



Försvarets Historiska Telesamlingar Marinen



2016-11-24

Ubåtssonarer Utveckling från 1930 till 2014

Rolf Andersson

M 04 / 2016



—

Författaren av detta dokument, Rolf Andersson, började sin anställning på dåvarande Marinförvaltningen 1 april 1965. Arbetsuppgifterna var i första hand att ansvara för två bullermätstationer och mäta och analysera utstrålat buller från ubåtar. Relativt snart blev han även inkopplad på arbeten med olika typer av sonarutrustningar på ubåtar. Han har under 50 år arbetat med samtliga typer av ubåtar från typ Abborren t.o.m. ubåt typ Gotland dvs. totalt sju typer.

INNEHÅLL

| | sida |
|--|------|
| Sonar på ubåt. utveckling från 1930-talet fram till 2014 | 4 |
| Passiva sonarer 1930-1960 | 4 |
| Passiva sonar efter Vk2 | 5 |
| Passiv sonar till ubåten typ Abborren | 6 |
| Passiv sonar till ubåten typ Sjöormen | 6 |
| Passiv sonar till ubåten typ Näcken | 7 |
| Aktiva ubåtssonarer | 10 |
| Sonarvarnare | 11 |
| Sonarutveckling under 1970 - 1980 talen. | 12 |
| Långbassonar (/FAS) | 14 |
| Bandspelare | 14 |
| Ljudhastighetsmätare | 15 |
| Förbättrad säkerhet | 15 |
| Ub typ Västergötland | 16 |
| Övriga sonarsystem på ub typ Västergötland | 18 |
| Modifiering av ub typ Sjöormen | 19 |
| Ub typ Gotland | 21 |
| Övriga sonarutrustningar | 23 |
| Övningsanläggning | 23 |
| Interceptsystem | 24 |
| Aktiva högfrekventa sonarer | 25 |
| Framtida system | 27 |

Sonar på ubåt. Utveckling från 1930-talet fram till 2014

Apparater för upptäckt och registrering av ljud i vatten har inom svenska marinen kallats hydrofoner sedan de först togs i bruk under 1930-talet.

I utländska mariner användes sedan 50-talet beteckningen sonar, akronym för ”sound navigation and recording”. Det engelska ordet ”hydrophone” användes endast för mikrofon. Sedan början av 80-talet har svenska marinen anslutit till internationellt språkbruk och ordet sonar användes därför genomgående i denna historik

Passiv sonar 1930 – 1960

De första sonarutrustningarna för svenska ubåtar beställdes i slutet av 1920-talet från Tyskland. Här fanns två tillverkare av sådan materiel: Atlas Werke i Bremen och Elac (Electroacoustic) i Kiel. Enligt uppgift i tysk källa (Eberhard Rössler) var Elac den förste leverantören, den svenske representanten var AGA. Uppgiften har inte kunnat bekräftas. Däremot är det fastställt att Atlas Werke levererade lyssnaranläggningar för ubåtarna Illern och Bävörn. Materielen beställdes 1930 och levererades 1931 efter besiktning, utförd av miningenjör K Johansson från marinförvaltningen.

Den första beställningen följdes av flera under 1930-talet och i början av 1940-talet var samtliga ubåtar utrustade med passiv sonar, beställda vid olika tillfällen under 1930-talet.

Ritningar från 1934 visar placering av mikrofoner på ubåtarna Draken, Gripen och Ulven samt på ubåten Delfinen, den sistnämnda med annan spantnumrering än de tidigare. Denna sonar, levererad av Atlas Werke hade 18 mikrofoner, monterade i stäven, flush med fartygsplåten, 9 mikrofoner på varje sida. Mikrofonerna var placerade på olika höjd över kölen för att utnyttja ubåtens bredd och erhålla täckning förut och akter om tvärs. Mikrofonerna var numrerade 1 och 2 längst akterut, 3, 4 och 5 över förliga horisontalrodret, 6 – 9 för om rodret. Avståndet mellan mikrofonerna varierade, i horisontalled från 12 cm till 45 cm, i genomsnitt cirka 40 cm. Med denna mikrofondelning blev lämplig lyssningsfrekvens ungefär 2000 Hz. Sonarns frekvensområde var ungefär 100 Hz till 15 000 Hz. Vid högre frekvenser ökade pejlskärpan men också sidoloberna och därmed risk för felpeljningar.

Mikrofonerna var elektrodynamiska. Uppfångade ljudsignaler fördes till förförstärkare och därifrån via släpningar till en vridbar borstplatta i indikatorn. På denna var kontakter monterade, likformigt med mikrofonerna i stäven. Via kontakterna fördes signalerna till lameller i en fast platta. Varje lamell hade en ingång till en fördröjningsledning. Med denna konstruktion kunde samtliga mikrofonersignaler bringas i fas och summeras.

Borstplattan vreds tills ljudnivån blev maximal. Genom vridning fram och åter bestämdes mittläget och därmed riktningen till bullerkällan. Inställd riktning avlästes på en bäringsskiva med pejlvissare.

I signalbehandlingen ingick högpasfilter med olika undre gränshäufiger. Med dessa filter kunde loben göras smalare och riktskärpan förbättras.

Ubåtarna Neptun, Najad och Näcken samt kustubåtarna fick en sonar med beteckningen 42 AR. Denna version hade märkbart bättre prestanda än de äldre. Skillnaden kan ha berott på lägre termiskt brus i förförstärkare, beroende på nyare typ av elektronrör samt, viktigare, övergång till kristallmikrofoner med högre känslighet.

Ljudet från en bullerkälla i inställd riktning avlyssnades i hörtelefon och högtalare. Den uppfångade signalen måste också klassificeras. Resultatet av klassificeringen berodde på operatörens kunskaper och skicklighet att känna igen olika ljud. För att genomföra utbildning av sonaroperatörer krävdes tillgång till materiel för ljudåtergivning, vid denna tid grammofonskivor. En mängd upptagningar av fartygsbuller gjordes i mitten av 30-talet av kapten Åke Lindqvist och löjtnant Fredrik Taube med teknisk assistans av AGA. Man gjorde inspelningar av ångdrivna fartyg, diesel- och tändkulemotor, ubåtsbuller m m. För skivproduktionen svarade Aga-Baltic. Dessa inspelningar överfördes sedermera till bandspelare, först trådspelare i slutet på 40-talet, senare till tape och var fortfarande på 70-talet grunden för utbildning av sonaroperatörer vad gäller igenkänning av olika fartygsljud.

Passiv sonar efter VK2

Den tyska nybyggda ubåten U3503 som i skadat skick sökte sig in på svenskt vatten utanför Göteborg, sänktes där av egen besättning. Ubåten bärgades och blev föremål för grundliga studier hos marinen.

Vad gäller ubåtens passiva sonar blev denna förebild för den konstruktion och tillverkning som beställdes hos det nystartade företaget Philips Teleindustri AB år 1948. Sonarn, som fick beteckningen M/51UP, blev en kopia av den tyska sonarn. Den installerades på ubåtar typ Hajen och Draken under 1950-talet.

Sonar M/51UP hade 48 mikrofoner placerade i två rader i formskrovets stäv, som gavs en avrundad form under torpedtuberna, den s.k. balkongen. Ljudomvandlarna var kristallmikrofoner anskaffade från holländska Philips i Eindhoven. Kristallelementen var placerade i en mässingshylsa med ett membran av mässing.

Liksom sina föregångare från 30-talet var M/51UP uppbyggd med mikrofoner, förförstärkare och kompensator, innehållande borstplatta, lamellplatta, fördröjningsledning och presentation på indikator och i lyssningskanal. Det ökade antalet mikrofoner gav längre räckvidder i alla riktningar. Sonarn var effektiv vid farter upp till cirka sex knop, vid högre farter ökade störbruset snabbt. Den dominerande faktorn vid denna ökning var att vattenströmningen verkade direkt mot mikrofonytan. I gränsytan mikrofon-fartygsplåt alstrades dessutom snabbt frätsår i plåten på grund av elektrolys. Dessa frätsår fungerade som bullerkällor då vattenströmningen tidigt övergick från laminär till turbulent vid dessa anvisningar.

Den aktiva sonar som installerats på de nybyggda landskapsjagarna hade en presentation av uppfångade ekon på bildrör. Anordningen gav impuls till en modifiering i sonar 51 UP. Lamellplattan delades mitt itu och fördröjningsledningen dubblerades så att två lober kunde bildas. Uppfångat ljud kunde sedan efter signalbehandling presenteras på ett bildrör. Ljudet

presenterades nu som ett nystan som övergick till en smal ellips och slutligen en vertikal linje då riktningen till målet var exakt. Denna inställning utfördes av sonaroperatören, som nu kunde lämna kontinuerlig bäringsinformation till torpedledningens instrumentet. Denna modifiering, utveckling, konstruktion och tillverkning utfördes av Atlas Marin Laboratorium i Nynäshamn och installerades på ubåtar typ Hajen och Draken.

Passiv sonar till ubåtar typ Abborren

Ubåtar typ Draken hade betydligt lägre utstrålat buller än tidigare ubåtstyper, en utveckling som också kunde förväntas hos andra mariner. När ett antal kustubåtar ombyggdes till ubåtsjaktubåtar blev det därför angeläget att få en sonar med bättre räckvidder än 51UP.

En ny sonar beställdes hos Atlas Werke i Bremen. Antalet mikrofoner ökades till 192, placerade på 64 vertikala balkar av glasfiber med tre mikrofoner på varje. Framför mikrofonerna monterades ett akustiskt fönster i tunn plåt runt stäven. Baslängden blev cirka 4,5 m.

Samma pejlmätod som på den modifierade 51 UP kom till användning, nollmetod med bildrörspresentation och kontinuerlig målföljning.

En svaghet hos hittills använda kristallmikrofoner var det begränsade temperaturområdet. Kristallerna förstördes om temperaturen överskred 40 grader, vilket kunde inträffa vid dockning sommartid om inte vissa försiktighetsåtgärder vidtogs. För att undvika detta och komplikationer med elektrolys, valde marinförvaltningen keramiska mikrofoner. Dessa beställdes separat från det franska företaget Alcatel. Abborrens passiva sonar fick beteckningen 061 efter beställningsåret. I sonarn infördes halvledarteknik i stället för elektronrörsbestyckning i förförstärkarna. Volymen kunde därmed hållas oförändrad, trots det väsentligt ökade antalet förförstärkare.

Materielen levererades 1963 och visade sig motsvara ställda förväntningar beträffande lyssningsegenskaper.

Passiv sonar till ubåtar typ Sjöormen

Projektering av en ny ubåt med numret A11 inleddes ungefär samtidigt som ombyggnaden av de gamla kustubåtarna. I projekteringen fick en arbetsgrupp särskilt studera utformningen av det akustiska fönstret. Gruppen var sammansatt av ingenjörer från Statens Skeppsprovninganstalt, SSPA, FOA 3 och konsultfirman Akustikbyrån. Gruppen fick i uppgift att besvara följande frågor:

- vilka ljudtransmissionsegenskaper har olika material?
- hur inverkar ytjämnheten på strömningsbullret?
- vilket är lämpligt avstånd fönsteryta – mikrofonyta för att inverkan av strömningsbuller skall reduceras i tillräcklig grad?

För att få svar på dessa frågor genomförde gruppen en omfattande försöksverksamhet. Svaren blev:

Avståndet mellan fönster och mikrofon skall vara minst 10 cm

Kravet på ytjämnhet bör ställas högt. Redan små oregelbundenheter alstrar buller som snabbt ökar vid farter över 10 knop. Acceptabla transmissionsegenskaper har plastlaminat, stålplåt och lättmetall. Vid det slutliga valet invägdes skeppstekniska synpunkter och kostnader och Sjöormen fick fönster av stålplåt.



Sonar 062, operatörskonsol

ovanpå den tidigare bäringssindikatorn. För klassificering måste man liksom tidigare utnyttja lyssningskanalen och alltså avvakta erforderlig signalstyrka.

Den nya ubåtssonarn beställdes hos Atlas Werke i Bremen och fick beteckningen 062. Sonarn var i princip lika Abborrens, men en grundlig analys av konstruktionen visade att följande ändringar blev nödvändiga, dels på grund av den utökade mikrofonbasen, dels de chockkrav och krav på mjuk upphängning som uppställts av skeppsbyggarna.

Artiklar i vetenskapliga tidskrifter gav impuls att hos Atlas Werke efterfråga komplettering av prototypen med en korrelator. Tekniskt innebar detta att signaler från två givare bringades i fas, multiplicerades med varandra varefter produkten integrerades över viss tid, d v s energidetektering. Förutsättningar för korrelatorn fanns redan i konstruktionen.

Utökningen innebar att summasignalerna från de två fördröjningsledningarna fördes till korrelatorn för vidare signalbehandling och presentation. Slutresultatet blev en tidbäringskrivare med presentation på papper.

Den nya tillsatsen gav väsentligt ökade upptäcktsavstånd. Korrelatorn placerades

Passiv sonar ub Näcken

I slutet av 1960-talet påbörjades projektering av nästa ubåt. Erfarenheterna från Sjöormen var goda både vad gäller räckvidd och noggrannhet hos sonarn. Risken för upptäckt om periskop eller radar användes var stor och i utbildningen användes endast passiv sonar.

Marinstabens planeringsavdelning leddes vid denna tid av kk1 Gunnar Grandin. Som sammanhållande för den taktisk-teknisk-ekonomiska målsättningen följde Grandin verksamheten på en Sjöormenbåt under en dag. Ett av hans intryck från besöket blev att en ubåt i uläge hade en begränsad uppfattning om fartygsrörelser på ytan. Det vore önskvärt att kunna följa flera mål samtidigt. Synpunkten framfördes till marinförvaltningen för att om möjligt beaktas i specifikationen på den nya passiva sonarn.

Vid denna tid hade datorisering börjat användas inom militärelektroniken. I tekniskt-vetenskapliga tidskrifter förekom ibland notiser om DIMUS, akronym för digital multibeam

sonar. En sådan sonar skulle motsvara de nya kraven men ännu så länge fanns den i Europa endast som matematiskt dokument.

Förfrågningar om digital sonar gjordes hos europeiska tillverkare, Atlas Werke i Västtyskland och Th-CSF i Frankrike. Atlas Werkes svar var negativt, ingen verksamhet med digital signalbehandling hade påbörjats. Med befintlig analogteknik kunde kapaciteten utökas till tre målföljare. Thomson-CSF hade påbörjat försöksverksamhet och inbjöd till en visning av "state of the art" i Toulon våren 1968. Där visades ett stort stativ med komponentkort och en mängd kopplingsladdar, enbart en laboratorieuppkoppling. Firman hade börjat implementering av teoretiska beräkningar i mekanisk hårdvara, men steget var långt till en färdig produkt.

Vidare diskussioner ledde till att en realiserbarhetsstudie avseende en DIMUS utfördes av Th-CSF på marinförvaltningens uppdrag. Studien skulle ge underlag till en specifikation på en komplett utrustning anpassad till den nya ubåtstypen.

En del av studiearbetet gällde utformning av mikrofonarray och dess inplacering i stäven. Vid dykning tog det med nuvarande konstruktion en inte försumbar tid att få formskrovet fritt från luftbubblor som hade en negativ inverkan på sonarns funktion. För att eliminera denna störning föreslogs en nosdel på stäven, helt gjuten i polyuretan, med mikrofoner placerade på vertikala balkar i massan. Mikrofonarrayen föreslogs cirkulär med så stor diameter som kunde inrymmas i stäven och antalet mikrofonbalkar 64 stycken. Genom cirkulärsymmetri kunde behovet av beräkningskapacitet och datavolym hållas till minimum, positivt ur tids- utrymmes- och kostnadsskäl.

På grund av studien specificerades en sonar med krav på känslighet i form av signalbrusförhållande som var mycket avancerat, liksom krav på låg störnivå kring mikrofonarrayen även vid hög fart samt krav på ständig spaning horisonten runt med samtidig följning av flera mål. Materiel enligt specifikationen till ub Näcken beställdes från Th-CSF. Den fick här beteckningen 071.

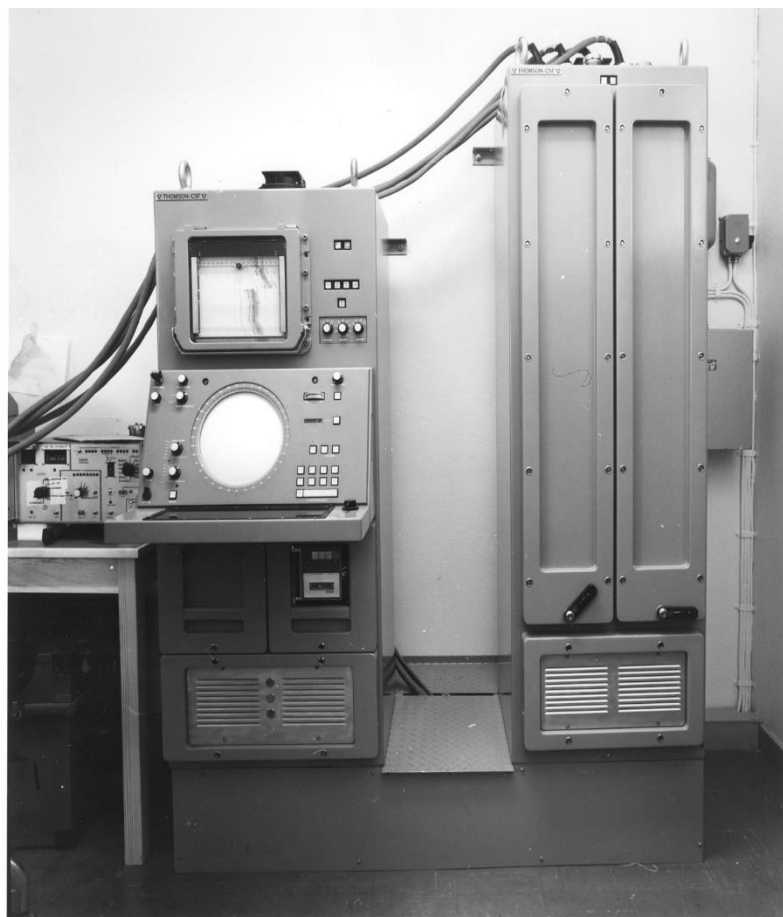
Övergången från analog till digitalteknik innebar osäkerhet i flera avseenden. De egna kunskaperna i digital- och datorteknik var i början ytterst blygsamma hos handläggarna i materielverket men fördjupades undan för undan. Samkörningen med det nya datoriserade informationsbehandlingssystemet NIBS som innehöll både torpedledning och olika övervakningssystem bjöd på problem. Dessa var dock förutsedda, vilket innebar att sonarn efter leverans till Kockums skulle kopplas upp i en lokal tillsammans med NIBS för att utprova och säkerställa den totala systemfunktionen. Driftsavbrotten var täta till att börja med, dels på grund av oklarheter mellan leverantörerna, dels på grund av komponenthaverier i sonarn. I synnerhet det senare var oroväckande då krav på mycket hög driftsäkerhet ställdes i specifikationen. Det var därför med spänning man avvaktade erfarenheterna när materielen togs i bruk på den första ubåten. Till allas lättnad var resultaten mycket glädjande, inga komponenthaverier hade inträffat under det halvår som materielen varit i bruk ombord. De tidigare störningarna hade berott på att sidoplåtarna på sonarpanelen varit borttagen vid samkörningarna hos Kockums för att leverantörens personal skulle kunna göra erforderliga justeringar. Detta hade påverkat luftkylningsystemet med icke önskvärda temperaturhöjningar i panelen som följde.

Anskaffningen av sonar 071 innebar ett stort steg i den tekniska utvecklingen. Tiden var egentligen inte mogen, det hade varit önskvärt att vänta ytterligare några år. Men något alternativ fanns inte, en väntan hade inneburit förseningar och fördröjningar av hela ubåtsprojektet. Det mycket positiva slutresultatet får tillskrivas de arbetsinsatser som gjordes från leverantörerna under samkörningsfasen och, väl värt att nämna, från FMVs handläggare Andersson som agerade mellanhand och fixare i de besvärliga situationer som ibland uppstod.

Näckens sonar hade målpresentation dels på en skrivare, dels på ett cirkulärt bildrör. Både skrivare och bildrör hade kontinuerlig övervakning i alla riktningar. På bäringsskrivaren registrerades alla mål som streck. Bildröret hade ett svep i periferin. Mål indikerades som en radiell avvikelse i form av en triangel med spetsen mot centrum. Integrationstiden var variabel. Längre integrationstid gav en mer stabil bild. Upptäckta mål kunde följas kontinuerligt och vidareändas till NIBS, flera mål samtidigt.

För klassificering av mål var man liksom tidigare hänvisad till det mänskliga örat. Den digitala informationen var därför kompletterad med en analog lyssningskanal.

Utformningen av förskeppet fick också gynnsamt resultat. Sonarn fungerade utan anmärkning omedelbart efter dykning, bullerstörningarna blev lägre än på äldre ubåtar och räckvidden mot mål mycket god även vid hög egen fart.



Sonar 071. Övningsanläggning uppställd på BÖS

Aktiv ubåtssonar

1930-talets svenska ubåtar måste för att bestämma avstånd till ett mål använda periskopet. Svenska minsvepare utrustades i slutet på 30-talet med tyska perifoner, som också fanns i ubåtsversioner, men sådan utrustning installerades inte. Det dröjde till efter krigsslutet och bärgningen av den tyska ubåten som viss försöksverksamhet med aktiv sonar påbörjades. En försöksinstallation gjordes på ubåten Dykaren med materiel som hade den tyska "Nibelung" som förebild, men proven avbröts 1947.

I stället inköptes engelsk surplusmateriel till låga priser, aktiv sonar, till både ubåtar och ytfartyg. Ubåtssonarn fick här beteckningen M/47U. Den första utrustningen installerades på ubåten Hajen.

Samtliga ubåtar typ Hajen och Bävern samt kustubåtarna fick denna sonar i slutet på 40-talet och under 50-talet.

M/47U var uppbyggd av ett antal enheter. Vridbar ljudomvandlare eller svängare, placerad i falska tornet, högfrequensgenerator, manöverenhet och presentationsenhet, den senare en skrivare med vått papper (typ ekolod), som registrerade ekon från utsänd ljudpuls. För lyssning fanns hörlurar och högtalare (valbar). Den utsända ljudpulsen hade en frekvens inställbar mellan 10 kHz och 15 kHz, för lyssning transponerad till 1000 Herz.

Den aktiva sonarn var behäftad med vissa svagheter som endast delvis kunde avhjälpas. Högfrequensgeneratorn var en roterande omformare som måste avstämmas till rätt varvtal för att ge önskad sändfrekvens. Den automatiska varvtalsregleringen klarade inte på ubåtarna förekommande variationer i nätspänningen så omformarna måste därför regelbundet kontrolleras och justeras manuellt. Ekomarkeringen på skrivaren var svårtolkad på en, högst två sändpulser. Vridningen av svängaren var långsam.

Man hade nu i början av 50-talet möjlighet att göra jämförelser med den nya holländska sonar som levererats till jagarna Halland och Småland. Inom parentes kan nämnas att denna sonar sannolikt hade den tyska Nibelung som förebild. Likhetera var påfallande.

För de svenska ubåtarna önskades nu modifieringar av M47/U till liknande utförande som de holländska utrustningarna. En försöksutrustning beställdes hos Atlas Werke i Bremen, som nu återupptagit verksamheten. Materielen provades på marinens försöksfartyg Capella (senare omdöpt till Urd) 1954-55. Erfarenheterna var tyvärr inte så goda, för att erhålla önskade prestanda måste hela M/47U bytas mot en ny sonar, blev slutomdömet. Projektet fick läggas ned av brist på medel och ubåtarna fick behålla sin sonar M/47 U.

Till ubåtar typ Draken blev det aktuellt att anskaffa ny, aktiv sonar av "efterkrigsmodell". Kraven var en sonar som kunde passivt inställa bäring till ett mål och kontinuerligt följa det. Bildrör för ekopresentation samt dopplerindikering av mål i rörelse.

En sonar enligt ställda krav beställdes och levererades från Atlas Werke. Svängaren hade en öppningsvinkel på cirka 25 grader och var vridbar inom en sektor +-150 grader från stäven.

Svängaren blev placerad i falska tornet bakom ett akustiskt fönster av tunn plåt. Avståndsindikatorn var ett bildrör med ett horisontellt svep. Maximalt mätområde 8000 m. Drakens aktiva sonar fick beteckningen 001.

Till ubåtarna typ Sjöormen levererades också aktiv sonar från Atlas Werke. Den fick här beteckningen 002. Sonarn var en vidareutveckling av den som levererats till Draken. Skillnaderna torde ha berott på sammanlagring av önskemål och synpunkter från olika kunder. Sonar 002 hade en svängare placerad på ett släpringsdon, så att den kunde vridas varvet runt utan stopplägen. Avstånd och bäring presenterades på ett bildrör. Två andra bildrör visade doppler respektive inställd vertikalvinkel. Både sonar 001 och 002 hade en lyssningskanal med sändningsfrekvensen nerblandad till 1000 herz och presentation i hörlurar och högtalare.

När projektering av ubåt typ Näcken blev aktuell utlämnades aktiv sonar. Med erfarenheter från Sjöormen ansåg man att tillräcklig information om målet kunde erhållas med passiv sonar med den s.k. AMI-metoden för att genomföra torpedskjutningar.

Den målsättning som uppställdes av inspektören för ubåtsvapnet, kmd S Weinberg, 15 år tidigare, kunde nu äntligen uppfyllas.

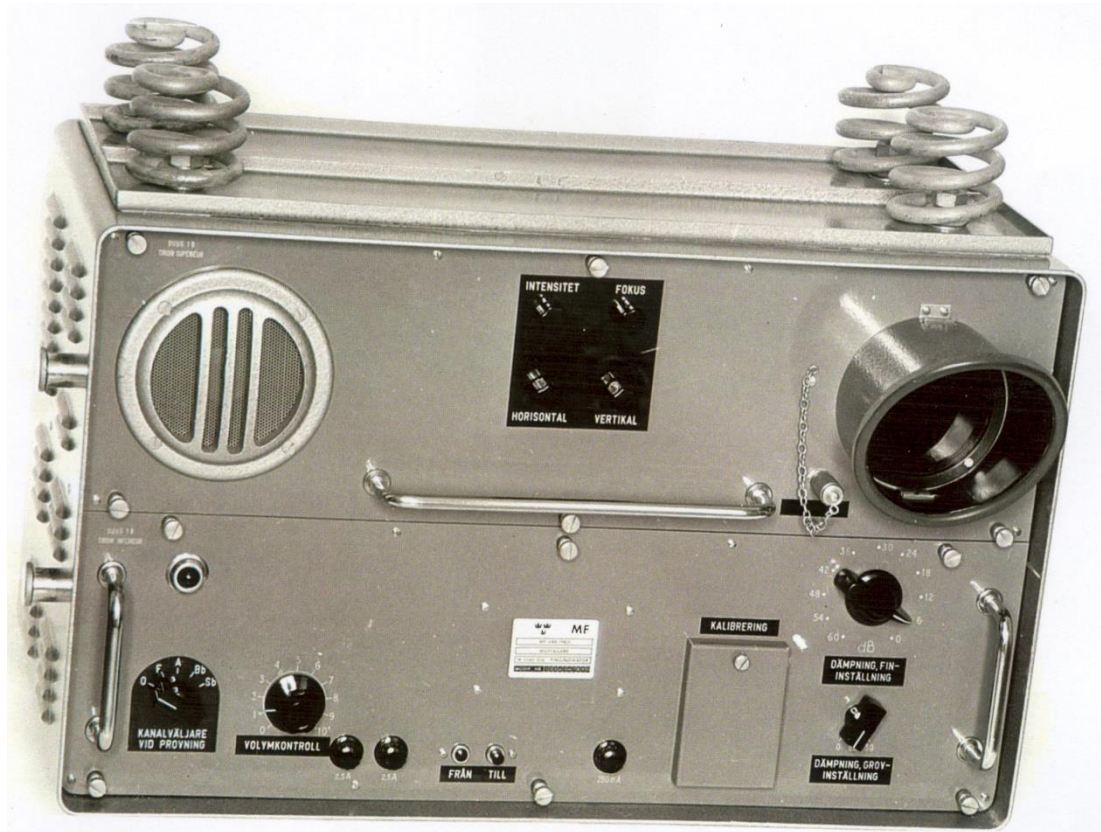
”Vårt mål skall vara att kunna genomföra torpedanfall utan andra mätmedel än passiv sonar.”

Sonarvarnare

I ubåtarnas hydroakustiska utrustning ingick också sonarvarnare eller pingindikator som denna materiel kallades fram till 1980-talet. I slutet på 1950-talet öppnades möjlighet att inköpa sådan materiel som från början utvecklats för franska marinen från ett företag i Nice, Etablissement Rally. Pingindikatorn hade fyra mikrofoner placerade som sidor i en rektangel. På ubåtar typ Draken monterades dessa i falska tornet: förut, akterut och på varje sida.

Mikrofonerna dubblerades, placerades två och två vertikalt. Efter anvisning från Rally beställdes dessa från en tillverkare i Marseille, Pons. Mikrofonerna var keramiska.

Samma mikrofonplacering fick ub typ Abborren. På ubåtar typ Sjöormen och Näcken som också fick sonarvarnare från Rally, eller Safare-Crouzet som företaget numera hette, placerades mikrofonerna i ett gemensamt montage under en huv, på tornkammen.



Pingindikator till ub typ Draken



Mikrofon till pingindikatorn

Sonarutveckling under 1970–1980 talen

Under 1970–1980 talen infördes flera nya tekniker och system som LOFAR och DEMON-analys, långbassonar, bandspelare, ljudhastighetsmätare, nödhydrotelefoner och nödpingers.

LOFAR som står för Low Frequency Analysis and Recording är en smalbandig signalbehandlingsmetod för detektering och klassificering.

Under mitten av 1970 talet fick FMV och marinen kännedom om att en ny signalbehandlingsmetod börjat användas i USA och en del länder i Europa.

För att lära sig mer om den nya tekniken påbörjades en intensiv utbildning av tekniker och operatörer.

Lärare hyrdes bl.a. in från England och Norge och några fick utbildning utomlands.

För att dessutom få praktisk erfarenhet anskaffades två LOFAR-utrustningar från Norge. Systemen installerades på ubåtarna Sjölejonet och Sjöbjörnen.

Utrustningen döptes till SORLOF. SjöORMen LOFAR.

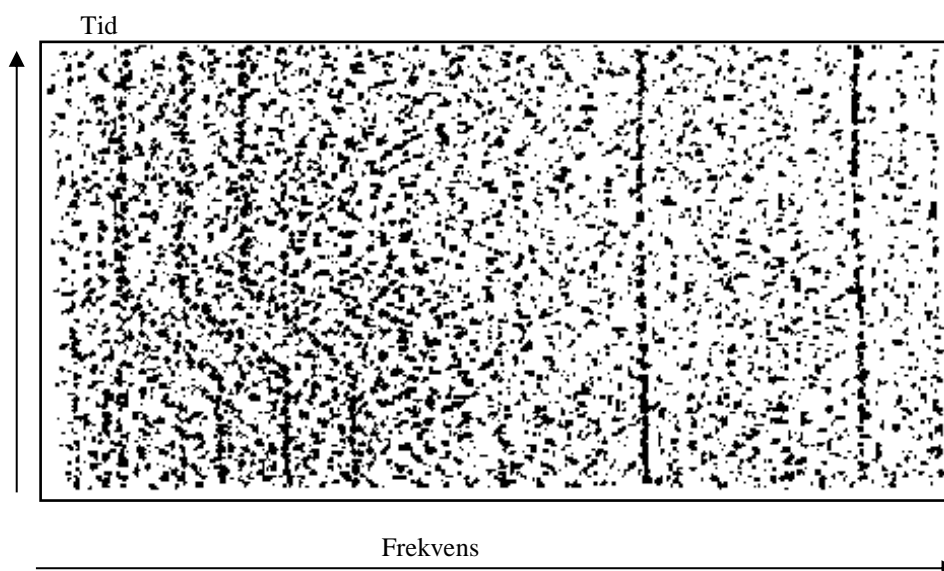
Utrustningarna bestod av tre hydrofonenheter en analysenhet samt en skrivare som på X-axeln visade frekvens och på Y-axeln tid. Svärtningsgraden för respektive frekvenslinje angav målets signalstyrka.

Analysutrustningen var tillverkad av A/S Informationskontroll och hydrofoner med förförstärkare och övrig elektronik av Ocean Reserch.

Det som möjliggjorde den nya analysmetoden var tillgången till snabbare datorer och större minneskretsar för datalagring.

Analysen går ut på att signalerna som kommer in i sonaren filtreras i en signalprocessor och omvandlar den analoga signalen till digital signal. Därefter görs en FFT (Fast Fourier Transform) analys som ger grund-och övertoner med deras relativa styrka.

Efter många problem med placering av hydrofonenheterna och inte minst reducering av egenbullret, där besättningarna lade ner ett stort arbete, erhöles hyggliga resultat.



Bilden visar ett LOFAR-gram

De frekvenslinjer som visas på bildens vänstra sida ändrar frekvens vilket tyder på att målet ändrar fart. De linjer som visas på bildens högra sida är fartoberoende linjer som förmodligen kommer från någon roterande maskin t.ex. en omformare.

En skicklig operatör kan med LOFAR- information bedöma om en motor är två eller fyrtaktare, hur många cylindrar den har etc.

LOFAR är numera standard i samtliga passiva ubåtssonarer.

DEMON används i första hand för att analysera propellerinformation. DEMON är en förkortning av DEMODulated Noise.

Metoden innebär att det modulerade bredbandiga bullret demoduleras. Därefter görs frekvensanalys av den modulerade signalen.

För DEMON använder man sig av ett brett frekvensband inom det övre frekvensområdet, t ex 4 - 8 kHz medan den analyserade moduleringsfrekvensen oftast ligger mycket lågt < 1Hz upp till drygt 100Hz.

Genom att kombinera LOFAR- och DEMON-analys kan viktig upplysning erhållas om målet.

Långbassonar(FAS)

En annan viktig milstolpe i sonarutvecklingen var införandet av Långbassonar (FAS) som kraftigt förbättrade detektionsavstånden till ytfartyg och ubåtar.

Ljudutbredningsförlusten i Östersjön är som lägst inom frekvensområdet 100-1000Hz.

Det är därför fördelaktigt att arbeta i det frekvensområdet. Problemet är dock att det krävs relativt stora arrayer för att erhålla direktivitetsvinst (förstärkning) i det låga frekvensbandet.

Krupp Atlas Elektronik GmbH tog under början av 1980-talet fram en prototyputrustning som bestod av en 30 meter lång array med elektronik och displayenhet.

En överenskommelse gjordes mellan Marinen-FMV och Krupp Atlas Elektronik om att tillsammans utföra prov där varje part stod för sina kostnader.

Företaget lånade således gratis ut en utrustning och deltog med personal i provverksamheten.

Utrustningen som döptes till Snäckan monterades provisoriskt på ub Neptun.

En array monterades på ubårens ena långsida. Montering gjordes med spännband runt ubåten.

Prov utfördes under 1984–1986.

Resultaten visade att teorierna stämde, dvs. att betydligt längre detektionsavstånd erhöles mot både ytfartyg och ubåtar jämfört med den cirkulära arrayen (CHA).

Proven föll så väl ut att det senare beslöts att både ub typ Näcken och Västergötland skulle förses med långbassonar (FAS).

Näckenubåtarerna fick på det viset förutom bättre detektionskapacitet även tillgång till LOFAR och DEMON-analys vilket innebar betydligt förbättrade möjligheter att klassificera mål.

Bandspelare.

Bandspelare användes endast sporadiskt på 60 och 70-talen. Den första sonar som försågs med inbyggd bandspelare var sonar 071 på ub typ Näcken. Den var dock endast enkanalig och kunde t ex inte registrera när inspelningarna ägt rum.

Under senare delen av 1980-talet anskaffades både två och flerkanaliga bandspelare till ub typ Sor, Näk och Vgd.

För att förbättra sonaroperatörernas möjlighet till klassificering av mål försågs ub typ Sor och Näk dessutom med olika typer av audiofilter för att operatörerna skulle kunna filtrera bort störande ljud.

Dessa typer av filter ingår som standard i Västergötlands sonar.

Mångkanaliga bandspelare används nu på samtliga ubåtstyper. Inspelningarna sänds till MUSAC (Marinens Undervattens Analys Central) som gör noggrann analys av intressanta effekter och matar tillbaka information till ubåtssonarernas databaser som sedan används som hjälp vid klassificering av nya mål.

Operatörerna har fortfarande även tillgång till enklare bandspelare som ger möjlighet att lyssna flera gånger på en inspelad effekt.

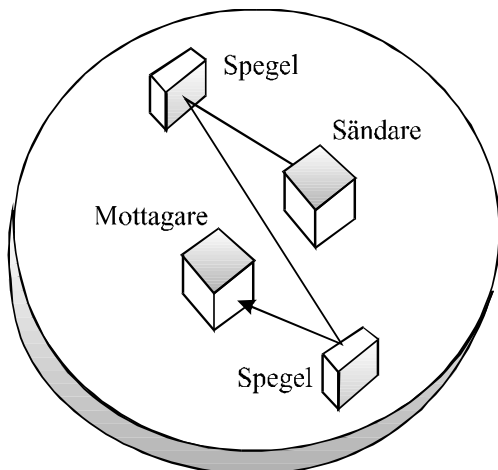
Ljudhastighetsmätare

Att mäta ljudhastigheten på olika djup är nödvändigt för att kunna beräkna ljudutbredningsdämpningen.

Under slutet av 1960 talet fick ubåtarna äntligen möjlighet att mäta ljudhastighet.

Fram till dess kunde endast en ungefärlig ljudhastighet beräknas genom att mäta temperaturen på olika djup. Mätningen gick till så att en temperatursensor sänktes ner på olika djup. Temperaturen på de olika djupen avlästes därefter på ett svärtat glas.

Den första typen av ljudhastighetsmätare som installerades på ubåt arbetade med principen ”sing around” vilket innebar att en kort puls med hög frekvens sändes från en sändare via två speglar till en mottagare. När pulsen träffade mottagaren sändes en ny puls. Genom att räkna antalet pulser/sek och att längden mellan sändare och mottagare är känd kunde ljudhastigheten bestämmas. Principen innebär att mätningen tar hänsyn till alla ingående parametrar som påverkar ljudhastigheten, temperatur, salthalt och tryck (djup). Spegelarna användes för att få tillräckligt lång väglängd på rimlig storlek och för att kompensera för eventuell vattenströmning.



LH-mätare enligt ”sing-around”-

Ljudutbredningsdämpningen fick dock fortfarande beräknas manuellt.

Under 1990-talet anskaffades en annan typ av LH-mätare (LHU90) som mäter, temperatur, tryck och konduktivitet. Samtidigt anskaffades en utrustning som döptes till SONTAK (SONarTAKtiskt stödsystem)

Därmed var det möjligt att presentera diagram både för ljudhastighet och ljudutbredningsdämpning.

Med hjälp av övriga miljödata, som bottendjup och sjöstillstånd samt sonardata och måldata kan även sannolikheten för upptäckt av mål beräknas och presenteras.

Förbättrad säkerhet

För att förbättra besättningarnas säkerhet kompletterades de ordinarie hydrotelefonerna eller UV telefoner som de även benämns i dag, med en batteridriven nödhydrotelefon.

För att ytterligare förbättra möjligheten att hitta en skadad eller sjunken ubåt försågs alla ubåtar

dessutom med en batteridrivna nödpinger som börjar sända automatiskt vid vatteninträngning eller vid manuellt tillslag.

Ub typ Västergötland

Sonaren är levererad av Krupp Atlas Elektronik GmbH, Tyskland, och döpt till sonar 082. Den är uppbyggd med:

Cirkulär array (CHA)

Långbas array (FAS)

Intercept array (IHA)

Bullerindikator

Databas för lagring av data och hjälp vid klassificering av mål

Skrivare och bandspelare för registrering och efteranalys

Sonaren har stora skillnader jämfört med tidigare ubåtssonarer.

Förutom införandet av flank array samt att interceptfunktionen integrerats i sonarsystemet, innehåller den många nya funktioner bl.a. LOFAR-DEMON- som används för detektion, målföljning och analys. Aktiva sändpulser och transienter kan som tidigare detekteras och bäringsbestämmas men skillnaden är att sändpulserna nu även kan analyseras och visas på bildskärm.

All information kan lagras i en databas. Databasen användes som hjälpmedel vid klassificering av nya kontakter.

Sjöproven SAT (Sea Acceptance Test) som utfördes i samband med leveransen av ubåtarna till kustflottan visade att sonarprestandan uppfyllde de krav som ställts i TTEM men sonaren ansågs vara svår att använda genom alla nya funktioner som införts.

Mycket arbete lades därför ner under de första åren både av sonaroperatörerna, FMV och inte minst av leverantören på att ändra och förbättra handhavande och presentation på bildskärmarna.

De nya funktionerna krävde trots detta betydligt längre utbildning både av operatörer och tekniker jämfört med tidigare system.

Den cylindriska arrayen (CHA) är uppbyggd med ca 300 hydrofonelement och arbetar i frekvensområdet några hundra Hz upp till cirka tio kHz.

Arrayen kan användas för spaning horisonten runt och automatiskt målfölja flera tiotal mål samtidigt. Informationen från målföljarna kan överföras till eldledningen SESUB. (Strids och EldledningSystemUåtB).

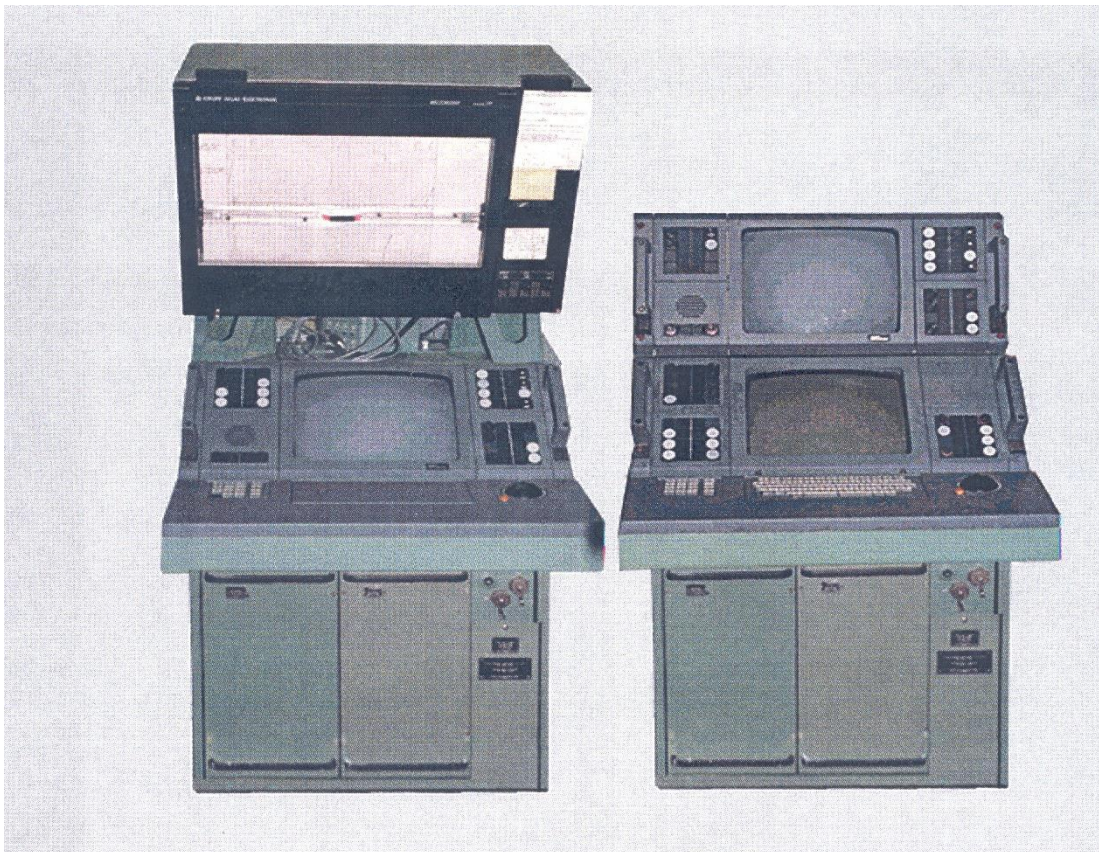
Det finns två långbasarrayer (FAS), en utefter vardera sidan på ubåten som arbetar i frekvensområdet, några Hz till några kHz.

Arrayerna är i första hand avsedda för fjärrspaning och klassificering av sonarkontakter men kan även användas för automatisk målföljning. Informationen från målföljarna kan överföras till eldledningen SESUB Arrayerna kan användas för spaning horisonten runt, men har försämrade prestanda i de extremt förliga och akterliga sektorerna.

Sonarvarnaren som även kallas intercept sonar (IHA), är helt integrerad i sonarsystemet. Den detekterar kortvariga ljud (slagljud) och aktiv sändning från sonarer och torpedmålsökare och täcker ett stort frekvensområde. För att klara det stora frekvensområdet är arrayen uppdelad i två delar, en högfrekvent och en lågfrekvent. Även sonarvarnaren kan följa mål och ge måldata till SESUB.

Presentationen sker på tre bildskärmar och en stor pappersskrivare och kan betjänas av två operatörer.

Den vänstra konsolen är kopplad till den cirkulära arrayen (CHA) och skrivaren kan användas för att visa målspar (tid/bäring) eller tid/frekvens LOFAR, DEMON för ett utvalt mål eller olika kombinationer av analyser.

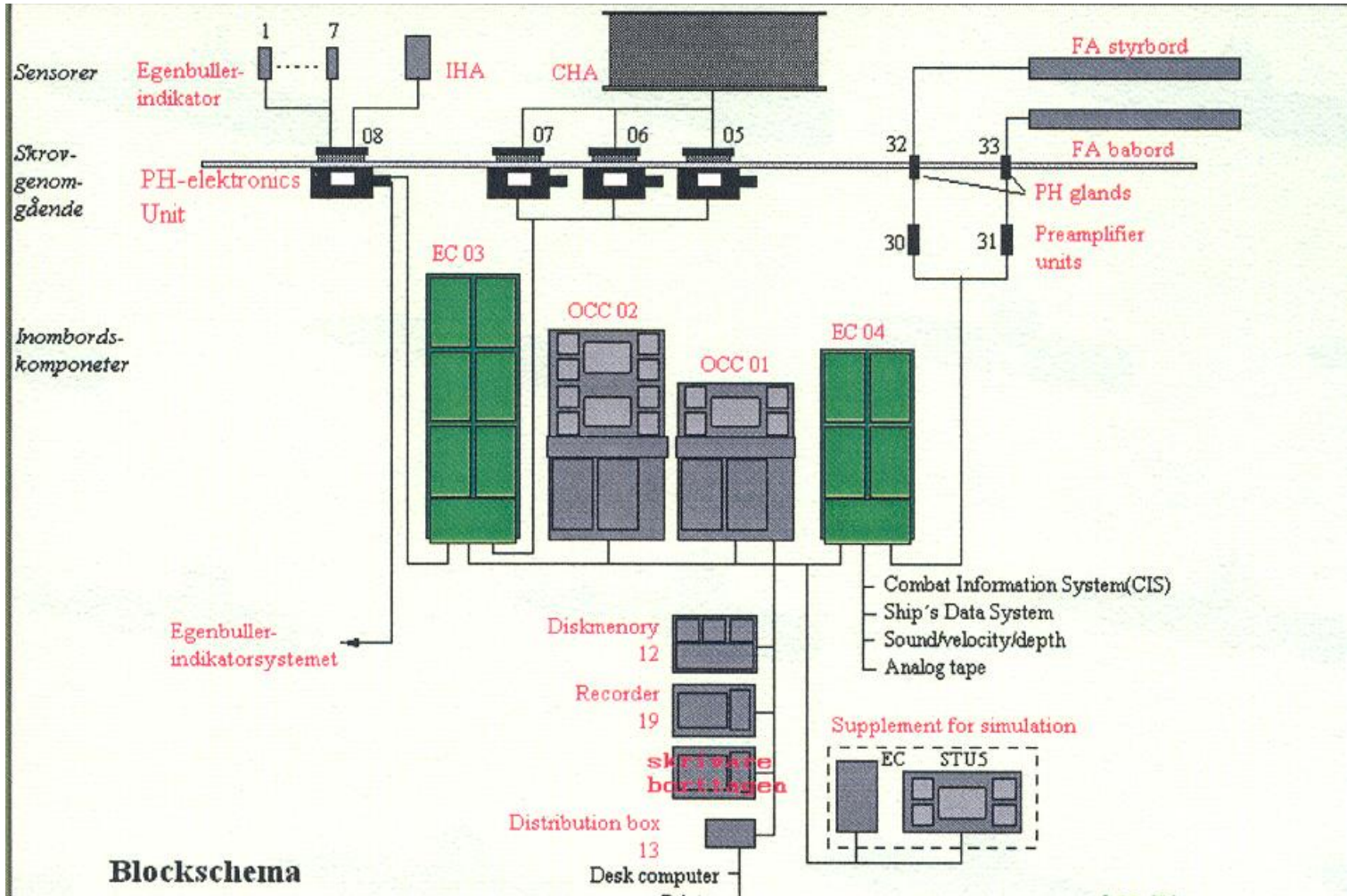


Operatörskonsoler sonar 082

På den undre högra bildskärmen presenteras information från de båda flankarrayerna (FAS).

Den övre högra bildskärmen är kopplad till interceptfunktionen.

Från den högra panelen hanteras dessutom målföljare och överföring av måldata till SESUB samt registrering i databasen.



Sonar 082

Bullerindikatorn, som används för att kontrollera ubåten egenbullenstatus, har också till viss del integrerats med sonarsystemet genom att hydrofoner och förförstärkare är hopbyggda med sonarsystemet medan presentationen sker i separat presentationsenhet. Nivåerna för de sju kanalerna visas visuellt med lampor. Varje kanal kan dessutom avlyssnas och spelas in på band. Presentationsenheten är tillverkad i Sverige.

Övriga sonarsystem på ub typ Västergötland

- Ekolod
Ekolodet är tillverkat av Simrad AS i Norge. Utrustningen har en svängare monterad i kölens framkant. Sändtagaren sitter i manöverrummet.

- Undervattenstelefon.
De utrustningar som installerades vid nybyggnationen är tillverkade i England (AMITY-Asdic 185) och anskaffades i början av 50-talet. Systemet har tre svängare som är monterade i tornet (Bb-För-Sb) och en sändtagare i manöverrummet. Utrustningen möjliggör kommunikation med andra ubåtar och några få ytfartyg. Samtliga UV-telefoner byttes ut under 2005. UV telefonerna är identiska med de som är installerade på Ub typ Gotland.
- Ljudhastighetsmätare.
Systemet (LHU 90), innehåller två sensorer, en i tornet och en under torpedluckorna i ubåtens för och en dator innehållande datorprogrammet (SONTAK). Därmed är det möjligt att presentera diagram både för ljudhastighet och för ljudutbredningsdämpning. Med hjälp av övriga miljödata, som boddjup och sjöstillstånd, sonardata och måldata, kan även sannolikheten för upptäckt av mål beräknas och presenteras.

Datorprogrammet har tagits fram av SSPA med hjälp av FOI,

För besättningens säkerhet är samtliga ubåtar även utrustade med en batteridriven nödpinger och en batteridriven nödhydrotelefon.

Nödpingern som är tillverkad av AMLAB AB i Nynäshamn startar automatiskt vid vatteninträngning men kan även slås till manuellt.

Modifiering av ub typ Sjöormen

I mitten av 1980 talet började det bli svårt att vidmakthålla både den passiva sonaren (Hydrofon 062) och den aktiva sonaren (Hydrofon 002) på grund av reservdelsbrist. I slutet av 1980-talet beslutades därför att anskaffa en ny passiv sonar och att samtidigt ta bort den aktiva.

Beställning av ny sonar gick till Plessey Naval Systems Limited, senare Marconi Underwater Systems i England.

Utrustningen döptes till Sonar 088.

Modifieringen innebar att arrayerna i förskeppet och i tornets bakkant samt skrovgenomföringar och förförstärkarlådor behölls men att resten, förförstärkare operatörskonsoler och elektronikenheter byttes ut.

Sonaren är uppbyggd med en hästskoformad array i fören och en mindre array i tornets bakkant, kallad aktra basen.

Signalbehandlingen i den nya sonaren är helt digitaliserad efter förförstärkarna och signalbehandlingen sker helt med mjukvara. Som programspråk används ADA och Assembler.

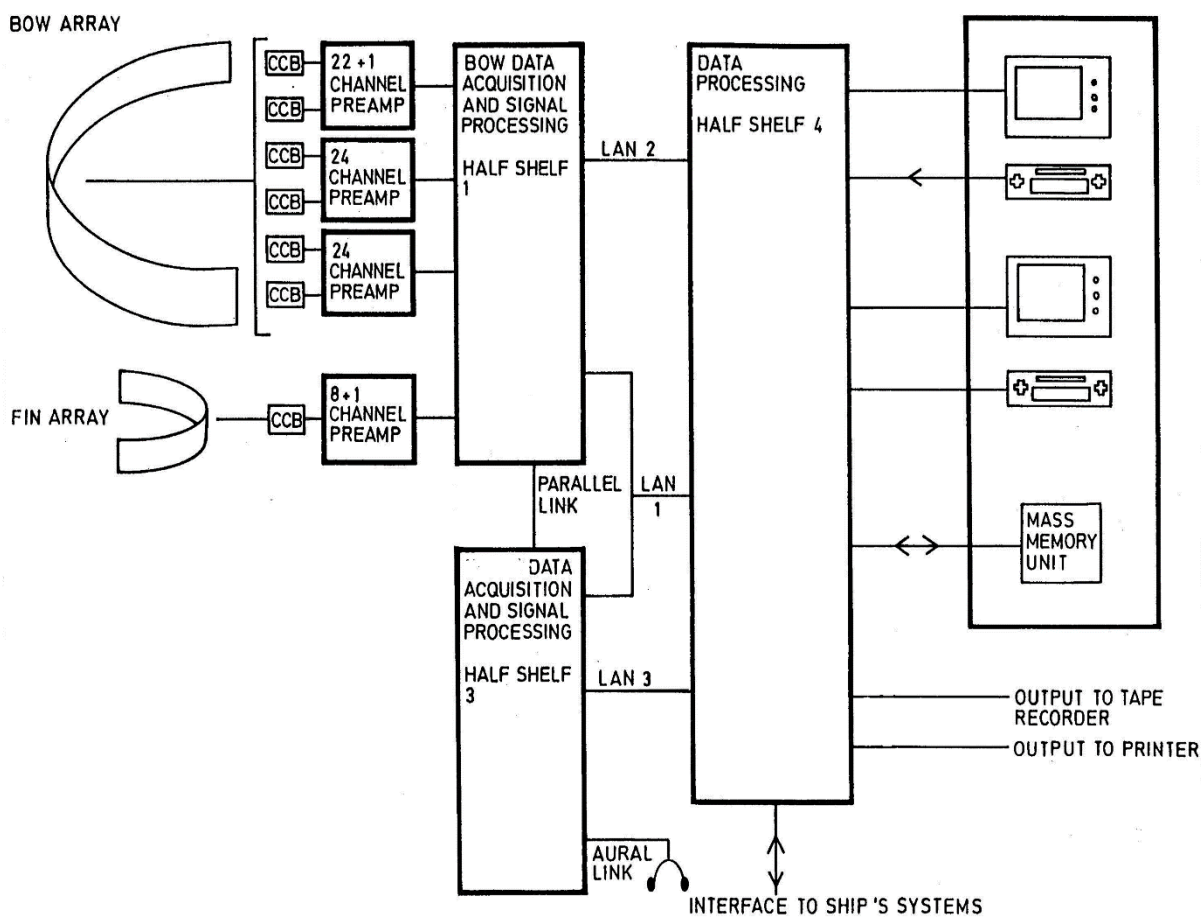
Den första sonar som använde digital teknik var sonar 071 i ub typ Näk. Den innehåller över 100 olika typer av kretskort medan sonar 088 har mindre än 10 typer.

Det innebär att antalet reservdelar kan hållas nere vilket minskar kravet på stuvningsutrymme ombord samtidigt som reservdelskostnaden kan hållas nere.

Sonaren innehåller förutom de två arrayerna fyra förförstärkarenheter och två operatörskonsoler och kan utföra:

- Bredbandsdetektion med möjlighet att automatiskt målfölja 8 mål och manuellt ytterligare följa 4 mål och överföra måldata till SESUB.
- DEMON detektion med möjlighet att automatiskt målfölja och överföra data från 8 mål till SESUB.
- LOFAR analys av åtta mål samtidigt.
- Registrering kan göras på fyra bandspelarkanaler.

Dessutom är det den första sonar som har en inbyggd målsimulator för utbildning och tester.



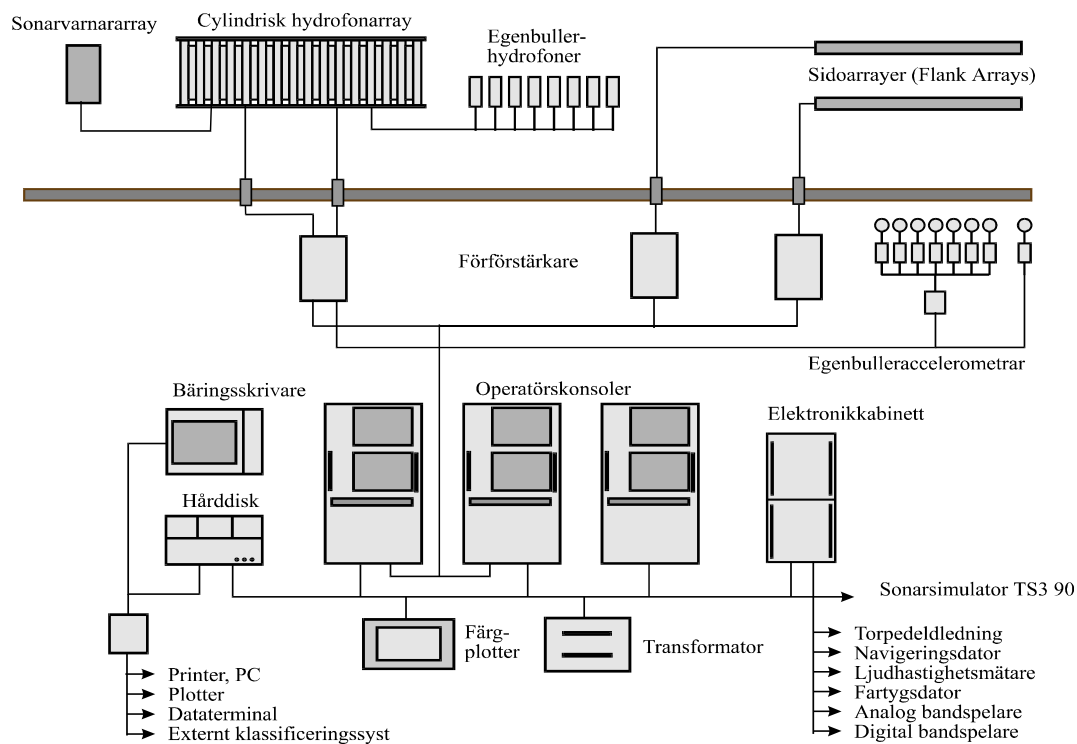
*BLOCKSCHEMA
Sonar 088*

Ub typ Gotland

Det passiva sonarsystemet till ub typ Gotland har levererats av STN Atlas Elektronik GmbH, Tyskland. Sonaren är döpt till sonar 092.

Sonaren är uppbyggd med följande arrayer och sensorer:

- o Två långbasarrayer, en på var sida av ubåten
- o En cylindrisk array i förstäven
- o En sonarvarnararray placerad på däck för om tornet
- Egenbullenhydrofoner och acceleratorer



Sonar 092, blockschema

Den cylindriska arrayen arbetar i frekvensområdet några hundra Hz upp till cirka tio kHz. Sonarn kan spana horisonten runt, samtidigt som den kan målfölja flera tiotal mål.

Långbassonaren har två arrayer, en utefter vardera sidan på ubåten och arbetar i det lågfrekventa området, några få Hz till några kHz. Den är avsedd för fjärrspaning och klassificering av sonarkontakter och kan spana horisonten runt, men har försämrade prestanda i de extremt förliga och akterliga sektorerna.

Långbas arrayerna (FAS) är identiska med de som finns på typ Västergötland och Näcken med det undantaget att Västergötlands och Näckens arrayer är tillverkade i en längd medan Gotlands är uppbyggd i segment för att förenkla underhållet.

Interceptsonaren detekterar kortvariga ljud, transienter (slagljud) och aktiv sändning, från sonarer och torpedmålsökare och täcker ett stort frekvensområde. För att klara det stora frekvensområdet är arrayen uppdelad i två delar, en högfrekvent och en lågfrekvent. Den arbetar i ett större frekvensområde jämfört med Västergötlands men är i likhet med VGD integrerad med det övriga sonarsystemet.

Totalt ingår över 1700 sensorelement (hydrofoner) i sonarsystemet.

I manöverrummet finns tre operatörskonsoler med vardera två bildskärmar samt elektronikkabinett, hårddisk, skrivare, färgplotter och olika typer av bandspelare.

Bullerindikatorn, som har till uppgift att kontrollera ubåtens egenbullerstatus, är också helt integrerad i sonarsystemet och har både hydrofoner och accelerometrar som sensorer.

De viktigaste funktionerna i sonarsystemet är

- passiv spaning för detektion, bäringsbestämning, målföljning och målklassificering
- varning för aktiv sändning
- varning/larm för torped
- egenbullerkontroll
- ljudhastighetsmätning med räckviddsprediktering
- databas som hjälp vid klassificering av nya mål
- registrering på skrivare
- registrering på bandspelare för efteranalys



Operatörskonsolerna till sonar 092

Sonaren har i jämförelse med tidigare ubåtssonarer fler funktioner och större möjligheter att individuellt ställa in frekvensband, integrationstider, utföra flera olika typer av analyser bättre lagringsmöjlighet på databasen etc.

Det kräver dock skickliga operatörer. Därför lades det ner mycket tid på den initiala utbildningen, men därutöver krävs att operatörerna ges möjlighet till ständig träning för att systemet skall kunna utnyttjas optimalt.

Övriga sonarutrustningar:

Ekolod, ljudhastighetsmätare och undervattenstelefon som har levererats av ELAC L3 Communications i Tyskland.

- Ekolodet har sändtagaren placerad i manöverrummet och svängaren placerad i kölens framkant.
- Ljudhastighetsmätaren består av två sensorer, en placerad i tornet och en under torpedluckorna i ubåtens för. Informationen matas direkt till den passiva sonaren som dels använder den för att anpassa signalbehandlingen till aktuell ljudhastighet dels för beräkning av ljudutbredningsdämpningen.
- Undervattenstelefonen har sändtagaren placerad i manöverrummet och två av svängarenheterna är monterade i förskeppet och en i tornet. Systemet kan arbeta i ett stort frekvensområde.

För besättningens säkerhet är även ub typ Gtd utrustad med en batteridrivna nödpinger och en batteridrivna nödhudrotelefon.

Nödpingern som är tillverkad av AMLAB AB i Nynäshamn startar automatiskt vid vatteninträning men kan även slås till manuellt.

Övningsanläggning

Till sonar 092 ingår även en övningsanläggning för träning av sonaroperatörer, för taktisk träning och systemsimulering. Övningsanläggningen har döpts till OCTOPUS och är placerad i Karlskrona.

I OCTOPUS ingår förutom simuleringsenheten, sonar 092, SESUB och navigeringsdatorn (GLD).

Simulatorn kan simulera femton mål (ytfartyg, torped, ubåtar etc.) + egen ubåt samtidigt. Även omgivande sjöbrus med olika ljudprofiler kan skapas valfritt.

Signaturen (bullret) för varje mål byggs upp med bredbandsbrus, DEMON och LOFAR- linjer samt transienter. Signaturen för varje fartyg kan under spelet fås att variera med rörelse, fart och djup.

Man kan dessutom förse varje farkost med en aktiv sonar där frekvens, pulslängd, typ av puls etc. fritt kan väljas.

Under spelet kan den egna torpeden styras från SESUB.

Interceptsystem (Pingindikator)

Under 1999 anskaffades nya Intersept system (Sonar 066) till ub typ Södermanland och typ Gotland. Systemet har väsentligt utökat frekvensområde och större lagringsmöjlighet av interceptdata jämfört med tidigare system.

Utrustningen innehåller även en analysenhet.

Systemet består av en Array placerat på torntaket. Övrig utrustning som SPU (Signal processing Unit) och bildskärmar, högtalare samt tangentbord mm är placerade i manöverrummet.

Bildskärmarna är integrerade i SESUB

Interseptsystemet arbetar i frekvensområdet 1–500 kHz och analysenheten har 16 analoga ingångar som vardera arbetar i frekvensområdet DC-16kHz.

Systemet är till stor del uppbyggd med COTS och arbetar med Windows NT operativsystem.

Signal konditionering och A/D omvandling sker i våtdelen.

Signalerna från våtdelen till elektronikenheten går via fiberkabel.

Sonaren ger:

Bäring

Nivå

Frekvens

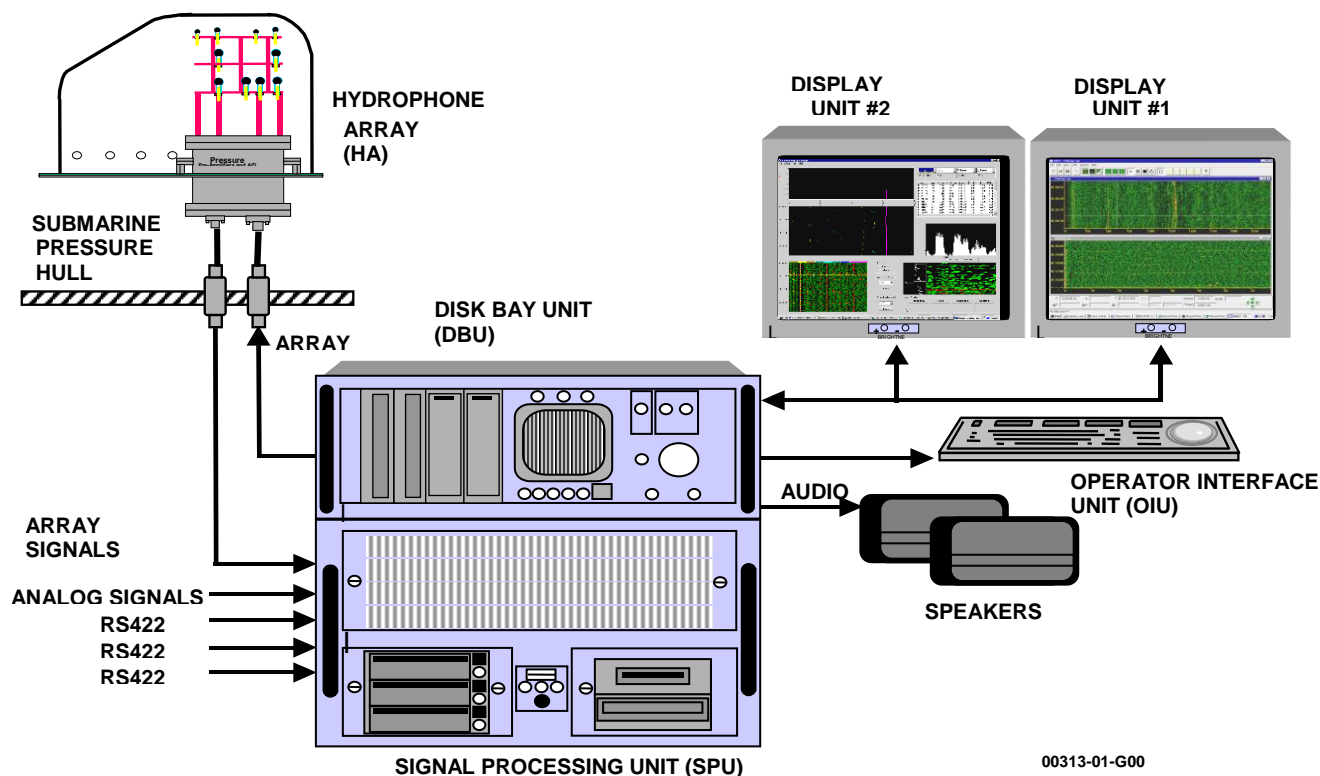
Pulstyp

Puls Repetion Interval (PRI)

OIU (Operators Interface) består av keyboard och rullboll

Analysatorn som är avsedd att användas för analys av signaler från de passiva sonarsystemen har 16 analoga ingångar.

Informationen kan lagras på löstagbara diskar.



Aktiva högfrekventa sonarer

Den senaste ubåtstypen som vid nyttillverkningen försågs med aktiv sonar var Sjöormen. Under 80–90 talen installerades högfrekventa enkla aktiva sonarer levererade av WESSMAR (Western Marine Electronics) för att i första hand detektera minor men som även utnyttjades under ubåtsjakten på 80–90 talen.

FMV fick i början av 2000 talet i uppdrag att specificera och anskaffa sonar avsedda för mindetektering och bottenavigering.

Sonaren döptes till sonar 007.

I systemet ingår fyra stycken svängare två elektronikenheter LCU (Link Control Unit) som är placerade mellan form och trycksprov samt två processorer och bildskärmar placerade i manöverrummet. Bildskärmarna är integrerade i SESUB

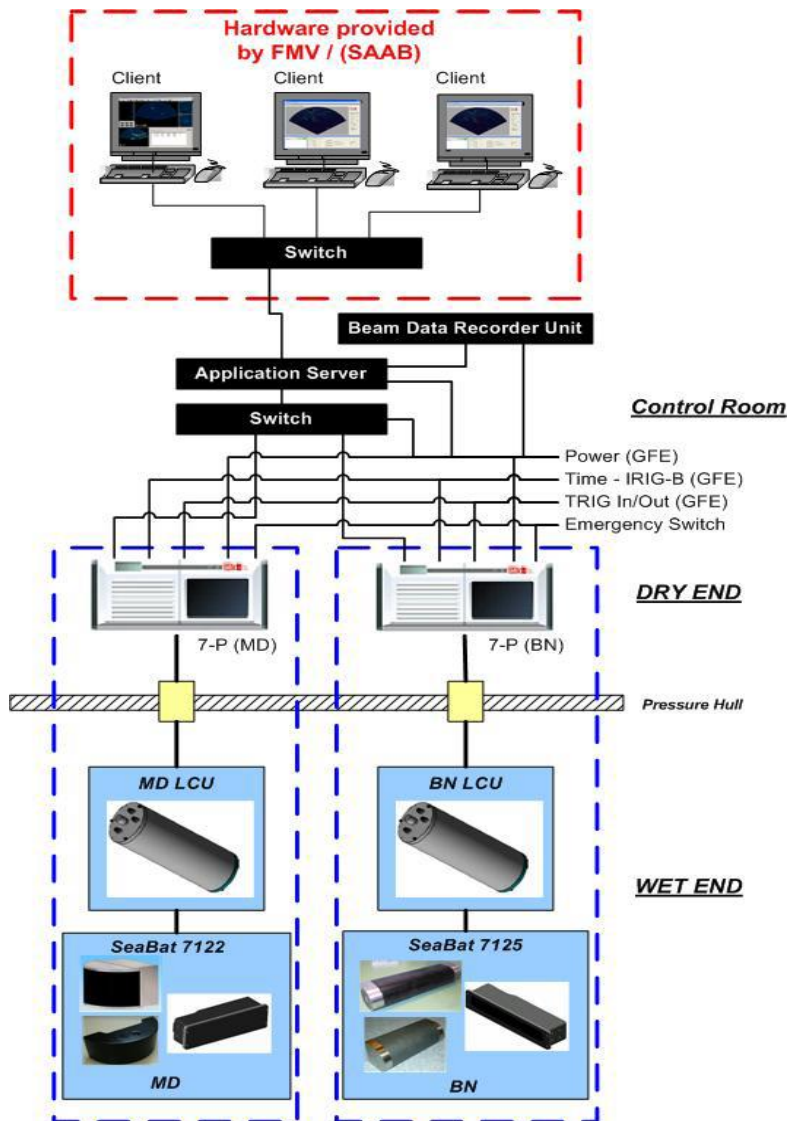
Två svängare används för mindetekteringsfunktionen (MD). De är monterade i förskeppet och sitter ca 1 meter under den passiva sonarens array. Svängarna är riktade framåt. Sonaren täcker en horisontal sektor på 120 grader.

De svängare som används för bottenavigering (BN) är också installerade i förskeppet men under torpedluckorna. Svängarna är riktade nedåt.

Förutom svängarna finns också två elektronikenheter (LCU) placerade mellan form och trycksprovet akter om den passiva sonarens Array. Övrig elektronik och displayer är placerade i manöverrummet.

Sonaren är integrerad i SESUB och opereras från SESUB-konsolerna.

All information kan lagras på löstagbara diskar.



Blockschema sonar 007

Framtida system

Som tidigare nämnts är det fördelaktigt att arbeta i frekvensområdet 50-1000Hz i Östersjön och att långbassonaren (FAS) gett goda resultat.

Nu finns det arrayer som är 100-200m långa och som bogseras efter ytfartyg och ubåtar.

De kallas på engelska för Towed Arrays (TAS).

De bogseras några hundra meter upp till 1000m bakom fartyget vilket ger lägre egenbrus jämfört med FAS som är monterad på ubåten.

Resultatet blir att man förutom lågt brus även får stor direktivitetsvinst (förstärkning) i lågfrekvensområdet vilket i sin tur ger stora detektionsavstånd.

FMV undersöker för närvarande möjligheten att installera och testa ett system på ubåt.



Försvarets Historiska Telesamlingar Marinen



Ubåtssonarer. Utveckling från 1930 till 2014
FHT M 04 / 2016