

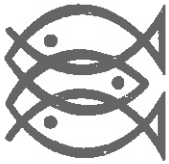
RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

36
1985





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUA JULKAISUA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 193, 00131 Helsinki 13.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

RIISTA- JA KALATALUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO
MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 36

1985

VIRKISTYS- JA KOTITARVEKALASTUS MERENKURKUN
POHJOISOSASSA VUONNA 1981

Mikko Sepponen ja Mikael Hildén

VEDENALAISTEN RÄJÄHDYSTEN AIHEUTTAMISTA KALA-
KUOLEMISTA LOUNAIS-SUOMESSA REILAN AMMUNTA-
ALUEELLA

Vesa Koivisto ja Raimo Parmanne

HELSINKI 1985

ISBN 951-9092-56-0
ISSN 0358-4623
Helsinki 1985
Yliopistopaino

VEDENALAISTEN RÄJÄHDYSTEN AIHEUTTAMISTA KALAKUOLEMISTA LOUNAIS-SUOMESSA

REILAN AMMUNTA-ALUEELLA

Vesa Koivisto¹ ja Raimo Parmanne²

Koivisto, V. & Parmanne, R. 1984: Vedenalaisten räjähdysten aiheuttamista kalakuolemista Lounais-Suomessa Reilan ammunta-alueella.

Puolustusvoimat ampuvat lounais-Satakunnassa Pyhärannan kunnassa sijaitsevilla Reilan ammunta-alueella kenttätykeillä, singoilla, kranaatinheittimillä, rannikkotykeillä, ilmatorjuntatykeillä sekä lentokoneista ammuttavilla raketeilla. Ammunta-alueella kalastaa 15 ammattikalastajaa ja kymmenkunta sivuammattikalastajaa. Silakka on alueen tärkein kalalaji. Sen saalis 1982 oli 328 000 kg ja saaliin arvo 360 000 mk. Kalakuolemia aiheuttavat eniten rannikkotykkien ammuksset, jotka tappavat silakkaa vuodessa noin 1800 kg. Eri ammuntojen tappamien kalojen arvo on noin 3000 mk vuodessa. Kalojen mahdollisen karkottumisen selvittämiseksi olisi suoritettava kokeita. Ammunnat aiheuttavat haittaa alueen kalastajille rikkomalla pyydyksiä ja vaikeuttamalla liikkumista. Kalakannoille ammunnoista ei ole voitu osoittaa koituvan suurta vahinkoa.

¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimuksen Hangon kenttäasema, Luotsikatu 43 A, 10940 Hangonkylä

²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, PL 193, 00131 Helsinki

I.	Johdanto.....	3
II.	Reilan ammunta-alue.....	3
III.	Suoritetut ammunnat.....	3
	1. Ilmatorjuntatykit.....	4
	2. Rannikkotykit.....	6
	3. Kenttätykit.....	6
	4. Singot ja kranaatinheittimet.....	6
	5. Raketit.....	6
IV.	Alueen ammattikalastus.....	7
V.	Vedenalainen räjähdys.....	9
	1. Vedenalaisen paineen muodostus.....	9
	2. Räjähdysnopeus.....	9
VI.	Räjähteiden tuhovoimaan vaikuttavat tekijät.....	10
	1. Kemiaalliset ja fysikaaliset parametrit.....	10
	2. Biologiset parametrit.....	11
VII.	Paineaallon aiheuttamat vauriot kaloissa.....	12
	1. Vaurioindeksi.....	12
	2. Kuolleiden kalojen kelluminen tai vajoaminen.....	14
VIII.	Räjäytysten kalojen tappava vaikutus (kenttäkokeiden tuloksia)....	15
IX.	Kalojen karkottuminen	18
X.	Ammuntojen vaikutus Vätternin nieriään.....	18
XI.	Kalakuolemien laskentamallit.....	19
XII.	Arvio Reilan ammuntojen kalataloudellisista vahingoista.....	23
XIII.	Ehdotuksia vahinkojen torjumiseksi ja mahdollisiksi jatko- tutkimuksiksi.....	29
XIV.	Kirjallisuus.....	30

I. Johdanto

Marraskuussa 1981 pidettiin Pyhärannan Reilassa paikallisten ammattikalastajien ja puolustusvoimain edustajain kesken kokous, joka käsitteli ammuntojen kalastukselle aiheuttamia haittoja. Kokous päätti lähettää kirjelmän Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselle tutkimuksen suorittamiseksi Reilan ammuntojen kalataloudellisista haitoista.

Maa- ja metsätalousministeriö määräsi kesäkuussa 1983 kiista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen suorittamaan selvityksen Reilan ammuntojen kalatalousvahingoista. Koska työ tuli suorittaa kiireisenä joutui kalantutkimusosasto luopumaan kenttäkokeiden suorittamisesta. Laadittu selvitys perustuu siten kirjallisuustietoihin ammunta- ja räjähdyshaitoista sekä kalastustilastoihin ja haastatteluihin.

II. Reilan ammunta-alue

Puolustusvoimat hankki vuonna 1969 maa-alueen lounais-Satakunnassa sijaitsevasta Pyhärannan kunnan Reilan kylästä (kuva 1). Puolustusvoimien hankkima alue käsittää Kyhkärännokan saarineen, mm. Uskelinsaaren ja Iso-Loueleton, sekä Rihtniemennokan kärjen (kuva 2).

Ammunnat suoritetaan Kyhkärännokasta merelle. Ammuntasektori vaaravyöhykkeineen käsittää alueen, joka on linjojen Reila-Kajakulma sekä Reila-Rihtniemennokka välillä (kuva 2). Vaara-alue ulottuu 15 km Kyhkärännokasta avomerelle.

Ammuntasektorin sisälle jäävä merialue on enimmäkseen matalaa. Kahdeksan kilometrin etäisyydeltä Kyhkärännokasta alkaa avomerialue, jossa syvyydet ovat enimmäkseen yli 20 metriä syvimpien kohtien ollessa yli 30 metriä.

Kahdeksan kilometriä lähemmäksi jäävällä alueella on vähän yli 15 metrin syvänteitä. Tällä alueella on kolme erillistä matalikkoa. Nämä ovat Uskelin-Truutin alue, Fräkälän saariryhmä, sekä Sasinpauhan eteläpuolinen alue (kuva 2). Syvyys näillä alueilla on enimmäkseen alle viisi metriä ja pohja on kivistä. Matalikoilla on pieniä luotoja ja vedenpäällisiä kiviä, mutta vain muutamia saaria.

III. Suoritetut ammunnat

Puolustusvoimilta on saatu tiedot Reilan alueella 1976-83 suoritetuista ammunnoista. Puolustusvoimien toivomuksesta ei tässä työssä esitetä tietoja ammuntopäivien ja ammuttujen räjähtävien ammusten lukumääristä. Reilan alueella ammutaan ilmatorjuntatykeillä, rannikkotykeillä, kenttätykeillä, singoilla, kranaatinheittimillä, sekä lentokoneista ammuttavilla raketeilla.

Rannikkotykeillä ammutaan hinattavaa maalilauttaa. Muilla edellämainituilla

aseilla ammutaan saarilla, lähinnä Uskelinsaarella, sijaitsevia kiinteitä maaleja. Talvella ammutaan jäällä olevia maaleja.

Ammuksien räjähdysaineina käytetään trotyyliä, heksogenia ja amatolia, jotka kaikki ovat nopeasti palavia räjähdysaineita.



Kuva 1. Reilan alueen sijainti osoitettu nuolella. Pyyntiruutujen 42 ja 47 numerot on merkitty ruutujen vasempaan yläkulmaan.

1. Ilmatorjuntatykit

Ilmatorjuntatykeillä ammutaan itsetuhoavia valokuova-ammuksia ilmaan taikka suorasuuntauksella saarella sijaitsevia maaleja. Osa ammuksista osuu veteen, mutta ne kimpoavat suuren nopeutensa johdosta ja räjähtävät ilmassa. Osa veteen osuvista ammuksista saattaa räjähtää vedessä. It-ammuksista on 75 % räjähtäviä ja ammusten sisältämä räjähdysainemäärä vaihtelee 0,013–0,170 kg välillä.

Ilmatorjunta on ampunut vuoden kaikkina kuukausina, mutta eniten tammi-, touko- ja syyskuussa.



Kuva 2. Reilan ammutasektori. Ammuntalavetit Kyhkärännokassa. Kuva pienennös merikortista.

2. Rannikkotykit

Rannikkotykeillä ammutaan 6-8 solmun nopeudella hinattavaa maalilauttaa. Yksi tykistökeskitys kestää 2-3 minuuttia ja sinä aikana ammutaan 20-30 ammusta. Suuri osa ammuksista ammutaan massiivisina, eli räjähtämättöminä. Räjähtävät ammukset laukaistaan herkällä sytytyksellä, ja ne räjähtävät aivan vedenpinnassa. Ammusten räjähdysainemäärä vaihtelee 0.12-7.20 kilon välillä. Suurimmassa osassa rannikkotykkien ammuksista on 0.45 kiloa räjähdysainetta. Talviaamunnat on suunnattu jäällä olevaan maaliin. Rannikkotykistön ammunnat ovat yleensä talvel- la ja syksyllä. Räjähtäviä ammuksia on ammuttu eniten syyskuussa.

3. Kenttätykit

Kenttätykkien ammuntapäivät keskittyvät maalís-, heinä-, ja marraskuuhun. Suurin osa ammuksista räjähtää maalialueena olevalla saarella. Pieni osa ammuksista saattaa osua veteen. Kenttätykkien ammuksissa on räjähdysainetta 0.013-3.600 kiloa. Ammuttujen räjähtävien ammusten lukumäärä on noin kolmasosa rannikkotykeillä ammutuista. Ammuntapäivät ovat keskittyneet maalís-, heinä-, ja marraskuuhun.

4. Singot ja kranaatinheittimet

Ammunnat suunnataan saarilla sijaitseviin maaleihin. Arviolta noin neljäsosa kranaateista räjähtää saaren rantavedessä. Ammuntoja suoritetaan ympäri vuoden ja ammusten räjähdysainemäärä on 1-2 kiloa.

5. Raketit

Lentokoneista on ammuttu raketteja kiinteisiin maaleihin. Ammusmäärä on pieni.

IV. Alueen ammattikalastus

Reilan ammunta-alueella kalastaa 15 ammattikalastajaa ja kymmenkunta sivu-ammattikalastajaa. Alueen ammattikalastajien pyytämät kalalajit ovat silakka, siika, taimen, turska, hauki, ahven, kampela, lohi, säyne, lahna, kuha, made, kuore ja särki.

Silakan rysäpyynti on alueen tärkein kalastusmuoto ja sitä harjoittaa seitsemän ruokakuntaa (vuoteen 1982 kalasti kahdeksan ruokakuntaa silakkarysillä). Verrattaessa Reilan alueen silakkasaaliita rysäkohtaisiin saaliisiin lähialueilla ei voida havaita, että Reilan alueen silakkasaaliit olisivat pienemmät kuin muiden alueiden saaliit (taulukko 10). Rysien sijainti Reilan alueella on esitetty kuvassa 3.

Taulukko 10. Silakan rysäpyynnin kehittyminen vuosina 1976-83.

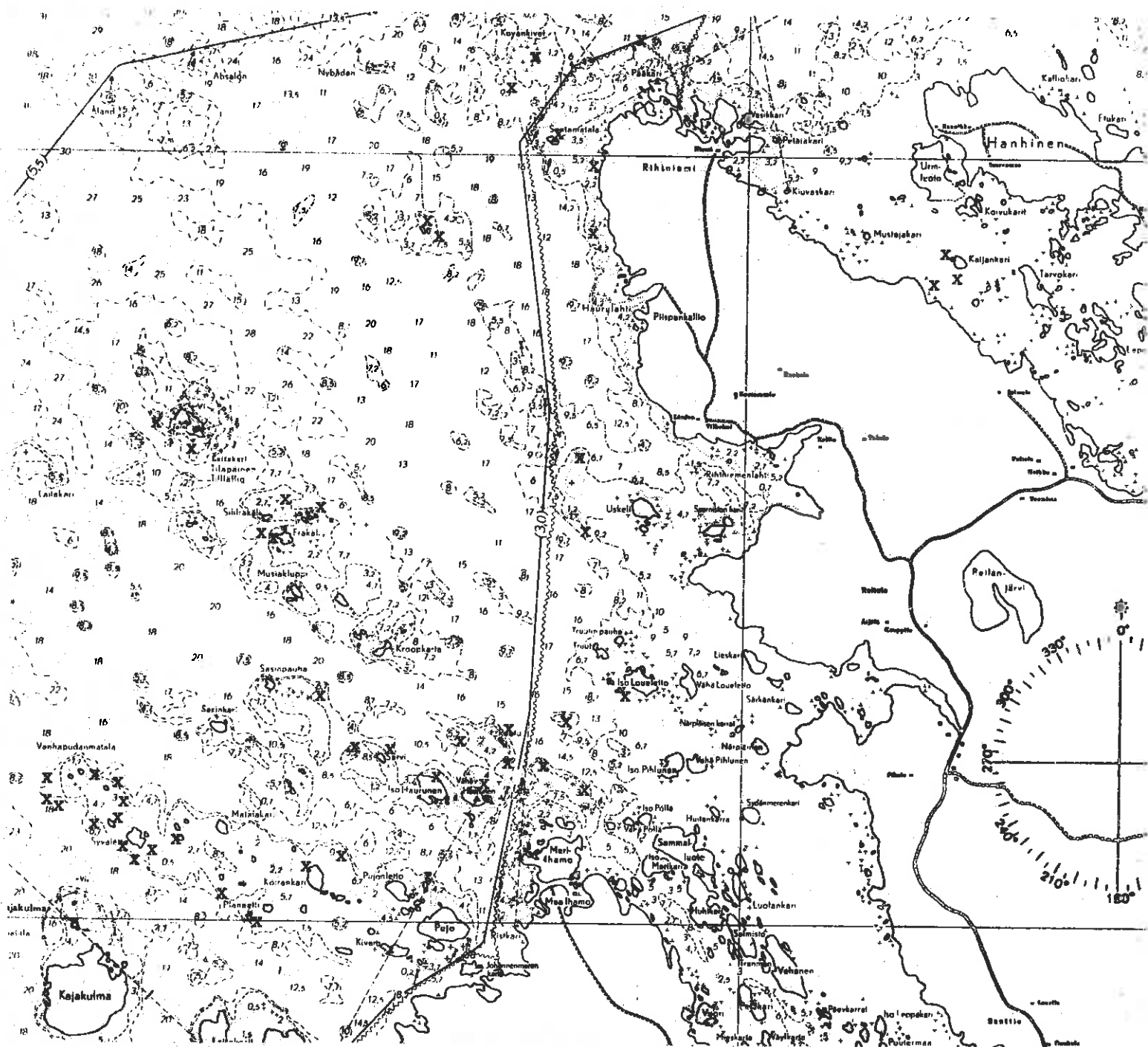
	Vuosi							
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
<u>Reilan ammunta-alue</u>								
Rysiä	34	39	41	30	34	36	31	28
Saalis (t)	392	339	341	151	362	194	328	332
Saalis/rysä (t)	11,5	8,7	8,3	5,0	10,6	5,4	10,6	12,1
<u>Pyyntiruutu 42</u>								
Saalis/rysä (t)	7,1	5,1	8,7	5,5	7,4	5,5	8,8	
<u>Pyyntiruutu 47</u>								
Saalis/rysä (t)	10,0	10,1	11,7	7,9	7,8	8,1	8,0	

Siian ajoverkkokalastus on toinen tärkeä alueen ammattikalastajien kalastusmuoto.

Taulukko 11. Viime vuosina on turskan pyynti lisääntynyt ja muodostaa nykyään merkittävän osan kalastajien tulosta (taulukko 11).

Taulukko 11. Siian ajoverkkokalastuksen keskimääräiset siika- ja taimensaaliit, sekä keskimääräiset turskasaaliit kalastajaa kohti.

	Keskimääräinen saalis (kg)/kalastaja						
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Siika	466	101	69	231	267	370	790
Taimen	7	6	5	135	107	95	116
Turska	58	120	90	745	688	353	1617



Kuva 3. Silakkarysien sijainti Reilan ammunta-alueella. Rysäpaikat merkitty ristillä (x).

Reilan alueelta saadun keskimääräisen vuosisaaliin arvo on lähes 450 000 markkaa (taulukko 12).

Taulukko 12. Neljän tärkeimmän kalalajin keskimääräiset vuosisaaliit (1976-82) Reilan alueella ja niiden arvo laskettuna kalastajien vuonna 1982 saaman keskihinnan mukaan.

	Saalis (t)	Hinta (mk/kg)	Arvo (mk)
Silakka	305.0	1.10	335 000
Siika	5.0	10.82	54 100
Taimen	1.1	24.97	27 500
Turska	7.8	1.99	<u>15 500</u>
			432 100

V. Vedenalainen räjähdys

Räjähteiden käyttö kalastuksessa on laissa kielletty (Kalastuslaki 30 §). Huolimatta moninaisista vedenalaisista räjäytystöistä (satamatyöt, ruoppaukset, tietyt saaristossa, geologiset tutkimukset, armeijan kokeet ja ammunnat ym) ei maassamme ole suoritettu kuin muutama tutkimus vedenalaisten räjähteiden kaloja tappavan vaikutuksen selvittämiseksi (SAINIO 1957, SJÖBLOM 1958).

1. Vedenalaisen paineen muodostus

Kuvaavaa vedenalaiselle räjähdykselle on nopea nousu huippupaineeksi, jota seuraa lähes eksponentiaalinen paineen lasku kunnes pintaheijastuma (vedenpinnasta tai räjähdysmuodostamasta kaasukuplista) äkkiä pudottaa paineen alle vallitsevan hydrostaattisen paineen, eli negatiiviseksi paineeksi. Tätä seuraa palautuminen vallitsevaan hydrostaattiseen paineeseen mahdollisen pohjaheijastuksen aiheuttaman painehiipun kautta (WILEY et al. 1981).

Jotkin paineaaltomuodot saattavat vääristyä ympäristöolosuhteiden aiheuttaman taittumisen johdosta. COLE (1948) ja KRAMER (1968) ovat esittäneet yksityiskohtaiset paineaaltokuvaukset, joita ei tässä lähemmin tarkastella.

2. Räjähdysnopeus

Räjähdysaineiden räjähdysnopeus (DV) jakaa räjähteet "korkearäjähteisiin" ja "matalaräjähteisiin". Seuraavassa muutaman yleisen räjähdysaineen räjähdysnopeus (TELEKI & CHAMBERLAIN 1978):

Räjä.aine	DV
- musta ruuti	1709 m/s
- Hydromex M210	4938 "
- T3	5486 "
- TNT	7625 "

"Matalaräjähteet", kuten ruuti, eivät aiheuta alipainetta, eli negatiivista

painetta, vaan hitaasti kehittyvän paineaallon, joka on virtaamaltaan loiva ja amplituudiltaan pieni (PROTASOV et al. 1982). Dynamiitilla kuten kaikilla muillakin "korkearäjähteillä" on terävä ja äkkinäinen painehuippu.

VI. Räjähteiden tuhovoimaan vaikuttavat tekijät

Vedenalaisen räjähdysen vahingollisuus kaloille on riippuvainen lukuisista tekijöistä, jotka voidaan jakaa kemiallis-fysikaalisiin sekä biologisiin parametreihin.

1. Kemialliset ja fysikaaliset parametrit

Arvioitaessa räjähteiden aiheuttamia kalatuhoja on seuraavat seikat otettava huomioon (SJÖBLOM 1958, ESSVIK 1977, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978, WILEY et al. 1981):

- räjähdelaaji (räjähdysnopeus, DV)
- räjähteen paino
- räjähdysvyvyys
- veden tiheys (riippuu lämpötilasta)
- veden syvyys
- pohjan laatu (pehmeä, kova jne.)
- pohjan muoto
- avovesi/rajattu vesialue (esim. lahti tai lampi)
- jään esiintyminen

Räjähdysaineen räjähdysnopeus on tärkeä parametri arvioitaessa kalakuolemia. Seismisten tutkimusten yhteydessä käytettiin aikaisemmin yleisesti dynamiittia, joka aiheutti suuria kalakuolemia, mutta kun siirryttiin käyttämään mustaa ruutia ei kalakuolemia todettu juuri lainkaan. On havaittu että kuolevuus on suoraan verrannollinen räjähdysnopeuteen (HUBBS & RECHNITZER 1952, FALK & LAWRENCE 1973, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978). Koska ruutia räjäytettäessä ei esiinny nekatiivista painetta, kalat kestävät huomattavasti suurempia paineita, jopa 854-1103 kPa. Dynamiittia käytettäessä kalojen paineenkesto on vain 276 kPa, ja "korkearäjähteillä" joiden räjähdysnopeus on 1,5 x dynamiitin (eli 4900 m/s), kalojen paineenkesto on enää 30-150 kPa (HUBBS & RECHNITZER 1952).

"Matalaräjähteiden" vähäistä vaikutusta kaloihin havainnollistavat kokeet, jotka suoritettiin räjäyttämällä 20-40 kiloa mustaa ruutia (Hercules FFG ja Hercules FFFG) kalaparvien tuntumassa. Kirkkaassa vedessä havaittiin, että kalaparvet (mm. lohia) jatkoivat uintiaan ilman selvää vaikutusta, ja yksi lohi pyydystettiin jopa "räjähdyskuplasta" vajaa puoli minuuttia räjähdysen jälkeen. Sammakkomieshavainnoin todettiin, ettei pohjalla ollut kuolleita kaloja (HUBBS & RECHNITZER 1952, FRY & COX 1953, BALDWIN 1954).

HUBBS & RECHNITZER (1952) toteavat että yhden kilon dynamiittipanoksen aiheuttaa puolet kahdeksan kilon panoksen paineaallosta, ja että dynamiitti on jo puolen kilon panoksina erittäin vahingollista kaloille.

ESSVIK (1977) esittää, että räjähdysten tappava vaikutus kaloihin kasvaa kovilla pohjilla pohjasta heijastuvan paineaallon vaikutuksesta sekä uusituilla räjähdyksillä. Hänen havaintojensa mukaan tuho on suurin lähellä veden pintaa. Syvyyden vaikutuksesta kalatuhoihin ovat WILEY et al. (1981) esittäneet laskennallisen mallin (kuva 4). Tämän mallin mukaan suurin tappava säde esiintyy välivedessä. YELVERTON et al. (1975) tulivat tutkimuksissaan myös siihen tulokseen että syvemmässä vedessä kalakuolemat ulottuvat laajemmalle kuin matalassa vedessä.

Räjähdysten tapahtuessa lähellä veden pintaa purkautuu osa räjähdysten paineesta ilmaan, ja täten tappava vaikutus jää pienemmäksi. Mitä lähempänä pintaa räjähtäminen suoritetaan, sitä suurempi on ilmaan purkautuvan paineen osuus.

PROTASOV et al. (1982) ovat havainneet positiivisen ilmaan purkautuvan paineen muodostavan negatiivisen paineen räjähdyspisteen alapuolelle kun räjähdys tapahtuu lähellä veden pintaa. Tämä alipaine on 2,5 ilmakehää kun räjähdys tapahtuu kolmen metrin syvyydessä ja 67 ilmakehää puolentoista metrin syvyydessä tapahtuvan räjähdysten alapuolella.

Kivipohjilla pohjaheijastuma tehostaa räjähdyspainetta, ja täten lisääntyy pelagisten kalojen vahingoittumisriski. Toisaalta kumpuileva kivipohja tarjoaa suojaa pohjanläheisille kaloille. Tasainen pohja on vailla suojapaikkoja, ja täten paineaallot pääsevät levittäytymään laajalle alueelle vahingoittaen lievästi monia kaloja (WILEY et al. 1981).

2. Biologiset parametrit

Kalojen muoto, koko, sijainti (ovatko suojassa esteen takana) ja suunta räjähdykseen nähden ovat merkityksellisiä arvioitaessa räjähtäyksen vaikutuksia (ESSVIK 1977, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978).

Tärkeimmät biologiset parametrit ovat (ESSVIK 1977, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978):

- mätä/maiti
- kutukala
- vastakuoriutunut poikanen
- postlarvae-poikanen (kalanpoikanen, jolla on jo kehittynyt uimarakko)
- aikuinen
- kalalaji (kalan muoto)
- uimarakon esiintyminen
- kalan koko (pienet kalat herkimpiä)
- kalat, joilla on tiivis lujaseinäinen uimarakko sekä suippo muoto, kestävät paremmin äkillisiä paineenmuutoksia

ESSVIKIN (1977) tutkimukset Vätternin nieriästä osoittivat, että mäti ja kalanpoikaset olivat herkimpiä räjähdyspaineille. Juuri hedelmöittynyt mäti saattaa vaurioitua pitkienkin matkojen päässä räjähdyspaikasta. Niinkin pienet kuin 50 gramman TNT-panokset heikensivät neljän eri kalalajin mädin kuoriutumista (KOSTYUCHENKO 1975). Kokeessa, jossa räjäytettiin 12 kiloa trotyyliä, aiheutui vaurioita kalanpoikasissa 500 metrin päässä räjähdyspaikasta (ESSVIK 1977). ESSVIK (1977) tuli tutkimuksissaan siihen tulokseen, että uimakykyisten ja juuri kuoriutuneiden poikasten välillä ei ollut eroa paineenkestossa.

RASMUSSENIN (1967) mukaan juuri kuoriutuneet lohen ja sillin poikaset eivät ole herkkiä räjähdyspaineille. Nämä kestävät 5 barin paineen, eivätkä vaurioidu nopeista paineenvaihdoksista. Noin 3-6 kuukauden ikäisinä, kun lohen ja sillin poikasille on kehittynyt uimarakko, nämä kuolevat vuorokauden kuluttua 2 barin paineaallon vaikutuksesta.

VII. Paineaallon aiheuttamat vauriot kaloissa

Useimmat tutkimukset osoittavat uimarakon olevan kalojen pääasiallisin vioittumispaikka (PUKE 1946, APLIN 1947, HUBBS & RECHNITZER 1952, HUBBS et al. 1960, KEARNS & BOYD 1965, CHRISTIAN 1973, YELVERTON et al. 1975, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978).

HUBBS & RECHNITZER (1952), KEARNS & BOYD (1965), sekä CHRISTIAN (1973) ovat havainneet, että ruumiinonteloon on tullut verta ja uimarakon kappaleita räjähdysten yhteydessä, mikä osoittaisi uimarakon lähinnä räjähtäneen ruumiinonteloon eikä painuneen kasaan. Tämä merkitsisi sitä, että negatiivinen paine, joka aiheutuu räjähdysten muodostaman kaasukuplan oskillaatiosta tai heijastumisesta vedenpinnasta, on ollut pääasiallisin uimarakon tuhoaja ja sisäelinten vaurioittaja. Täten eivät kalat, joilta uimarakko puuttuu, ole yhtä alttiita paineaallon vaikutuksille kuin uimarakolliset kalat.

Muita kaloissa esiintyviä vaurioita ovat verenvuodot munuaisissa, maksassa, sukuelimissä, haimassa ja suurissa verisuonissa, sekä hajonnut rasvakudos ja kalan pintakudoksen vaurioituneet verisuonet (TYLER 1960, FALK & LAWRENCE 1973, YELVERTON et al. 1975, SAKAGUCHI et al. 1976, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978). Näiden vaurioiden lisäksi ovat tutkimukset osoittaneet vaurioita sydämessä ja varsinkin selkääortassa. Joissakin tapauksissa on kaloilla löydetty katkenneita kylkiruotoja (PUKE 1946, UMEZAVA et al. 1978). ESSVIKIN (1977) mukaan kalojen kuolinsyynä ovat useimmiten sisäiset verenvuodot.

1. Vaurioindeksi

Räjähdysten aiheuttaman vaurion vakavuutta voidaan kuvata ns. vaurioindeksillä (taulukko 13).

Taulukko 13. Räjähdyksen aiheuttamien vahinkojen luokitusperusteet. Indeksiluokat 0-5 (HUBBS et al. 1960).

- (0) Ei vahinkoa.
- (1) Vain pientä verenvuotoa, lähinnä munuaisia ympäröivissä kudoksissa.
- (2) Uimarakko vahingoittumaton, mutta pientä verenvuotoa ruumiin sisäosissa sekä lieviä munuaisvaurioita.
- (3) Ei ulkoisia merkkejä vaurioista, mutta yleensä haljennut uimarakko. Vähemmän särkyneitä elimiä ja verenvuotoa kuin kohdissa (4) ja (5). Vakavia munuaisvaurioita.
- (4) Pintakudoksen epätäydellinen rikkoutuminen, ja vuotoa peräaukosta. Uimarakko haljennut ja vahingoittuneita sisäelimiä.
- (5) Kalan "halkeaminen". Sisäelimet usein täysin homogenisoituneet, eli tuhoutuneet. "Halkeaminen" tapahtunut useimmiten kylkiviivaa myöten.

Vaikka kalat saavat vain (2) tai (3) luokan vaurioita on epätodennäköistä, että kalat selviävät. Munuaisten ja uimarakon vauriot heikentävät näiden kalojen elinkykyä. Tehokas osmoregulaatio (vesi-suolatasapainon ylläpitäminen) on tärkeätä kaloille. Jopa pienet munuaisvauriot voivat vakavasti vaurioittaa kalan osmoregulaatiokykyä. Vauriot uimarakossa taas heikentävät kalan kykyä säännöstellä uimarakon kaasutilavuutta ja täten kalan uintikyky heikkenee (WILEY et al. 1981).

Vaikka paranemiskyky kaloilla (spot, white perch), joiden uimarakko oli rikkoutunut, oli huomattava pidettäessä kaloja laboratorio-olosuhteissa räjäytysaltistuksen jälkeen (WILEY & WILSON 1974), ovat toiset kenttä- ja laboratorio-kokeet osoittaneet, että vapaasti uivilla kaloilla on pienet mahdollisuudet jäädä eloon saatuaan vaurioita räjähdyksessä (WILEY et al. 1981).

Vaikka uimarakko jätetään huomiotta, ovat eri kalalajien väliset paineenkestoerot suuria (taulukko 14). Kirjallisuudesta löytyy mainintoja paineelle herkistä ja kestävästä kalalajeista. Monien tutkimusten esittämät herkkyyserot eivät kenties ole todellisia vaan johtuvat kalalajien esiintymisrunsaudesta räjäytyspaikan läheisyydessä.

PROTASOV et al. (1982) ovat suorittaneet mittauksia meri- ja sisävesikaloiden paineenkestoherkkyydestä. Seuraavassa on luettelo heidän esittämistään herkistä ja kestävästä kalalajeista.

Sisävesikalat:	herkät	: miekkasarvi, salakka, ruutana
	verraten herkät:	särki, ahven, kuha, hauki
	kestävät	: lahna, säyne, kiiski, suutari
Merikalat	: arat	: hopeakylki, (Atherina), sardelli, piikkimakrilli, kolja

Taulukko 14. Havaintoja eri kalalajien paineenkestosta ja tappavasta sekä vaarattomasta etäisyydestä (PROTASOV et al. 1982).

Kalalaji	Pituus (cm)	Vaaraton etäisyys (m)	Vaaraton paine (MPa)	Tappava etäisyys (m)	Tappava paine (MPa)
Miekkasärki	16 - 25	18	0.50	8	1.25
Salakka	8 - 12	16	0.57	8	1.25
Sulkava	12 - 20	16	0.57	6	1.75
Ruutana	14 - 18	12	0.78	8	1.25
Ahven	8 - 12	12	0.78	6	1.75
Kuha	30 - 36	-	-	6	1.75
Hauki	30 - 40	12	0.78	6	1.75
Pasuri	14 - 16	12	0.78	5	2.12
Särki	12 - 20	10	0.96	3	3.79
Säyne	15 - 29	10	0.96	3	3.79
Lahna	20 - 30	4	2.71	2	5.98
Kiiski	6 - 12	2	4.22	1	6.97
Suutari	20	-	-	1	13.05

Kalojen paineenkestävyyttä kenties tärkeämpää on, missä syvyyksissä kyseiset kalalajit esiintyvät mihinkin aikaan vuorokaudesta. Yleisesti ottaen ovat lähellä pintaa esiintyvät kalalajit herkempiä, koska ne ovat alttiita kaikilta suunnilta tuleville paineaalloille, ja ovat vailla pohjan epätasaisuuksien tarjoamaa suojaa. Useimmissa tutkimuksissa, joissa kalojen paineherkkyyttä on tutkittu, on räjähdys tapahtunut lähellä veden pintaa, mikä on osaltaan vaikuttanut pelagisten kalojen suureen kuolleisuuteen.

Reilan alueella runsaimmin esiintyvät pelagiset eli välivedessä uivat kalat ovat silakka ja siika. Silakat ovatkin yleisimmin kuolleina tavatut kalat meillä meressä suoritettujen räjäytysten jälkeen (SJÖBLOM 1958).

2. Kuolleiden kalojen kelluminen tai vajoaminen

On esitetty erilaisia käsityksiä siitä, kuinka suuri osa kaloista, jotka kuolevat vedenalaisissa räjähdyksissä, nousee pintaan ja kuinka suuri osa vajoaa pohjaan. SJÖBLOM (1958) pitää ilmeisenä, että jotkut kalalajit eivät lainkaan nouse pintaan. LEITILÄ (1979) esittää, että mitä suurempi kala, sitä nopeammin se vajoaa pohjaan kuollessaan. LEITILÄ (1979) suoritti sukelluksia räjäytyksen jälkeen ja totesi 50 % ahvenista, särjistä ja kiiskistä vajoavan pohjaan. Kaikki siikat olivat jääneet kellumaan pystyasentoon niin, että kuono oli noin puoli senttiä vedenpinnan yläpuolella. Hän huomasi, että jopa ne siikat,

joiden uimarakko oli rikkirevennyt, jäivät kellumaan.

APLIN (1947) havaitsi, että lähes kaikki kuolleet kalat kelluivat. Myös FITCH & YOUNG (1948) totesivat sukeltamalla, että räjähdyksessä kuolleita kaloja oli vajonnut pohjaan vain vähän.

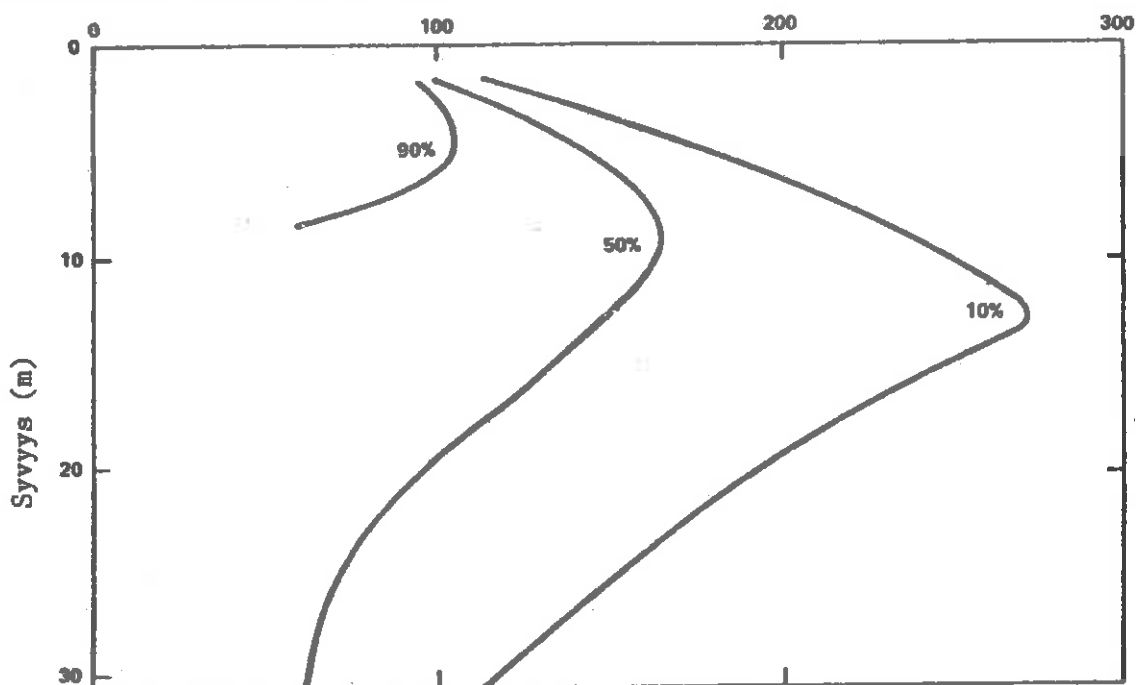
TELEKI & CHAMBERLAIN (1978) tulivat toisaalta siihen tulokseen, että vain 50 % kaloista jäävät kellumaan. PROTASOV et al. (1982) toteavat, että on hyvin erilaisia käsityksiä kalojen kelluntaominaisuudesta, ja että tutkijat ovat esittäneet pintaan nousevien kalojen osuuden olevan 20–70 %.

VIII. Räjätysten kaloja tappava vaikutus (kenttäkokeiden tuloksia)

Pienissä järvissä dynamiitilla tehdyt kokeet ovat osoittaneet, että 4–5 kiloa dynamiittia per hehtaari riittää tappamaan muutaman hehtaarin kokoisen järven kalakannan (SAINIO 1958). Järven syvyys on näissä kokeissa ollut 3–4 metriä.

Räjähdysten tappava vaikutus etäisyydestä kirjallisuudessa esitetyt tiedot vaihtelevat (taulukot 15 ja 16), mikä johtuu siitä että kokeet on suoritettu erilaisissa luonnonolosuhteissa.

WILEY et al. (1981) havainnollistaa tappavan räjähdyspaineen leviämistä vesimassassa teoreettisella kalakuolemamallilla (kuva 4). Malli osoittaa 10 % kuolleisuuden kattavan suuren vesitilavuuden, jossa esiintyvät kalat vahingoittuvat lievästi. Kun otetaan huomioon, että jopa lievän vaurion saaneen kalan eloonjääntimahdollisuudet ovat huonot, niin tätä 10 % aluetta ei ole syytä jättää huomioimatta (WILEY et al. 1981).



Vaakasuora etäisyys räjähdyspisteestä (m)

Kuva 4. Laskennallinen malli tappavan alueen laajuudesta 21,5 cm pituiselle ahvenelle (white perch), kun 32 kg panos räjäytetään 9 m syvyydessä. Prosenttiluvut ilmaisevat kuolleisuusprosentteja.

Taulukko 15. Kirjallisuudesta löytyviä mainintoja erikokoisten räjähteiden tappavan vaikutuksen suuruudesta. Suluissa rähähdelaji, mikäli se ilmenee artikkelissa.

Räjähdysaineen paino (kg)	(räjähdelaji)	Tappava etäisyys (m)	Viite
0,025		2-7	PROTASOV et al. 1982
0,025	(dynamiitti)	3-5	KARÅS & NEUMAN 1981
0,3		10	PROTASOV et al. 1982
0,5	("korkearäjähde")	60	FERGUSON 1962
0,5	(ojitusdynamiitti)	20	SAINIO 1957
1,0	(forsiittidynamiitti)	20-40	SAINIO 1957
1,0	(ojitusdynamiitti)	30-40	SAINIO 1957
1,5	(trotyyli)	5-10 (pehmeä pohja)	PUKE 1946
1,5	(trotyyli)	40 (kivipohja)	PUKE 1946
2,0		20	HUBBS & RECHNITZER 1952
3,0	(kloralit)	10	DAHR 1946
9,0		122	FERGUSON 1962
20,0		50-110	SJÖBLOM 1958
22,7	(201 Hydromex)	20-50	TELEKI & CHAMBERLAIN 1978
8 x 23-45	(60% gelatiinidynam.)	300-450	HUBBS & RECHNITZER 1952
28 5	(nitrolit)	15-25	PUKE 1946
10 5	(nitrolit)	30	PUKE 1946
272 0	(201 Hydromex)	45-110	TELEKI & CHAMBERLAIN 1978
14-140		<100	TILLER & COKER 1955
110-550		<100	COKER & HOLLIS 1950
300		300-450	SJÖBLOM 1958
2 x 600		1000	SJÖBLOM 1958
750	(novit)	100	DAHR 1946
2250	(novit)	300	DAHR 1946

Taulukko 16. Havaintoja erisuuruisten räjähdysainemäärien vaikutuksesta eri kalalajien vaarattomaan ja tappavaan etäisyyteen räjähdyspisteestä (PROTASOV et al. 1982).

Latauksen massa (g)	Kalalaji	Tappava etäisyys (m)	Vaaraton etäisyys (m)
1.5	Sardelli	1.5	2.5
	Piikkimakrilli	1	2.5
	Rengassargi	1	2
10.5	Sardelli	4	7
	Piikkimakrilli	4	7
	Kolja	4	7
19.5	Sardelli	4	9
	Piikkimakrilli	4	8
	Hopeakylki (Atherina)	4	8
25	Sardelli	4	8
	Piikkimakrilli	5	9
	Kolja	5	10
	Tokko	5	10
39	Sardelli	7	10
	Piikkimakrilli	7	10
	Hopeakylki	7	10
50	Sardelli	10	12
	Piikkimakrilli	10	12
	Kolja	10	12
100	Sardelli	Ei määritelty	19
	Piikkimakrilli	"	19
	Kolja	"	19
200	Sardelli	"	28
	Piikkimakrilli	"	28
	Kolja	"	28
900	Hopeakylki	26	43
	Särki	14	20
2600	Hopeakylki	42	Ei selvinnyt
	Särki	Ei selvinnyt	26
5000	Hopeakylki	"	100
	Karppi	"	25
10000	Sampi		35
	Karppi		40
	Tokko		14
	Lahna		50
20000	Sampi		50
	Karppi		55
	Lahna		100
	Tokko		25

IX. Kalojen karkottuminen

APLIN (1947) havaitsi, että anjovis- ja tonnikalaparvet eivät millään tavalla reagoineet räjähdysiin. Tällöin käytettiin räjähdetutkimuksissa petrogel-nimistä räjähdysainetta.

FITCH & YOUNG (1948) havaitsivat räjäytystöiden ollessa käynnissä 30-40 kalan parven (*Atherinopsis californiensis*) uivan havainnointilaivan ja räjähdyspisteen välissä. Kalat uivat tappavalla vaikutusalueella räjähdyspisteestä, mutta räjähdys tappoi vain kolme niistä muiden jatkaessa uintia ilman näkyvää vaikutusta. Toistuvissa räjähdyksissä vaurioituneet kalat houkuttelivat petokaloja paikalle jolloin havaittiin osan petokaloista kuolevan räjähdyksissä toisten jatkaessa syöntiään. FITCH & YOUNG (1948) eivät pystyneet osoittamaan kalojen karkottumista räjäytysalueelta. Artikkelissa ei esitetä räjähdysaineen laatua. Koska havainnot on tehty seismisten tutkimusten yhteydessä, saattaa olla että kyseessä on ollut hitaasti palavat räjähteet, kuten ruuti, joiden haittavaikutukset ovat tunnetusti pienemmät kuin "korkearäjähteiden" (PROTASOV et al. 1982).

ESSVIK (1977) on päinvastoin kuin edellämainitut todennut kalojen karkottuvan, mutta vain lyhyeksi ajaksi. Muissakin tutkimuksissa on todettu että räjäytysalueiden "tyhjiö" täyttyy kaloista määrätyn ajan kuluessa. Joidenkin mielestä tämä tapahtuu vuorokaudessa (BROWN & SMITH 1972, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978) ja toisten mielestä uudelleenasetuttaminen kestää kauemmin, jopa puoli vuotta (HUBBS & RECHNITZER 1952). "Räjähdystyhjiön" täyttyminen on riippuvainen alueen eristyneisyydestä. Silloin kun palautuminen on kestänyt kauan on ollut kyseessä eristetty vesialue.

Yhteenvetona voidaan todeta kalojen karkottumisesta olevien tietojen olevan puutteellisia.

X. Ammuntojen vaikutus Vätternin nieriään

Vätternissä on ESSVIKIN (1977) mukaan viime vuosina ammuttu räjähtämättömiä kranaatteja, harjoituskranaatteja (räjähdysainemäärä 50-300 g), sekä räjähdyskranaatteja (sisältävät korkeintaan 8 kg räjähdysainetta).

Aiemmin, vuosina 1945-46, on suoritettu 50-500 kilon pommien pudotuksia yhdelle parhaimmista Vätternin nieriän kutupaikoista. Tällä Höjenin kutupaikalla oli silloin laivamaali, jota pommitettiin räjähtävin pommein. Pommituksien jäljiltä kalastajat löysivät suuria määriä kuolleita kaloja, mm. nieriöitä.

Tutkimusjaksolla on ammuttu muutaman kerran hidastesytytteisiä kranaatteja. Nämä kranaatit tappoivat veden alla räjähtäessään suuria määriä muikkuja sekä 300-400 vajaan kilon painoista siikaa, jotka kelluivat maalialueella. Armeija keskeytti ammuttansa huomattuaan kalakuolemat. Käytetty kranaatti oli 12 cm pituinen hidastesytytyksellä varustettu siipikranaatti.

Tutkiessaan Höjenin kutualuetta sukeltaja havaitsi 2-4 metrin suuruisia kuoppia, jotka paikallinen kalastaja väitti muodostuneen 1940-luvun pommitusten yhteydessä. Kyseisellä kutualueella ei tutkimusjakson aikana todettu nieriän kutua, vaikka nieriän kutu muualla Vätternissä onnistuu hyvin. Ammuntalueella kalastavien ammattikalastajien saaliit olivat samaa suuruusluokkaa kuin muualla Vätternissä.

Tutkimuksin ei voitu osoittaa armeijan ammuntojen tuhoavan nieriän kutua Höjenin alueella. Armeija on kuitenkin oma-aloitteisesti luopunut hidaste-sytytteisten kranaattien käytöstä tällä alueella.

XI. Kalakuolemien laskentamallit

Useissa eri tutkimuksissa (HUBBS & RECHNITZER 1952, HUBBS et al. 1960, FALK & LAWRENCE 1973) on käytetty huippupainetta ($P_{\max}$) arvioitaessa tappavan vaikutuksen suuruutta. Tällä menetelmällä ei voida kuitenkaan luotettavasti arvioida tappavaa vaikutusta, koska huippupainemalli ei ota huomioon kalan kokoa, kalalajien välistä paineenkestoeroa, kalan sijaintia räjähdykseen nähden, räjähdysaineen määrä, räjähdetyyppejä, räjähdyskykyä, kalan esiintymissyvyyttä, veden syvyyttä eikä pohjatyyppejä.

Räjähdysaineilla, joilla on samanlainen huippupaine, saattaa olla erilainen nousunopeus ja huippupaineen kesto ja täten erilainen vaikutus kaloihin.

Toinen kalakuolemien laskentamalli, Energy flux density (E_f)-malli, osoittautui hyväksi kalakuolema-arvioiden perustaksi useissa eri tutkimuksissa (SAKAGUCHI et al. 1976), kuitenkin vain puolet kenttätutkimustuloksista vastasivat E_f -mallin tulosta (HILL 1978).

YELVERTON et al. (1975) tuli siihen tulokseen, että paineaallon impulssi (I), eli paine aikayksikköä kohden, on paras mitta kaloille aiheutuneita vaurioita arvioitaessa. Testattaessa eri lajien erikokoisia yksilöitä havaittiin, että mitä painavampi kala, sen suurempi impulssi tarvitaan tappamaan se. (kuva 5). Kenttäkokeissa havaittiin, että tappavaan impulssiin perustuva malli on parempi kuin $P_{\max}$ - ja E_f -malli, koska tappava impulssi korreloi hyvin kalakuolemiin nähden. Täten päädyttiin arviointimalliin, joka ottaa huomioon räjähteen painon ja räjähdyskyvyyden, sekä kalan painon ja esiintymissyvyyden (YELVERTON et al. 1975). HILL (1978) kokeili impulssi-mallia eri kenttäkokeisiin ja totesi, että tulokset olivat samaa suuruusluokkaa kuin HUBBS et al. (1960), TYLER (1960), ROGUSKI & NAGATA (1970) ja FALK & LAWRENCE (1973) tutkimuksissaan esittävät.

Tässäkin mallissa jäävät huomiotta monet räjähdysen tappavaan voimaan vaikuttavat tekijät. Kuitenkin YELVERTONin et al. (1975) mallin perusteella päädyttiin lähelle kenttäkokeiden havaintoja.

Kanadassa on Department of Fisheries and Oceans päättänyt käyttämään YELVERTON et al. (1975) mallia arvioidessaan räjähteiden vaikutusta kalakantoihin seuraavien

- seikkojen vuoksi: - malli on vastannut kenttäkokeissa havaittuja kalakuolemia
- mallia voidaan käyttää arvioitaessa tappavaa sädettä ja turvallisia etäisyyksiä
 - malli ottaa huomioon kalan painon ja esiintymissyvyyden, sekä räjähdysaineen painon ja räjähdysyvyyden
 - mallia voidaan käyttää kaikkiin räjähdysaineisiin, joilla on suuri räjähdysnopeus

Kuitenkin, jos vesi on matalaa tai jos veden syvyys on vähemmän kuin viisi kertaa räjähdysvyvyys, tai kalan esiintymissyvyys tai mikäli alueella on kivipohja, tulee malli aliarvioimaan räjähdysvaikutuksen. Tällöin pohjaheijastuma lisää huomattavasti shokki-impulssia. Samoin tapahtuu, kun räjähdys suoritetaan jäällä. Näissä tapauksissa vaikutus on kerrottava kahdella.

Mallia varten tarvitaan tiedot seuraavista muuttujista:

- keskipaino alueella esiintyville kalalajeille
- kalan esiintymissyvyys
- räjähdysvyvyys
- räjähdysaineen paino

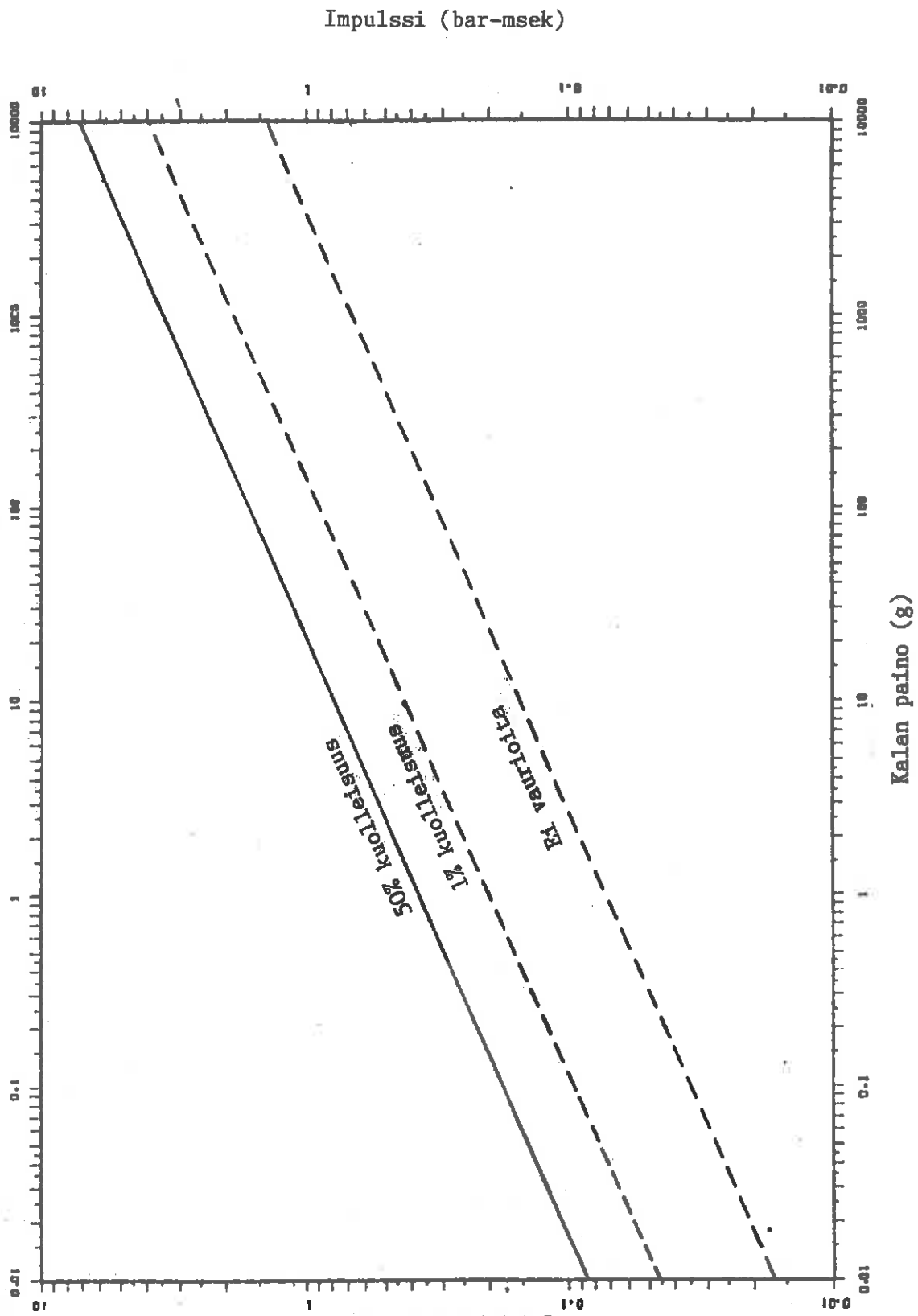
Räjähdyksen tappavan vaikutuksen laskemiseksi toimitaan seuraavasti:

1. Katso kalan painoa vastaava impulssi (I) kuvasta 5. Kuva osoittaa impulssin, joka vastaa 50% kuolleisuutta, 1% kuolleisuutta ja impulssin, joka ei enää aiheuta kalalle vaurioita.
2. Laske painotettu impulssi (scaled impulse) jakamalla kuvasta 5 saatu impulssin arvo kuutiojuurella räjähdysaineen painosta ($I_{sc} = I / wt^{1/3}$).
3. Laske parametri "A" seuraavan kaavan mukaan:

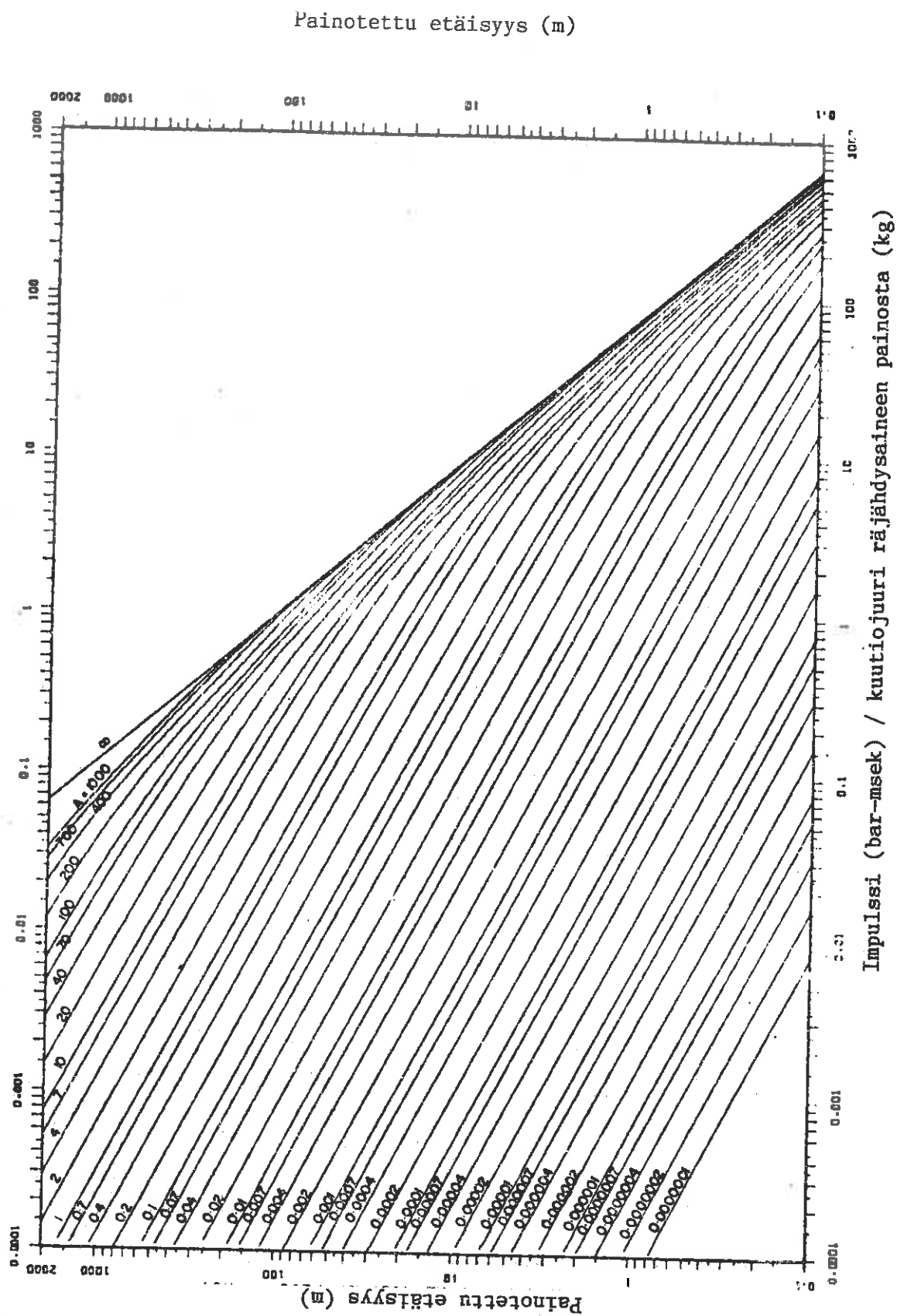
$$A = \frac{\text{kalan esiintymissyvyys(m)} \times \text{räjähdysvyvyys(m)}}{(\text{räjähteen paino(kg)})^{2/3}}$$

4. Katso kuvasta 6 painotettu etäisyys (R_{sc}), joka vastaa saatuja arvoja parametreille I_{sc} ja A.
5. Laske etäisyys (R) seuraavan kaavan mukaan:

$$R(m) = R_{sc} \times \text{räjähteen paino}^{1/3}$$



Kuva 5. Tappavan impulssin sude kalan painoon (YELVERTON et al. 1975).



Kuva 6. Parametrin "A" käyrät tappavan vaikutusetäisyyden määrittämiseksi impulssin perust
perusteella (YELVERTON et al. 1975).

XII. Arvio Reilan ammuntojen kalataloudellisista vahingoista

Kalataloudellisten vahinkojen selvittämiseksi on Reilan ammunnoissa kuolleiden kalojen määrä arvioitu YELVERTONin et al. (1975) mallin perusteella. Räjähdyksen vaikutus riippuu räjähdysyvyydestä (taulukko 17). Ammusten räjähdysyvyys riippuu käytettävästä sytyttimestä. "Herkät" kranaatit räjähtävät aivan veden pinnassa (jotta edellämainittua mallia voidaan käyttää, on oletettu herkkien kranaattien räjähdysyvyyden olevan 0.01 m) ja "jäykät" yhden metrin syvyydessä.

Taulukko 17. Räjähdysainemäärän (0,013–7,200 kg) vaikutus tappavan vaikutuksen suuruuteen räjähdysyvyyden vaihdellessa 0,01–2,00 metrin välillä. Tappava vaikutus on määritetty laskennallisesti (YELVERTON et al. 1975) kymmenen metrin syvyydessä esiintyvälle 30 gramman painoiselle kalalle. Tappavan vaikutusetäisyyden sisään jäävän alueen kuolleisuus on 50 %. Tappavan vaikutusetäisyyden suuruus on esitetty metreinä.

Räjähdysaineen paino (kg)	Räjähdysyvyys (m)			
	0,01	0,05	1,00	2,00
0,013	2	3	4	4
0,120	4	8	16	18
0,170	4	8	18	21
0,450	5	11	28	33
1,000	7	13	42	52
2,000	7	14	48	57
3,000	8	17	58	78
7,200	9	18	71	97

Jäykät kranaatit tappavat räjähtäessään kaloja huomattavasti laajemmalla alueelta kuin herkät (taulukot 18 ja 19). Räjähdysvaikutus riippuu käytetyn räjähdysaineen määrästä (taulukot 18 ja 19). Reilan ammunnoissa räjähdysaineen määrä on suurin rannikkotykkiä ammuksissa. Puolustusvoimien ilmoituksen mukaan rannikkotykkiä räjähtävät ammuksia ammutaan Reilassa herkkinä. Koska ammuntaluokalla on matalaa ja runsaasti kivipohjaa, on kuolleiden kalojen määrää arvioitaessa kerrottu räjähdys tappava säde kahdella (YELVERTON et al. 1975).

Reilan ammuntaluokalla on taloudellisesti tärkein kalalaji silakka. Pienikokoisena kalalajina silakka on herkkä painevaikutuksille (ESSVIK 1977, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978).

Taulukoissa 18 ja 19 on esitetty räjähdysaineen määrää ja kalan kokoa vastaava vaikutusetäisyys, jonka sisälle jäävällä alueella on 50 % kuolleisuus.

Taulukko 18. Etäisyys (m), jolla on 50 %:n kuolleisuus 10 metrin syvyydessä olevilla kaloilla räjähdysyvyyden ollessa 1 m (YELVERTON et al. 1975).

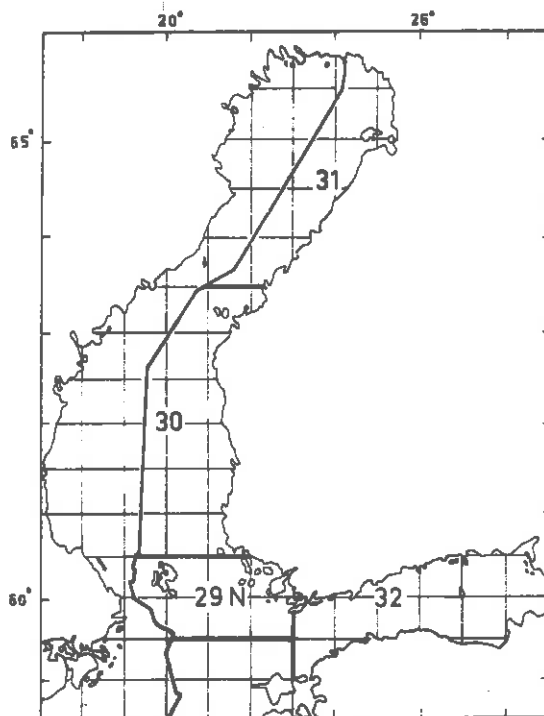
Räjähdysaineen määrä (kg)	Kalan paino (kg)			
	0,03	0,5	1,0	5,0
0,013	4	2	2	1
0,120	16	8	6	4
0,170	18	9	7	5
0,450	28	15	13	8
1,000	42	22	18	12
2,000	48	29	24	16
3,000	58	35	29	19
7,200	71	42	41	27

Taulukko 19. Etäisyys (m), jolla on 50 %:n kuolleisuus 10 metrin syvyydessä olevilla kaloilla räjähdysyvyyden ollessa 0,01 m (YELVERTON et al. 1975).

Räjähdysaineen määrä (kg)	Kalan paino (kg)			
	0,03	0,5	1,0	5,0
0,013	2	1	1	<1
0,120	4	3	2	2
0,170	4	3	2	2
0,450	5	4	3	2
1,000	7	4	4	3
2,000	7	5	4	3
3,000	8	5	4	3
7,200	9	6	5	4

Silakkakannan kokoa määritettäessä Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) Itämeren pelagisten kalakantojen arviointityöryhmässä on Saaristomeren-Selkämeren itäosan aluetta (osa-alueet 29N-30,E, kuva 7) käsitelty yhtenä kokonaisuutena. Arvio silakoiden määrästä tällä alueella on käytettävissä vuodesta 1973 alkaen (Anon. 1983). Reilan ammunta-alue sijoittuu ammattikalastuksen seurannassa käytettävälle pyyntiruudulle 42 lähelle pyyntiruudun 47 rajaa (kuva 1). Yhdessä nämä kaksi pyyntiruutua muodostavat alueen, jota rajoittavat leveyspiirit 60°30'N ja 61°30'N ja lännessä pituuspiiri 21°E. Silakkakannan

tiheys osa-alueilla 29N-30,E on saatu jakamalla VPA:n avulla laskettu Saaristomeren - Selkämeren itäosan silakkakannan koko (Anon. 1983) tämän alueen arvioitulla pinta-alalla ($53\,500\text{ km}^2$).



Kuva 7. Silakkakannat on arvioitu alueille 29N-30(itäosa), 31(itäosa) ja 32.

Silakkakannan tiheyttä laskettaessa on oletettu, että silakoiden määrä alueella on verrannollinen silakkasaaliiseen pyyntiponnistusta kohti, eli ns. yksikkösaaliiseen. Silakkakannan tiheys pyyntiruuduilla 42 ja 47 on laskettu vertaamalla kyseisten pyyntiruutujen yksikkösaaliita osa-alueiden 29N-30,E kaikkien pyyntiruutujen keskimääräisiin yksikkösaaliisiin (vuodet 1976-80 PARMANNE & SJÖBLOM 1982, vuosi 1981 Anon. 1983, vuosi 1982 RKTL:n julkaisematon aineisto). Silakkakannan tiheys kyseisillä kahdella pyyntiruudulla 1979-82 eri kuukausina on laskettu painottamalla koko vuoden silakkakannan tiheyttä näiden pyyntiruutujen eri kuukausien yksikkösaaliilla. Silakkakannan tiheys 1976-78 on laskettu painottamalla kyseisen vuoden tiheyttä eri kuukausien keskimääräisellä yksikkösaaliilla 1976-78. Näin lasketut silakoiden määrät (kg/ha) eri vuosina ja eri kuukausina on esitetty taulukossa 20.

Reilan alueella ammutaan rannikkotykeillä räjähtäviä ammuksia, joiden räjähdysainemäärä on suuri. Lisäksi ammunta tapahtuu liikkuvaan maaliin, jolloin ammuksat leviävät laajalle alueelle. Siten rannikkotykkien aiheuttama kalataloudellinen haitta on Reilan alueella käytettävien muiden aseiden aiheuttamaa haittaa huomattavasti suurempi.

Puolustusvoimilta on saatu tiedot rannikkotykeillä ammuttujen räjähtävien ammusten lukumäärästä, räjähdysaineen määristä ja maalialueista.

Taulukko 20. Silakan määrä (kg/ha) pyyntiruuduilla 42 ja 47 (kuva 1) vuosina 1976-82. Arvion laskentaperusteet on esitetty tekstissä.

Vuosi	Ruutu	Kuukausi												Koko vuosi
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	42	47	65	60	66	117	128	38	47	53	54	30	31	92
	47	59	65	91	101	122	163	49	24	51	39	49	76	116
	$\bar{x}$	53	65	76	84	120	146	44	36	52	47	40	54	104
1977	42	35	49	45	50	88	97	28	35	40	41	23	23	70
	47	55	60	84	94	112	151	45	22	47	36	45	70	107
	$\bar{x}$	45	55	65	72	100	124	37	29	44	39	34	47	89
1978	42	47	66	60	67	118	130	38	47	54	55	30	32	93
	47	64	70	98	110	131	177	53	26	55	42	53	82	126
	$\bar{x}$	56	68	79	89	125	154	46	37	55	49	42	57	110
1979	42	39	95	66	46	92	100	34	21	46	84	35	25	75
	47	60	60	140	99	83	128	44	40	45	38	39	51	89
	$\bar{x}$	50	78	103	73	88	114	39	31	46	61	37	38	82
1980	42	33	30	28	74	62	80	30	22	8	11	26	26	61
	47	56	54	54	16	87	115	27	10	30	44	47	82	82
	$\bar{x}$	45	42	41	45	75	98	29	16	19	28	37	54	72
1981	42	30	30	30	47	66	74	17	34	34	22	25	42	53
	47	34	55	44	136	94	109	35	9	44	12	18	18	83
	$\bar{x}$	32	43	37	92	80	92	26	22	39	17	22	30	68
1982	42	43	43	61	37	138	143	33	65	75	50	4	4	93
	47	24	24	30	48	95	132	36	14	33	22	38	73	89
	$\bar{x}$	34	34	46	43	117	138	35	40	54	36	21	39	91

Ammunnat tapahtuvat päivällä, jolloin silakka on matalilla alueilla lähellä pohjaa. Arvioitaessa räjähdysten vaikutusta silakoihin on oletettu, että kalat ovat yhden metrin etäisyydellä pohjasta. Kun tiedetään yksittäisen ammuksen räjähdysaineen määrä, räjähdysvyvyys, silakoiden määrä (taulukko 20) ja kalojen esiintymissyvyys, voidaan laskea ammuksen tappamien silakoiden määrä. Laske-
malla yhteen rannikkotykkien kaikkien räjähtävien ammusten vaikutus voidaan esittää Reilan rannikkotykkien ammusten tappamien silakoiden määrä eri aikoina (taulukko 21).

Laaditun arvion mukaan silakoita on kuollut Reilan alueella rannikkotykkien käytön seurauksena vuosina 1976-83 yhteensä noin 14 500 kiloa, eli noin 1800 kiloa vuodessa. On kuitenkin huomattava, että arvioon sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Silakoiden määrää alueella ammuntojen aikana ei tarkasti tunneta. Jos kalat ovat lähempänä pintaa kuin yhden metrin etäisyydellä pohjasta, ovat vahingot laskettua suuremmat. Kirjallisuudessa on myös esitetty tietoja,

joiden mukaan lähellä pintaa tapahtuva räjähdys olisi kalataloudellisilta vaikutuksiltaan tuhoisampi kuin YELVERTONin et al. (1975) mallissa (PROTASOV et al. 1982). Tämä saattaisi lisätä herkkinä ammuttavien kranaattien tappamien kalojen määrää. Toisaalta on ilmeistä, että koko ammunta-alueella ei ole kivi-pohja, joten räjähdysvaikutussäde voi paikoitellen olla puolet tässä työssä käytetystä.

Taulukko 21. Reilan rannikkotykkien tappamien silakoiden määrä (kg) kuukausittain vuosina 1976-83.

Vuosi	Kuukausi												Koko vuosi
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	530	-	950	-	-	-	-	-	-	-	130	-	1610
1977	-	-	380	-	-	-	-	-	1200	-	270	-	1850
1978	-	1500	-	-	-	3470	-	-	-	-	-	-	4970
1979	-	310	1070	-	-	460	-	-	-	50	140	-	2030
1980	710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	710
1981	600	-	-	-	-	-	-	460	910	-	-	-	1970
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-	-	-	80	1270	-	-	-	1350
yht.	1840	1810	2400	-	-	3930	-	540	3380	50	540	-	14490 kg

On mahdollista, että osa silakoista voi karkottua maalialueelta ammunnan seurauksena. Kuolevien kalojen määrä on tällöin laskettua pienempi. Lisäksi pieni osa ammuksista voi osua niin lähelle edellisen ammuksen osumapaikkaa, että räjähdys tappavat vaikutusalueet menevät osittain päällekkäin. Tammi- maaliskuun ammunnoissa on maalialue saattanut olla jään peittämä, ja kalatalousvahingot siten näinä kuukausina laskettua vähäisempiä. Talvikuukausien kalatalousvahinkoja ei toisaalta voida jättää huomioimatta, sillä jään läpäissemiä ammusten vaikutus on kaksinkertainen vapaassa vedessä räjähtäviin nähden (YELVERTON et al. 1975).

Räjähdysten vaikutuksesta kuolleista kaloista osa painuu pohjaan ja osa nousee pinnalle (APLIN 1947, FITCH & YOUNG 1948, SJÖBLOM 1958, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978, LEITILÄ 1979, PROTASOV et al. 1982). Ammunta-alueella on tehty havaintoja kuolleista silakoista. Elokuussa 1981 kalastajat havaitsivat meressä suuria määriä kuolleita silakoista ja joitakin isoja turskia. Silakoiden tiheys oli suurimmillaan 20 yksilöä neliömetrillä. Alueella oli tuolloin ollut rannikkotykkistön järeän kaluston ammunnat. Yleensä kalastajat ovat ammuntojen yhteydessä havainneet ainoastaan joitakin kuolleita silakoita.

Puolustusvoimien maalilautan hinaajan päälliköt ovat ammuntojen yhteydessä havainneet vain joitakin kuolleita silakoita, enimmillään 20-30 yksilöä. Päälliköiden mukaan kuolleiden kalojen pientä määrää osoittaa myös se, ettei alueelle ammuntojen jälkeen keräännä paljon lokkeja.

Silakoiden ja turskien lisäksi ei muita kuolleita kaloja ole havaittu. Toisaalta tiedetään, että alueella kalastetaan myös mm. siikaa. Jos oletetaan, että ammuntojen seurauksena kuolee siikaa ja silakkaa yhtä paljon näiden lajien saaliiseen verrattuna, merkitsisi tämä 30 kiloa kuolleita siikoja vuodessa.

Rannikkotykkiä ammuntojen lisäksi kuolee kaloja myös muiden aseiden käytön seurauksena. Koska kuitenkin muiden ammusten räjähdemäärät ovat vähäisiä, ammuttujen suurikokoisten räjähtävien ammusten määrät usein pienet, eivätkä maalit sijaitse vedessä, on muiden aseiden aiheuttamia kalakuolemia pidettävä vähäisinä rannikkotykkiä ammuntoihin verrattuna. Ammunta on haitallista touko-kesäkuussa, jolloin tiheät silakkaparvet tulevat kudulle matalaan veteen.

Laskettaessa kuolleiden silakoiden ja siikojen arvo vuoden 1982 kalastajien saaman keskihinnan mukaan (silakka 1.10 mk/kg ja siika 10.82 mk/kg) saadaan rannikkotykkiä tappamien kalojen arvoksi keskimäärin 2300 mk vuodessa. Kun tähän lisätään muiden aseiden aiheuttamat kalakuolemat ja mahdollisten muiden kalalajien kuolemat, voidaan arvioida kuolleiden kalojen kokonaisarvon olevan noin 3000 mk vuodessa.

Ammunta-alueella ei ole liikkumiskieltoa ammuntojen aikana, mutta ammunnat haittaavat kuitenkin liikkumista. Liikkumisen rajoituksen merkitys on vaikeasti arvioitavissa. Ammunnoista johtuvaa pyyntimatkojen pidentymistä ei ole ilmennyt.

Kalojen karkottumisesta räjähdysalueilta ollaan monta mieltä (APLIN 1947, FITCH & YOUNG 1948, HUBBS & RECHNITZER 1952, BROWN & SMITH 1972, ESSVIK 1977, TELEKI & CHAMBERLAIN 1978, PROTASOV et al. 1982). Mahdollisesta karkotusvaikutuksesta ei voida sanoa mitään varmaa ilman kenttätutkimusta. Reilan alueen kalastajat ovat huomanneet siian katovan ammuntojen ajaksi ja palaavan vasta 2-5 päivän kuluttua ammuntojen loputtua. Reilan alueella ovat silakkasaaliit rysää kohden vähintään yhtä suuret kuin lähialueilla (taulukko 10). Kuitenkaan ei silakan ja siian karkottumisen mahdollisuutta voida jättää huomiotta.

Edelläolevasta käy ilmi, ettei Reilan alueen ammunnoista ole voitu osoittaa kalakannoille olevan suurta vahinkoa. Yksittäisille kalastajille ammunnoista on haittaa. Haitta ilmenee liikkumisen vaikeutumisena ja pyyntivälineiden rikkoutumisena. Kalastajien ilmoituksen mukaan Kyhkärännökan lähetyvillä pyytävien kalastajien verkkojen alapaulat rikkoutuvat tarttuessaan pohjalla oleviin kranaatin kappaleisiin, ja yksi alueen kalastajan silakkarysä on rikkoutunut ammunnoissa Fräkälin saariryhmän luona.

XIII. Ehdotuksia vahinkojen torjumiseksi ja mahdollisiksi jatkotutkimuksiksi

Ainoa tapa välttää kalakuolemia on räjähtämättömien ammusten käyttäminen, sillä jopa herkällä sytytyksellä ammuttaessa on räjähdysten paine tappava muutaman metrin päässä (taulukko 19). Koska räjähdysten tappava etäisyys kaksinkertaistuu matalilla kivipohjilla, olisi hyvä erityisesti välttää räjähtävien ammusten käyttöä touko-kesäkuussa, jolloin silakka kutee ja esiintyy runsaana lähellä rantaa.

Samoin saattavat elokuun ammunnat aiheuttaa vahinkoa alueella tällöin esiintyvälle vaellussiialle, joka ui lähellä vedenpintaa.

Rannikkotyökistön järeämmän ammunnan suuntaaminen syvälle ulappa-alueelle on suositeltavaa. Sillä voitaisiin välttää matalan veden ja kivipohjan aiheuttaman tappavan vaikutuksen kaksinkertaistuminen.

Jotta ammuntojen vaikutus kaloihin voitaisiin arvioida nykyistä tarkemmin, pitäisi erityisesti kerätä tietoja seuraavista seikoista:

- lajikohtainen kelluvien ja pohjaan vajoavien kalojen suhde sukeltajahavainnoin
- kuolleiden kalojen kerääminen ammunta-alueelta ammuntojen jälkeen, jotta kuolleiden kalojen määrä voidaan suhteuttaa käytettyyn ammustyyppiin ja ammusmäärään
- sumputuskokeita kaloilla lähellä maalialuetta
- kalojen karkottumisen selvittäminen koekalastuksin eri osilla ammunta-aluetta ja ammunta-alueen ulkopuolella sekä ennen että jälkeen ammuntojen
- teoreettisen kalakuolemamallin suhteuttaminen kenttähavaintoihin

XIV. Kirjallisuus

- Anon. 1983: Report of working group on assessment of pelagic stocks in the Baltic. - ICES, C.M. 1983/Assess: 13, 135 pp. (Mimeo).
- APLIN, J.A. 1947: The effect of explosions in marine life. - Calif. Fish and Game, Vol.33, N.1.
- BALDWIN, W. 1954: Underwater explosions not harmful to salmon. - Calif. Fish and Game, 40 (1): 77.
- BROWN, C.L. & R.H.SMITH 1972: Effects of underwater demolition on the environment in a small tropical marine cove. - U.S.Nav.Underwater Syst.Center, Norfolk, Virginia. Tech.Rep. 4459: 19 p.
- CHRISTIAN, E.A. 1973: The effects of underwater explosions on swimbladder fish. - NOLTR-73-103. Naval Ordnance Lab., White Oak, Silver Springs, MD. 41 p.
- COKER, C.M. & HOLLIS, E.H. 1950: Fish mortality caused by a series of heavy explosions in Chesapeake Bay. - J.Wildl.Mgmt. 14: 435-444.
- COLE, R.H. 1948: Underwater explosions. - Dover Publications Inc., NEW York 1965 ed. 437 p.
- DAHR, E. 1946: Några rön angående undervattenssprängningars inverkan på fiskbeståndet. - Svensk fiskeritidskrift 55, 42-45.
- ESSVIK, B. 1977: Röding och militär verksamhet i Vättern. Utredning och fiskevårdsåtgärder under en provotid. - Fiskeristyrelsens rapport 1977.
- FALK, M.R. & LAWRENCE, M.J. 1973: Seismic exploration: Its nature and effect on fish. - Technical report series No.CEN/ T-73-9. Resource Management Branch, Fisheries Operations Directorate, Central Region, Winnipeg.
- FERGUSON, R.G. 1962: The effects of underwater explosions on yellow perch (*Perca flavescens*). - Can.Fish.Cult.(29): 31-39.
- FITCH, J.E. & YOUNG, P.H. 1948: Use and effect of explosives in California coastal waters. - Calif.Fish and Game., 34 (2): 53-70.
- FRY, D. & COX, K. 1953: Observations on the effects of black powder explosions on fish life. - Calif.Fish and Game, 39 (2): 233-236.
- HILL, S.H. 1978: A guide to the effects of underwater shock waves on Arctic marine mammals and fish. - Unpubl.MS. Pasific Mar.Sci.Rep. 78-26. Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC. 50 p.
- HUBBS, C. & RECHNITZER, A.B. 1952: Report on experiments designed to determine effects of underwater explosions on fish life. - Calif.Fish and Game, 38 (3): 333-366.
- HUBBS, C.L., SCHULTZ, E.P. & Wisner, R. 1960: Preliminary report on investigations of effects on caged fishes from underwater Nitro-Carbo-Nitrate explosions. - Univ.Calif.Scripps.Inst.Ocean.Unpubl. 21 p.

- KARÅS, P. & NEUMAN, E. 1981: First-year Growth of Perch (*Perca fluviatilis*) and Roach (*Rutilus rutilus*) in a Heated Baltic Bay. - Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59: 48-63.
- KEARNS, R.K. & BOYD, F.G. 1965: The effect of a marine seismic exploration on fish populations in British Columbia coastal waters. - J.Can.Soc.Expl.Geop. 1: 83-106.
- KOSTYUCHENKO, L.P. 1973: Effect of Elastic Waves Generated in Marine Seismic Prospecting on Fish Eggs in the Black Sea. - Hydrobiol.J. 9 (5): 45-48.
- KRAMER, F.S., PATERSON, R.A. & WALTERS, W.C. (ed.) 1968: Seismic energy sources 1968 handbook. - United Geophysical Corp. Presented at 38th annual meeting of the Soc.Exploration Geologists, Denver, CO, Oct. 1968. 58 p.
- LEITILÄ, N. 1979: Kalastusta pioneeriongella. - Kalamies 8, 1979.
- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1982: Fishing effort and catch per unit of effort of Baltic herring and sprat in Finnish fisheries in 1976-80. - ICES, C.M. 1982/J:21, 29 pp. (Mimeo).
- PROTASOV, V.R., BOGATYRJOV, P.B. & VEKILOV, E.H. 1982: Sposoby sohraneniya ihtiofauny pri razlitšnyh vidah podvodnyh rabot. - Moskva, 88 p. (venäjänkiel.: Keinoja kalaston suojelemiseksi erilaisten vedenalaisten töiden yhteydessä).
- PUKE, C. 1946: Försök i Vänern för att utröna inverkan av bombfällning på fisket. - Svensk fiskeritidskrift 55, Nr.11, 225-232.
- RASMUSSEN, B. 1967: The effects of underwater explosions on marine life. - Bergen, Norway. 17 p.
- ROGUSKI, E.A. & NAGATA, T.H. 1970: Observations on the lethal effect of under ice detonations on fish. - Alaska Dep.Fish.Game Inform.Leaf1. 139: 30 p.
- SAINIO, P. 1957: "Roskakalan" tuhoaminen räjähdysaineita käyttäen. - Suomen kalastuslehti 64, 4, 107-109.
- SAKAGUCHI, S., FUKUHARA, O., UMEZAWA, S., FUJIYA, M. & OGAWA, T. 1976: The influence of underwater explosions on fishes. - Bull.Nansei Reg.Fish.Res.Lab. 9: 33-65.
- SJÖBLOM, V. 1958: Vedenalaisten räjäytysten vaikutuksesta kaloihin. - Suomen kalastuslehti 65, 99-104.
- TELEKI, G.C. & CHAMBERLAIN, A.J. 1978: Acute Effects of Underwater Construction Blasting on Fishes in Long Point Bay, Lake Erie. - J.Fish.Res.Board Can. 35: 1191-1198.
- TILLER, R.E. & COKER, C.M. 1955: Effects of naval ordnance tests on the Patuxent river fishery. - Special Scientific Report-Fisheries No.143.
- TYLER, R.W. 1960: Use of dynamite to recover tagged salmon. - U.S.Fish Wildl. Serv.Spec.Sci.Rep.Fish. 353: 9 p.
- UMEZAWA, S., SAKAGUCHI, S., FUKUHARA, O., FUJIYA, M. & OGAWA, T. 1978: Studies on the Damage Formation Mechanisms of Submerge Explosion on Fish I, II. - Bull.Nansei Reg.Fish.Res.Lab. (11).

- WILEY, M.L., GASPIN, J.B. & GOERTNER, J.F. 1981: Effects of underwater explosions on fish with a dynamical model to predict fishkill. - Ocean Sci. and Engin., 6 (2), 223-284.
- WILEY, M.L. & WILSON, J.S. 1974: Environmental effects of explosive testing. - Chesapeake Biol. Lab. Ref. No. 74-9, 120 p.
- YELVERTON, J.T., RICHMOND, D.R., HICKS, W., SANDERS, K. & FLETCHER, E.R. 1975: The relationship between fish size and their response to underwater blast. - Defense Nuclear Agency, Dep. Defense, Washington, D.C. Topical Rep. DNA 3677 T. 42 p.

SISÄLTÖ

SEPPONEN, M. ja HILDÉN, M.: Virkistys- ja kotitarvekalastus merenkurkun pohjoisosassa vuonna 1981	1—32
KOIVISTO, V. ja PARMANNE, R.: Vedenalaisten räjähdysten aiheuttamista kalakuolemista Lounais-Suomessa Reilan ammunta-alueella	33—64