

ROBERT SIGG OCH TORBJÖRN JOHANSSON



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Robert Sigg och Torbjörn Johansson

# Utvärdering av riskuppskattningsverktyg för aktiv sonar

Titel	Utvärdering av riskuppskattningsverktyg för aktiv sonar
Title	Evaluation of active sonar risk assessment tools
Rapportnr/Report no	FOI-R--3505—SE
Månad/Month	Jan
Utgivningsår/Year	2013
Antal sidor/Pages	26 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	FMV
FoT område	Undervattens teknik
Projektnr/Project no	E282543
Godkänd av/Approved by	Torgny Carlsson
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden.

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729). Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

## Sammanfattning

EU:s havsmiljödirektiv (2008/56/EG) stipulerar att det senast år 2020 ska råda en god miljöstatus i europeiska farvatten. Direktivet anger 11 deskriptorer som beskriver vad som menas med en god miljöstatus. Deskriptor 11 lyder ”Tillförsel av energi, inbegripet undervattensbuller, ligger på nivåer som inte påverkar den marina miljön på ett negativt sätt”. Havsmiljödirektivet gäller inte för militär verksamhet i krig, men i fredstid måste marinen dock förhålla sig till direktivets innebörd.

Ljud och buller kan påverka marint liv på olika sätt, dels rent fysisk påverkan på hörsel och andra organ, dels påverkan på beteende, dels maskering av egna läten. Påverkan av marina däggdjur vid undervattensaktivitet och i synnerhet vid användning av aktiv sonar har blivit ett uppmärksammat område på grund av ett antal masstrandningar av marina däggdjur i samband med användning av aktiv sonar. Flera länder har därför bedrivit arbete med att uppskatta och minimera påverkan av aktiv sonar på marint liv. Detta arbete har fokuserat på effekter på marina däggdjur, eftersom de har uppvisat störst påverkan och också hör bättre än fisk vid typiska sonarfrekvenser. Kring Sveriges kust förekommer följande inhemska arter av marina däggdjur, tre sälararter; knubbsäl, gråsäl och vikare och en art av val; tumlare.

Denna rapports övergripande syfte är att diskutera hur marinens behov av att risksäkra sin användning av aktiv sonar bäst tillgodoses. Vår bedömning är att ett landbaserat system som sköts av expertutbildad personal är mest lämpligt då tolkning av resultaten underlättas av en bred kompetens inom bl. a. akustik och marinbiologi. Vi presenterar en utvärdering av två sonarstödverktyg för riskuppskattning för en tilltänkt användning i svenska marinen. ERMIC (BAE Systems, Storbritannien) är en robust produkt som är framtagen för att användas operativt på marinens plattformar men som likväl kan användas av en expertgrupp. SAKAMATA (TNO, Nederländerna) har ett enklare gränssnitt och bör tilltala en expertanvändare, men är mindre robust än ERMIC och får ses som ett verktyg under utveckling. Bägge dessa verktyg skulle kunna vara lämpliga för användning i marinen på något års sikt. Vi identifierar också andra alternativ för att förse marinen med ett stödsystem för riskuppskattning.

Ett riskuppskattningsverktyg kräver mycket information för att göra korrekta förutsägelser och kan aldrig bli bättre än de databaser det bygger sina beräkningar på. Ett alternativ till den fullfjädrade riskuppskattning som utförs av ERMIC och SAKAMATA är att presentera biologiska data i kartformat och låta användaren själv bedöma var och när det, med hänsyn till biologin, är mest lämpligt att genomföra en sonarövning. Vi ger exempel på två kartverktyg som presenterar biologisk information av intresse för riskuppskattning: SONATE (FFI, Norge) och Maringeografisk Biologikalender (4:e Sjöstridsflottiljen, Marinen). Dessa är bra alternativ i de fall då en pålitlig riskuppskattningsberäkning inte kan genomföras och kan även annars fungera som viktiga komplement till riskuppskattningsverktyg.

Nyckelord: aktiv sonar, riskuppskattning, marina däggdjur,

## Summary

The EU Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EU) stipulates that in 2020, a good environmental status should prevail in European waters. The Directive specifies eleven descriptors that describe what is meant by a good environmental status. The 11<sup>th</sup> descriptor states that underwater noise must not be at levels high enough to negatively affect the marine environment. The Marine Directive does not strictly apply to peacetime military operations, but European Navies still need to address it.

Sound and noise can affect marine life in several different ways, ranging from direct physical impact to behavioural distance and masking of calls. The possible impact of naval activities and in particular active sonar on marine mammals has received significant attention after several mass strandings of whales in conjunction with active sonar exercises. Several countries have strived to reduce the risks to marine life from active sonar. The work has focused on marine mammals because they have displayed the largest negative effects and have better hearing than fish at typical sonar frequencies. In Swedish waters there are four resident species of marine mammals: the harbour porpoise and three seals, the gray, harbour, and ringed seals.

The underlying purpose of this report is to discuss how best to provide the Swedish Navy with an active sonar risk assessment tool. Our assessment is that a land-based system managed by expert operators would be appropriate since a broad competence in acoustics and marine biology is needed for a full understanding of the issue and interpretation of risk assessment results. This report presents an evaluation of two risk assessment tools for possible future use by the Royal Swedish Navy (RSwN). ERMC (BAE Systems, UK) is a robust product developed for operational use on board Royal Navy platforms. SAKAMATA (TNO, the Netherlands) has a simpler user interface and should appeal to an expert user, but is less robust than ERMC and should be seen as a tool under development. However, both ERMC and SAKAMATA could be suitable for use by RSwN within a timeframe of a few years. This report also identifies other alternatives of supplying RSwN with a risk assessment tool.

A lot of information is required in order to be able to perform a correct risk assessment, and a risk assessment tool is ultimately limited by the quality of the databases that the assessment is based on. An alternative to the explicit risk assessment of ERMC and SAKAMATA is to present maps of biological data and let the user decide where and when it is most appropriate to perform an active sonar exercise. We present two GIS tools that display geographical information of interest in a risk assessment: SONATE (FFI, Norway) and Maringeografisk Biologikalender (RSwN, Sweden). These are good alternatives to risk assessment tools when a reliable risk assessment cannot be performed, and can otherwise serve as a complement to a risk assessment tool.

Keywords: active sonar, risk assessment, marine mammals.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Riskuppskattning.....	8
1.3	Svenska marinens behov.....	8
<b>2</b>	<b>Stödverktyg för riskuppskattning</b>	<b>11</b>
2.1	SAKAMATA.....	12
2.2	ERMC.....	14
2.3	Fallstudier.....	16
2.3.1	Grönland .....	16
2.3.2	Nordsjön.....	17
2.3.3	Sammanfattning.....	17
2.4	Jämförelse SAKAMATA och ERMC .....	18
2.4.1	Utvärdering .....	18
<b>3</b>	<b>Andra stödverktyg</b>	<b>21</b>
3.1	SONATE .....	21
3.2	Maringeografisk biologikalender .....	22
<b>4</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>25</b>



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

EU:s havsmiljödirektiv (Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/56/EG) säger att EU:s marina ekosystem ska ha en god miljöstatus. Direktivet inkluderar alla marina vatten t.o.m. den ekonomiska zonen (EEZ). Enligt havsmiljödirektivet ska det senast år 2020 råda en god miljöstatus i europeiska farvatten. I direktivet listas elva så kallade deskriptorer vilka används för att definiera vad en god miljöstatus innebär. Deskriptor nummer 11 lyder ”Tillförsel av energi, inbegripet undervattensbuller, ligger på nivåer som inte påverkar den marina miljön på ett negativt sätt”. Havsmiljödirektivet gäller inte för militär verksamhet i krig. I fredstid måste marinen dock förhålla sig till direktivets innebörd.

Kring Sveriges kust förekommer det ett antal arter av marina däggdjur. Det finns tre sälararter; knubbsäl, gråsäl och vikare och en art av val; tumlare. Dessa fyra arter har ett varierande grad av hot mot sig i form av miljögifter, fiske, sjukdomar mm. De senaste åren har man även börjat studera hur ljud i vatten kan påverka dessa arter, främst då ljud som skapas av människan.

Ljud och buller kan påverka marint liv på olika sätt, delsfysisk påverkan på hörsel och andra organ, dels påverkan på beteende, dels maskering av egna läten. Fysisk påverkan sker normalt endast vid riktigt höga nivåer, medan beteenderespons och maskering inträder vid lägre nivåer. Idag forskas det mycket kring just beteenderespons. Om tillräckligt många djur drivs att fly från sitt naturliga habitat, påverkas till att upphöra med födosök, eller störs vid känsliga tidpunkter såsom parning kan detta påverka en populations hälsa och överlevnad. Detta är särskilt viktigt för populationer som är hotade, vars överlevnad kanske redan hänger på en skör tråd. Marina däggdjur är sårbara som djurgrupp då de är långlivade och det tar många år innan de blir könsmogna och kan reproducera sig. Ungarna är beroende av föräldrarna under en lång tid och sammantaget gör detta att de är känsliga för störning och konsekvenserna kan bli stora om ett antal individer påverkas mycket negativt eller dödas. Marina däggdjur är mycket sociala; en liten störning kan påverka en individ på kort eller lång sikt och påverkade individer kan även influera en större grupp av djur.

Påverkan av marina däggdjur vid undervattensaktivitet och i synnerhet vid användning av aktiv sonar har blivit ett uppmärksammat område. Framför allt har ett antal masstrandningar av marina däggdjur kommit i fokus och i media kopplats ihop med militära aktiviteter där marinen har använt aktiv sonar. Andra länder har därför utvecklat stödverktyg för att uppskatta risken att påverka marina däggdjur vid sonarövning och därigenom kunna visa att största möjliga hänsyn tas vid militära aktiviteter. Fram till nu har det varit relativt lite fokus på detta område inom den svenska marinen. I och med att tydligare riktlinjer tagits fram på EU-nivå och att kraven på ”tysta” vattenområden ökar har betydelsen av en ansvarsfull användning av undervattenssensorer såsom aktiv sonar ökat i betydelse även i Sverige. Därmed har behovet av ett datoriserat stödverktyg också uttalats för att kunna vägleda beslutsfattare hur medveten hänsyn tas till de marina däggdjuren. I denna rapport utvärderas två sådana verktyg i detalj. Verktyget SAKAMATA har utvecklats av TNO (Nederländerna) och ERMC av BAE Systems (Storbritannien). Vi tar också upp två andra stödverktyg vilka presenterar biologisk information och överlåter riskbedömningen på användaren själv. Sådana system är värdefulla resurser särskilt i de fall då delar av den information som krävs för att ett riskuppskattningsverktyg ska fungera saknas eller inte är tillräckligt pålitlig.



## 1.2 Riskuppskattning

Flera länder har bedrivit arbete med att uppskatta och minimera påverkan av aktiv sonar på marint liv. I dessa arbeten har man fokuserat på effekter på marina däggdjur, eftersom de har uppvisat störst påverkan och också hör bättre än fisk vid typiska sonarfrekvenser. Arbetet har bl.a. yttrat sig i utveckling av verktyg för uppskattning av risken att skada marina däggdjur vid sonarövning. Exempel på sådana verktyg är SAKAMATA, utvecklat av TNO i Nederländerna, och ERMC, utvecklat av BAE Systems i Storbritannien. Dessa verktyg används operativt av respektive länders marinväsen. Denna rapport beskriver resultatet av en utvärdering av SAKAMATA och ERMC för en tilltänkt användning i svenska marinen.

De två verktygen arbetar med påverkan i form av bestående hörselnedsättning (PTS, Permanent Threshold Shift), tillfällig hörselnedsättning (TTS, Temporary Threshold Shift), och för SAKAMATA även beteenderespons. De uppskattar omfattningen av denna påverkan genom att utföra samma beräkningar som ett taktiskt stödssystem för aktiv sonar, d.v.s. modellering av sändning och ljudutbredning, samt att de även modellerar tätheten av djur av olika arter i övningsområdet, deras känslighet för de sända pulserna och deras reaktion. För att denna typ av stödverktyg ska ge korrekta bedömningar krävs alltså kunskap och information inom flera områden. Man behöver miljödatabaser med information om faktorer som påverkar ljudutbredningen såsom djup, bottenens beskaffenhet och ljudhastighetsprofilens variation över året. Givet en god miljödatabas krävs en avancerad ljudutbredningsmodell för att uppskatta ljudnivåer på olika avstånd från en källa. Kopplat till detta måste vi ha en databas som beskriver den geografiska fördelningen av de arter av marina däggdjur som kan förekomma där verktyget är tänkt att användas. Vi måste också ha kännedom om hur djuren påverkas av olika typer av sonarljud. Här ingår bl. a. vid vilka nivåer de lider fysisk skada, hur deras beteende påverkas och hur de reagerar på sonarljuden.

All nödvändig information måste sammanställas och samverka för att en korrekt bedömning av risken att skada eller störa de marina däggdjuren ska kunna uppskattas. Idag finns endast ytlig kunskap inom flera av de nödvändiga områdena, bl. a. populationsfördelningar av marina däggdjur. Parallellt med utvecklingen av stödverktyg pågår arbete med att ta fram det nödvändiga kunskapsunderlaget. På FOI bedrivs detta arbete i projektet Skydd av Marint Liv vid Användning av Aktiv Sonar (SKYMLAS). SKYMLAS pågår under 2012-2013 och bidrar till EDA-projektet Protection of Marine Mammals (PoMM). PoMM är ett samarbetsprojekt mellan Sverige, Tyskland, Italien, Nederländerna, Norge och Storbritannien med syfte att underlätta för marinen att skydda marina däggdjur vid användning av aktiv sonar.

## 1.3 Svenska marinens behov

En tydlig behovsbild kring stödverktyg för riskuppskattning finns inte i dagsläget hos svenska marinen. Det ligger delvis inom detta arbete att diskutera kring vilka behov som den svenska marinen kan tänkas ha i framtiden och hur dessa skall mötas. Det övergripande behovet är dock klart uttalat: marinen har ett behov av ett stödverktyg för att kunna få vägledning om hur de skall agera med aktiv sonar. Två huvudfrågor som måste besvaras är:

- Föredrar man ett verktyg ombord eller ett landbaserat verktyg?
- Vem skall använda verktyget, operatör eller expert?

För ett verktyg som placeras ombord förutsätter vi att det måste finnas en enkelhet. Ett landbaserat system kan med fördel skötas av experter.

En annan viktig aspekt att tänka på är förstås databasfrågan:

- Vem är ansvarig för nödvändiga databaser och hur uppdateras dessa?

Målet med denna rapport är att identifiera vilka vägar som är möjliga för att erhålla det stöd som anses behövas. Förutom ovanstående frågeställningar bör vi ta hänsyn till följande:

- Svenska marinen är relativt liten, med Östersjön som huvudsakligt operationsområde. Här är tätheten av marina däggdjur relativt lågt.
- Man behöver troligen inte uppdatera riskuppskattningar under en operations gång.

Under utvärderingen av de två stödverktygen kunde vi konstatera att ERMC är ett operatörsinriktat verktyg som hanteras ombord medan SAKAMATA företrädesvis används som planeringsverktyg i land.

En viktig del i riskuppskattningen är tillgången till databaser om miljö och marina däggdjur. Med en bristfällig databas kan man inte förvänta sig annat än en bristfällig riskuppskattning. SAKAMATA och ERMC använder samma djupdatabas och samma databas över populationstätheter av marina däggdjur. Tyvärr är den sistnämnda databasen undermålig i Östersjön, varför en viktig fråga i detta arbete har varit att utreda möjligheten att modifiera de databaser som ligger till grund för riskuppskattningarna. Detta har visat sig vara möjligt för både SAKAMATA och ERMC.



## 2 Stödverktyg för riskuppskattning

Verktygen SAKAMATA och ERMC uppskattar påverkan på marina däggdjur på något skilda sätt.

SAKAMATA uppskattar

- Antal djur av varje art som får bestående hörselnedsättning (PTS, Permanent Threshold Shift).
- Antal djur av varje art som får tillfällig hörselnedsättning (TTS, Temporary Threshold Shift).
- Antal djur av varje art vars beteende påverkas i stor utsträckning. (Vad som menas med ”stor utsträckning” är något oklart definierat och kan justeras av köparen av programmet i samråd med TNO.).

ERMC uppskattar

- Risken att ett djur får bestående hörselnedsättning (PTS), uppdelat på olika arter.
- Antal djur av varje art som får tillfällig hörselnedsättning (TTS).

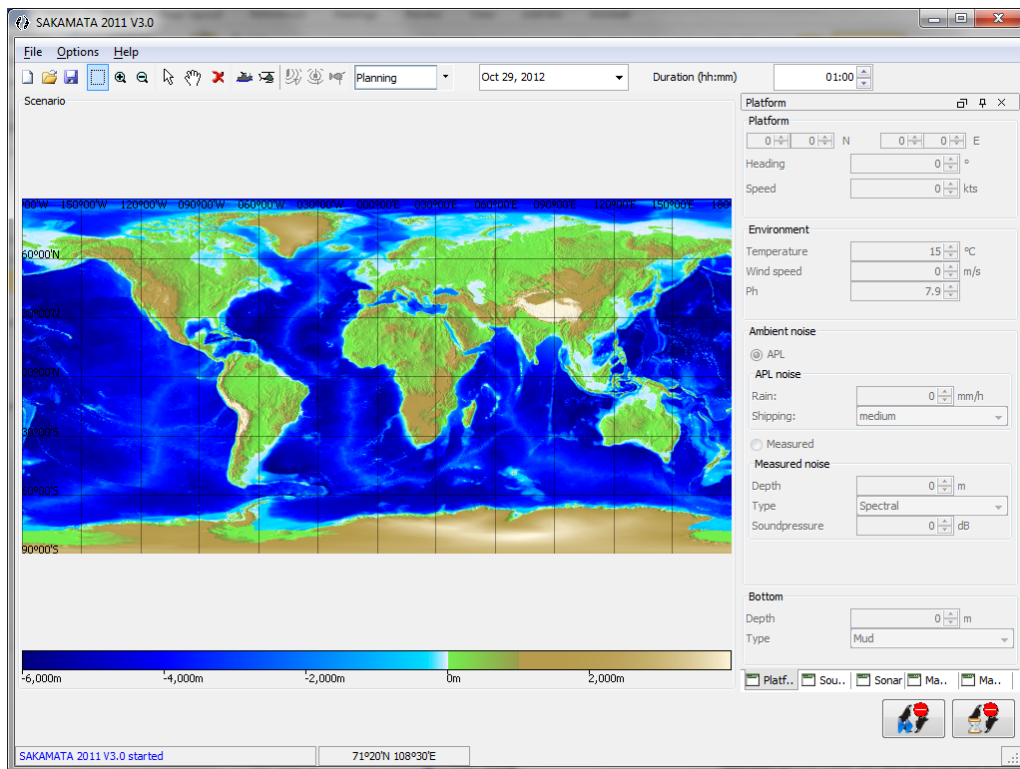
Även parametern Stand-Off Range (SOR) presenteras i programmen. Om inga marina däggdjur beräknas finnas inom detta avstånd (SOR) är det fritt fram att använda sonaren. Detta är ett enklare sätt att ta hänsyn till risken att påverka marina däggdjur än de ovan nämnda.

Det finns stora likheter mellan arbetsgången vid användning av de två verktygen. Denna kan sammanfattas enligt

1. Definiera omgivning (var, när, hur och miljö)
2. Definiera sonarparametrar
3. Beräkna resultat.

I SAKAMATA kan endast en sonar och tillhörande sensorconfiguration väljas. I ERMC kan användaren utvärdera effekten av flera sonarer som används samtidigt..

## 2.1 SAKAMATA



Figur 1. Öppningsskärmen i SAKAMATA.

SAKAMATA är utvecklat av TNO (Nederländerna) och vår bedömning är att verktyget är under utveckling även om det enligt uppgift använts 4-6 år inom marinen. I dagsläget används verktyget som ett planeringsverktyg av en grupp med expertkunskaper. Planeringsresultatet distribueras sedan till de operativa enheterna som använder sig av detta underlag. Enheterna har sedan möjlighet att göra om beräkningarna om någon viktig övningsparameter ändras. Vår uppfattning är dock att detta troligen sker väldigt sällan eftersom sonaroperatörerna troligen inte är tillräckligt kunniga inom området.

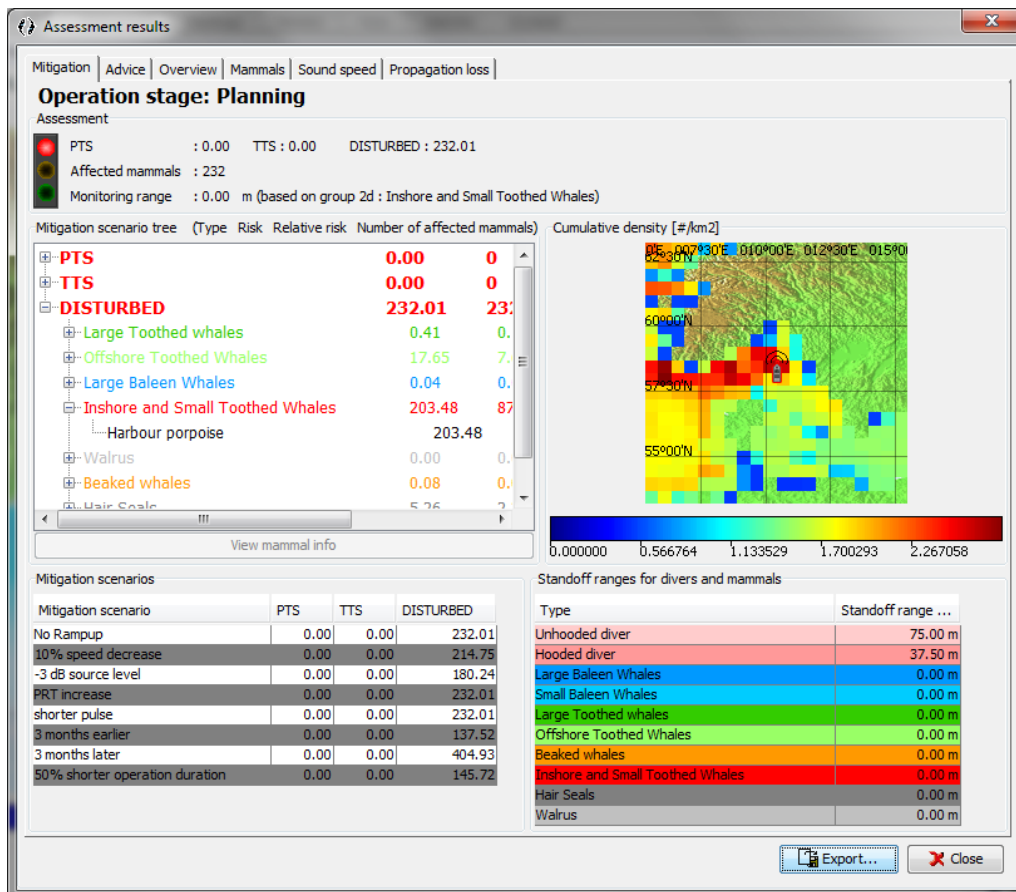
Ur ett subjektivt perspektiv upplevs SAKAMATA som ett relativt enkelt verktyg att hantera. Det har intuitiva flikar som lätt går att bläddra mellan. Är det någon parameter som skall ändras så är det bara att öppna fliken och utföra åtgärden utan att behöva börja om från början. Denna enkelhet är något som vi tror tilltalar den som hanterar verktyget.

De akustiska beräkningarna utförs av modellen ”Almost” vilken är implementerad i planskiktad mod. De oceanografiska indata i form av ljudhastighetsprofiler väljs av operatören som antingen kan välja en profil given av klimatologin, en uppmätt profil eller en egendefinierad profil. Bottenparametrar väljs i form av deskriptiva bottenklasser (lera, sand, sten osv).

Databashantering är något som TNO i det närmaste har prioriterat bort. I utvärderingsversionen saknas databashanteringsverktyg samt möjlighet att spara egendefinierade sonarer och sonarmoder.

Förutom PTS, TTS och SOR beräknas även här antalet marina däggdjur som blir störda vilket vi ser som mycket intressant. Verktyget har även möjligheten att utföra en automatisk känslighetsstudie där både operativa parametrar och sonarparametrar varieras i syfte att hitta en konfiguration med låg risk.

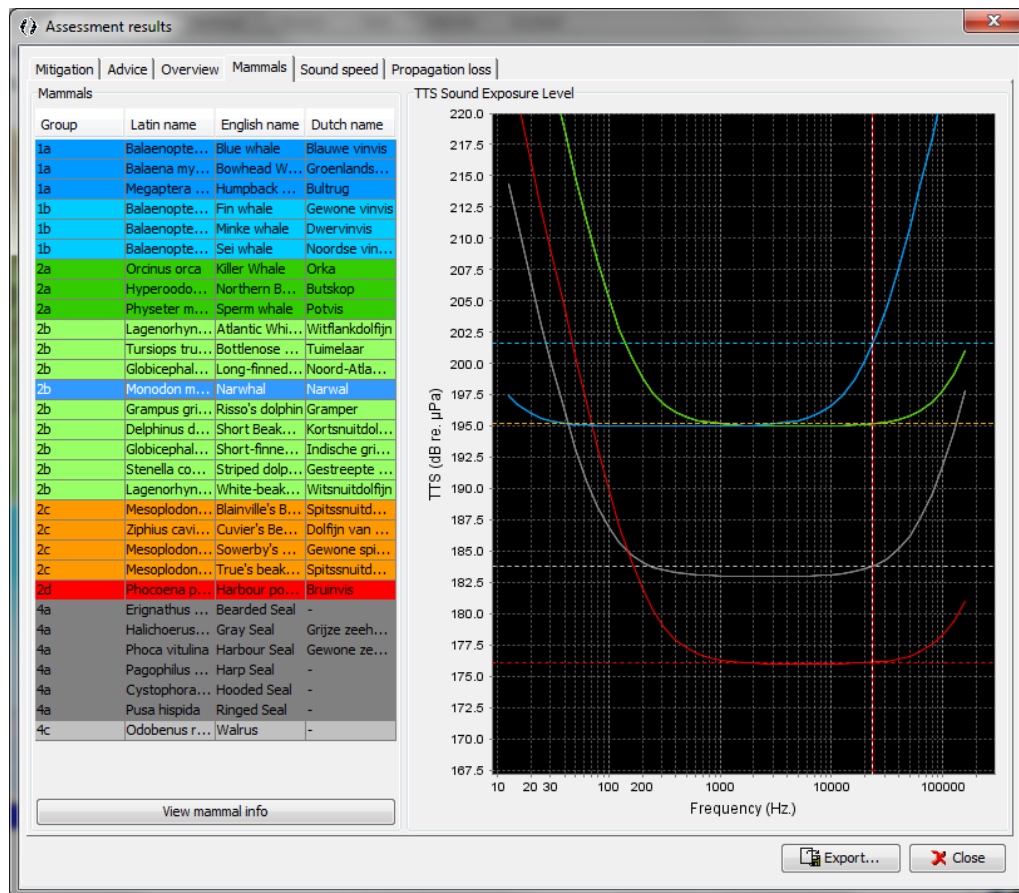
Figur 2 presenterar resultatvyn i SAKAMATA med resultat av känslighetsstudien. Vi ser verktygets trafikljusdisplay vilken på ett enkelt sätt visar om resultatet är acceptabelt. Trafikljuset styrs av fördefinierade trösklar för hur många djur som tillåts få PTS, TTS och beteendestörning. Vi ser att detta scenario varken resulterade i PTS eller TTS men att 232 djur blev störda, varav 203 tumlare. Till höger presenteras total populationstäthet av alla marina däggdjur och nere till vänster syns resultatet av den automatiska känslighetsstudien. I detta exempel ser vi att om vi genomförde precis samma operation tre månader tidigare så skulle antalet störda djur minska till 138. Vid operation tre månader senare skulle 405 djur störas.



Figur 2. SAKAMATA resultatvy.

Riskberäkningarna baseras på ett antagande om undvikande beteende. Vid ett tröskelvärde, individuellt för varje djurfamilj (djurarter är indelade i olika familjer), antas att däggdjuret förflyttar sig ifrån den sändande sonaren och i annat fall stannar kvar i området. Utifrån detta beteende beräknas sedan risken för PTS och TTS. TNO har implementerat algoritmerna själva men samarbetat med flera organisationer för att ta fram riskberäkningarna. Här märks bl. a. universitetet i St. Andrews, WHOI (Woods Hole Oceanographic Institute), FFI och personer ur Förenta Staternas flotta. Dokumentation över riskberäkningsalgoritmerna är under uppförande och vi kommer att få ta del av denna när den är färdigställd. Tolkning av resultatet görs enligt en policy som definierats av Holländska marinen eftersom generella lagar saknas. Denna policy har vi inte haft tillgång till i denna utvärdering. Som vi har uppfattat det är de tröskelvärden för PTS, TTS och beteendestörning som används i utvärderingsversionen av SAKAMATA inte desamma som den Holländska marinen använder sig av. Däremot är de enligt uppgift satta till rimliga värden.

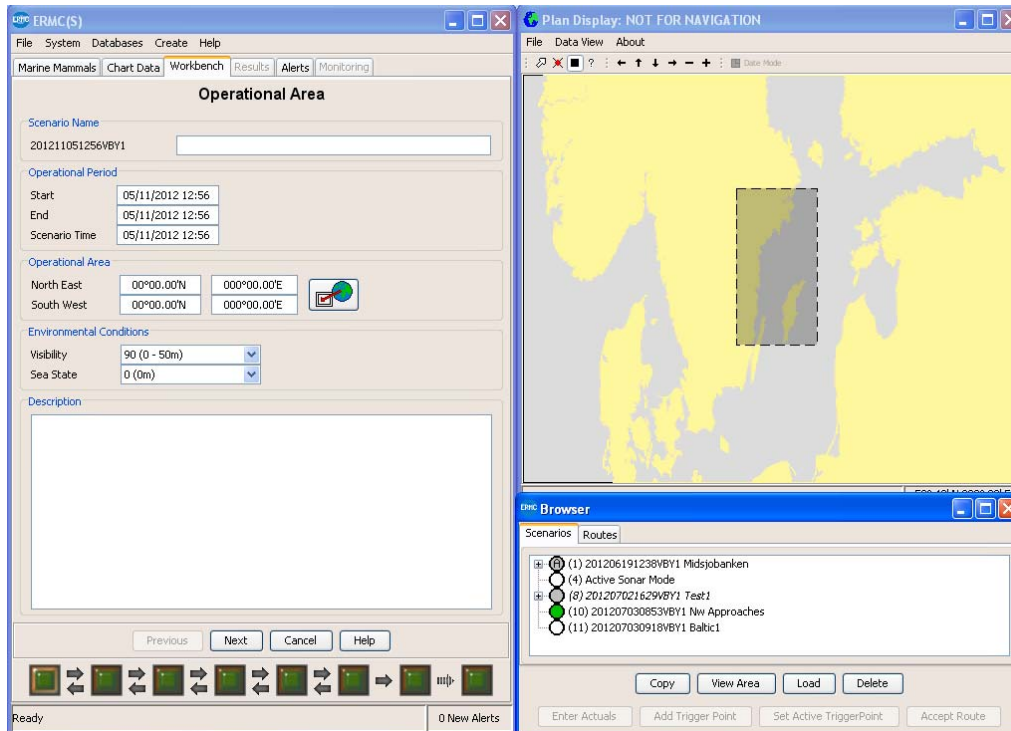
SAKAMATA låter användaren se delar av underlaget för beräkningarna. Förutom populationsfördelningar kan man få se de TTS-trösklar (se Figur 3) och den ljudutbreddningsförlust som använts i riskuppskattningen.



Figur 3. SAKAMATA - tröskelnivåer för TTS.

## 2.2 ERMC

ERMC är utvecklat av BAE Systems och är en färdig produkt. Vår bedömning är att ERMC är ett robust och väl fungerande verktyg som utvecklats i tanke att beräkningar, procedurer och resultat skall vara juridiskt hållbara. Detta är en styrka hos ERMC. Verktöget är tänkt att användas ombord och skall köras kontinuerligt under ett uppdrag eller en övning. Alla körningar sparas systematiskt så att spårbarhet erhålls. Tanken är alltså att man i efterhand skall kunna kontrollera vilka beräkningar som gjorts och vilka beslut som tagits. Därför har begränsningar införts i verktöget så att operatörer inte är fria att ändra i t ex parameterinställningar. Enligt uppgift från BAE Systems används verktöget på olika sätt på olika plattformar och man följer inte alltid de riktlinjer som finns. Kopplat till ERMC finns en legal del vilken inte har funnits med i den utvärderingsversion av programmet som vi har haft tillgång till. Vi har därför inte kunnat studera denna. I den legala delen finns en policy för hur resultaten skall tolkas och användas. I GIS-systemet finns även skyddsområden utmärkta och annan information som behövs för att ta ett så bra beslut som möjligt. På grund av detta kan man säga att ERMC inte bara är ett stödsystem utan ett beslutsstödsystem. Tanken är att verktöget skall möjliggöra fattandet av ett juridiskt hållbart beslut.



Figur 4. ERMC öppningsvy.

Riskuppskattning sker via ett stegsystem som i princip är självförklarande. Det är möjligt att navigera fritt mellan olika steg så länge inte beräkningen satts igång. De akustiska beräkningarna görs i en avståndsberoende miljö av den akustiska modellen ”Instant”. Detta är en analytisk lösning av ljudutbredningen med indata i form av ljudhastighetsprofiler och bottenparametrar (HF-bottnar med värde 1-9, jämför SonTak). Dessa beräkningar görs typiskt i ett taktiskt stödsystem.

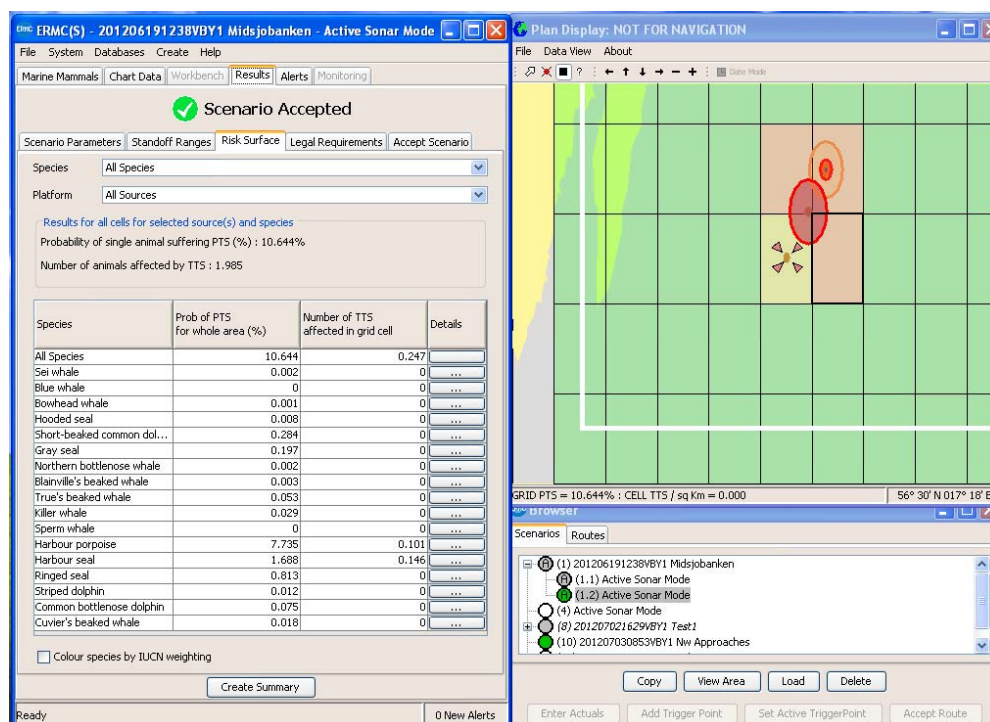
Figur 4 visar öppningsvy i ERMC då man valt att skapa ett nytt scenario. De gröna markörerna nere till vänster markerar vilket steg i processen man befinner sig i. Till höger visas kartvyn där ett område söder om Stockholm här har valts för riskberäkningar. Nere till höger finns ERMCs navigationsmeny, vilken möjliggör enkel navigering mellan olika scenarios.

De uppskattade ljudnivåerna hanteras av en riskberäkningsmodul som heter SafeSIMM och som har utvecklats på University of St. Andrews. Riskberäkningarna bygger i det här fallet på att när djuren hör en ljudpuls behåller en del djur sitt naturliga beteende, en del simmar bort och ytterligare andra faktiskt simmar mot ljudkällan. Vårt intryck är att detta är en rimlig modell som bygger på de senaste vetenskapliga rönen, och de riskberäkningar som görs vilar på en sund vetenskaplig grund.

Modulen SafeSIMM beräknar risk för PTS och TTS. Givetvis är dessa beräkningar beroende av ingående databaser för täthet av marina däggdjur. ERMC innehåller en modul för datahantering (DTS) vilken gör det möjligt för oss att fylla på med egna databaser, vilket vi ser som nödvändigt för Östersjön. Då risken har uppskattats får användaren besluta om den kan accepteras. Om så inte är fallet görs en manuell känslighetsstudie, där parametrar kan modifieras i syfte att uppnå en acceptabel risk. I dagsläget finns inte en automatisk känslighetsstudie, men detta är under utveckling. När risken accepteras signeras scenariot digitalt och arkiveras. Det är tydligt att ERMC har tagits fram för användning i vatten med rik förekomst av marina däggdjur där verktyget används både i planeringsfasen och under gång. Det är också uppenbart att strävan har varit att få tydlighet i ansvarsfrågan, dvs. hur beslut fattas och av vem.



Figur 5 visar ERMCs resultatvy. Till vänster syns resultaten i form av risk för PTS och antal djur som beräknas få TTS. Listan visar resultatet art för art. Genom att klicka i kartvyn till höger kan man se resultatet uppdelat på gridrutor.



Figur 5. ERMC resultatvy.

## 2.3 Fallstudier

Två fallstudier har genomförts i syfte att jämföra resultaten från de två verktygen. Dessa gäller tänkta sonarövningar utanför Grönland och i Nordsjön. Söder om Grönland finns stora marina däggdjurspopulationer, varför detta är ett intressant område att göra beräkningar i. Nordsjön är "hemnavatten" för både Storbritannien och Nederländerna och vi bedömer därför att databaserna för Nordsjön är tillförlitliga.

### 2.3.1 Grönland

Ett scenario sattes upp i både ERMC och SAKAMATA där följande specifikationer användes:

Position: 58 grader 50 minuter N, 44 grader 9 minuter V.

Sonarparametrar:

- Källstyrka (SL): 220dB
- Pulslängd: 1s
- Pulsrepetitionstid: 60s
- Frekvens: 5 kHz
- Pulsform: CW (en ren ton)
- Sändarstorlek: 0.8x0.5m
- Miljö: augusti månads klimatologi

- Sonardjup: 20m
- Omfattning på operationen: 8 timmar

Vi kunde ansätta samma parametrar i ERMC och SAKAMATA förutom att sändardimensionen inte kunde specificeras i SAKAMATA. I SAKAMATA utgick vi från en existerande sensormod (eftersom sonarhanterare saknas) och var därför hänvisade till den dimension som redan specificerats och som vi inte har kännedom om. Dock ansatte vi en sändare med direktivitet, men det är oklart exakt vilken direktivitet denna hade och hur väl den matchade den önskade sändardimensionen. Gällande botten användes databasvärden i ERMC och i SAKAMATA ansattes ”coarse sand”, ungefär grov sand. Resultatet gällande PTS och TTS är:

#### ERMC:

Risk för ett djur att få PTS är ca 70%

Antalet djur som får TTS är 23

#### SAKAMATA:

Antalet djur som får PTS är 0

Antalet djur som får TTS är 6

### **2.3.2 Nordsjön**

I det här scenariot användes samma parametrar som i Grönlandsfallet men:

- Position: 57 grader 30 minuter N, 2 grader 3 minuter O.
- Miljö: september månads klimatologi.

Resultatet gällande PTS och TTS är:

#### ERMC:

Risk för ett djur att få PTS är ca 90%

Antalet djur som får TTS är 43

#### SAKAMATA:

Antalet djur som får PTS är 0

Antalet djur som får TTS är 5

### **2.3.3 Sammanfattning**

Verktyget SAKAMATA räknar antalet djur som får PTS och inte risken att ett djur får det. Här finns således en skillnad mellan verktygen. Osäkerheter finns givetvis kring flera aspekter, bland annat i utbredningsberäkningarna och i riskberäkningarna. Databaserna för oceanografi och populationstäthet är dock desamma. Framförallt har vi ingen kontroll över de tröskelnivåer som används och dessa påverkar resultaten väldigt mycket. Vår huvudsakliga tolkning gällande resultaten är därför att de avspeglar skillnaderna både i antaganden kopplat till riskberäkningarna samt de tröskelnivåer som används. Dessutom finns flera ofullkomligheter i verktygen. I SAKAMATA kan inte ange önskad direktivitet eller sändardimension. ERMC tar inte hänsyn till plattformens förflyttning under övningen; farten dokumenteras men används inte i beräkningarna. Vi bedömer dock att dessa ofullkomligheter skulle vara lätt avhjälpda vid önskemål från en potentiell kund. Uppenbarligen uppskattar

SAKAMATA en lägre risk. Däremot är det svårt att uttala sig om vilken uppskattning som är bäst eller rimligast.

## 2.4 Jämförelse SAKAMATA och ERMC

Båda verktygen beräknar i stort sett samma parametrar men vi uppfattar ERMC som en färdig produkt medan SAKAMATA bedöms vara ett verktyg under utveckling. I ERMC behandlas hela kedjan ut till det legala i syfte med att få tydlighet i ansvarsfrågan, medan SAKAMATA endast utför riskberäkningen. Därför kan en jämförelse mellan de två inte göras rakt av utan vi måste väva in tankar på hur vi (marinen) vill använda ett sådant verktyg. Verktöget ERMC må ha alla lösningar givna och på så sätt snabbt kunna bli operativt men SAKAMATA skulle kunna ha en potential att anpassas till våra behov. Med ERMC får vi ett färdigt koncept som kanske inte nödvändigtvis passar svenska marinens behov. Därför kan inte SAKAMATA uteslutas även om det i dagsläget inte kommer upp till den nivå som ERMC håller. Något som talar till SAKAMATAs fördel är att det har ett tydligt och intuitivt användargränssnitt och upplevs som mer lättanvänt än ERMC. Det presenterar också mer information om hur risken har beräknats än ERMC, vilket kan vara till nytta för en expertanvändare.

Det finns flera tydliga skillnader mellan de riskberäkningsalgoritmer som används i ERMC och SAKAMATA. ERMC räknar med att djur som uppfattar en ljudpuls kan uppvisa en mängd olika beteenden beroende på bl. a. ljudpulsens styrka och djurets ålder och nuvarande aktivitet. I SAKAMATA antas att alla djur påverkas då ljudpulsens är starkare än ett visst tröskelvärde, och att djuren då förflyttar sig bort från källan. Databaserna för oceanografi och populationstäthet är desamma, men riskberäkningar och tröskelnivåer skiljer sig åt. Givetvis är skillnaden i de akustiska beräkningarna en källa till osäkerhet men speciellt i djupa vatten med liten botteninteraktion, vilket är fallet i de två fallstudier som beskrivs ovan, kan vi förvänta oss att en planskiktad approximation är relativt bra. Detta leder oss till slutsatsen att SAKAMATA, givet de tröskelvärden som används i våra utvärderingsversioner, bedömer att färre djur påverkas.

### 2.4.1 Utvärdering

För att göra någon slags mer detaljerad kvantifiering av verktygen har följande områden identifierats som viktiga att försöka poängsätta.

- Användargränssnitt
  - Allmänt
  - Scenariogenerering
- Databaser
  - Hantering
  - Kvalitet
- Akustiska beräkningar
- Riskberäkningar
- Resultatpresentation
- Tillgång till manual

Poängsättning sker efter en subjektiv bedömning och vi använder tre poängnivåer: undermålig (-2p), godkänd (0p) och bra (2p). Varje omdöme följs av kommentarer för att motivera betyget.

#### 2.4.1.1 Användargränssnitt, allmänt

**SAKAMATA: Bra, 2p.** Ett enkelt och intuitivt användargränssnitt. Det baseras på att klicka och dra symboler för plattformar och sonarer och det är relativt få flikar att fylla i. Funktionen automatisk känslighetsstudie är väldigt användbar.

**ERMC: Godkänt, 0p.** Inte lika intuitivt som SAKAMATA. Fler menyer och lite hoppig struktur men ändå relativt enkelt.

#### 2.4.1.2 Användargränssnitt, scenariogenerering

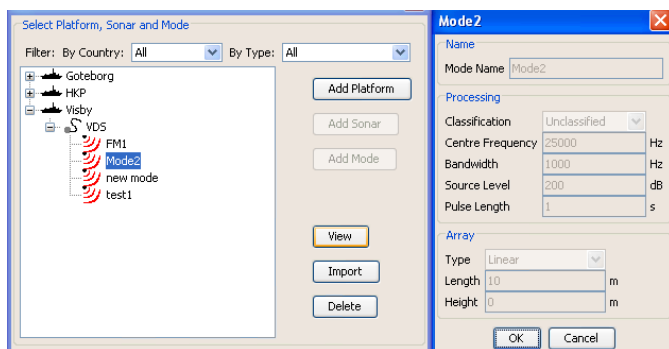
**SAKAMATA: Godkänt, 0p.** Verktöget begär att användaren anger flera parametrar vars innebörd är svår att förstå och vars användning inte är tydlig. Det är inte heller helt enkelt att få till de manuella inställningarna av sonarparametrar. Fliksystemet är dock mycket intuitivt.

**ERMC: Bra, 2p.** Inga frågetecken kring parametrar och ett enkelt stegsystem för scenariogenerering. Det finns färre friheter än i SAKAMATA och på så sätt en stor tydlighet.

#### 2.4.1.3 Databaser, hantering

**SAKAMATA: Undermåligt, -2p.** I dagsläget finns inget verktyg för att hantera databaser. En sonarhanterare är under utveckling. Tankar finns även att införa en HF-bottendatabas.

**ERMC: Bra, 2p.** Ett verktyg för hantering av databaser ingår i ERM, se Figur 6. Med kunskap om vilka format som behövs är hanteringen en fröjd. Välgenomtänkt.



Figur 6. ERM sonardatabas.

#### 2.4.1.4 Databaser, kvalitet:

**SAKAMATA: Ok, 0p.** Såvitt vi kan bedöma innehåller SAKAMATA samma databaser som ERM gällande oceanografi, batymetri och populationsfördelningar av marina däggdjur. För svensk del måste populationsfördelningar av marina däggdjur i Östersjön ses över. Det är en fördel om en HF-databas införs.

**ERMC: Ok, 0p.** Genomarbetade databaser med dokumenterat innehåll. För svensk del måste populationsfördelningar av marina däggdjur i Östersjön och HF-databasen i Östersjön ses över.

#### 2.4.1.5 Akustiska beräkningar:

**SAKAMATA: Undermåligt, -2p.** Modellen Almost är endast implementerad med en planskiktad approximation vilket inte är tillräckligt för Östersjöberäkningar. Användaren måste själv sätta HF-botten via en meny.

ERMC: Undermåligt, -2p. Modellen Instant har vettiga approximationer men är analytisk. För Östersjön är det bättre att köra MultiMoc till exempel. Bottenhårdheten (HF) extraheras från databas.

#### 2.4.1.6 Riskberäkningar

SAKAMATA: Ok, 0p. TNO har samarbetat med flera organisationer, se beskrivning av SAKAMATA, för att ta fram algoritmerna. De bygger på andra beteendeantaganden än ERMC/SafeSIMM och ger generellt färre antal påverkade djur jämfört med ERMC givet de tröskelvärden som är ansatta i programmet.

ERMC: Ok, 0p. Samarbete med universitetet i St. Andrews har bidragit till utvecklingen av SafeSIMM, vilken bedöms vara state-of-the-art. Modulen vilar på sunda vetenskapliga principer och hanterar populationsfördelningar av marina däggdjur tillsammans med beteendemönster. Dock tar verktyget inte hänsyn till plattformens rörelse.

Med tanke på de stora skillnader i resultat som våra testkörningar resulterade i kan vi inte ge verktygen mer än betyget ”Ok” i kategorin ”riskberäkningar”.

#### 2.4.1.7 Resultatpresentation

SAKAMATA: Ok, 0p. Resultatet presenteras i form av antalet djur som får PTS, TTS eller är störda. Det finns dock oklarheter i vissa av sifferpresentationerna och vad de betyder. Hittills har vi alltid fått röd flagg på resultaten pga. många störda djur (men få med PTS och TTS). Den automatiska känslighetsstudien presenteras lättöverskådligt men det skulle även vara trevligt att kunna studera varje enskild variation.

ERMC: Bra, 2p. Inga oklarheter i resultatpresentationen. Mycket trevligt att resultaten presenteras i geografiska gridrutor som kan studeras enskilt i form av parametrarna PTS och TTS.

#### 2.4.1.8 Manual

SAKAMATA: Undermålig, -2p. I det närmaste en avsaknad av dokumentation och instruktioner.

ERMC: Bra, 2p. Bra dokumentation och pedagogiskt lektionsmaterial.

#### 2.4.1.9 Totalt omdöme

SAKAMATA: -4p.

Det som drar ner poängen är avsaknaden av ett databashanteringsverktyg. Dessutom används en för enkel approximation gällande vågutbredningsberäkningarna för Östersjön, samt att det finns oklarheter i resultatpresentationen. Även avsaknad av manual är ett stort minus.

ERMC: 6p.

Det som drar upp poängen är jämnheten, inget har lämnats åt sidan. I synnerhet är databashanteringens med tillhörande verktyg genomtänkt. Dock är vågutbredningsberäkningarna av för enkel karaktär för Östersjön.

### 3 Andra stödverktyg

SAKAMATA och ERMIC uppskattar risken att skada och störa marina däggdjur vid användning av aktiv sonar. Som vi har sett krävs en mängd information av olika slag för att ta fram en sådan riskbedömning. Om en del av denna information saknas eller inte är tillräckligt pålitlig kan vi inte lita på de riskbedömningar som levereras av dessa verktyg. Så är till exempel fallet för riskuppskattningar m.a.p. tumlare i Östersjön baserade på de i verktygen inbyggda databaserna om marina däggdjur. Dessa databaser överskattar populationen av tumlare i Östersjön, vilket leder till att de också överskattar risken att skada och störa. Det är dock möjligt att byta ut databasen och FOI arbetar med att ta fram en bättre databas.

Ett alternativ till den fullfjädrade riskuppskattning som utförs av ERMIC och SAKAMATA är att presentera biologiska data i kartformat och låta användaren själv bedöma var och när det, med hänsyn till marint liv, är mest lämpligt att genomföra en sonarövning. Detta är ett bra alternativ i de fall då en pålitlig riskuppskattningsberäkning inte kan genomföras.

Vi ska här kort presentera två kartverktyg som presenterar biologiska data av relevans för riskuppskattning m.a.p. aktiv sonar.

Inom den norska marinen använder man kartverktyget SONATE, framtaget av Forsvarets Forskningsinstitut (FFI). Här visas biologiska data och de länkas till norska marinens riktlinjer för miljöhänsyn vid användning av aktiv sonar.

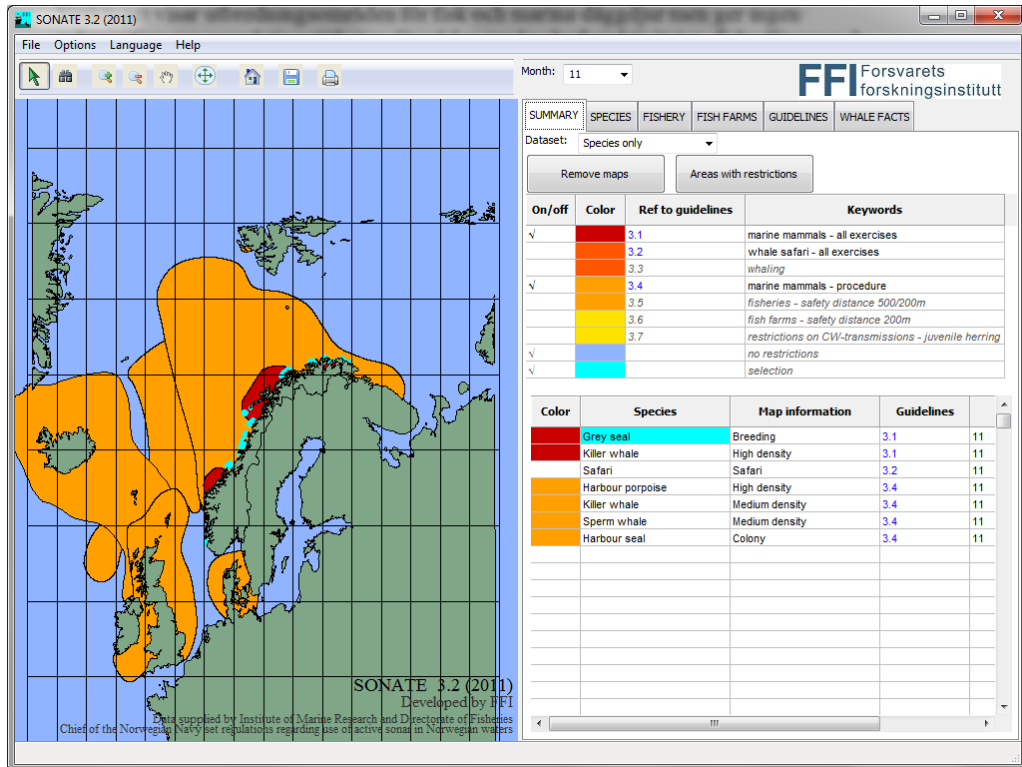
Fjärde sjöstridsflottiljen i svenska marinen arbetar med att ta fram en s.k. maringeografisk biologikalender där en stor mängd information presenteras i olika kartlager. I detta ambitiösa verktyg presenteras inte bara information om marina däggdjur. Områden av intresse för fisk och fågel samt områden som av olika anledningar är skyddade har också katalogiserats och presenteras i verktyget.

#### 3.1 SONATE

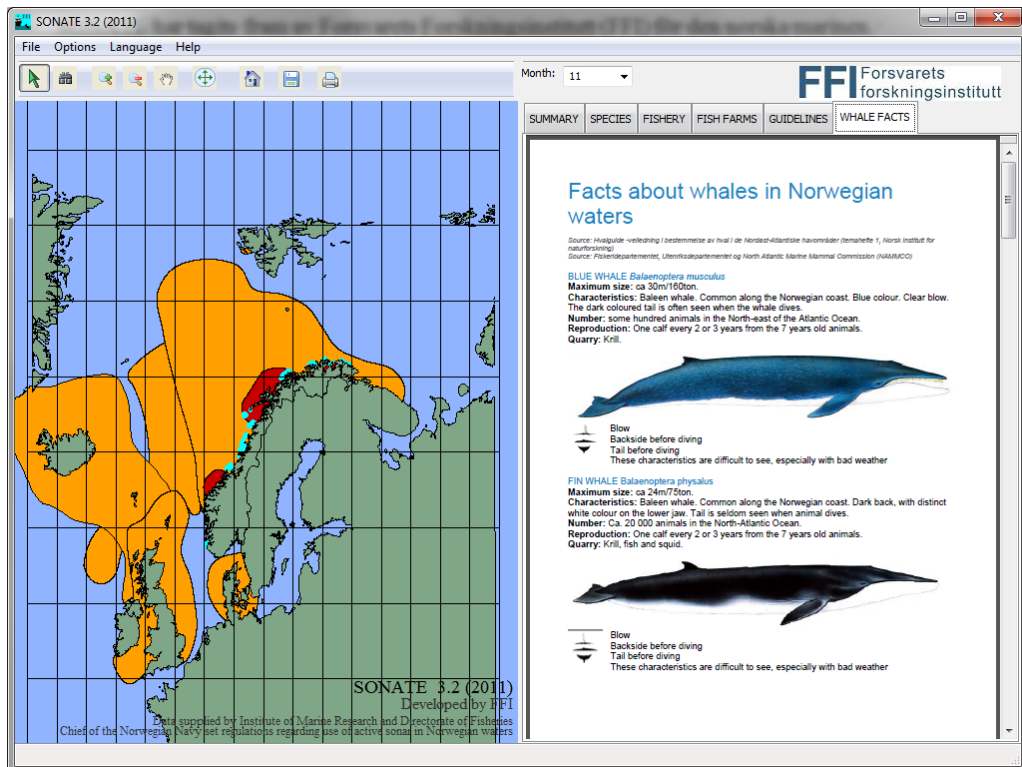
SONATE har tagits fram av FFI för den norska marinen. Verktyget visar utbredningsområden för fisk och marina däggdjur men ger ingen information om populationstätheter. Områden med valsafariaktiviteter, fiskodlingar och kommersiellt fiske visas också.

En typisk resultatbild från SONATE visas i Figur 7 nedan. Vi ser ett flertal områden av intresse för sonaroperationer i november månad. Gråsäl har markerats i artlistan och sälvidsten markeras i turkost i kartvyn. Texten i kolumnen ”Guidelines” i den nedre tabell till höger i Figur 7 länkar direkt till tillämpliga avsnitt i norska marinens riktlinjer för användning aktiv sonar.

SONATE innehåller också en encyklopedi om de marina däggdjur som påträffas i norska vatten, se Figur 8 nedan.



Figur 7. SONATE - resultatbild.



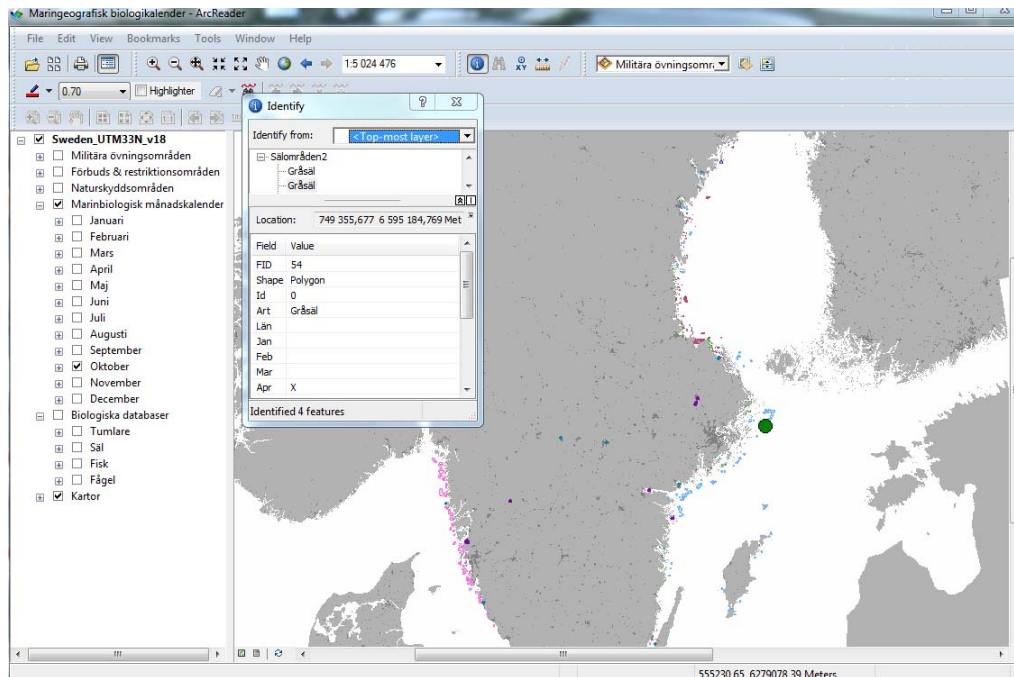
Figur 8. SONATE - encyklopedi.

### 3.2 Maringeografisk biologikalender

Kartverktyget ”maringeografisk biologikalender” är under utveckling vid 4:e sjöstridsflottiljen inom marinen. Vi vill, trots att verktyget inte är färdigutvecklat,

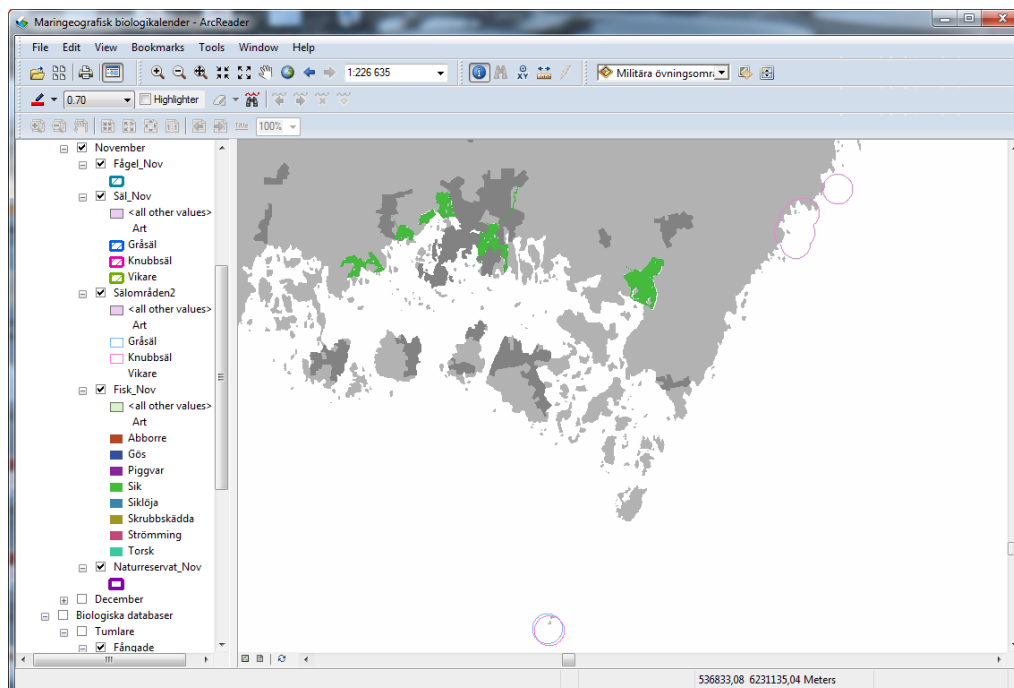
uppmärksamma detta arbete här. Vi tror att detta verktyg kan bli en viktig resurs i marinens miljöarbete.

Verktyget består av ett stort antal GIS-lager med biologisk information. Figur 9 nedan visar en vy från verktyget. Här har vi valt ett intressant område och använt verktyget för att identifiera det som ett sälviste. De blå områdena i figuren är områden med hög täthet av gråsäl i oktober månad. De ljuslila är motsvarande områden för knubbsäl.



Figur 9. Maringeografisk biologikalender.

Verktyget medger också mer lokal information. Vi väljer att visa information för November månad i området kring Karlskrona och får det resultat som visas i Figur 10. Vi ser områden med höga tätheter av sik (grön), knubbsäl (lila) och gråsäl (blå).



Figur 10. Maringeografisk biologikalender, månadsdata för november i området kring Karlskrona.





## 4 Slutsatser

Vilken är den bästa vägen framåt? För att slutligt svara på den frågan måste vi betrakta flera parametrar och presenterar här våra rekommendationer i frågan. Alla dessa aspekter måste dock i slutändan hanteras av FM.

Först och främst måste vi definiera behovet. Vi tror på ett landbaserat system som sköts av ”experter” för planeringsbruk. I och med att Östersjön är marinens huvudområde och att tätheten av marina däggdjur är låg här bedöms behovet av uppdatering under gång som litet. Även i Västerhavet finns relativt få marina däggdjur. Expertgruppen kan både stå för uppdateringar av nödvändiga databaser samt utgöra en bra resurs vad gäller resultatolkning. Just resultatolkning har inte berörts i denna utvärdering men är troligen något som kräver expertkunskap.

Marinen har många olika stödsystem och det kan även vara intressant att försöka hålla tillbaka ytterligare tillväxt av denna flora. Ett attraktivt alternativ som också föreslagits av BAE Systems skulle kunna vara att integrera modulen SafeSIMM i ett existerande taktiskt stödsystem (UwEM). Då skulle man kunna använda UwEMs ljudutbredningsberäkningar av hög kvalitet samt slippa införa ett separat stödsystem för riskberäkningar m.a.p. marina däggdjur. Inom Royal Navy har man velat separera taktiska stödsystem och stödsystem för dessa riskberäkningar men har idag delvis svängt i frågan. Vi bedömer att en riskberäkningsmodul kopplat till ett taktiskt stödsystem skulle vara ett riktigt bra alternativ för svenska marinen. Dock bör man fortfarande sikta på ett landbaserat system som sköts av experter.

Ett annat viktigt inslag är riskberäkningsperspektivet där uppenbarligen ERMIC och SAKAMATA har olika synsätt. Att som SAKAMATA räkna med totalt undvikande beteende är inte realistiskt; djurens reaktion beror på t.ex. kön och ålder samt beteendestatus och tid på året. Här är nog den syn som ERMIC representerar mer realistisk. Verktøget SAKAMATA tar dock hänsyn till sonarljudens påverkan på djurens beteende, vilket vi ser som positivt. Dock kräver val av tröskelvärden för beteendestörning mycket eftertanke och i vår bedömning även vidare forskning. Trösklarna kan inte enbart vara beroende på djurfamilj som nu utan man måste göra en mer detaljerad analys.

Vi kan se ett antal olika alternativ för ett framtida svenskt riskhanteringsverktyg för aktiv sonar.

1. ERMIC är ett bra val och kan redan idag användas i det skick den är i. En nackdel är dock att verktyget inte har hänsyn till påverkan på beteende. Modellen ”Instant” bygger också på en approximation som troligen är för enkel för adekvat bruk i Östersjön.
2. SAKAMATA har så stora brister i framför allt databashantering att det är tveksamt om vi skulle kunna använda verktyget operativt i det skick som det är i idag. Dock arbetar TNO enligt uppgift med att implementera en sonarhanterare och en HF-databas, vilket skulle förbättra SAKAMATA betydligt. Den planskiktade versionen av utbredningsmodellen ”Almost” som ingår i verktyget är dock inte tillräckligt bra för Östersjöbruk. SAKAMATAs tydliga och lätthanterade gränssnitt och det faktum att dess arbetssätt troligen passar bättre för svenska marinen än ERMICs är starka argument för verktyget. Dessutom tar verktyget hänsyn till beteendestörning. Vi bedömer att det är betydligt enklare att modifiera SAKAMATA än ERMIC, varför det vore intressant att undersöka om det skulle kunna vara möjligt att integrera FOIs ljudutbredningsmodeller och öppna databaser i verktyget och i övrigt anpassa det till Marinens behov.

3. Inom PoMM-samarbetet har tankar förts fram att en naturlig fortsättning av projektet skulle kunna vara att ta fram ett modernt riskberäkningsverktyg. Det är framför allt Tyskland, Norge och Italien som står bakom förslaget. Vi bedömer att detta också kan vara intressant för Sverige förutsatt att man kan nå en affärsmässig överenskommelse om hur detta samarbetsprojekt ska fungera och ta fram en plan för validering och certifiering av det resulterande verktyget. Sverige skulle t.ex. kunna bidra med FOIs ljudutbredningsmodeller, vilka är betydligt bättre än de som implementerats i ERMIC och SAKAMATA

Slutligen vill vi återigen påpeka att ett riskuppskattningsverktyg aldrig kan bli bättre än de databaser det bygger sina beräkningar på. Idag har vi inte tillräckligt bra indata för riskuppskattning i svenska vatten, men vi bedömer att detta kommer att förändras inom en snar framtid. FOI och många andra arbetar med att ta fram data och förbättra just de databaser som saknas eller inte håller måttet. Kartverktyg av det slag som presenteras i kapitel 3 är ett viktigt komplement till riskuppskattningsverktyg och kommer att fortsätta att vara det. De kan presentera även information som är svår att ta hänsyn till i en sluten beräkning och göra så på ett överskådligt och lättillgängligt sätt vilket t. ex. illustreras av 4:e sjöstridsflottiljens verktyg ”Maringeografisk biologikalender”.