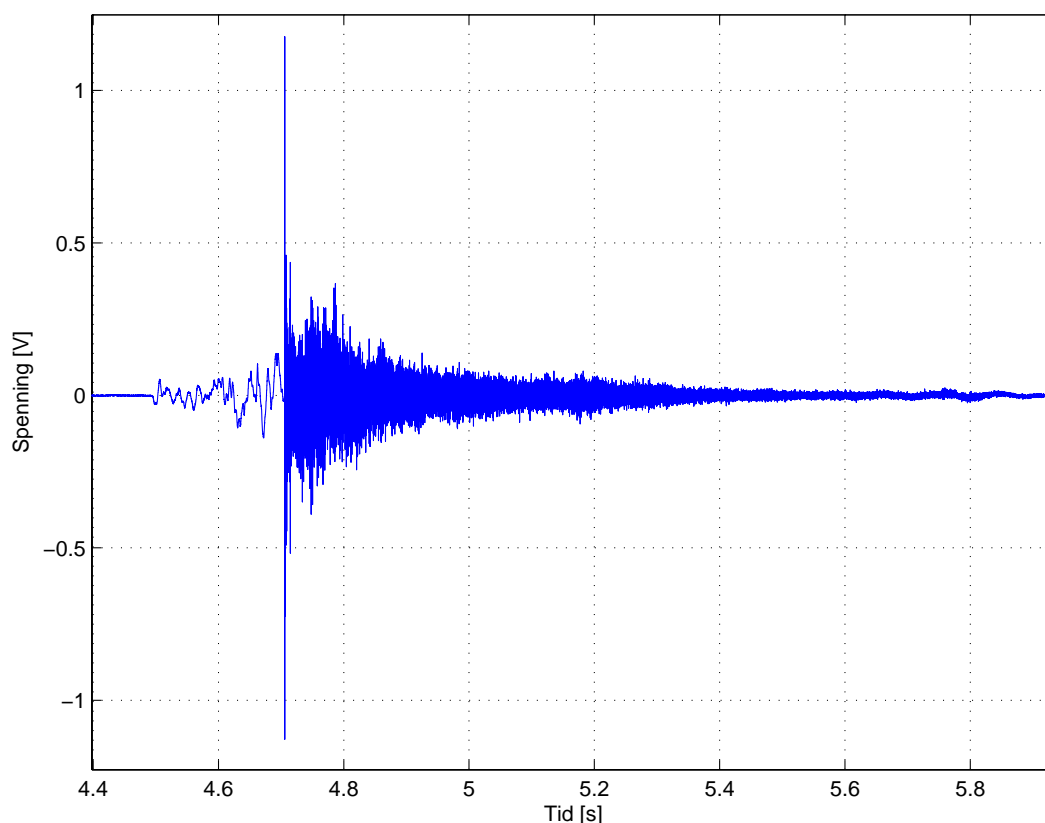
Denne formelen gjelder imidlertid bare for fritt felt situasjoner hvor man har direkte linje mellom eksplosjon og målepunkter og ingen refleksjoner fra bunn eller overflate. Dersom man har en situasjon med skjerming, grunt vann og refleksjoner, kan man forvente en reduksjon i lydnivået på opptil 40 dB samt at den første skarpe pulsen som kjennetegner en undervannseksplisjon blir mer utydelig og utstrakt [2].

Målingene ble utført fra dykkerbåten til KNM Karmøy med to B&K 8104 hydrofoner, en B&K NEXUS 2692 forsterker og to Sony TCD-D8 DAT spillere.

Oppgitt lydtrykk fra eksplosjonene er beregnet ut fra målt peak-verdi til sjokkbølgen.

3 RESULTAT

Trykkpulsene fra 500 kg ladningen er vist i Figur 3.1. Figuren viser at sjokkbølgene som forplantes gjennom grunnfjellet ankommer 4,5 sekunder ut i målingen. Disse vibrasjonene har en frekvens på om lag 50 Hz og gjenspeiler det frekvensområdet fra eksplosjonen som inneholder mest energi. Deretter treffer selve trykkpulsene som forplantes gjennom vannet etter 4,7 sekunder med en sterk positiv trykkforandring etterfulgt av en sterk negativ trykkforandring. Denne trykkpulsene har en frekvens på hele 5 kHz på grunn av at de lavere frekvensene i sjokkbølgen som kommer gjennom vannet blir dempet som forklart under. Signalet dør så sakte ut og forsvinner etter 5,9 sekunder. Signalene fra de andre eksplosjonene er i grove trekk like.



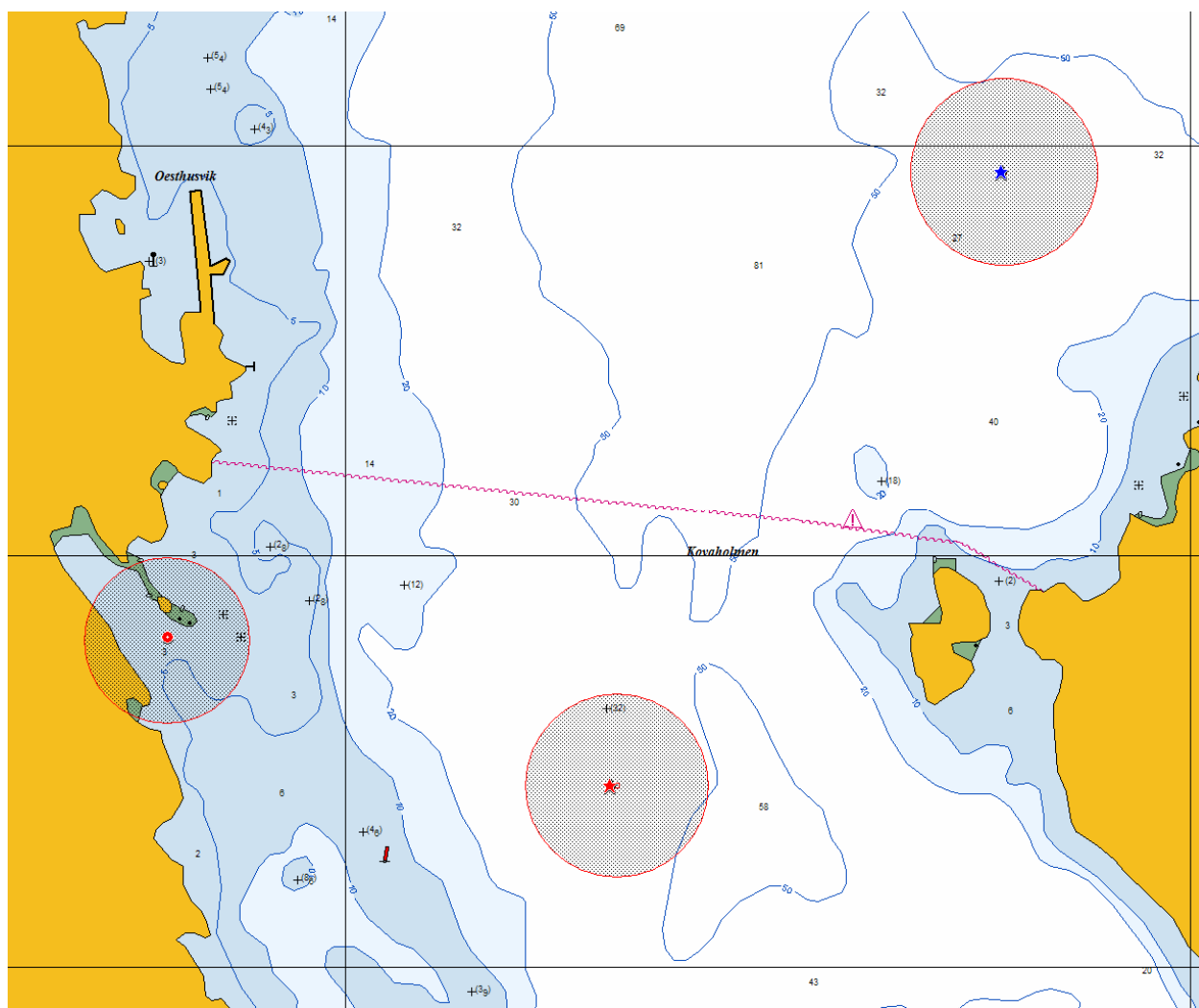
Figur 3.1: Pulsform fra sprengning av 500 kg TNT.

Det forventede lydtrykket beregnet med formel (2) og det målte lydtrykket fra eksplosjonene er oppsummert i Tabell 3.1. Det er benyttet to uavhengige hydrofoner i tilnærmet samme punkt for å kunne antyde nøyaktigheten i målingene. Variasjonen mellom de to hydrofonene er maksimalt 2 dB, som gir tilfredsstillende nøyaktighet i målingene.

Tabell 3.1: Beregnet og målt trykk fra eksplosjonene

Ladning	Avstand [m]	Beregnet lydnivå [dB rel 1 μ Pa]	Målt lydnivå Hydrofon 1 [dB rel 1 μ Pa]	Målt lydnivå Hydrofon 2 [dB rel 1 μ Pa]
MK 6	2100	215	177	178
300 kg	1100	223	184	186
500 kg	500	231	202	203

Grunnen til at målt verdi ligger 38 dB under beregnet verdi for MK 6 minen og 300 kg ladningen, og 29 dB for 500 kg ladningen kan forklares med vanddypet i området. Figur 3.2 viser at holmen og de undersjøiske skjærene som ligger nordøst for målepunktet skygger for MK 6 minen og 300 kg ladningen. 500 kg ladningen ligger lenger sør og blir ikke skjermet av holmen og skjærene. Likevel blir lydtrykket dempet kraftig på grunn av det lange området med grunt vann. Av de 500 meterne mellom sprengladningen og målepunktet, har de siste 200 meterne vanddyb under 3 meter. Dette fører til at trykkbølgen blir reflektert og dempet kraftig i både bunnen og overflaten. Energien som er i frekvensområdet under 200 – 300 Hz vil ikke komme frem i det hele tatt på grunn av cut-off frekvensen i en bølgeleder [3] og frekvensene over vil bli kraftig dempet, noe som bekreftes av at energien i hovedpulsens lå rundt 5 kHz. Dette fører til at trykket fra eksplosjonen blir mye svakere enn beregnet siden hovedenergien i en undersjøisk eksplosjon i utgangspunktet ligger i frekvensområdet 10 Hz – 100 Hz [4]. En slik dempning blir også bekreftet av simuleringer, utført ved FFI, som tar hensyn til det grunne vanddypet.



Figur 3.2: Detaljkart over måleområdet.

4 KONKLUSJON OG VURDERINGER

Tabell 3.1 viser at det målte nivået ligger under det som ble beregnet. Det betyr at trykkbølgen blir dempet kraftig ned i forhold til åpent farvann. Det er sannsynlig at viken sør for Østhusvik er blant de stedene i øvingsområdet for minesprengninger som demper trykkbølgen fra mineeksplosjonene best. Det høyeste nivået som ble målt var 203 dB. En slik sprengning av 500 kg TNT i den posisjonen, er den verst tenkelige situasjonen for en fremtidig småbåthavn. Testene viser at dersom sprengningen blir flyttet lenger nord og ladningen blir litt mindre, er nivået bare 186 dB. At et lydtrykk på 203 dB ikke er skadelig for en fritidsbåt kan sannsynliggjøres ved å sammenligne nivået med andre kjente lydnivå. Fritidsbåter med utenbordsmotor genererer typiske lydnivå i sjøen på opp til 170 dB 1 meter unna [5]. Siden propellen er nærmere skroget enn 1 meter kan man forvente at støyen fra propellen kommer opp mot 180 dB akterut på båten. Lydtrykket fra en stor sprengning i verst tenkelig posisjon i forhold til småbåthavnen er med andre ord bare ca 10 ganger sterkere enn lydtrykket som virker på skroget fra propellen på en påhengsmotor. Lyden fra en påhengsmotor og den frekvensdelen av eksplosjonene som ikke blir dempet bort av det grunne vanddypet opptrer i hovedsak i det samme frekvensområdet [5].

Sprengladningene på 300 kg og 500 kg ble detonert av minedykkere i en standard 15 fots Zodiak som befant seg mellom 50 og 80 meter fra sprengningspunktet. Lydtrykket fra eksplosjonen vil da være opp mot 250 dB på Zodiaken siden den befinner seg så nærme og i åpent vann, eller over 300 ganger høyere enn det som ble målt i området for småbåthavnen. Dette er vanlig rutine ved slike sprengninger og det er ikke rapportert om skader på skrogene til båtene som benyttes av minedykkerne.

Vibrasjoner og rystelser i båten som følge av mineeksplosjonen er forøvrig minimale i forhold til det som oppleves under normal gange med båten.

Litteratur

- (1) Kinsler L E, Frey A R, Coppens A B, Sanders J V (1984): *Fundamentals of Acoustics*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- (2) Kjellsby E, Kvalsvik K (1997): *Begrensning av skade på marin fauna ved undervannsprengninger*, FFI/Rapport-97/04847, Ugradert
- (3) Jensen F B, Kuperman W A, Porter M B, Schmidt H (1994): *Computational Ocean Acoustics*, American Institute of Physics, New York.
- (4) Vestrheim M (1999): *Akustiske transdusere*, Forelesningskompendium i FYS 272 ved Universitetet i Bergen..
- (5) Erbe C (2002): Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model, *Marine Mammal Science* **18**, 2, 394-418.