

# Bag om søkortet

Opmåling, pålidelighed, anvendelse

3. udgave, rev 1

Denne udgave af **Bag om søkortet** er ajourført til  
den 21. december 2018, med en mindre revision af kapitel 10.2.1 i januar 2020



Geodatastyrelsen

**Forord**

Geodatastyrelsen publicerer "Bag om søkortet" som et hjælpeværktøj til forståelse af søkortets opmåling, opbygning, indhold og pålidelighed. Med denne publikation vil vi beskrive de hydrografiske indsamlingsmetoder, der gennem tiderne har været anvendt til indsamling af opmålingsdata til brug for søkortproduktion.

Satellitnavigationssystemernes øgede nøjagtighed og den stigende anvendelse af elektroniske søkort stiller umiddelbart større forventninger til søkortenes nøjagtighed end de i almindelighed kan leve op til. Denne publikation giver læseren mulighed for nøjere at vurdere og forstå de opmålingsdata, der i dag bruges i søkortproduktionen.

Det er vores håb, at både sprog og indhold er beskrevet levende og interessant for såvel professionelle navigatører som sejlinteresserede i øvrigt.

**Ophavsret**

Geodatastyrelsen har ophavsret til sine søkort, havneplaner og nautiske publikationer. Geodatastyrelsens ophavsret omfatter også enhver rettelse af dette materiale som angivet i nærværende publikation.

Ophavsretten omfatter enhver hel eller delvis gengivelse af materialet, herunder ved kopiering og tilgængeliggørelse i oprindelig eller ændret form.

Rettelserne i nærværende publikation må benyttes af den enkelte sejler/navigatør med henblik på opdatering/rettelse af vedkommendes retmæssige eksemplarer af søkort, havneplaner og nautiske publikationer fra Geodatastyrelsen.

Al øvrig benyttelse af rettelserne i nærværende publikation kræver en forudgående skriftlig tilladelse fra Geodatastyrelsen. Anmodning herom sendes til [gst@gst.dk](mailto:gst@gst.dk).

**Fejl og mangler**

Oplysning om fejl og mangler i "Bag om Søkortet" modtages gerne. Oplysningerne bedes sendt til Søkort Danmark og Forvaltning, e-post [sfo@gst.dk](mailto:sfo@gst.dk), eller nedenstående postadresse, som Geodatastyrelsen i øvrigt kan kontaktes på:

Geodatastyrelsen  
Lindholm Brygge 31  
9400 Nørresundby

Telefon: + 45 72 54 50 00

**Indholdsfortegnelse**

Forord	2	7.4 Samlet vurdering	33
Ophavsret	2	8.0 Opmåling med ekkolod	35
Fejl og mangler	2	8.1 Ekkoloddets position	35
1.0 Opmåling og pålidelighed	5	8.2 Lyden i vandmassen	36
2.0 Status for dansk opmåling, Danmark	7	8.3 Kalibrering af ekkoloddet	37
2.1 Færøerne	7	8.4 Ekkolodssporet	37
2.2 Grønland	8	8.5 Flerstråleekkolod	38
3.0 Perioden 1855-1884	9	8.6 Tidevandsreduktion	38
3.1 Positionsbestemmelse	9	9.0 Satellit navigationssystemer	41
3.2 Eksempel 1869-70	10	9.1 Fejlkilder	42
3.3 Samlet vurdering	10	9.2 DGPS-tjenester	42
4.0 Perioden 1885-1934	13	9.3 NAV-DK og Spot-FM	43
4.1 Positionsbestemmelse	13	10.0 Søkort og sejlads	44
4.2 Opmålingsmetode	13	10.1 Projektion og datums	44
4.3 Eksempel 1911-1913	15	10.1.1 Projektioner	45
4.4 Samlet vurdering	15	10.1.2 Horisontalt datum	45
5.0 Perioden 1935-1952	17	10.1.3 Vertikalt datum	46
5.1 Positionsbestemmelse	17	10.1.4 Tidevand	47
5.2 Opmålingsmetode	18	10.2 Kildeangivelser	48
5.3 Eksempel 1950	18	10.2.1 Zones of Confidence (ZOC) kategori og diagram	50
5.4 Samlet vurdering	19	10.2.2 Uden kildedigram	51
6.0 Perioden 1953-1991	23	10.3 Dynamiske havbunde	53
6.1 Positionsbestemmelse	23	10.4 Vrag	53
6.2 Opmålingsmetoder	25	10.5 Anbefalede ruter	54
6.3 Eksempel 1953-1991	27	10.6 Sejladssikkerhed	55
6.4 Samlet vurdering	28	10.6.1 Skibsulykker	56
7.0 Perioden 1992-2004	29	10.6.2 Uoverensstemmelser	60
7.1 Positionsbestemmelse	30	10.7 Elektroniske søkort	61
7.2 Opmålingsmetode	30	10.8 ECDIS i danske skibe	66
7.3 Eksempel 1992-2004	31	11.0 Afsluttende bemærkninger	69
		12.0 Uddrag af budskaber	71



## Kapitel 1.

### 1.0 Opmåling og pålidelighed

Danmark har ved sin beliggenhed, sine mange øer og smalle stræder altid været afhængig af skibstrafik, og udgivelsen af pålidelige søkort og farvandsbeskrivelser har gennem et par hundrede år været med til at opretholde en sikker sejlads i og gennem de danske farvande.

Hvad, der i starten var forbeholdt den danske flåde at få oplyst, er i dag blevet hver mands eje. Bl.a. foregår der et internationalt samarbejde, hvor digitale kortdata via Internettet sendes imellem hydrografiske kontorer i forskellige lande, og papirsøkortet er ved at blive afløst af elektroniske søkort.

Den menneskelige forståelse og tolkning af informationer er stadigvæk umådelig vigtig, selv om det i dag i stor udstrækning er automatiseringen, hvor kombinationen af elektroniske kort, DGPS, gyro, radar m.v. (integrerede brosystemer), som styrer skibet for navigatøren.

Denne vejledning indeholder beskrivelser af de hydrografiske indsamlingsmetoder, der gennem tiderne har været anvendt som opmålingsgrundlag for de danske søkort. Formålet er at belyse de begrænsninger i de moderne søkort, som navigatøren bør kende. Vejledningen skal hjælpe navigatøren til bedre at kunne forstå og tolke de hydrografiske oplysninger i et søkort og graden af den tillid, han kan have til disse i bestemte områder.

Hvis navigatøren udviser en vis forsigtighed og omtanke ved brug af de moderne navigationshjælpemidler som GPS, DGPS og elektroniske kort, og supplerer disse med brug af de klassiske hjælpemidler som for eksempel radar, gyro og log, og man dertil husker at kigge ud på virkeligheden udenfor, vil uheld være mindre sandsynlige.

Det at færdes til søs er en dynamisk proces med mange menneskelige, astronomiske, meteorologiske, tekniske, miljø-, uddannelses-, udviklings- og samfundsmæssige aspekter. Det at færdes til søs er som al anden transport forbundet med en vis risiko, og der er hvert år skibe, der forliser.



## Kapitel 2.

### 2.0 Status for dansk opmåling, Danmark

På fig. 1 er vist en generel oversigt over søopmålingens alder i Danmark, og som det ses, er en stor del af opmålingsarbejdet udført i perioden 1858-1907. Den tekniske udvikling strækker sig fra blylod og sekstant til flerstråleekkolod og DGPS. I det følgende beskrives opmålingsarbejde, som det er blevet udført gennem ca. 140 år. Der er givet eksempler på opmålinger, der belyser problemstillinger ved opmålingsmetoder og de stadig større mængder af opmålingsdata, der ligger til grund for valget af lodskud til søkortet.

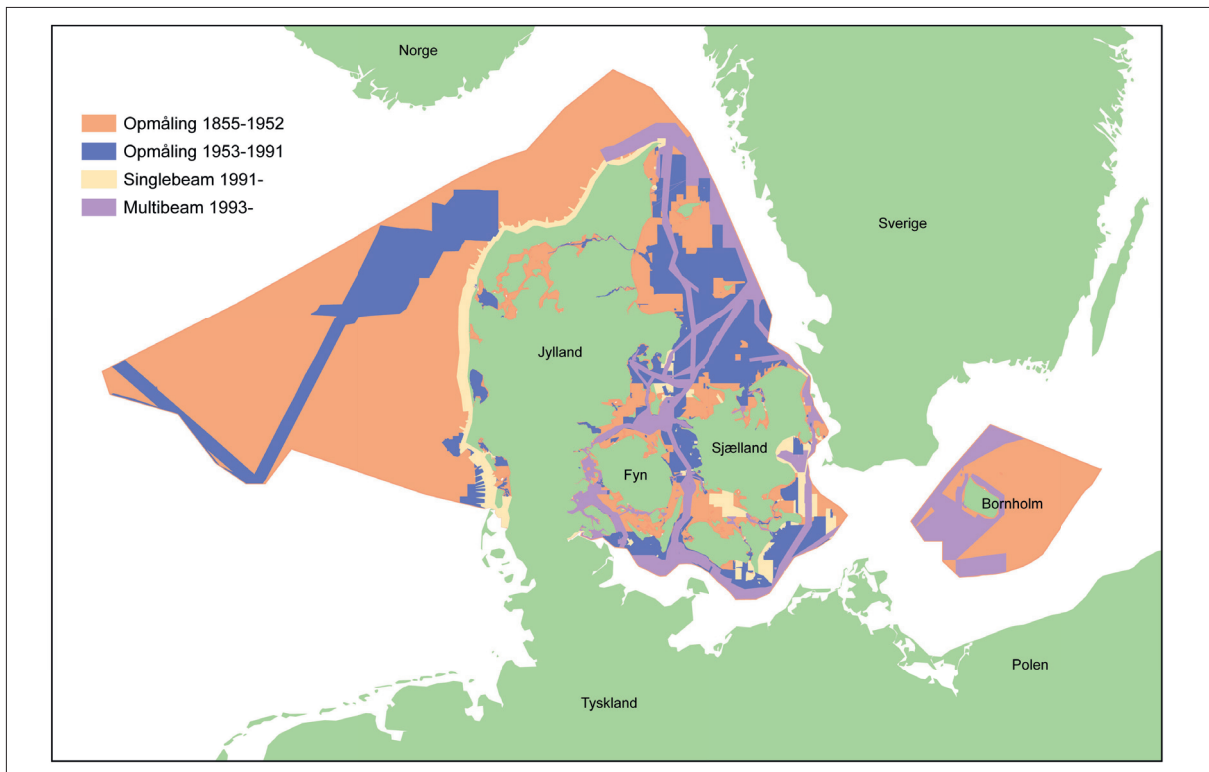


Fig. 1. Oversigt over søopmålingens alder i Danmark. På grund af kortets målestok er oversigten over områder ikke korrekt i detaljer.

### 2.1 Færøerne

En triangulation og opmåling af Færøerne foretaget i 1791-95 dannede i mange år grundlaget for kortene over disse øer og de omkringliggende farvande. En nyopmåling af øerne fandt sted 1895-99. På grundlag af denne opmåling blev der i årene 1899-1903 og i 1908 foretaget en søopmåling af de færøske farvande. Med få nye opmålinger som supplement er den nævnte opmåling stadig basismateriale til de færøske søkort.

## 2.2 Grønland

Opmålingen af Grønlandsk kystfarvand blev først rigtigt organiseret efter fremkomsten af radiostedbestemmelsessystemerne. Fra slutningen af 1940'erne til 1980 og igen fra 1989 til dato har der hvert år med enkelte undtagelser været udrustet opmålingsskibe i grønlandske farvande.

Mange områder, såvel udenskærs som indenskærs, er blevet opmålt gennem de sidste 50 år, men stadigvæk fremstår store områder kun med enkelte lodskud, som er optaget under passagejads. Opmålingen af de grønlandske farvande er foruden at være afhængig af vejret også afhængig af isforekomster, som kan lægge store hindringer i vejen for opmåling og sejlads.



## Kapitel 3.

### 3.0 Perioden 1855-1884

Efter 1855 blev sejlskibene erstattet af dampskibe, og man fik bedre mulighed og større interesse for at undersøge de dybere farvande. Opmålingsteknikken forbedredes og resultatet var, at man i hele det opmålte areal kunne foretage en jævn fordeling af lodskud. Der blev opmålt i rette linjer fra kysten og ud, hvilket giver den bedste nøjagtighed ved bestemmelse og udtegning af dybdekurverne.

Det var de kystnære områder, der med den ny opmålingsteknik blev opmålt mest intensivt, mens der over større dybder kun blev lavet opmåling med stor linjeafstand uden sikkerhed for, om der fandtes lægere dybder imellem linjerne, herunder puller til fare for skibsfarten.

I den sidste halvdel af halvfyrdserne og starten af firserne blev store dele af Jyllands Vest- og Nordvestkyst opmålt. I samme periode fremkom loddeapparater, der kunne anvendes til opmåling på store dybder uden at skibet behøvede at mindske farten. Dette gav mulighed for mere detaljerede oplysninger om bundforholdene på dybt vand, end man tidligere havde prioriteret nødvendigt.

### 3.1 Positionsbestemmelse

Opmålinger foretaget efter 1855 er de første, der er foretaget baseret på trigonometrisk<sup>1</sup> bestemte punkter i land.

I perioden op til ca. 1855 anvendtes sejlskibe til opmåling, og da de tekniske hjælpemidler ikke var store, var det vanskeligt at få lodskuddene fordelt så jævnt som ønskeligt over det opmålte areal. De dybere dele af farvandene blev da også kun lettere undersøgt for at fremskynde det store og langvarige opmålingsarbejde.

#### Opmålingsmetode

Dybderne blev bestemt ved hjælp af håndlod på mindre dybder og et mekanisk loddeapparat på større.

---

<sup>1</sup> Trigonometriske punkter er punkter fra Danmarks triangulationsnet, der er fysisk afmærkede og opmålte punkter i land, og som danner baggrunden for det geografiske referencenet, som vi kender i dag. Nettet er opbygget ved hjælp af en rationel opmåling baseret på en sammenhængende triangulation, basismålinger og astronomiske stedbestemmelser.

### 3.2 Eksempel 1869-70

Dampskibet Ægir opmålte i 1869 Schultz Grund i Kattegat. Opmåleren har i opmålingsrapporten beskrevet opmålingen:

"Schultz Grund ligger på et Flak med i mellem 4 og 5 favne vand (ca. 7,5 til 9,4 meter), der strækker sig 1 kvartmil (ca. 1 sømil) sydvest for grunden og er således endnu længere end det trykte kort angiver. Dette Flak, hvorpå der er fundet puller med 22-23 fod (6,9- 7,2 meter), består af temmelig hård og ujævn bund, der for at være fuldstændig opmålt, nøje burde afsøges med fartøjer, men da det strømfulde vejr hertil ingen lejlighed ydede, blev det ikke indført. Flakket blev derimod tæt afkrydset med skibet og dets udstrækning derved fundet. Det i sidste efterår udlagte fyrskib i 14½ favne vand syd for Flakket vil sikkert bidrage til at lette sejladsen i mellem dette og Sjællands Rev og selv i tykt vejr vil det ikke være vanskeligt ved en rigtig benyttelse af loddet og kortet at finde fyrskibet og derved skaffe sig en god affarende plads."

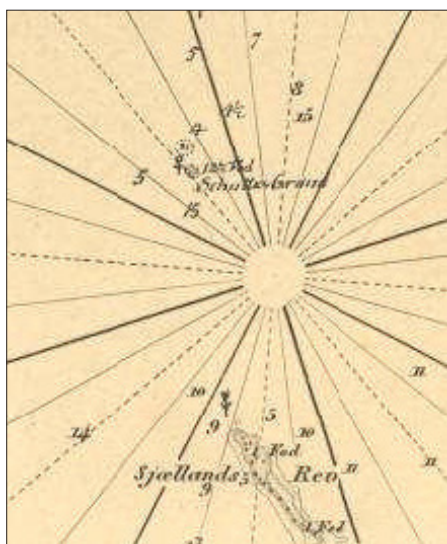


Fig. 2 viser Schultz Grund som vist i søkort fra 1837, men rettet til år 1843.

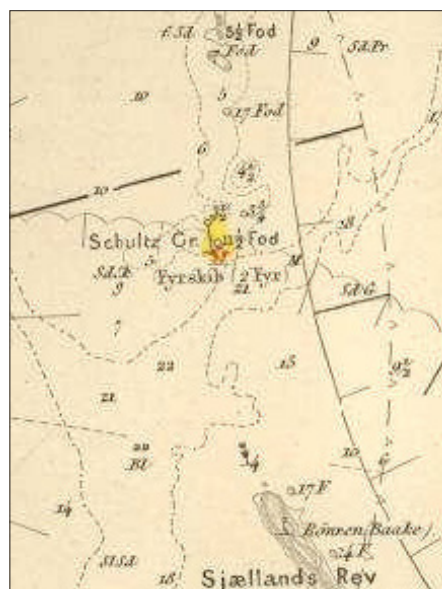


Fig. 3 Søkort fra 1874.

I 1870 blev området som anbefalet afsøgt med fartøjer og der blev fundet lægere dybder end ved opmålingen fra 1869.

Grunde og fyrskib kan ses på fig. 3, som er udsnit fra søkort over området i 1874.

### 3.3 Samlet vurdering

Usikkerheden ved opmålingsmetoden kan forårsages af den bundtype loddet støder på. Mudderbund vil få loddet til at synke ned i bunden, og på en stenbund vil det være overvejende

sandsynligt, at loddet måler en dybde imellem stenene og ikke stenen med den lægste dybde.

Der har i perioden 1855-1884 langt fra været fuld dækning af havbunden og datanøjagtighed og fuldstændighed er ringe.



## Kapitel 4.

### 4.0 Perioden 1885-1934

Med indførelse af dampskibene skete en rivende udvikling for skibsfarten, og det medførte, at kravene til søkortene forstærkedes. Det var ikke alene antallet af lodskud, der måtte forøges for at give skibene tilstrækkelig vejledning under sejlads, men også et øget antal navigationshjælpemidler som fyr, lystønder, tågesignalstationer og fyrskibe var nødvendige for at sikre skibene under tåge- og natsejlads gennem danske farvande.

Alle disse oplysninger bevirkede at kortene efterhånden blev overfyldte med informationer og svære at læse, og der var behov for udgivelse af nye kort i større målestok. For at skaffe de nødvendige oplysninger til mere detaljerede søkort udførtes et omfattende opmålingsarbejde i årene lige før og efter år 1900.

#### 4.1 Positionsbestemmelse

Af opmålinger i starten af denne periode skal især bemærkes opmålingen af Kattegat i perioden 1893-1899, hvor der anvendtes en fuldstændig triangulation mellem udlagte mærkefartøjer og store opmålingsvagere, så alle pladsbestemmelser ude af sigte af land blev udført ved vinkelmålinger imellem etablerede fikspunkter.

Efter år 1900 begyndte mange havne at udvide og uddybe til den dybde, som det omkringliggende farvand havde, og derfor var det nødvendigt at afsøge alle puller med nærlig samme dybde, som den havnen blev uddybet til.

#### 4.2 Opmålingsmetode

Der findes ikke så mange samlede detaljerede beskrivelser af, hvordan opmåling er blevet udført gennem tiderne i Danmark, men en af de flittige skribenter på området har været H.O. Ravn, som blandt meget andet detaljeret har beskrevet opmåling, som den blev udført i 1928, sådan:

"Al opmåling langs land bliver udført med fartøjer. Da landgrunden næsten overalt i Danmark er temmelig jævnt opgående sandbund, bliver opmålingslinjerne lagt med en indbyrdes afstand af 200 meter. I snævre farvande, eller hvor dybderne er mere ujævne, reduceres linjeafstanden til 100 meter eller 50 meter efter omstændighederne. Pladsbestemmelsen foregår

ved samtidig måling i fartøj og skib, idet der i fartøjet måles højdevinklen til skibets top og i opmålingsskibet en horisontal vinkel mellem fartøjet og et fikspunkt i land. På denne måde fås retning og afstand mellem fartøjet og skibet, hvis plads er bestemt ved tilbageskæring<sup>2</sup> til fikspunkter i land. Pladsen af skibet beregnes, og der måles altid til så mange punkter, at kontrol på beregningerne kan opnås. Under fartøjets bevægelse loddes der konstant, og de enkelte lodskud fordeles mellem pladser, der bestemmes med 2 á 300 meters indbyrdes afstand, ved hjælp af tiden, der stadig noteres.

Uden tvingende nødvendighed lægges den yderste fartøjslinje ikke længere end 800 meter fra skibet, hvorved fartøjets største afstand fra skibet ikke kommer til at overskride ca. 1000 á 1.100 meter, og med den tophøjde, som vore opmålingsskibe har, og med en tilladelig fejlmåling af 1/2 minut i højdevinklen, vil man få en fejl i afstanden på ca. 6 meter, der i opmålingskortets målestok 1:20.000 giver en fejl af 0,3 mm, der er sat som grænse for den tilladelige fejl.

Udenfor kystopmålingen foretages opmålingen med skibet, og afstanden mellem linjerne lægges her med 300 á 400 meters mellemrum, med mindre forholdene taler for en tættere linjeafstand. Pladserne bestemmes ved vinkelmåling mellem fikspunkterne og afsættes med stationpointer. Loddet holdes bestandig i gang, og maskinens omdrejninger noteres sammen med lodskuddene og pladsbestemmelserne, og dybderne afsættes da på samme måde som omtalt under fartøjsmålingen."

H.O. Ravn beskriver opmålingsmetoden som gammeldags, så proceduren må have været anvendt gennem længere tid med undtagelse af, at opmålingen blev suppleret med brugen af afsøgningsapparater og lineafsøgningsapparater med hvilke, man kunne afsøge henholdsvis en linje eller et bælte af opmålingsskibets bredde. Men de gav ikke tilstrækkelige informationer eller var besværlige at bruge, så i 1911 blev der konstrueret et særligt afsøgningsapparat kaldet Trallen. Den bestod af en bom der blev slæbt efter opmålingsskibet i en forudbestemt dybde, og ved særlige foranstaltninger kunne man sikre sig, at den læggeste dybde blev fundet ved afsøgninger af for eksempel stenpuller. I 1926 anskaffedes et lineafsøgningsapparat, der væsentligt forøgede den hastighed, hvormed afsøgningerne kunne udføres. Med de nye afsøgningsapparater, som gav mulighed for at foretage rimelige nøjagtige afsøgninger af puller, blev afsøgninger det primære opmålingsarbejde i sidste halvdel af perioden.

Se fig. 4 som eksempel på opmålingsarbejde i perioden. Som det ses, var afsøgninger tids- og ressourcekrævende.

---

<sup>2</sup> Geodætisk betegnelse for opmålingsmetode til oprettelse af punkter. Ved tilbageskæring positionsbestemmes punktet ved vinkelobservationer fra den nye og ukendte position til kendte punkter. Ved fremskæring positionsbestemmes punktet ved vinkelobservationer fra kendte punkter til den nye og ukendte position.

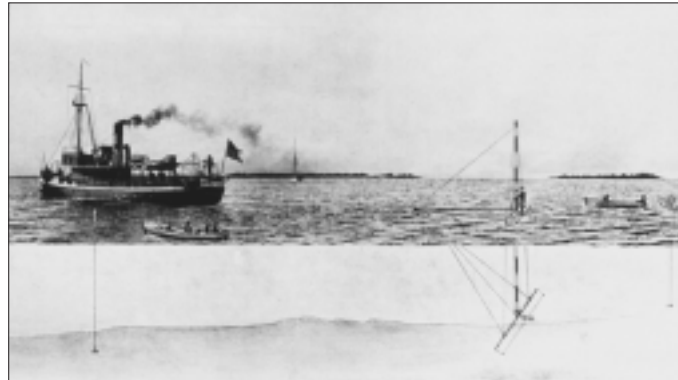


Fig. 4 Opmålingsskib med slæb af afsøgningsapparat for afsøgning af mindstedybder.

Skibene, der sejlede i og gennem de danske farvande, fik større og større dybgang i perioden, og puller, hvis dybde var anslået til at være et par meter dybere end skibenes dybgang og som derfor før havde været skønnet for mindre interessante for skibstrafikken, kunne nu blive afgørende for skibenes sikre passage i og gennem danske farvande.

I slutningen af perioden omtales en ny teknisk forbedring af dybdemålingen nemlig brugen af ekkoloddet, der vil blive installeret på de nye opmålingsskibe. Ekkoloddet beskrives som et glimrende apparat, der kan anvendes til opmåling med skibet i fuld fart selv på store dybder.

### 4.3 Eksempel 1911-1913

I det følgende er fortalt et eksempel på opmåling i Flinterenden i perioden 1911-13. Eksemplet er medtaget, idet det fortæller, hvor mange informationer der bliver samlet ind ved opmåling, og hvor få af disse der bliver udvalgt til at blive vist i søkortet. Det samme princip gælder for den moderne opmåling, der er beskrevet senere.

Opmålingsområdet, hvor mindstedybden skulle garanteres, var 4,25 sømil x 2,25 sømil (7,9 km x 4,2 km). Indenfor dette område var der i det mest benyttede søkort i målestokken 1:130.000 afsat 36 og i kortet i målestokken 1:60.000 i alt 167 dybder. Men ved opmålingen af dette areal blev der taget ca. 15.500 lodskud, og ved afsøgning af steder med dybder i nærheden af den garanterede blev Trallen slæbt i alt noget over 180 sømil (ca. 333,4 km).

### 4.4 Samlet vurdering

Der har i perioden 1885-1934 langt fra været fuld dækning af havbunden, og datanøjagtighed og fuldstændighed er ringe.





## Kapitel 5.

### 5.0 Perioden 1935-1952

Perioden er præget af store teknologiske fremskridt indenfor opmåling. De første ekkolod blev som nævnt installeret på opmålingsskibe i starten af perioden, dog med et vist forbehold til den ny teknologi, idet man således skriver i 1942, at "en pulle er blevet afsøgt og mindstedybden fundet ved hjælp af ekkolod, og dybden er kontrolleret ved hjælp af håndlod". En anden søopmåler skriver, at "en pulle er fundet ved hjælp af lineafsøgningsapparat, genfundet ved brug af ekkolod, og mindstedybden fundet ved brug af dykker og loddestage". Brugen af lineafsøgningsapparat blev dog stærkt begrænset i efterkrigsårene på grund af faren for miner. Der blev oprettet tvangsruiter for skibsfarten, som var minestrøgne trafikzoner.

Der er visse faktorer, der er væsentlige at vide for nøjagtig brug af ekkolod, som fx hvordan ekkolodet kalibreres, tolkning af ekkolodssporet (definition af hvor bunden er). Dette er beskrevet senere. Da frekvenser, installering, teknik, bundforhold, farvandsområde m.m. har betydning, vil det være forkert at angive en generel nøjagtighed for ekkolodet i perioden. Opmåling med ekkolod er i dag blevet langt bedre, hvad angår datatæthed og nøjagtighed i takt med udviklingen af og viden om brugen af ekkolod.

### 5.1 Positionsbestemmelse

Terrestrisk pladsbestemmelse var indtil slutningen af 1940'erne stadig den vigtigste positioneringsmetode, men efter anden verdenskrig, begyndte radionavigationsmetoderne at blive tilgængelige. Dermed var en ny epoke begyndt indenfor positionsbestemmelse, hvor det var muligt at opmåle med større nøjagtighed langt fra land og under nedsat sigtbarhed. Decca var det første radioelektroniske efterkrigsnavigationssystem anvendt til søopmåling, og nøjagtighederne var her afhængigt af opmålingstidspunkt på dagen samt af, hvor godt man var i stand til at korrigere for de lokalbestemte unøjagtigheder, som systemet har. Uden korrektion kan unøjagtigheden være 200-300 meter. Muligheden for at genfinde objekter på havbunden, positionsbestemt ved hjælp af deccakoordinater er gode, og systemet har derfor været til stor nytte blandt andet for fiskere til lokalisering af fangstpladser.

Tidevandsobservationer eller selvregistrerende vandstandsmålere blev anvendt for at rette dybderne til kortnul. Vandstandsmålingerne blev udført i den nærmeste havn eller, hvis der var flere havne i nærheden af opmålingsområdet blev der målt flere steder og herefter interpoleret imellem opmålingsområdet og havnene.

## 5.2 Opmålingsmetode

Se fig. 5 for eksempel på opmålingsmetode med ekkolod. Som det ses kan der forekomme uopdagede objekter og puller imellem opmålingslinjer.

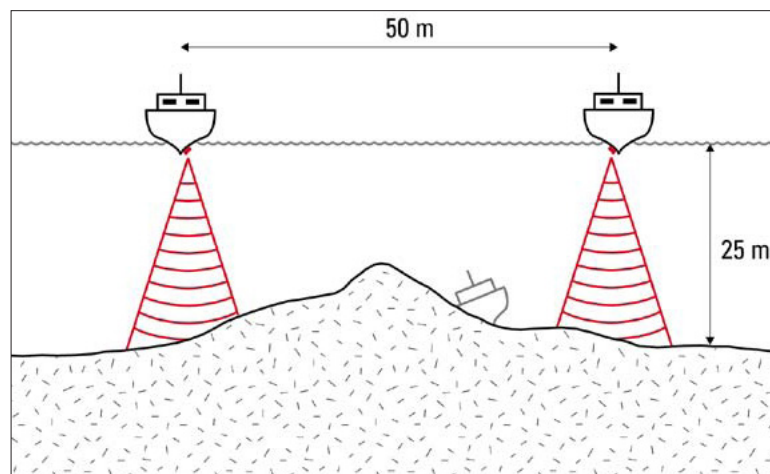


Fig. 5 Ved opmåling med ekkolod uden 100 % dækning af havbunden kan der være uopdagede objekter og puller imellem opmålingslinjer.

For at forbedre opmålingsnøjagtigheden ved brug af Decca anbefales fra 1951 følgende fremgangsmåde ved opmåling:

Opmålingsskibet lægger sig så tæt ved opmålingsområdet som muligt, fx en mole, et fyr eller en stor vager. Der må ikke forekomme nogle interfererende jernholdige genstande såsom kraner, pakhuse af jernbeton og lignende. Fra denne position skærer man sig nu tilbage og bestemmer sin plads ved beregning. Ved tilbageskæringen anvendes så nære og veldefinerede punkter som muligt.

Man har herved et middel til at bestemme sin Decca korrektion på pladsen. Hver dag inden opmålingen begynder, kontrolleres Decca koordinaterne for denne position af samtlige fartøjer, ligesom man tager plads ved opmålingens ophør.

Hvis det er på pladsen for en vager, man foretager sin kontrol, må man i hvert tilfælde også pladsbestemme sig ved dobbelt vinkelmåling, for at justere vagerens beliggenhed og dermed også sine Decca koordinaters rigtighed.

## 5.3 Eksempel 1950

I forbindelse med opmåling ved Hals Barre foretoges i 1950 opmåling af Vejdybet. Opmålin-

gen foretoges dels som fartøjsstik, dels som motorbådslinjer. Ved begge opmålingsmetoder anvendes Decca systemerne som retnings- og afstandsbestemmelse for linjerne. For at få så stor nøjagtighed som muligt i motorbådslinjernes absolutte beliggenhed oprettedes stationer så tæt nær opmålingsområdet som muligt, der koordineredes og forsynedes med tydelige flag.

I den sydligste del af Vejdybet, der er overmåde smalt, har man sejlet langs med og midt i mellem grundene, der på begge sider begrænser det smalle dyb. I motorbådslinjerne har man pladsbestemt sig ved dobbeltvinkelmåling.

Lodskuddene er taget med ca. 5 sekunders mellemrum og er reduceret til middelvande, baseret på vandstandskorrektioner observeret i Hals havn.

Der er anvendt loddestage på dybder under 3 meter, Kelvin Hughes-ekkolod på dybder over 3 meter.

#### 5.4 Samlet vurdering

En vurdering af opmålinger fra 1855 til 1952 vil være, at der langt fra har været fuld dækning af havbunden, datanøjagtighed og fuldstændighed er ringe, og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske farvande.

Navigatøren bør udvise stor forsigtighed ved sejlads tæt på grunde, idet navigatøren må regne med en vis tolerance for det i kortet viste lodskud afhængigt af farvandsområde og opmålingsår.

Positionsfejlen ved den rent optiske stedbestemmelse vurderes til i starten af perioden at være i størrelsesordenen 100-200 meter i nærheden af kyster og uden for optisk rækkevidde ca. 300 meter. I slutningen af perioden er positionsnøjagtigheden ca. 10-30 meter i nærheden af land, og med radionavigationsmetoden decca vurderes opmålingsnøjagtigheden til bedre end 100 meter (95%).

Med hensyn til nøjagtigheden af dybdemålinger foretaget ved brug af loddeapparatet vurderes denne for dybder under 20 meter, at være indenfor 20 cm, men usikkerhed i vandstandskorrektioner vil betyde større unøjagtighed for den udsatte dybde i søkortet.

Tidevandskorrektionerne er afhængig af det anvendte kortnøl og af det geografiske område, for eksempel er der stor forskel imellem korrektioner for Østersøen og Nordsøen og variationer vil forekomme afhængigt af, om opmålingsområdet er tæt på vandstandsobservationerne eller

langt fra kysten, og om der er interpoleret imellem forskellige observationer og opmålingsområdet. Sammenlagt må fejlen på grund af tidevand for perioden forventes at være 10-40 cm i de indre danske farvande og op til 1 meter i Nordsøen.

Som det fremgår af de beskrevne opmålingsmetoder har opmålinger før 1953 en punktvise karakter og ujævn fordeling af lodskud, uden sikkerhed for, om der på den opmålte linje er fundet de lægste dybder og uden viden om, hvad der er på havbunden imellem de opmålte linjer. Den valgte linjeafstand har varieret afhængigt af forholdene, men en linjeafstand på over 400 meter har været acceptabelt efter periodens opmålingsteknik og ressourcer.

Se fig. 6 for et eksempel på opmåling foretaget 1869-70 og som i dag er brugt som data til kort 128.

Som det fremgår af de ovenfor beskrevne opmålingsmetoder er bestemmelse af mindstedybden ikke en enkel sag, og selv med ekkolod og med tæt opmålte linjer kan det være svært at bestemme mindstedybden over toppen af en grund.

**Det tilrådes navigatøren at udvise stor forsigtighed ved sejlads tæt på grunde idet navigatøren må regne med en vis tolerance for det i kortet viste lodskud afhængigt af farvandsområde og opmålingsår.**

**En samlet vurdering af opmålinger fra 1855 til år 1952 vil være, at der langt fra har været fuld dækning af havbunden, datanøjagtighed og fuldstændighed er ringe og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske farvande.**

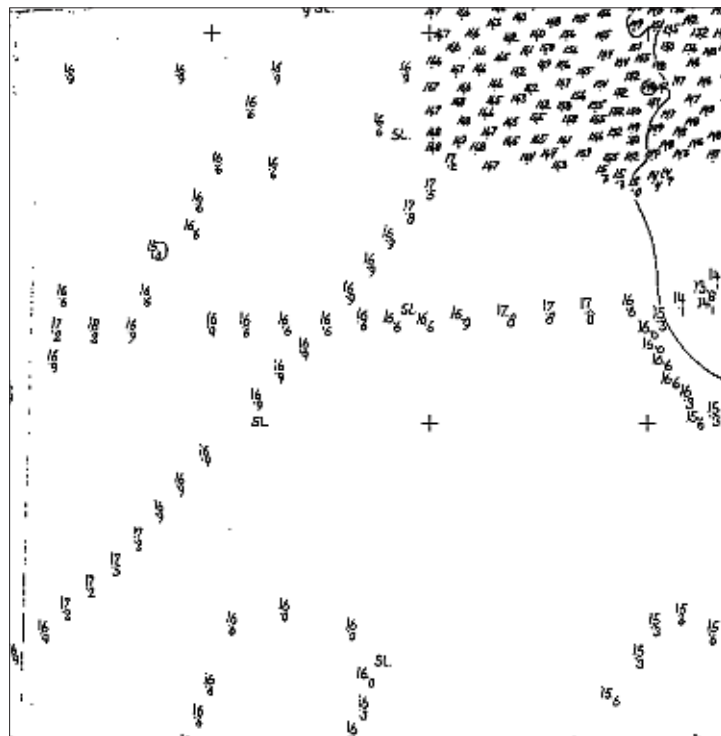
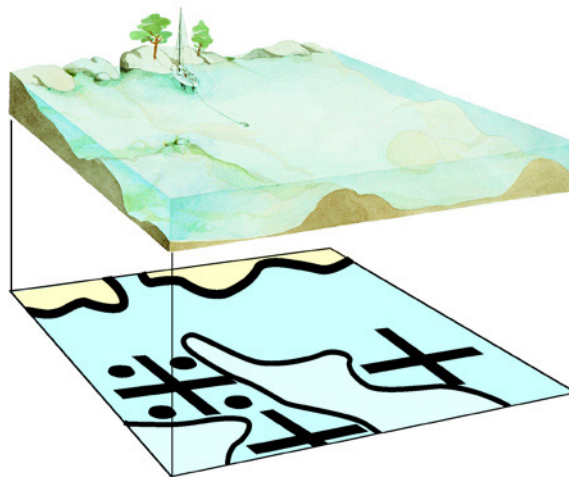


Fig. 6 Eksempel på opmåling foretaget 1869-70 og som i dag er brugt som data til kort 128.  
Målestok for kortudsnittet er 1:20.000 (1 cm= 200 meter).



Eksempel på et søkorts generaliserede gengivelse af de faktiske dybdeforhold samt forekomst af sten eller skær i niveau med kortdatum og undersøisk sten eller skær.



## Kapitel 6.

### 6.0 Perioden 1953-1991

Skibsfarten har som nævnt i introduktionen altid været vigtig for det danske samfund. Skibenes dybgang og omfanget af sejladsen har stillet stadig større krav til søopmålingen om at finde alle mindstedybder, ud fra de teknologiske hjælpemidler og de ressourcer, man har haft til rådighed.

Skibenes dybgang var indtil starten af 1950'erne mindre end 10 meter, og derfor anstrengte søopmålingen sig for at afsøge puller med dybder lægere end 10 meter.

Herefter blev der ændret i opmålingsstrategien, idet skibenes dybgang stadig blev større, og i midten af 1960'erne var skibenes dybgang 17 meter og nogle år senere 25-30 meter. Grunde med dybder imellem 10-30 meter blev herefter interessante og afgørende for skibenes sikre passage i og gennem farvandsområder.

For at garantere mindstedybder blev der til søopmåling helt op til starten af 1980'erne anvendt forskellige typer "moderniserede lineafsøgningsapparater", herunder paravanegrej på slæb af en ministryger og wiredragudstyr på slæb af opmålingsfartøjer.

I 1981 anskaffedes en Side Scan Sonar som, slæbt efter opmålingsskibet, "affotograferer" havbunden og for søopmåleren synliggør trawlspor, tabte ankerkæder, sten, puller og andet på havbunden med en 100% dækning. Det blev derfor nemmere og hurtigere at opdage grunde imellem de opmålte linjer.

Der blev i perioden oprettet hovedruter for skibene (blandt andet rute T i 1976), som er sikre ruter, hvor en mindstedybde kan garanteres efter en 100% opmåling.

Kystområder, der sjældent besejles af andre end lystfartøjer, er ikke nødvendigvis opmålt med samme omhyggelighed, som de føromtalte ruter. Hvis navigatøren derfor besejler et område, der sjældent benyttes af den større skibstrafik, skal man vide, at opmålingen kan være af ældre dato og derfor mangelfuld.

I det følgende vil der blive beskrevet opmåling, som den er foretaget i perioden og de unøjagtigheder og den usikkerhed, der er ved den anvendte opmåling og i de nautiske udgivelser.

### 6.1 Positionsbestemmelse

Radionavigationsmetoderne har som nævnt været anvendt til positionsbestemmelse af søopmåling siden 2. Verdenskrig og fordelen frem for de optiske positionsbestemmelsesmetoder

er, at der kan opmåles med stor nøjagtighed under nedsat sigtbarhed.

Decca har en varierende nøjagtighed inden for flere hundrede meter afhængigt af område og tidspunkt på dagen samt af, hvor godt man har været i stand til at rette for de områdebestemte fejl.

Opmålingsskibenes positionsfejl ved brug af radionavigationsmetoderne har generelt i perioden 1971-1991 været fra 1-10 meter. Radionavigationsmetoderne har givet mulighed for kontinuerlig digital positionsregistrering af skibet selv under høj fart.

Ved de traditionelle positionsbestemmelsesmetoder kan det være svært at følge en linje eller en kurve med større nøjagtighed end 10 meter, hvis der er strøm eller dønninger på tværs af opmålingslinjen. Med radionavigationsmetoderne og med kontinuerlig positionsangivelse af skibet tages der hensyn til giring og menneskelige fejl.

Den relative position af skibets antenne til radionavigationssystemet skal i princippet stå vertikalt over ekkoloddet og dybdemåling, og positionsangivelse skal tages på samme tid.

Dette er ikke altid tilfældet, og man skal derfor synkronisere tiden for dybdemåling og positionsangivelse for at eliminere fejlen. Man skal desuden tage højde for eventuelt offset imellem antennens position og skibets ekkolod.

Valg af positionsbestemmelsesmetode kræver erfaring og afhænger af området og af de tekniske muligheder. Til søopmåling i Danmark og Grønland har der i perioden været anvendt såvel afstandssystemer som hyperbelsystemer.

Alle positionssystemer er inden opmåling blevet kalibreret. Det vil sige, at skibet for eksempel er fortøjet ved siden af et kendt punkt ved en mole, antennens position er udregnet i forhold til det kendte punkt, og fejlen på radionavigationssystemet er derefter på forskellig måde blevet konstateret og korrigeret.

En anden mulighed er til søs at krydse de forskellige stedlinjer for at konstatere fejlene og derefter at udregne de samlede korrektioner for radionavigationssystemet.



Følgende er en kort oversigt over anvendelsen af systemer i perioden 1953-1991:

Radio navigationssystem	Dictance	Hyperbola	Year
Decca		X	1949
Hydrolist		X	1962
Raydist	X		1968
Seafix	X	X	1971
Toran		X	1976
Motorola	X		1979
Syledis	X	X	1982
Total Station	X		1991

I slutningen af perioden fremkom Differential Global Positioning System, som er omtalt senere.

## 6.2 Opmålingsmetoder

Fig. 7 viser princippet for opmåling i sidste halvdel af perioden. Et eller flere skibe sejler på forudbestemte opmålingslinjer med en bestemt afstand imellem opmålingslinjerne. Denne afstand afhænger af vanddybden, og hvor ujævn bunden er. Hovedskibet positionsbestemmer sig ved hjælp af radionavigatoriske signaler fra land. Hovedskibets computer styrer og holder skibet på linjen og indsamler såvel egne som ved hjælp af et dybde-dataoverførselssystem sidebådens(enes) dybder.

Sidebåden(ene) positionsbestemmer sig relativt til hovedbåden ved hjælp af optiske hjælpemidler. Inden opmålingen er startet, er ekkoloddene og positionssystemet kalibreret, og der er taget målinger af lydhastigheden gennem vandsøjlen.

Pladser tages med jævne mellemrum på samme tid i begge skibe og plottes i et arbejdskort, så opmåleren kontinuerligt følger opmålingen. Hvor der er mistanke om lægere grunde, vrage eller lignende, markeres området i arbejdskortet og afsøges efterfølgende med tættere linjeafstand. For at området kan siges at være færdigmålt kræves brug af Side Scan Sonar (eller tidligere i perioden de forskellige typer af lineafsøgningsapparater). Dette for at sikre at der ikke er lægere dybder imellem de opmålte linjer.

Opmålingerne er normalt foretaget i sommersæsonen, mens vejret er godt, og om vinteren er efterbehandlingen og rentegningsarbejdet udført. Data er udtegnet i A-blade<sup>3</sup> i målestok 1:20.000 til indarbejdelse i søkortene.

<sup>3</sup> A-blade er grundmaterialet til søkort og formålet med A-blade er, at man på et sted kan finde de oplysninger, der er nødvendige for at tegne et søkort. A-bladene vil derfor altid være ajourført med de sidste rettelser eller de sidst færdigbehandlede opmålinger. Hvert A-blad er et standardark i målestoksforhold 1:20 000, og det dækker 10 minutter i bredden og 10 minutter i længden.

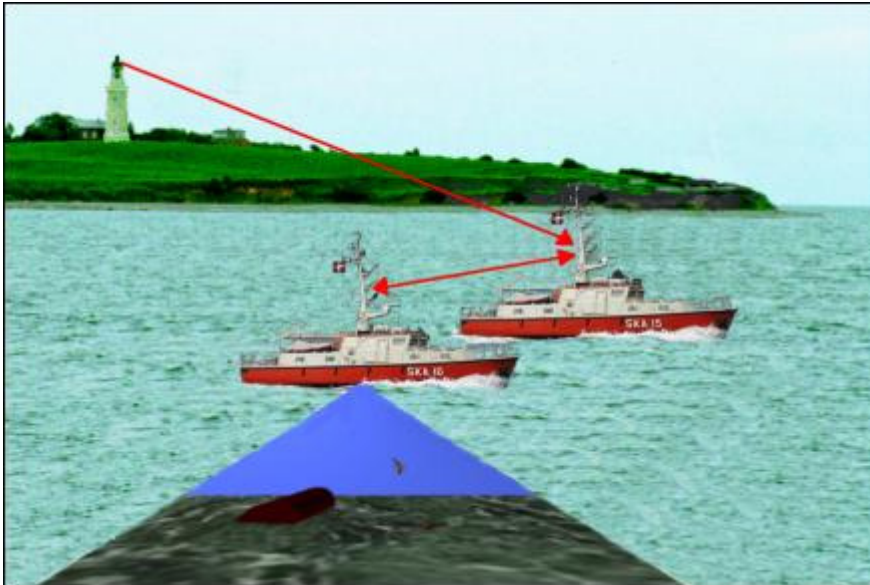


Fig. 7 Princippet for opmåling i perioden.

Side Scan Sonar (SSS) er en supplerende akustisk registrering af havbundens topografi og objekter. Fig. 8 viser fordelene ved brug af SSS. Det ses, at med ekkoloddets lille fodaftryk på havbunden skal afstanden imellem opmålingslinjerne være få meter for at dække havbundens topografi 100%. SSS har derimod en bred udstråling, der dækker havbunden fra lige under transduceren ud til en afstand som, afhængig af transducerens højde over bunden, kan være op til 500 meter eller mere på tværs af transduceren. Vrag, sten og andre undervandshindringer vil derfor blive detekteret af SSS med mulighed for efterfølgende at måle mindstedybder med ekkoloddet på de fundne objekter. Fig. 15 viser et billede fra en moderne SSS.



Fig. 8 Fordelen ved at bruge Side Scan Sonar er en bredere dækning af havbunden.

SSS har ikke i perioden været anvendt under opmåling i indenskærsruter i Grønland, da risikoen under opmåling for at miste eller ødelægge udstyret i det meget varierede bundterræn vil være meget stor. Derfor er fx brug af visuelle observationer ved lavvande af undervandshindringer samt afhængigt af området brug af tæt afstand mellem opmålingslinjer vigtig i Grønland.

### 6.3 Eksempel 1953-1991

Fig. 9 og 10 viser udsnit af et A-blad fra den sydlige del af Sundet før og efter nyopmåling. Opmålingen i vestlige side af fig. 9 er udført 1895-1896. Samme område, men nyopmålt i starten af 1990'erne, ses i fig. 10. Som det ses, er der mange flere læge dybder i nyopmålingen, lodskuddene er jævnt fordelt i kortet, og der er sket væsentlige tilføjelser og ændringer i dybdekurvernes forløb. Der er i nyopmålingen fundet op til 2 meter lægere dybder imellem de opmålte linjer fra 1895-1896. Vragene er genfundet på samme positioner, hvilket sandsynligvis skyldes nyere vragundersøgelser i området. Dog er dybden på vraget THETFORD ændret i nyopmålingen fra 10,1 meter til 9,9 meter.

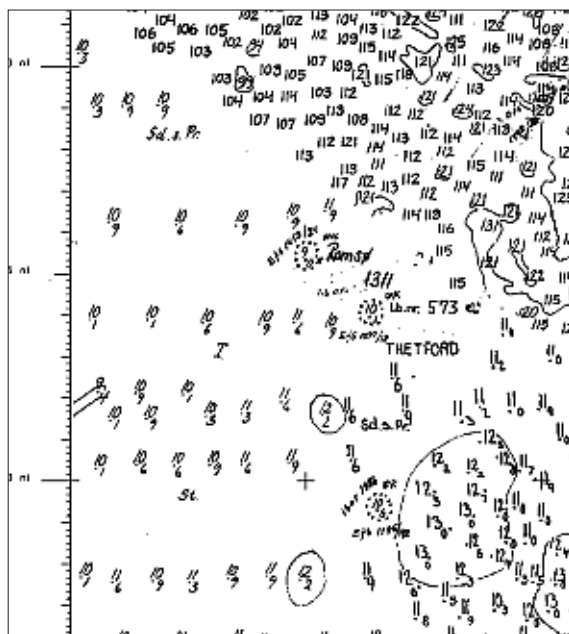


Fig. 9 Opmåling fra 1895-96 i A-blad 5530/1240.  
Kortudsnit 1:20.000.

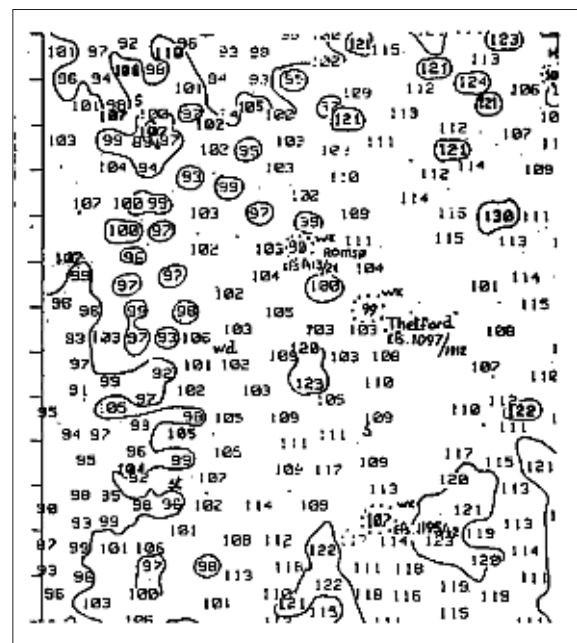


Fig. 10 Samme område, men efter nyopmåling.  
Kortudsnit 1:20.000.

Ovenstående er et eksempel på de store forskelle, der kan findes ved nyopmåling. Hvis ikke området var nyopmålt, ville dybderne fra opmålingen 1895-1896 være at finde i de elektroniske kort.

## 6.4 Samlet vurdering

En samlet generel vurdering af opmålinger fra 1953 til år 1991 vil være, at der uden supplerende brug af wiredrag eller Side Scan Sonar ikke har været fuld dækning af havbunden. Datanøjagtighed og fuldstændighed er mangelfuld, og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske og grønlandske farvande.

For farvandsområder, hvor opmåling er suppleret med brug af wiredrag og Side Scan Sonar, er kravet om en 100% dækning af havbunden opnået. Disse er fortrinsvis udført i hovedskibsruter, gravede render, ankerpladser, indsejlinger til havne, havneområder og havne samt andre tilsvarende områder, hvor særlige forhold gør sig gældende. Data for disse områder vil derfor kunne klassificeres som værende af god kvalitet.

Den nøjagtighed, som skibene i dag kan opnå ved brug af de satellitbaserede navigationssystemer, harmonerer ikke med udtegningsnøjagtigheden af den grønlandske kystlinje.

På Færøerne er der ikke foretaget statslig opmåling i den nævnte periode, men der er generelt dybt vand helt ind til klipperne.

Side Scan Sonar har ikke været anvendt i de grønlandske indenskærsruter, og datanøjagtighed og fuldstændighed er derfor mangelfuld.

Positionsberregning ved hjælp af Decca er generelt at betragte som fejlbehæftet med unøjagtigheder på over 100 meter og opmåling foretaget med positionsbestemmelse af radionavigationssystemet Decca skal derfor nyopmåles, for at opnå tilfredsstillende datanøjagtighed og fuldstændighed.

**En samlet generel vurdering af opmålinger fra 1953 til år 1991 vil være, at der uden supplerende brug af wiredrag eller Side Scan Sonar ikke har været fuld dækning af havbunden. Datanøjagtighed og fuldstændighed er mangelfuld, og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske og grønlandske farvande.**

## Kapitel 7.

### 7.0 Perioden 1992-2004

Produktionen af elektroniske søkort stiller i disse år store krav til søopmålingen, hvad angår kvalitet og kvantitet. Moderne opmåling kræver 100% dækning af havbunden. Skibstrafikken er i hård konkurrence med fly/landevejstrafikken med hensyn til transporttid, sikkerhed og miljø. De fleste større byer i Danmark er havnebyer, der anvender søvejen til godstransport. Hurtigruter etableres med katamaranfærger, der kan transportere over tusinde passagerer og over hundrede biler med farter på 45 knob (ca. 83 km/t). En grundstødning vil få fatale menneskelige, samfunds-, og miljømæssige konsekvenser. Elektroniske søkort produceres med data fra gamle søopmålinger, og fejl/mangler i datagrundlaget overføres dermed til de elektroniske søkort. De fleste skibe anvender moderne teknologi, specielt hvad angår de satellit-baserede navigationssystemer som GPS, som anvendt sammen med en differentiel korrigerende referencestation giver positionsnøjagtigheder på få meter.

De teknologiske fremskridt, hvad angår positionsnøjagtighed ved DGPS med nøjagtigheder på 0,5 meter sammen med flerstråleekkolod med 100% dækning af havbunden, giver anledning til en revurdering af data til brug i de elektroniske søkort.

Der eksperimenteres med nye former for søopmåling ved brug af laserstråler fra helikopterplatform. Rækkevidden er begrænset til dybdeintervallet fra ca. 0,3 meter til ca. 30 meter vand. Vandets optiske kvalitet er af stor betydning, idet grumset eller forurenede vand mindsker rækkevidden og øger antallet af falske alarmer. Systemet er specielt velegnet til områder med mange grunde og skær, hvor traditionel fartøjsopmåling er svær og tidskrævende. Endvidere eksperimenteres med satellitbaserede observationer fra ERS-1 og 2, hvor statistiske afvigelser i havoverfladen kan henføres til topografien på havbunden. ERS-1<sup>4</sup> og 2 kan operere under alle vejrforhold, dag og nat over oceaner, polare områder, kystområder og land.

Tidevandskorrektioner udføres ved dataopkald til fast installerede oceanografiske målestationer i Danmark, Grønland og på Færøerne, hvis opmålingsområdet er tæt på disse. Ellers opsættes egne målere. DGPS målinger i 3 dimensioner kan udføres med god kvalitet.

---

<sup>4</sup> ERS-1 satellitten (European Remote Sensing Satellite) blev opsendt i 1991 af ESA (European Space Agency) til løsning af miljømæssige og videnskabelige aspekter på jorden. ERS-1 er udrustet med aktive og passive mikrobølge sensorer, radar højde målere med mere. Til hydrografiske opgaver som fx at fortolke bundtopografi anvendes SAR (Synthetic Aperture Radar) billeder. I 1995 opsendte ESA ERS-2, som er en videreudvikling af ERS-1. I 2002 blev ENVISAT satellitten opsendt med Avanceret Syntetisk Aperture Radar (ASAR) til produktion af højtopløsningsbilleder.

## 7.1 Positionsbestemmelse

Søfartsstyrelsen har opsat faste referencestationer til GPS på Hammer Odde, Blåvands Huk og Skagen W. Anvendelsen af disse stationer giver en nøjagtighed bedre end 10 meter (95%) afhængigt af brugerens afstand fra stationerne.

Dette er dog ikke nøjagtigt nok til moderne søopmåling, og der opsættes derfor egne differentiale stationer til søopmåling med hurtigere opdaterings tider og med positionsnøjagtigheder på 0,5 meter. Opmåling i 3 dimensioner ved brug af Real Time Kinematic forkortet RTK bliver også anvendt. Rækkevidden er dog begrænset til ca. 10-20 km og der kræves minimum signaler fra 5 satellitter.

Den nøjagtighed, som skibene i dag kan opnå ved brug af de satellitbaserede navigationssystemer, harmonerer ikke med udtegningsnøjagtigheden af den grønlandske kystlinje. Der er således i perioden observeret unøjagtigheder i søkortet ved Grønlands østkyst ved Illoqqortormiut (Scorebysund) på over 3 sømil i forhold til GPS positionsbestemmelse Dette forårsagede, at et skib i Nordvestfjord, en fjord fra 4 til 10 kilometer bred, i flere tilfælde havde "skibskurs over land". I sådanne tilfælde skal navigatøren anvende relativ navigering ved brug af radar eller terrestisk navigation.

Den danske kystlinje kan også visse steder være unøjagtig i forhold til DGPS målinger, men nøjagtigheden er her bedre end 20-30 meter afhængig af de anvendte grunddata.

Ved udgivelse af nye danske søkort anvendes det digitale grundlag FOT<sup>5</sup> til ny og forbedret kystlinjeudtegning, og her er nøjagtigheden bedre end 10 meter.

Dette forklarer, hvorfor navigatøren skal anvende GPS eller DGPS med stor forsigtighed ved passage af grunde, der er positionsbestemt ved et andet navigationssystem end DGPS.

## 7.2 Opmålingsmetode

Opmålingsskibe, udrustet med systemet, opererer altid uafhængigt af hinanden. Ved planlægning af opmålingslinjer og linjeafstand skal vanddybden tages i betragtning. For at opnå 100% dækning må linjeafstanden planlægges ved at anvende den mindste forventede dybde på opmålingslinjen.

Det at opmåle på tværs af dybdekurver er ikke så vigtigt ved anvendelse af flerstråleekkolod som ved opmåling med enkeltstråleekkolod.

---

<sup>5</sup> FOT står for "Fælles Offentlig geografisk administrationsgrundlag", og denne betegnelse dækker over geografiske data, som staten og kommunerne producerer og vedligeholder sammen. Alle objekter er defineret som punkter, linjer eller flader i et koordinatsystem, hvor temaer kan vælges til og fra.

Opmålingslinjerne planlægges med 25% overlap ved den mindste forventede dybde, og de yderste stråler skæres efterfølgende af på grund af deres reducerede nøjagtighed.

### 7.3 Eksempel 1992-2004

Forskellen i datatæthed mellem opmåling med enkeltstråleekkolod og flerstråleekkolod kan ses på fig. 11 og 12. Med flerstråleekkolod er det muligt at opnå 100% dækning af havbunden samtidigt med, at det tids- og ressourcebesvarende. Udsnittet er 1200 x 1400 meter.

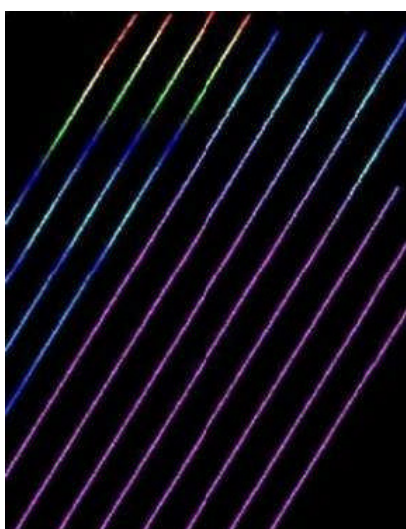


Fig. 11 Data fra 12 liner med enkeltstråle.

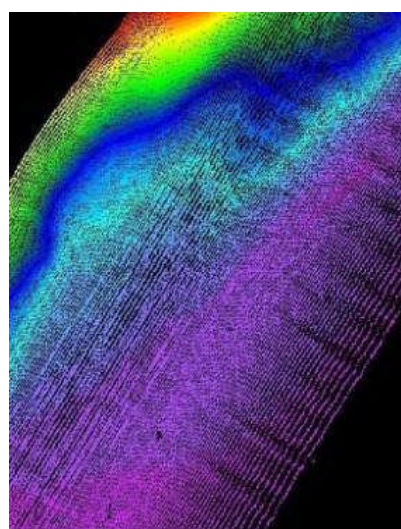


Fig. 12 Data fra 2 linjer med flerstråle.

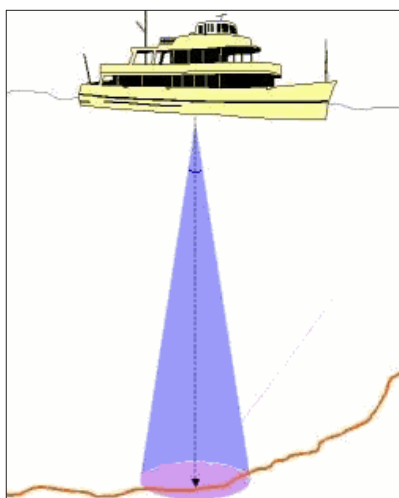


Fig. 13 Enkeltstråleekkolod.

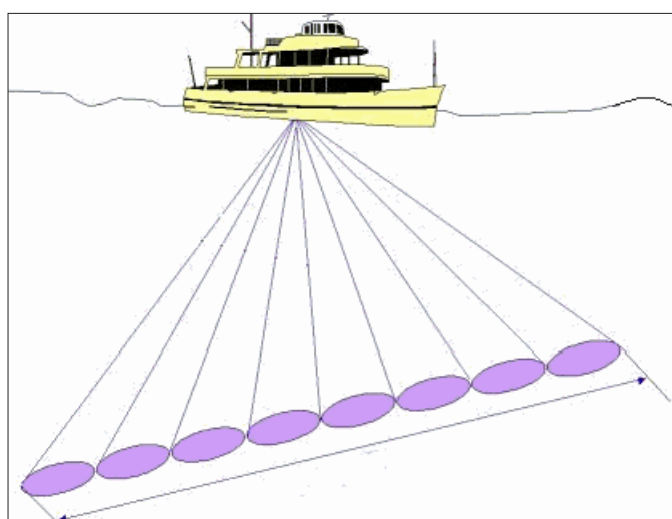
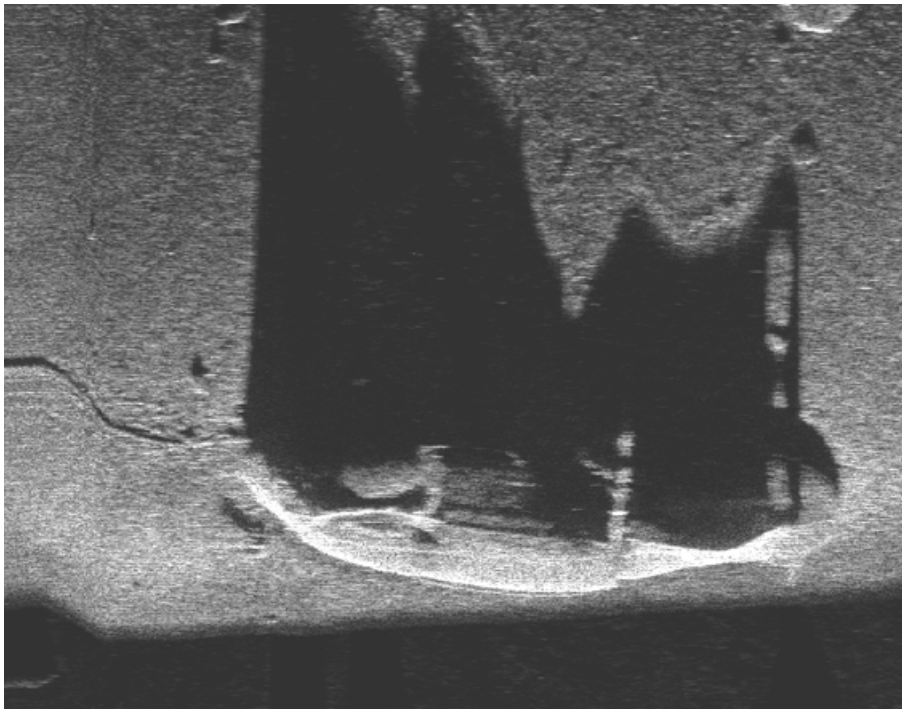


Fig. 14 Flerstråleekkolod.

Opmåling med flerstråleekkolod suppleres ved brug af Side Scan Sonar. Princippet vedrørende virkemåde og brug af Side Scan Sonar (SSS) er det samme, som beskrevet i 6.3. SSS er dog blevet videreudviklet til, at data kan lagres og analyseres på computer som supplement til opmåling med flerstråle- eller enkeltstråleekkolod. Fig. 13 viser et Side Scan Sonar billede af et vrug i Kattegat.



*Fig. 15 Billede fra Side Scan Sonar af et ca. 35 meter langt vrug i Kattegat øst for Læsø. Ankerkæden ses til venstre i billedet.*

Efterbehandlingen af de store mængder data, der indsamles, kræver gode analytiske værktøjer i form af algoritmer, der kan detektere og udskille fejl. Der indsamles på kort tid mange millioner data, og alle disse data vil efter kvalitetsvurdering blive lagret i en dybdedatabase.

For et kort i målestok 1:50.000 vil en dybde udtegnet for hvert kvadrat af fx 6 x 6 m<sup>2</sup> svare til et område på 0,12 x 0,12 mm<sup>2</sup> i søkortet. Før udtegnings af dybder i søkortet sker en kraftig reduktion i antallet af minimumsdybder for at opnå et overskueligt søkort og repræsentativt billede af informationer.

Det vil med de mange dybdedata være muligt at udtegne tredimensionale digitale terrænmodeller, og fig. 16 viser et eksempel på en sådan i størrelsen ca. 5 sømil x 5 sømil.



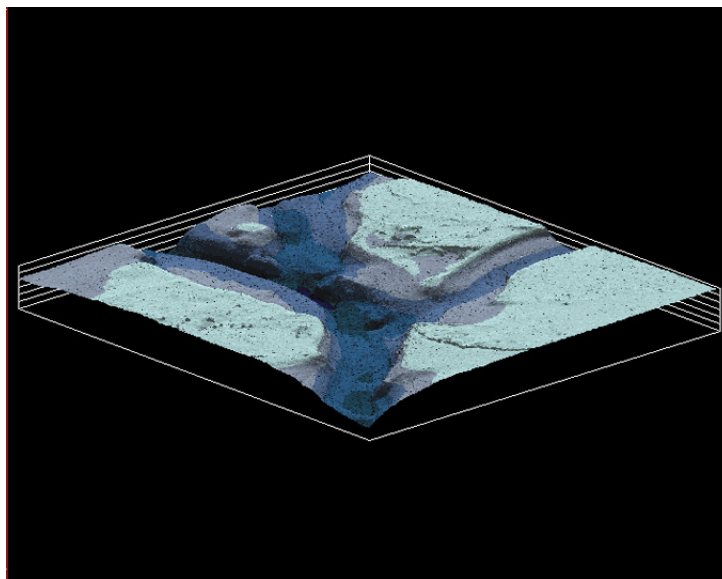
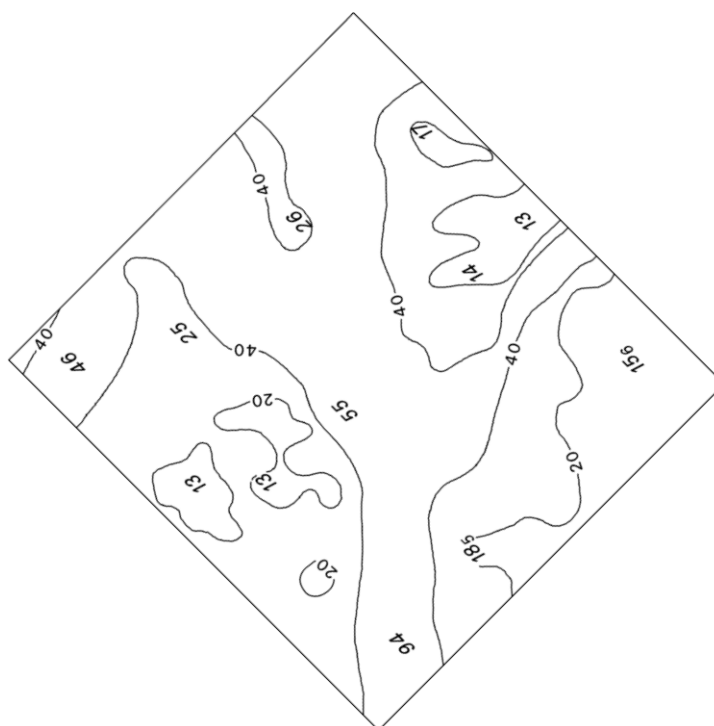


Fig. 16 Tredimensionalt billede af et område sydøst for Læsø.



Kortudsnittet er drejet så både modellen fig. 16 og kortudsnittet ses fra nordvest.

#### 7.4 Samlet vurdering

Navigatøren må aldrig ukritisk og uden de nødvendige forholdsregler basere sin navigation på (D)GPS i farvandsområder, der ikke er opmålt med den samme nøjagtighed, som DGPS

giver. Navigatøren skal endvidere konsultere alle tilrådighed værende nautiske publikationer for områder, der skal passeres eller anløbes.

Hvis området i søkortet er nyopmålt efter moderne standard med de for perioden teknologiske fremskridt som DGPS, flerstråleekkolod og Side Scan Sonar, vil nøjagtighed og datatæthed være dækkende og fuldstændig. Der vil ikke kunne forekomme objekter på havbunden til fare for sejladsen, der ikke er vist i søkortet.

Hvad angår kystlinjen er den ikke nødvendigvis fra nyere tid, og en vis unøjagtighed må forventes, specielt set i forhold til navigatørens muligheder for at udnytte de moderne navigationshjælpemidler som DGPS.

Det er vigtigt at navigatøren anvender samtlige nautiske publikationer, som er til rådighed i et givet område, da søkortet ikke kan indeholde alle informationer. Havnelodser, fyrister, lods-håndbøger osv. giver oplysninger om forsigtighedsregler, som navigatøren skal tage før passage eller anløb af områder, der kræver speciel opmærksomhed af navigatøren.

Hvor der er uoverensstemmelse imellem publikationer og søkort, skal navigatøren være yderst forsigtig og være opmærksom på risikoen for ufuldstændige oplysninger eller på en vanskelig situation og en hurtig manøvre. Navigatøren bør normalt rette sig efter de nyeste oplysninger, hvor der er divergerende informationer om farvandsområder.

**Navigatøren må for perioden efter 1992 aldrig ukritisk og uden de nødvendige forholdsregler basere sin navigation på (D)GPS i farvandsområder, der ikke er opmålt med den samme nøjagtighed som DGPS. Navigatøren skal endvidere konsultere alle tilrådighed værende nautiske publikationer for områder, der skal passeres eller anløbes.**

## Kapitel 8.

### 8.0 Opmåling med ekkolod

Navigatøren bør opbygge erfaring med brug af ekkolod, da måling af dybder er afhængig af mange faktorer, og med de større skibe og mindre vand under kølen (Under Keel Clearance) kan nøjagtige dybdeangivelser være af største vigtighed.

Fra starten af 1930'erne, hvor de første ekkolodder blev anvendt til opmåling og til ultimo 1990'erne, er der sket en kolossal teknisk udvikling. Nøjagtigheden er blevet langt bedre og opsamlingshastigheden forøget væsentligt, hvilket giver bedre bunddækning. Der er dog visse faktorer, der er væsentlige, og som ikke har noget med kvaliteten af udstyret at gøre, men som kan medføre betydelige fejl, og kendskabet til disse kan være vigtig for navigatøren, hvis han ønsker at udnytte ekkoloddets muligheder maksimalt. Følgende har betydning for måling af dybder:

#### 1) Ekkoloddets nøjagtige position i forhold til skibets bevægelser:

Vertikal afstand fra vandoverfladen til ekkoloddet.

Hvor meget skibet sætter sig under fart.

Tvær- og langskibsbevægelser.

Vertikale løftninger/sænkninger på grund af bølger.

#### 2) Lydhastigheden i vandmassen, kalibrering af ekkoloddet, tolkninger af ekkolodssporet (definition af hvor bunden er) samt tidevandsreduktion.

### 8.1 Ekkoloddets position

Vertikal afstand fra vandoverfladen til ekkoloddet afhænger af, hvor meget skibet er lastet og densiteten af vandet (fx Østersøen ca. 8‰ salt, Atlanterhavet ca. 35‰).

Hvor meget skibet sætter sig under fart, afhænger af vanddybden og farten. Beregning af en fartkurve for skibet og ekkoloddet anbefales, da fejlen kan blive over 0,2 meter (10% af dybgang) for farter over 10 knob.

Tvær- og langskibsbevægelser kan give anledning til betydelige fejl i målingen af dybder, for eksempel ved sejlads i kanten eller i nærheden af en skråning. Hvis skibet ruller måles fx afstanden til skråningen og ikke den vertikale dybde under vandoverfladen. Fig. 15 viser en tegning på unøjagtighed vertikalt og horisontalt.

Hvis ekkoloddet har en stor åbningsvinkel og dermed afsætter et stort fodaftryk på havbunden, bliver der unøjagtigheder imellem de målte dybder (lodskuddets position) og antennens (skibets) position, selv i stille vejr. Til opmåling anbefales en lille åbningsvinkel ( $3^{\circ}$ - $8^{\circ}$ ) og altid at opmåle på tværs af dybdekurver ved en vinkel så tæt på  $90^{\circ}$  som muligt. Ved høj fart specielt på større dybder, hvor dataindsamlingshastigheden er mindre og med ekkolod, hvor åbningsvinklen er stor, (op til  $30^{\circ}$ ), kan man miste detaljer på havbunden som fx det dybeste af sandrevler eller kunstigt gravede furer i havbunden.

Vertikale løftninger/sænkninger af skibet forårsaget af dårligt vejr, dønninger eller andres skibes passager af opmålingsskibet kan give betydelige fejl på opmålingsnøjagtigheden.

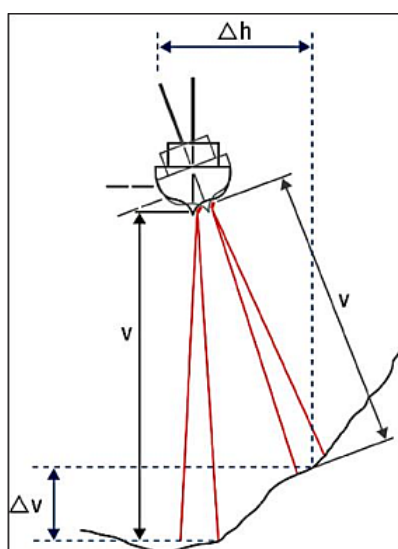


Fig. 17 Resultat af målt dybde ved rulninger.

## 8.2 Lyden i vandmassen

Udbredelseshastigheden af lyd gennem vand er afhængig af temperatur, saltholdighed og vandtryk<sup>6</sup>.

For at måle en vanddybde nøjagtigt er det derfor nødvendigt at bestemme lydhastigheden i vandsøjlen under ekkoloddet.

Det er vigtigt at bemærke, at 1% fejl i bestemmelsen af lydhastigheden resulterer i 1% fejl i den målte dybde.

<sup>6</sup> Yderligere to faktorer har indflydelse på udbredelsen af lyd gennem vand:

- Dæmpning af signalstyrken på grund af absorbering:  
Afhænger af frekvens og dybde – ved højere frekvens, større dæmpning.
- Reduktion af signalstyrken på grund af spredning: Afhænger af dybde – ved større dybde, større spredning.

### 8.3 Kalibrering af ekkoloddet

Kalibrering af ekkoloddet er meget vigtig for nøjagtigheden. Til dette er det nødvendigt at kende vandets temperatur og saltholdighed i opmålingsområdet. Et barcheck er det mest normale til kalibrering, hvor et reflekterende objekt med kendt dybde sænkes ind under ekkoloddet i fx 4, 6 og 8 meters dybde, og ekkoloddet indstilles til nøjagtigt at vise respektivt 4, 6 og 8 meters dybde.

En flad bund med kendt dybde og med et markant evt. kunstigt udlagt objekt på havbunden er også anvendeligt, hvor ekkoloddet afprøves under forskellige farter og med forskellig trim af skibet. Dette vil kunne afsløre såvel dybde- som positioneringsfejl.

Det kan være nødvendigt at kalibrere flere gange under en opmåling, hvis forholdene ændrer sig fx i forbindelse med skift imellem høj- og lavvande.

Mekanisk inert i ekkoloddet kan give anledning til en signalforsinkelse (længere tidsforløb) og dermed større målte dybder end de faktiske.

### 8.4 Ekkolodssporet

Med tolkninger af ekkolodssporet menes en definition af, hvor bunden er. Dette har i mange år været en mulig fejlkilde, da der er mange faktorer udover lydhastigheden i vandmassen, der har betydning for måling af dybder med ekkolod. Med loddeapparatet fik man en dybde der ikke skulle fortolkes, men ekkoloddet er dog mere anvendeligt til opmåling, hvis man tager højde for følgende faktorer:

- a. Bundens beskaffenhed.
- b. Anvendelsen af moderne ekkolod, specielt hvad angår frekvens.

Ad. a.

Bundens beskaffenhed eller mere korrekt dens refleksionsevne og dermed den energi, der bliver reflekteret, kan udregnes, hvis man kender materialets tæthed og lydhastigheden i materialet. Denne udregning er vanskelig, da bunden kan variere fra blød mudder til hård klippe. Hertil kommer tab af energi på grund af forskellige vandlag og eventuelle fisk, tang med mere. Disse udregninger har betydning ved fastsættelse af et ekkolods mulighed for fastholdelse af bunden.

Ad. b.

De fleste moderne ekkolod kan arbejde på frekvenser fra 5 til 700 kHz og ofte på 2 frekvenser på samme tid. Ved fastsættelse af hvilken frekvens man skal anvende, er man nødt til at

eksperimentere og opbygge erfaring med udstyret. Der er 3 faktorer at tage hensyn til: vanddybden<sup>7</sup>, nøjagtighed<sup>8</sup> (opløsningsevnen) og området<sup>9</sup>.

### 8.5 Flerstråleekkolod

Da der sandsynligvis ikke vil være skibe (udover opmålingsskibe), der anvender flerstråleekkolod til navigeringsformål, vil systemet derfor kun blive beskrevet kort. Der gælder generelt de samme faktorer som beskrevet under opmåling med enkeltstrålelod dog med visse modifikationer.

Der er udviklet mange systemer til brug for moderne opmåling, og det følgende beskrevne er det danske Seabat 8101 Bottom Chart System, der anvendes i Danmark.

Flerstråleekkolodet har en dækning på tværs af skibet på 7,4 gange vanddybden ned til 70 meter med stråleretning +/- 75 grader relativt i forhold til det vertikale plan, og 2 gange vanddybden på vanddybder ned til 200 meter. Antallet af stråler (ekkolod) er 101 og antallet af lodskud er 3000 i sekundet. Systemet bruger fase og amplitude signaler til bunddetektion, og arbejdsfrekvensen er 240 KHz.

Systemet har kompensation for skibets bevægelser ved rulninger, langskibs bevægelser, vertikale løftninger, giring og skibets fart.

For at opnå maksimal effekt for lydhastighedsberegninger anvendes online målinger af lydhastighed ved slæbning af et dansk udviklet måleinstrument, der kontinuerligt sender data til opmålingssystemet. Måleinstrumentet kan indstilles til at bevæge sig i en sinuskurve fra vandoverfladen til nær havbunden for derved at måle saltholdighed, temperatur og tryk.

### 8.6 Tidevandsreduktion

Når et opmålingsskib måler vanddybder, skal disse korrigeres for tidevandshøjden, det vil sige den vertikale afstand fra kortnål til vandoverfladen. Vurderingen af størrelsen på denne korrektion i et farvandsområde er den mest almindelige fejlkilde ved opmåling.

---

7 Angående vanddybden: Jo højere frekvens desto mindre rækkevidde. Fx 210 kHz 100 - 200 meter, 30 kHz 500 -1000 meter.

8 Angående opløsningsevne: Jo højere frekvens desto bedre opløsning. Fx 210 kHz 2 cm, 30 kHz 15 cm, det vil sige med et 30 kHz ekkolod kan man ikke måle nøjagtigere end 15 cm.

9 Angående området: Hvis bunden er meget mudret eller bevokset med søgræs, er 30 kHz ekkolodet bedre til fastholdelse af bunden. 210 kHz har tendens til at "låse" på de blødere bundlag eller søgræs.

Hvis området er meget fiskerigt eller vandet meget "luftigt" er 210 kHz ekkolodet bedre til fastholdelse af bunden. 30 kHz har tendens til at "låse" på fisk og luftbobler.

Det er vigtigt at anvende en tidevandsmåler i umiddelbar nærhed af opmålingsområdet eller endnu bedre, hvis der er placeret flere tidevandsmålere på hver side af opmålingsområdet. Derved vil man være i stand til at interpolere imellem disse, eller man kan anvende den nærmeste.

Det kan være vanskeligt at måle tidevand langt fra kysten, hvis man ikke råder over en tidevandsmåler placeret på et fyr, olieplatform eller ved hjælp af en fjernbetjent tidevandsmåler i vandet. Ved at anvende kystnære tidevandsmålere til korrektion for vandstand ved opmåling langt fra land introduceres betydelige fejl i opmålingen på grund af de lokale vind- og strømeffekter på vandoverfladen ved kysten.

Anvendelsen af DGPS i tre dimensioner kan løse disse problemer ved opmåling i ikke kystnære farvandsområder, da man herved under opmålingen real-time er i stand til at korrigere for tidevand.

**Det tilrådes navigatøren at opbygge erfaring med brug af ekkolod, da måling af dybder er afhængig af mange faktorer. Med de større skibe og mindre vand under kølen (Under Keel Clearance) kan nøjagtige dybdeangivelser være af største vigtighed.**





## Kapitel 9.

### 9.0 Satellit navigationssystemer (Global Navigation Satellite System (GNSS))

#### GPS

Global Positioning System, forkortet GPS blev lavet og vedligeholdes af det amerikanske militær, som garanterer, at der altid er mindst 24 satellitter i kredsløb. Med dette antal satellitter er det altid muligt at modtage signaler fra mindst fire af dem, og dette er det mindste antal satellitter til positionsbestemmelse i tre dimensioner: længde, bredde og højde. GPS-satellitterne udsender konstant signaler. En GPS-modtager kan på baggrund af signaler fra en række satellitter beregne, hvor lang tid signalerne har været undervejs.

Da man kender signalernes hastighed, kan man beregne afstanden ud fra den tid, signalerne har været undervejs. Satellitterne udsender samtidig oplysninger om deres position, så de kan anvendes som et slags fikseringspunkt i rummet.

Fra et geometrisk synspunkt ville tre satellitter være nok til at bestemme en tre-dimensionel position, men den fjerde satellit er nødvendig, fordi GPS anvender envejs afstandsmåling, hvilket gør, at modtagerens ur ikke er synkront med satellittens ur. Derfor kræves der signaler fra mindst fire satellitter for at opnå størst nøjagtighed.

#### GLONASS

GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema/Global Navigation Satellite System) er det russiske satellitsystem til navigationsbrug. Systemet har en nøjagtighed bedre end 30 meter (95 %), og en modtagelse af både GPS og GLONASS signaler vil give optimal satellitdækning på store dele af jordkloden.

#### GALILEO

GALILEO er navnet på det europæiske satellitnavigationssystem, som etableres i et samarbejde mellem EU og den europæiske rumfartsorganisation ESA.

Systemet skal bestå af 30 satellitter, der tilsammen dækker hele jordens overflade og det forventes taget i brug 2009. I forhold til det amerikanske GPS-system, som er det mest udbredte i dag, vil GALILEO få en bedre dækning specielt på nordlige breddegrader. Systemet vil desuden blive mere præcist. Endelig er GALILEO et rent civilt system, mens både GPS og det russiske GLONASS oprindeligt er militære systemer.

#### EGNOS

EGNOS (The European Geostationary Navigation Overlay Service) forventes taget i brug i de kommende år og det vil forbedre nøjagtigheden af positionsbestemmelse ved brug af GPS til 2-5 meter.

## 9.1 Fejkilder

Fejkilder ved positionering

De vigtigste fejkilder ved positionering med satellitnavigationssystemer:

### 1) Ionosfære-forsinkelse

Fysiske forhold i ionosfæren afhængig af antallet af elektroner, som forårsager forstyrrelser i målingerne. Denne kilde medfører fejl på ca. 10 meter om dagen og 2-6 meter om natten.

### 2) Troposfære-forsinkelse

I den nederste del af atmosfæren. Selvom forsinkelsen er på op til 1 meter for satellitter nær ved horisonten, så er fejlen næsten konstant og relativ simpel at korrigere.

Fejl i satellittens bane: Forskellen mellem satellittens sande position og den position, der beregnes fra de udsendte signaler. Størrelsen her er dog normalt 1 meter.

### 3) Multipath

Skyldes, at radiosignalet kan modtages via refleksion fra flader i omgivelser som fx ved passage af broer, bygninger etc.. Multipath-signalet er vanskeligt at udskille, da det ankommer med et mønster som et normalt signal.

## 9.2 DGPS-tjenester

Korrektionssignaler i forbindelse med DGPS-tjenester: Fejlen i GPS afviger meget lidt fra sted til sted. Hvis man fx sætter en GPS-modtager i Skagen og én i Gedser, vil de vise næsten den samme fejl. Derfor er det teoretisk muligt at forbedre nøjagtigheden af GPS. Dette gøres ved at placere en GPS-modtager på et sted, hvor positionen er kendt på forhånd og lade modtageren bestemme positionen ved hjælp af GPS. Herefter kan man - sekund for sekund - sammenholde GPS-positionen med den kendte position og således - sekund for sekund - beregne fejlen på GPS-positionen.

En installation, hvor fejlen på GPS-positionen beregnes på denne måde, kaldes en referencestation.

Det næste trin er at udbrede viden om fejlen. Det er af afgørende betydning, at dette kan gøres løbende.

Nøjagtigheden af de positioner, der bestemmes ved hjælp af DGPS afhænger af kvaliteten af den GPS-modtager, der anvendes, samt af antallet af satellitter, som GPS kan "se". Desto flere satellitter og desto bedre deres indbyrdes geometri, desto mere nøjagtigt kan positionen beregnes. Nøjagtigheden er desuden afhængig af korrektions-signalets alder og afstanden til den referencestation, hvor korrektionen beregnes se fig. 16. Under normale forhold, hvor der

observeres til mindst 5 satellitter kan man med billige GPS-modtagere (under kr. 5.000) forbedre den absolutte nøjagtighed fra 10-15 meter til 2-5 meter.

Anvendelsen af DGPS kræver, at den mobile station foruden sin GPS-modtager har udstyr til at modtage korrektionssignalerne fra referencestationerne.

GPS antennens placering på skibet skal ved installation korrekt defineres i skibets elektroniske systemer.

Søfartsstyrelsen driver tre stationer i Danmark henholdsvis på: Hammer Odde, Blåvands Huk og Skagen.

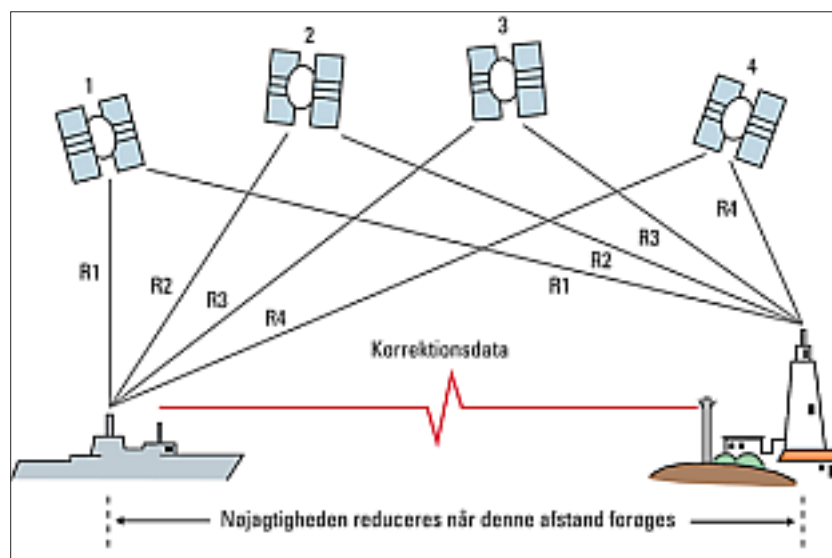


Fig. 18 Principskitse af differentiell GPS.

### 9.3 NAV-DK og Spot-FM

GST anvender to forskellige metoder til at udsende korrektionssignaler i forbindelse med to DGPS-tjenester:

NAV-DK anvender GSM-Dataservice (data via mobiltelefon), og Spot-FM anvender RDS som datakanal på FM-båndet.

Begge tjenester anvender tre permanente referencestationer til at beregne korrektionerne. På denne måde dækkes hele Danmark, så der maksimalt er 150 kilometer til den nærmeste referencestation.

## Kapitel 10.

### 10.0 Søkort og sejlads

Som nævnt i indledningen sker udgivelsen af søkort i dag på baggrund af et internationalt samarbejde i regi af International Hydrographic Organization forkortet IHO. Danmark har været medlem siden 1921.

Da IHO har lande fra hele verden som medlemmer, er der under IHO nedsat regionale komiteer til løsning af de nære hydrografiske og kartografiske spørgsmål og opgaver.

Hovedformålet med det internationale samarbejde er standardisering af søkort og nautiske publikationer blandt andet relateret til indhold, udseende og nøjagtighed.

### 10.1 Projektion og datums

Navigatøren skal være opmærksom på om kortets geodætiske datum stemmer overens med det anvendte datum i navigationssystemet. Hvis dette ikke er tilfældet, skal navigatøren korrigere for forskellen imellem de anvendte referencesystemer, da positionsfejlen ellers kan være anseelig.

Et af de væsentligste områder inden for geodæsi er at beskrive Jordens form. Sagt lidt simpelt er et geodætisk datum et koordinatsystem, hvor der kan angives positioner som fx længde, bredde og højde. Faktisk skal man altid angive hvilket datum, der anvendes, sammen med koordinaterne for en position.

Ved terrestrisk navigation, som navigatøren gennem mange hundrede år har brugt, har der ikke været et stort behov for at vide noget om det anvendte geodætiske system i kortet. En relativ position i forhold til kyst eller afmærkning ved hjælp af pejling og afstand gav positionen.

Navigatøren kender vigtigheden af, at anvende søkort i størst mulig målestok og at kontrollere målestoksforhold på 2 tilstødende kort før afstande udtages af kortene. På lignende måde som med søkort i forskellige målestok fremstilles kort i forskellige datum og henvisninger fra et kort til et tilstødende skal derfor ske med forsigtighed.

### 10.1.1 Projektioner

Man kan anvende forskellige projektioner i et bestemt datum. En projektion er den metode, der anvendes til at afbilde jordens tre-dimensionelle overflade over på et to-dimensionelt kort. For søkort anvendes fx Merkator projektion.

For at opsummere kan et kort være i WGS84-datum og fremlagt i Merkator-projektion, hvor GPS-modtageren kan levere Merkatorkoordinater i ED50-datum.

Hvis man ukritisk afbilder koordinater på et kort, kan positionen være flere hundrede meter forkert.

Årsagen hertil er, at der er væsentlige forskelle på den måde, hvorpå forskellige data er placeret i forhold til jordens centrum.

### 10.1.2 Horisontalt datum

Med brugen af de nyere navigationssystemer som GPS skal navigatøren vide mere og være mere opmærksom på det geodætiske datum end tidligere. Med radionavigationssystemer som fx Decca, var det ikke muligt at indkode parametre for datum, da man ikke modtog en absolut geografisk position, men en relativ i forhold til stationsopsætningen.

Dette betyder, at man skal kende både datum og projektion, og man kan få brug for nøjagtige transformationsværktøjer mellem forskellige datums og mellem forskellige projektioner.

De fleste moderne radionavigationssystemer angiver ikke afstande eller hyperbelværdier, men en position i forhold til et indkodet eller indlagt geodætisk system. WGS84 er det referencesystem, som GPS anvender<sup>10</sup>.

I Danmark er en lang række positioner blevet WGS84-bestemt med meget stor nøjagtighed. Dette kaldes realisationen af WGS84 i Danmark. Det er med andre ord den konkrete manifestation af dette datum, som ellers ville være en mere eller mindre abstrakt størrelse. Realisationen af WGS84 i Danmark kaldes også EUREF89<sup>11</sup>.

---

10 Referencesystemet har form af en ellipsoide og er normalt defineret i et overordnet geocentrisk tre-dimensionalt koordinat-system. WGS84 kan anvendes over hele jordkloden, idet ellipsoiden har centrum i jordens tyngdefelt modsat den i Danmark anvendte europæiske referenceellipsoide (ED50), der har centrum ca. 150 meter fra jordcentret.

11 Afvigelsen imellem EUREF89 og WGS84 er i størrelsesordenen 1 meter. Baggrunden for at anvende EUREF89 er, at jordskorpen opdeles i store flader, der flytter sig i forhold til hinanden. Disse flytninger kan man se på koordinater i WGS84, når man sammenligner koordinater for det samme punkt målt med GPS i 1984 og 1995. EUREF89 datum er fastlagt således, at ellipsoiden følger den europæiske plades bevægelser.

Koordinater i EUREF89 vil altså ikke være underlagt flytninger betinget af den europæiske plades flytning.

Navigatøren vil ikke bemærke forskelle, og der vil i kortet stadig være angivet betegnelsen WGS84, selvom den korrekte betegnelse er EUREF89.

**Navigatøren skal være opmærksom på, om kortets geodætiske datum stemmer overens med det anvendte datum i radionavigationssystemet.**

**Hvis dette ikke er tilfældet, skal navigatøren korrigere for forskellen imellem de anvendte referencesystemer.**

### 10.1.3 Vertikalt datum

Ved et tidevandshøjde forstås den vertikale afstand fra kortdatum til vandoverfladen. Den er normalt positiv og skal adderes til de i søkortet opgivne dybdecifre for at give dybderne på stedet i det givne øjeblik.

Det er internationalt bestemt, at højder i land skal referere til middelvandstand (MSL), og at middelvandstanden også fastholdes som datum og reference for opgivelse af fyrs flammehøjder.

Det er internationalt bestemt, at datum for tidevandsforudsigelser skal være det samme som kortdatum (datum for dybdedata reduktion). Det er endvidere bestemt, at Laveste Astronomiske Tidevand (LAT) bliver implementeret som kortdatum, hvor tidevand har en betydelig effekt på vandstands niveauet. Alternativt kan forskellen mellem LAT og nationale kortdatum specificeres i nationale dokumenter. Hvis niveauet for lavvande i et specifikt område hyppigt er forskellig fra LAT, kan kortdatum implementeres i overensstemmelse hermed.

Det er internationalt bestemt, at Højeste Astronomiske Tidevand (HAT) bliver implementeret som kortdatum for den vertikale frie højde, hvor tidevand har en betydelig effekt på vandstands niveauet. Alternativt kan forskellen mellem HAT og nationale kortdatum for den vertikale frie højde specificeres i nationale dokumenter. Hvis niveauet for højvande i et specifikt område hyppigt er forskellig fra HAT, kan kortdatum for den vertikale frie højde implementeres i overensstemmelse hermed.

Udenfor Skagen<sup>12</sup> anvendes Middelspringtidslavvande som kortdatum, men gradvist vil kortdatum udenfor Skagen blive ændret til Laveste Astronomiske Tidevand (LAT).

Definitionen på LAT (HAT) er:

"Det laveste (højeste) tidevandsniveau som kan forudses at indtræffe under gennemsnits meteorologiske forhold og under enhver kombination af astronomiske forhold".

<sup>12</sup> Udenfor Skagen defineres ved en linje, der forbinder Skagen Fyr på positionen 57°45,0'N 10° 35,8'E langs med breddeparallellen 57°45'N til den svenske kyst.

Indenfor Skagen anvendes Dansk Vertikal Reference forkortet DVR90<sup>13</sup> (som er tæt på middelvandstanden) som kortdatum, og her kan vandstanden have negative værdier, hvilket betyder mindre vand end vist i søkortet, ofte på 0,3-0,5 meter og i ekstreme tilfælde for visse områder op til 1 meter. I søkortene oplyses middelvandstanden som kortdatum, men reelt er kortdatum DVR90.

#### 10.1.4 Tidevand

Navigatøren bør planlægge sin sejlads med forbehold overfor den usikkerhed, der er i forudsigelsen af det astronomiske tidevand og den til tider dominerende meteorologiske påvirkning.

Vurdering af tidevandskorrektionen er den mest almindelige fejl ved dybdemålinger og systematiske tidevandsmålinger og udgivelsen af tidevandstabeller blev først etableret i 1966 for de grønlandske og i 1977 for de danske farvandsområder.

Det beregnede tidevand har sin oprindelse i astronomien, og den bør baseres på beregninger over 19 år ved brug af harmoniske tidevandskonstanter udledt ved minimum 1 års observationer. Dette er dog ikke altid tilfældet.

Til det astronomiske tidevand skal tilføjes gennemsnitsværdier for den meteorologiske virkning. Derfor vil nøjagtigheden af oplysningerne i tidevandstabeller være i størrelsesordenen +/- 0,3 meter.

De af Danmarks Meteorologiske Institut udgivne tidevandstabeller, for Grønland, Færøerne og Danmark beskriver kun de vandstandsændringer, som skyldes solens og månens tiltrækningskraft (astronomisk tidevand). De ofte dominerende ændringer i vandstanden, som skyldes meteorologiske og oceanografiske forhold, er således ikke med i tabellerne. Den meteorologiske indflydelse er bestemt af de atmosfæriske trykfelter med betydningsfulde parametre som vindens kraft og retning. Vandstanden er også under mærkbar indflydelse af barometerstanden. En ændring på 10 hektopascal (hPa) i barometerstand modsvarer efter teorien en ændring i vandstanden på 0,1 meter.

Tidevandskort (fx strømkort, og kort visende forskellen mellem vandstanden ved høj- og lavvande) kan generelt kun give tilnærmede værdier på grund af antallet af observationer, og beregningsmetoder og i zoner med store variationer i geografien og havbundens karakteristika kan anvendelsen af disse kort føre til fejl i vanddybden på op til 1 meter.

---

13 På Århus Domkirke findes en fysisk markering (kote), der repræsenterer et nulniveau for højdemålinger i Danmark. Koten er sat i forbindelse med Meteorologisk Instituts selvregistrerende vandstandsmålere 10 steder i Danmark. Ud fra nivellementer og vandstandsregistreringer har man fastlagt Dansk Vertikal Reference for Danmark.

Tidevand i Kattegat, Sundet og Bælterne er forårsaget af tidevandsbølgen fra Nordsøen. Springtidstidevand forekommer 1-2 dage før nymåne eller fuldmåne. Middelspringtidsvariationen er kun på 0,1-0,4 meter.

Regulære tidevandsstrømme kan ikke forventes, da de meteorologiske faktorer normalt skaber strømmene. Indenfor Skagen er strømmene dels skabt af tilførsel af vand til Østersøen og dels ved meteorologiske forhold.

**Det tilrådes navigatøren at planlægge sin sejlads med forbehold overfor den usikkerhed, der er i forudsigelsen af det astronomiske tidevand og den til tider dominerende meteorologiske virkning.**

## 10.2 Kildeangivelser

Alle moderne kort har en kildeangivelse, enten beskrevet i titelfeltet eller i form af et kildedialogram, der viser indenfor hvilken årstalsperiode et bestemt område er blevet opmålt i. Årstalsperioderne er inddelt i følgende: 1855-1952, 1953-1991 og 1992-2018.

Kildedialogrammet er blevet vigtigt for navigatøren, idet det moderne søkorts ensartede udseende kan give en falsk tryghed og forventning om en tilsvarende ensartet nøjagtighed. Et kort udgivet i 2018 kan udmærket indeholde et stort område, hvor eneste disponible søopmåling stammer fra lodning med blylodder i 1858, som tilfældet for eksempel er med opmåling i den vestlige del af Nordsøen. Med kildedialogrammet kender navigatøren kvaliteten af opmålingerne, der ligger til grund for kortet, og kan derfor vurdere disse oplysninger til brug for en sikker sejladsplanlægning.

Generelt kan det siges, at alle kort normalt er fremstillet i en målestok mindre end eller lig med den, hvormed opmålingen er foretaget. Den valgte linjeafstand for opmålingen har været afhængig af såvel målestok som farvandets beskaffenhed, men opmålingsteknikken har varieret en del, som tidligere beskrevet. Selvom sammenhængen mellem målestok og tidspunkt for opmåling er væsentlig, er det årstallet for opmålingen, der indikerer de anvendte opmålingsmetoders tekniske og dermed de dækningsmæssige aspekter.

Hvad angår kystlinjen er den ikke nødvendigvis fra nyere tid, og en vis unøjagtighed må forventes, specielt set i forhold til navigatørens muligheder for at udnytte de moderne navigationshjælpemidler som DGPS. Nøjagtigheden af den danske kystlinje er generelt bedre end 20-30 meter og med FOT-data er nøjagtigheden bedre end 10 meter.



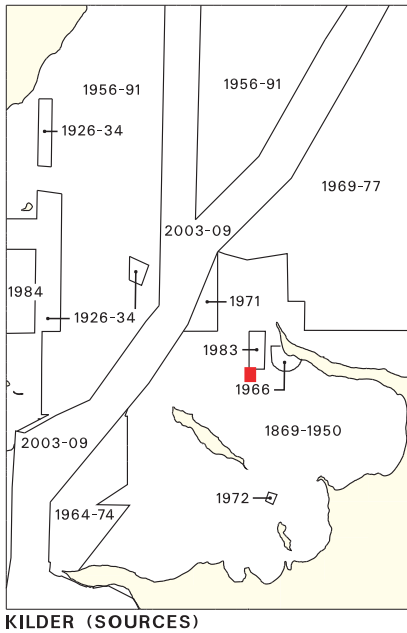


Fig. 19 Kildedialogram til kort 128. Kortudsnittet i fig. 6 er markeret med rød firkant.

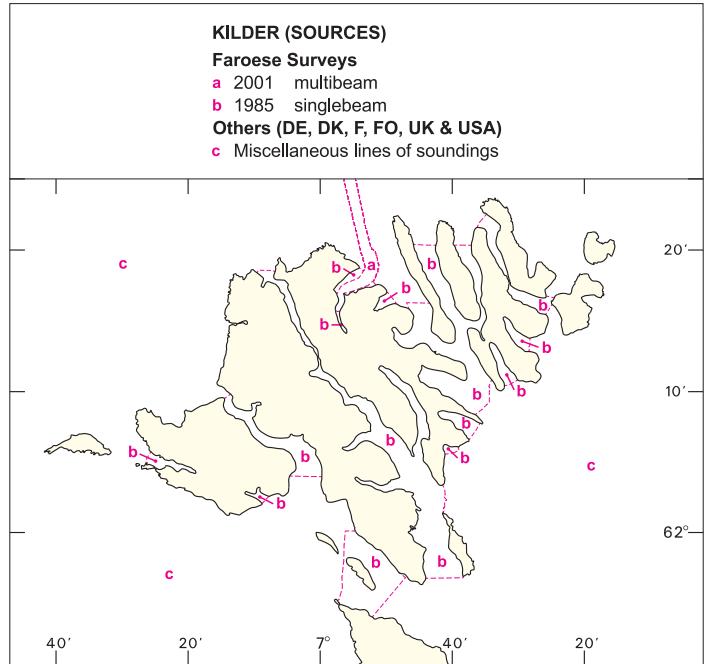


Fig. 20 Kildedialogram til færøsk kort 82.

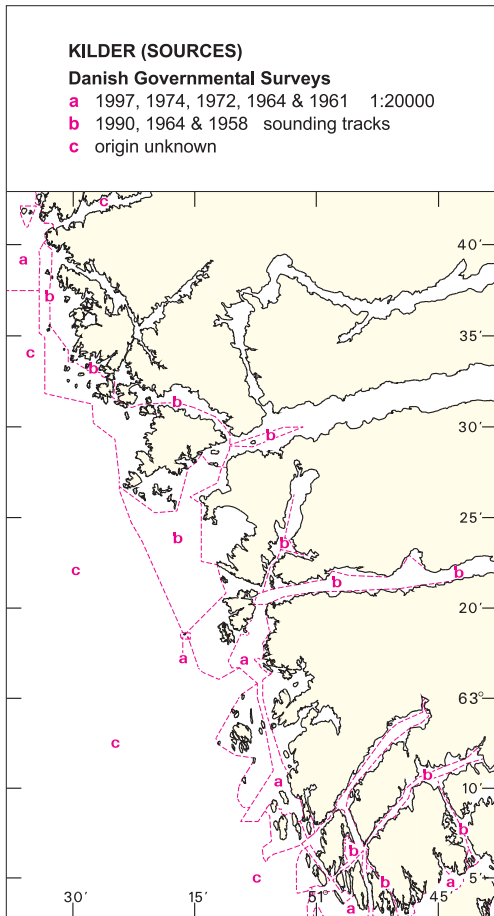


Fig. 21 Kildedialogram til grønlandsk kort 1213.

**Zone of Confidence (ZOC) categories**  
(For details see "Behind the Nautical Chart")

ZOC	POSITION ACCURACY	DEPTH ACCURACY	SEAFLOOR COVERAGE
A1	± 5m	= 0.50m + 1% <i>d</i>	All significant seafloor features detected.
A2	± 20m	= 1.00m + 2% <i>d</i>	All significant seafloor features detected.
B	± 50m	= 1.00m + 2% <i>d</i>	Uncharted features hazardous to surface navigation are not expected but may exist.
C	± 500m	= 2.00m + 5% <i>d</i>	Depth anomalies may be expected.
D	Worse than ZOC C	Worse than ZOC C	Large depth anomalies may be expected.
U	Unassessed - The quality of the bathymetric data has yet to be assessed.		

Fig. 21a Zone of Confidence (ZOC) kategorier til dansk kort 123

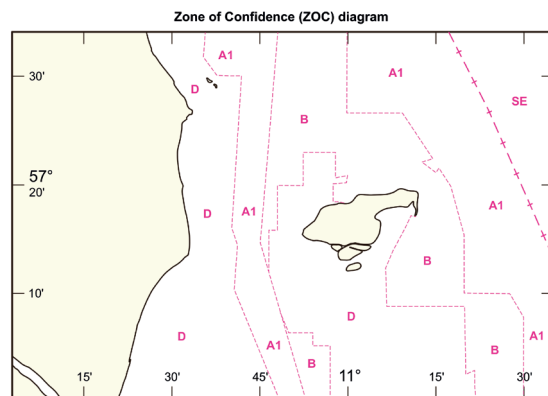


Fig. 21b Zone of Confidence (ZOC) diagram til dansk kort 123.

Anvendelsen af kildedagrammer blev ikke almindelige før end i 1985, og mange søkort bl.a. flere af de færøske og grønlandske indeholder ikke informationer om de anvendte opmålingsdatas alder. Nye færøske og grønlandske kort i WGS-84 datum indeholder kildedagram. Det er derfor nødvendigt at bedømme datakvaliteten ud fra eventuelle noter i kortene.

### 10.2.1 Zones of Confidence (ZOC) kategori og diagram

For at skabe sammenhæng i visning af hydrografiske kildedata i elektroniske kort (ENC) og papirsøkort har den Internationale Hydrografiske Organisations (IHO) introduceret Zones of Confidence (ZOC) category and diagram.

#### Zones of Confidence (ZOC) diagram

ZOC-diagrammet (fig. 21b.) er inddelt i geografiske områder og viser forskellige kategorier, der hver har et minimums sæt af kriterier for positionsnøjagtighed, dybdenøjagtighed og havbundsdekning. Kriterierne gør det muligt at vurdere de hydrografiske datas kvalitet og at forstå begrænsningerne, der ligger i de data, som søkortet er udarbejdet på baggrund af. Navigatøren kan med diagrammet risikovurdere sejlads i et bestemt område.







#### Category of Zones of Confidence (CATZOC)

Kvaliteten af de hydrografiske data er opdelt i 6 kategorier (fig. 21a.). 5 af kategorierne (A1, A2, B, C og D) beskriver, at evalueret hydrografisk data opfylder minimumssættet af kriterier. Den sidste kategori "Unassessed" (U) bliver tildelt områder, hvor data eksisterer, men ikke er evalueret, f.eks. hvor ældre kort uden kildeangivelse er benyttet som kilde.

#### ECDIS

I ECDIS vises CATZOC-værdier i elektroniske kort med et triangulært eller gitterformet symbolmønster (fig. 21c.). Antallet af stjerner indeholdt i symbolerne angiver CATZOC-værdien. For eksempel har det højeste niveau af datakvalitet (A1) seks stjerner og det laveste niveau (D) har to stjerner. For at undgå en mulig forveksling med et skær-symbol bliver et enkelt stjernesymbol ikke brugt. Områder, der ikke er evalueret i forhold til CATZOC, vises med symbolet U.

Fig. 21c Category Zone of Confidence (CATZOC) symboler, som bruges i ECDIS

ENC ZOC symbols	
	6 Stars = A1
	5 Stars = A2
	4 Stars = B
	3 Stars = C
	2 Stars = D
	U

### Papirsøkort

I papirsøkort vises hydrografiske datas kvalitet med Zones of Confidence (ZOC) diagram og Category of Zones of Confidence (CATZOC) (fig. 21a. og fig. 21b.).

Udførlig information om Zones of Confidence (ZOC) category and diagram findes på den Internationale Hydrografiske Organisations (IHO) hjemmeside: [www.iho.int](http://www.iho.int).

### 10.2.2 Uden kildedialogram

Navigatøren bør i sin sejladsplanlægning anvende kildedialogrammet eller i mangel af sådant fortolke nøjagtighed og fuldstændighed ud fra præsentationen af søkortet og dets eventuelle noter.

Lodskud jævnt fordelt i hele søkortet og kontinuerlige dybdekurver tyder på regelmæssig dybdeindsamling. Men en jævn fordeling af lodskud pr. areal-enhed behøver ikke at være indikator for pålidelighed, hvorimod anvendelsen af dybdekurver kan give et fingerpeg om, hvor regelmæssigt havbunden er opmålt.

I områder med sjældne eller afbrudte dybdekurver, eller hvor lodskud er vist på en ujævn måde, eventuelle bemærkninger om at lodskud er at betragte som rekognoscering, eller at positioner er tvivlsomme, har der ikke været regelmæssig opmåling.

Lodskud vist som "lodskudslinjer", stammer i almindelighed fra kendte opmålinger eller fra skibe i simpel transit. Navigatøren bør i disse tilfælde være særlig forsigtig og undgå de store, hvide områder, som findes på for eksempel grønlandske søkort, som betyder "fravær af informationer" og ikke "fravær af fare".

Beskrivelsen af urene områder, som angivet på grønlandske søkort, betyder ikke ujævn bund, men derimod manglende informationer om området, eller at området er så fyldt med skær og læge dybder, så sejlads i området generelt er umuligt og derfor frarådes.

Den nøjagtighed, som skibene i dag kan opnå ved brug af de satellitbaserede navigationssystemer, harmonerer ikke med udtegningsnøjagtigheden af den grønlandske kystlinje. Unøjagtigheder på op til flere sømil på grønlands kystlinje er i visse grønlandske områder realistiske, og GPS skal derfor anvendes med stor forsigtighed.

GPS må aldrig være det eneste navigationshjælpemiddel i Grønland, men positionen skal i kystnære områder kontrolleres ved radarpositioner og terrestrisk navigation samt ved brug af de klassiske hjælpemidler som gyro, log og et godt bestik. Passage af grunde og skær skal ske i tilstrækkelig afstand afhængig af de givne omstændigheder.

Fejlen på kystlinjen er størst i grønlandske farvande, men unøjagtigheder vil også kunne kon-

stateres på den danske kystlinje.

I fig. 22 er vist et eksempel på ovennævnte beskrivelse af et søkort, der ikke indeholder kilde-diagram, men hvor navigatøren kan tolke meget ud af præsentationen af søkortet.

Det tilrådes navigatøren i sin sejladsplanlægning at anvende kildedagrammet eller i mangel af sådant at fortolke nøjagtighed og fuldstændighed ud fra præsentationen af søkortet og dets eventuelle noter.

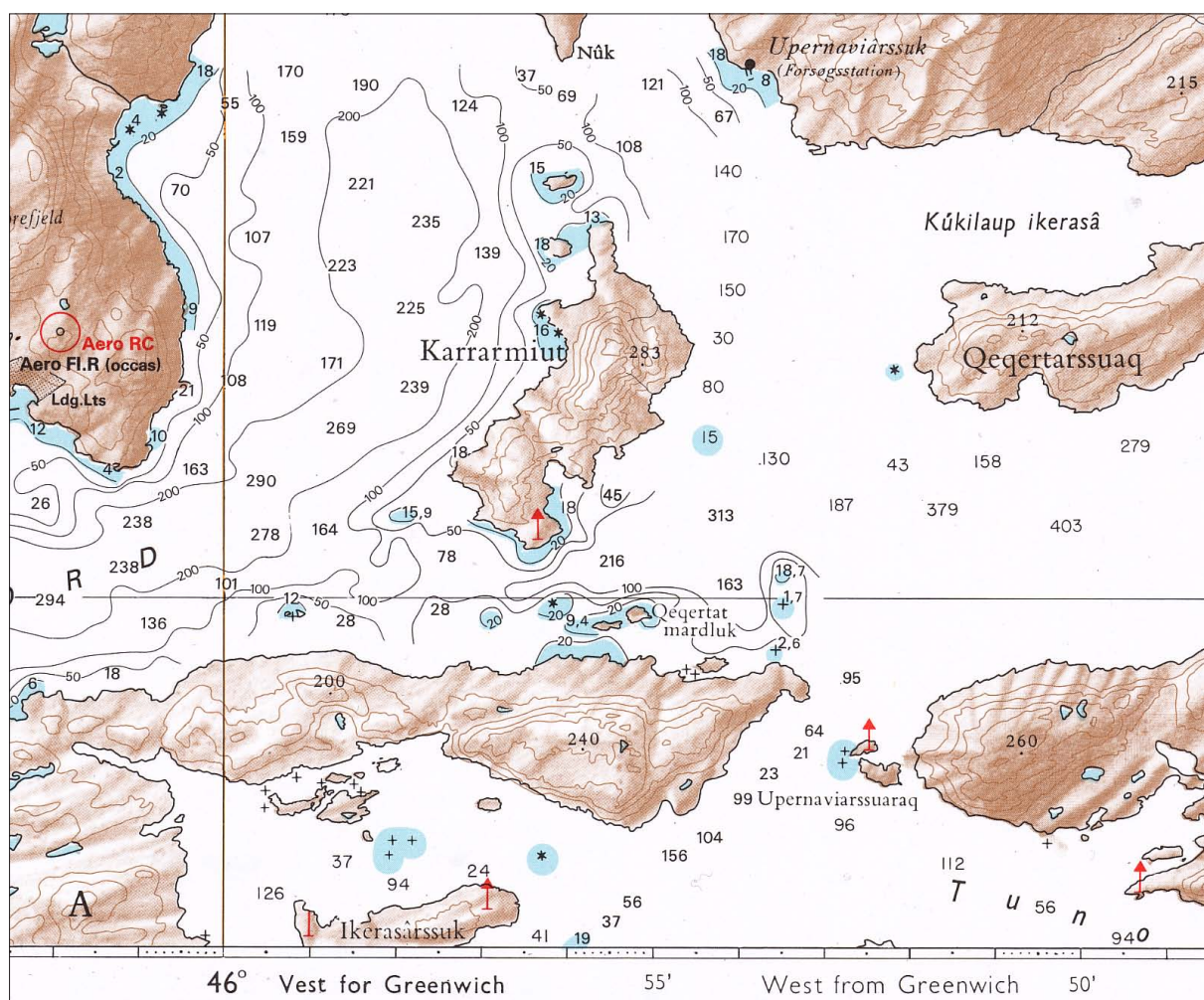


Fig. 22 Kortudsnit af grønlandsk søkort 1115.

### 10.3 Dynamiske havbunde

Navigatøren bør være forsigtig og tage kontakt til de lokale havnemyndigheder for at få oplysninger om bund- og strømforhold ved sejlads til områder, hvor søkort og lodshåndbøger indeholder bemærkninger om varierende dybdeforhold.

I områder med sand dannes som følge af stærk strøm og bølger sandbanker svarende til klitter, som man møder på land og som opstår på grund af vinden. Disse sandbanker kan nå en udstrækning på mange meter fra top til bund, og bankens længde kan være op til mange hundrede meter. Højden fra top til bund kan variere adskillige meter i løbet af nogle år, men hver banke kan ligeledes flytte sig vandret med eller uden modifikation af højden. Således blev sejlløbet med lovet 2,2 meter gennem Østre Mærke til Nysted på grund af lang tids tilsanding i 1989 flyttet over 2 kilometer mod øst ind på et område, hvor der i søkortet var vist 0,3 meters vanddybde, men hvor dybden generelt ved nyopmåling var over 3 meter.

Der er flere steder i Danmark, hvor man skal være opmærksom på dynamiske havbunde. Kystdirektoratet udfører fx gentagne målinger i områder på Vestkysten, hvor sandbanker især efter storme ændrer position, retning og dybde på en uforudsigelig måde. Lokale sandbanker kan forekomme ved indsejlinger til havne, og her bør navigatøren være særlig forsigtig. Kunstigt frembragte sejlløb kan have en naturlig tendens til at sande til bl.a. på grund af de frembragte strømninger ved skruevand fra skibe. Entreprenørarbejder ved havneudvidelser eller broarbejder kan fremprovokere betydelige ændringer i strømforhold og den dermed forbundne transport af aflejringer.

**Det tilrådes navigatøren uden lokalkendskab ved sejlads til områder, hvor søkort og lodshåndbøger indeholder bemærkninger om varierende dybdeforhold, at være forsigtig og at tage kontakt til de lokale havnemyndigheder, for at få oplysninger om bund og strømforhold.**

### 10.4 Vrag

Vedligeholdelse af vraginformationer er en dynamisk proces og et permanent arbejde for alle hydrografiske organisationer.

Navigatøren bør derfor være forsigtig overfor vragdata, idet målinger af vragets position og mindstedybde er en vanskelig proces og kan være af midlertidig karakter. Navigatøren bør tage samme forholdsregel ved vrag som anbefalet ved grunde (kapitel 5.5).

Hvert år lider skibe forlis og opmålerne skal lokalisere og måle dybden over vragene. Vragene

flytter sig og forfalder grundet havets stadige bevægelser, og man ved ikke om den fare, de evt. udgør for navigationen, formindskes systematisk i årenes løb. Nogle vrage, som er begravet under sand, kan komme til syne igen, flytte sig, ændre stilling, eller de kan rejse sig og på den måde udgøre en stor fare for sejladsen. Nye og ukendte vrage findes hvert år ved opmåling, og talrige ændringer til kendte vrage tilføjes hvert år til registret. Det kan være nye eller bedre positioner og mindstedybder på vrage, eller det kan være vrage, der slet ikke genfindes, og derfor slettes af registret.

Det kan som før nævnt være vanskeligt at måle mindstedybden over et vrage, specielt hvis skibsmasten er det læggeste punkt over vrage. Opmåleren skal være sikker på at ramme et objekt med en radius på ned til nogle få centimeter. Hvis skibet ligger i strømfyldt farvand, kan mindstedybden efter en tid været ændret til det værre eller bedre, idet skibet kan have ændret stilling. Hvis skibet er til fare for sejladssikkerheden kan en bjærgning eller sprængning af vrage være de eneste løsninger.

**Som det fremgår af ovenstående, bør navigatøren være forsigtig overfor vragedata, idet målinger af vrages position og mindstedybde er en vanskelig proces og kan være af midlertidig karakter.**

**Navigatøren bør tage samme forholdsregel ved vrage som anbefalet ved grunde.**

### 10.5 Anbefalede ruter

Skibe af en vis størrelse og specielt tankskibe bør altid navigere i de anbefalede ruter, hvor disse er etableret.

Anbefalede ruter er ruter, som er opmålt intensivt og afmærket med lystønder, fyr og evt. naturlige sømærker for at opnå større sikkerhed for skibsfarten og for at nedsætte risikoen for miljøkatastrofer. Det kan være hoved-skibsruter som fx rute T som blev etableret i 1976 fra Skagen i nord til området nordøst for Gedser, eller det kan være indsejlinger til havneområder, havne og ankerpladser. Hydrografien garanterer i disse ruter, indtil en vis (varierende) bredde en mindstedybde (i rute T garanteres 17 meter) idet alle grunde eller vrage er undersøgt med tæt opmålte linjer suppleret med brug af Side Scan Sonar, som er en 100% affotografering af havbunden.

I denne forbindelse bør Helsinki Commission, eller HELCOM omtales, hvor der ved samarbejde på regeringsniveau mellem Østersølandene koordineret arbejdes for at beskytte miljøet i Østersøen for alle slags forurening.

Som en opfølgning på det ekstraordinære HELCOM (Helsinki Commission) ministermøde i Kø-

benhavn i 2001 og et efterfølgende møde i Helsinki 2002 har Danmark i perioden 2003-2007 planlagt hydrografiske ny(gen)opmålinger af hovedskibsruter (rute T, B m.fl.) i en bredde af, hvor muligt, op til 4 km.

Ledelinjer, hvor to fyr/båker eller lignende er overet med hinanden, er ofte anvendt til anbefalede ruter, og udover at de er godt opmålte, er de også underlagt begrebet "hydrografi på køl", ved at talrige skibe har benyttet dem. Navigatøren bør dog for at udnytte sikkerheden ved ledelinjer være omhyggelig med at følge dem med størst mulig nøjagtighed. Pejling af et enkelt fyr eller båke er ikke så sikkert og nøjagtigt som anvendelsen af ledelinjer og skal derfor benyttes med forsigtighed.

Ledelinjer angivet i ældre kort, specielt hvis der er anvendt naturlige sømærker, kan være forældede idet nyplantning, begroning, nybyggeri etc. kan have ændret de lokale forhold. Hvis sejladsanvisninger og søkort ikke er overensstemmende, eller hvis der er anvendt naturlige sømærker såsom træer, buske og lignende, bør de lokale havnemyndigheder kontaktes for sejladsrådgivning.

**Skibe af en vis størrelse og specielt tankskibe bør altid navigere i de anbefalede ruter, hvor disse er etableret.**

## 10.6 Sejladsikkerhed

Søfartsstyrelsen varetager den internationale koordination og regeldannelse i FNs internationale søfartsorganisation IMO (International Maritime Organization), herunder den internationale konvention om sikkerhed for menneskeliv på søen, Safety Of Life At Sea, forkortet SOLAS. I konventionens kapitel V – Sejladsens betryggelse – stilles der krav om, at kyststaterne iværksætter en række tiltag med henblik på at fremme sejladsikkerheden og forebygge ulykker til søs.

Fra dansk side har man etableret flere skibsrutesystemer som eksempelvis trafiksepareringen syd for Gedser og dybvandsruten nordøst for Gedser.

Til sikring af skibsfarten, miljøet og den faste forbindelse over Storebælt i Østerrenden og Vesterrenden er der etableret et skibsmeldesystem benævnt BELTREP med en obligatorisk radiomeldetjeneste. Skibsmeldesystemet BELTREPs område dækker den centrale og nordlige del af Storebælt samt farvandet omkring Hatter Barn i Samsø Bælt.

Der er etableret en skibstrafiktjeneste (Vessel Traffic Service) benævnt Great Belt VTS i forbindelse med skibsmeldesystemet BELTREP. Skibstrafiktjenesten Great Belt VTS drives af den danske VTS-myndighed. Meldesystemet er godkendt af IMO, og skibes deltagelse i meldesy-

stemet er obligatorisk.

Til sikring af skibsfarten, miljøet og den faste forbindelse over Sundet mellem Danmark og Sverige er etableret et obligatorisk skibsmeldesystem SOUNDREP og skibstrafiktjeneste SOUND VTS.

AIS (Automatic Identification System) er et digitalt system, som skibe benytter til at forhindre kollisioner og som kendes fra flytrafikken. Systemet er lovpligtigt for skibe større end 300 bruttoregister-ton. Med få sekunders mellemrum udsender systemet data som skibsidentitet, kurs, fart og anden information til andre skibe og kyststationer inden for rækkevidden af VHF kommunikation.

AIS anvendes endvidere på særlig vigtig afmærkning i sejlruiter samt på produktions platforme. Søfartsstyrelsen kan med kort varsel udlægge såkaldt virtuel afmærkning ved fx forringet vanddybde eller farligt vrug i sejlruiter.

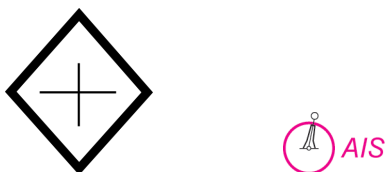


Fig. 23 Virtuel AIS symbol og symbol i i søkort.

### 10.6.1 Skibsulykker

Det er altid farligt at afvige betydeligt fra en anbefalet rute. Ulykker kan ikke undgås, men antallet kan reduceres, hvis navigatøren kender vigtigheden af og overvejelserne om altid at anvende sikkerhedsmargen.

Vertikalt, som en mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere objekter med tilstrækkelig stor afstand.

Den Maritime Havarikommission fører statistik over ulykker og arbejdsskader til søs, hvor et dansk, færøsk eller grønlandsk skib er involveret. Det er Havarikommissionens vigtigste opgave i forbindelse med undersøgelse af en søulykke at finde årsagen til ulykken.

Søulykker i handelsskibe, som skyldes navigatoriske fejl, manøvreringsfejl, og fejlbetjening af udstyr vejer tungt i statistikken over ulykker til søs, men der kan dog spores en nedgang for disse i 2001 i forhold til gennemsnittet af perioden 1996-2000.

Årsagerne til disse ulykker kan være mange, men eksempler er fejlfortolkninger af radarbilleder, for sene manøvrer ved drejepunkter, forkerte positionsbestemmelser, etc. I perioden



1994-2001 grundstødte i alt 129 handelsskibe og 67 fiskeskibe. I perioden 1994-2001 er i gennemsnit forlist 17 fiskeskibe pr. år.

Følgende er et lille uddrag om ulykker i 2001 fra Søfartsstyrelsens (Havarikommissionens) udgivne statistik "Ulykker til søs 2001":

En coaster forliste, fordi føreren ville afkorte ruten ved at sejle indenom et lysafmærket skær. Kortet var ikke rettet op, og føreren overså advarsel i kortet om grunde i området. Ved grundstødningen fyldtes maskinrummet med vand, og på grund af en ulovlig dør mellem maskinrummet og lastrummet trængte der også vand ind i lasten. Besætningen blev reddet med helikopter.

En coaster påsejlede et fyr og sank kort efter. Både skibsfører og styrmand omkom ved forliset. Ingen andre opholdt sig i styrehuset på ulykkestidspunktet, hvorfor det ikke har været muligt at klarlægge årsagen til, at skibet ikke drejede i tide.

En 22 BT hæktrawler grundstødte på vej i havn. Hæktrawleren styrede en forkert kurs og sejlede med fuld fart på stensætningen syd for havnen. Fiskeskipperen, der havde haft vagten i 7 timer, opdagede intet, før skibet stoppede. De to mand om bord blev af redningsfolk trukket ind til stranden efter at være gået i flåden. Trawleren er senere bragt flot.

Et olietankskib, under sejlads i trafiksepareringszone måtte ændre kurs for at gå af vejen for en slæbebåd, der pludselig ændrede kurs, og kom herved over i den "forkerte" side af separeringen og ind foran et modgående, udenlandsk tankskib. Ifl. det danske tankskib havde man været opmærksom på det modgående skib, og passageafstanden var 0,3 sm.

Der er desværre mange eksempler. I det følgende vil 2 udenlandske grundstødninger blive beskrevet mere detaljeret, da de indeholder flere af de forhold, som er blevet beskrevet i denne vejledning:

Et stort passagerskib grundstødte i 1992 i USA. Resultatet af de efterfølgende undersøgelser om årsagen til ulykken viser, at der er betydelige lægere dybder i området end angivet i kortet. Endvidere at der er sket en overvurdering af tidevandshøjden og en undervurdering af, hvor meget passagerskibet vil sætte sig under høj fart på lægere vand. Kommentarerne i rapporten vedrørende de anvendte opmålingsdata til brug i søkortet er følgende:

Kortet, der blev benyttet, indeholder ikke kildedagram eller noter vedrørende de opmålingsdata, der er anvendt til at producere søkortet.

Dybderne i kortet indenfor 800 meter af grundstødningspositionen er baseret på en opmåling fra 1939 og indeholder en mindstedybde på ca. 11,8 meter tæt på positionen. Amningen i havn før afgang blev målt til 9,85 meter for og 9,54 meter agter. Ved tidligere opmåling udført i 1887

ved brug af lodliner blev der målt større dybder i området.

Ved opmålingen i 1939 blev der anvendt en linjeafstand på 400 meter. Dybderne blev målt ved hjælp af et analogt ekkolod med en nøjagtighed vurderet til bedre end 30 cm og en dækningsdiameter på havbunden på ca. 0,4 gange vanddybden.

De anvendte kort er i målestoksforhold 1:100.000, og standarden for opmålinger i kort med den skala var en linjeafstand på maksimalt 500 meter, hvilket derved var opnået for opmålingen i 1939. Det bemærkes videre at et område normalt opmåles i en målestok bedre end den søkortet produceres i, og en opmåling ville i dag for eksempel blive udført i 1:25.000 med en linjeafstand på 125 meter. I områder, hvor dybden er lægere end 40 meter, ville man formindske linjeafstanden til 62,5 meter. Der ville blive anvendt Side Scan Sonar med 100 % dækning af havbunden for at detektere objekter eller puller til fare for skibsfarten imellem de opmålte linjer. Derfor ville opmålingen udført i 1939 ikke imødekomme de krav, der stilles til moderne opmåling.

Forskellige internationale dokumenter henleder opmærksomheden på "Under Keel Allowance". Der er flere faktorer, der har betydning for denne ved sejladsplanlægning, herunder viden om de begrænsninger i søopmålinger specielt af ældre dato, som der bør overvejes. Navigatøren skal være kritisk og realistisk i sin tillid til kortets data ved at anvende sikkerhedsmargen. Vertikalt, som en mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere objekter med tilstrækkelig stor afstand.

Yderligere to faktorer har haft betydning og er nævnt i rapporten med relation til forudsigelsen af tidevandet, som skulle have været beregnet som 15 cm i stedet for 60 cm og til usikkerheden af, hvor meget passagerskibet præcis ville sætte sig under høj fart på lægt vand.

Opmærksomheden henledes på en advarsel for handelsskibe om faren for grundstødninger ved sugoeffekten på grund af høj fart på lægt vand. Den angiver en observeret forøgelse af dybgangen på over 10% ved farter på 10 knob og at sugoeffekten hurtigt reduceres, når farten tages af skibet. I det aktuelle tilfælde sejlede passagerskibet med 25 knob og 10% ville svare til en sugoeffekt på ca. 1 meter.

De sten, som passagerskibet grundstødte på, er fundet i et område imellem opmålingslinjerne fra 1939 og var ikke indikeret på de anvendte kort.

De benyttede kort indeholder som nævnt ikke kildedigrammer med angivelse af opmålingsår. Rapporten vurderer, at kaptajnen i mangel af opmålingsoplysninger i søkortet, har haft for stor tillid til kortets troværdighed og til informationen i søkortet. Endvidere vurderer rapporten, at en afgørende faktor er alderen af opmålingen, som kortet er baseret på, samt at det anvendte søkort ikke indeholdt information om disse forhold. Rapporten anbefaler brug af kildedigrammer i søkort.

Det andet udenlandske eksempel er en stor olietanker der i 1977 sejlede på grund ved Sveriges østkyst. Skibet sejlede i et naturligt og ikke et udgravet sejløb i den svenske skærgård. Middeldybgangen af skibet var 8,65 meter. Den maksimale anbefalede dybgang for skibes passage i sejløbet var 9 meter.

Skibet sejlede på grund lidt mindre end 100 meter vest for en lille klippeø og ca. 10 meter udenfor 10 meter dybdekurven i søkortet. Dybden på stenen, som skibet var stødt på, var 6 meter.

Søkortet, der dækker området, blev første gang udgivet i 1932 og er i målestoksforhold 1:50.000. I søkortet er angivet, at opmålingen til brug for produktionen af søkortet er fra 1911-32 og i mindre betydningsfulde områder fra 1845-73.

Området omkring klippeøen blev første gang opmålt i perioden 1812-49. Ved disse opmålinger blev der fundet en sten med en dybde på ca. 7,5 meter SSV af klippeøen. Da området igen blev opmålt i 1918, blev stenen sandsynligvis ikke genfundet. I 1921 blev området igen opmålt, formodentligt for at afsøge området for eksistensen af en sten med en dybde på 7,5 meter. Disse opmålinger blev udført ved brug af lodliner.

Området blev igen opmålt 1969 ved brug af ekkolod. Ved opmålingen blev der afsløret en sten med dybden 6 meter. Denne sten blev ikke efterfølgende markeret i søkortet, da positionen på stenen vurderedes til at være i området imellem dybdekurverne 6 og 10 meter (dog nærmest de 10 meter) og derfor dybdemæssigt dækket af disse kurver.

Efter grundstødningen blev området meget grundigt opmålt og resultatet viste, at toppen af stenen var i en afstand af 106-108 meter fra kysten på klippeøen.

En sammenligning imellem opmålingerne fra 1969 og 1977 viser en forskel på positionen af stenen på ca. 6-8 meter. 10 meter dybdekurven var fejlplaceret i kortet med ca. 20 meter og skulle have været tegnet i en mere nordlig retning. Med det anvendte målestoksforhold i kortet betyder dette 0,4 mm.

Forhøret viste, at navigatøren på tankskibet, som sejlede gennem sejløbet, havde foretaget en S-formet manøvre for at spare tid og var dermed sejlet ca. 120 meter tættere på klippeøen end skibe, der følger den normale rute.

Eksemplet er med til at belyse, at det er vigtigt omhyggeligt at følge de anbefalede ruter, der er godt opmålte og afprøvede ved talrige skibspassager. Den forholdsvis lille ruteafvigelse af tankskibet kombineret med en lille usikkerhed på 10 meter kurven, fik de meget uheldige konsekvenser, at et stort tankskib grundstødte.

**Det er altid farligt at afvige betydeligt fra en anbefalet rute. Ulykker kan ikke undgås, men antallet kan reduceres, hvis navigatøren kender vigtigheden af og overvejelserne om at anvende sikkerhedsmargen. Vertikalt, som en mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere objekter med tilstrækkelig stor afstand.**

### 10.6.2 Uoverensstemmelser

Det sidste, der vil blive omtalt, er situationer, hvor skibe sejler på grund, og der angives positioner og observerede uoverensstemmelser imellem kortet og virkeligheden, hvad angår dybder, sten, bølger etc.

Fragtskibet "Rocknes" grundstødte og kæntrade med tab af menneskeliv 19. januar 2004 i Vatllestraumen, Norge. "Rocknes" havde, udover papirkort, et elektronisk kort ARCS – Admiralty Raster Chart Service.

Opmålingen i området er generelt fra 1941, men et par år før "Rocknes" grundstødte blev et ukendt område med ca. 9,7 meters dybde opdaget 55 meter ude i et 300-400 meter smalt sund. Tidligere dybde i kortet var ca. 29 meter. Nye kort var udkommet året før og som viste de ændrede dybdeforhold, men disse var ikke taget i brug på "Rocknes". Der konkluderes om det anvendte kortmateriale:

- 1) Afmærkningen ved Revskolten er placeret ca. 25 meter forkert i forhold til norske søkort. Fyret er flyttet længere ud i Vatllestraumen end det er i virkeligheden.
- 2) Hvid sektor fra Hilleren Fyr, som er lyset skibe sejler efter ved passage af Revskolten Fyr, har endvidere en hvid sektor mere end vist på norske søkort. På ARCS kort ser det tilsyneladende ud som om hvid sektor er lige ved Revskolten Fyr. Ved sejlads i dagslys uden brug af fyrets ledelinjer og ved brug af ARCS kortet ser farvandet ind til Revskolten Fyr problemfrit ud.

Ved brug af de officielle elektroniske søkort ENC fra Norge til brug i ECDIS systemer ville de nyopdagede grunde være vist og ville, hvis alarmer var aktiveret, give alarm om faren for grundstødning i Vatllestraumen.

Et søkort er et navigationshjælpemiddel og ikke et præcisionsinstrument. Denne vejledning indeholder information om de unøjagtigheder og den usikkerhed, der er i søkortet hvad angår opmålingsdata. Der er omtalt noter i kortene vedrørende de lokale forholdsregler, navigatøren skal være opmærksom på. Vigtigheden af at konsultere de nautiske publikationer og de lokale havnemyndigheder for oplysninger om dynamiske sandbanker, strømforhold, vanddybder, afmærkning etc. er blevet beskrevet. Endvidere er problemstillinger vedrørende de meget nøj-

agtige satellitbaserede navigationssystemer blevet behandlet. Skibe kan også angive grundstødningspositioner, hvor det ved efterfølgende undersøgelser i området viser sig, at skibet ikke kan have været grundstødt, men at der i nærheden findes grunde, som er sandsynlige positioner for grundstødningen. Endvidere oplyses positioner med reference til den flydende afmærkning, hvilket navigatøren aldrig må positionsbestemme sit skib på. Bøjers position kan være forkert af flere årsager:

- 1) Bøjen er dårligt placeret i forhold til faren som den afmærker, men placeringen i kortet er korrekt.
- 2) Bøjen er godt placeret i forhold til faren som den afmærker, men dens kartografiske placering i kortet er ikke i overensstemmelse med virkeligheden.
- 3) Bøjen er dårligt placeret i forhold til den fare som den afmærker, og dens placering i kortet er ikke i overensstemmelse med virkeligheden.

Når en bøjes position på havet afviger fra det kortmæssige kan årsagen være, at bøjen er drevet, at bøjen er trukket ud af position ved isforekomster eller efter påsejling. Det kan også ske, at den, der udsætter eller ombytter en bøje, ikke forankrer den nye bøje på det korrekte sted på grund af manglende nøjagtig stedbestemmelse.

Navigatøren tilrådes til ikke at positionsbestemme sit skib i forhold til en bøje. Bøjer skal passeres med god afstand og aldrig imellem bøjen og faren, som den afmærker.

Når søkort udgives, er de ajourført med de kendte og væsentlige navigatoriske oplysninger, men indholdet af opmålingsdata er normalt stort set det samme med tidligere, der kan være fra sidste århundrede.

Ved større tilføjelser eller komplekse ændringer af kortindholdet udsendes kortene i ny udgave, som annullerer den tidligere.

Nye kort fremstilles kun i områder, hvor det på grund af særlige forhold, som for eksempel ændring af sejladsmønsteret, international interesse og lignende skønnes hensigtsmæssigt eller samfundsmæssigt nødvendigt.

## 10.7 Elektroniske søkort

Der er forskel i definitionen på et digitalt og et elektronisk kort. Et digitalt kort er et papirkort, der er scannet som et rasterbillede. Kortet bliver derefter opbygget i punkter, linjer og flader så

hvert objekt er tildelt en kode og kortet er vektoriseret. Vektorkortet ændres herefter i henhold til et standardiseringsformat kaldet S57 og det bliver til et elektronisk kort "Electronic Navigational Chart" (ENC) til brug i "Electronic Chart Display and Information System" (ECDIS)<sup>14</sup>.

Forskellen på ENC og ECDIS er, at ECDIS er en integration af alle skibets navigationshjælpe-midler såsom radar, ekkolod, DGPS etc., mens ENC er selve det elektroniske søkort til brug i ECDIS-systemet.

Navigatøren bør udvise stor forsigtighed ved anvendelsen af DGPS og elektroniske søkort, da nøjagtighed i dybden, stedbestemmelsen og havbundens dækningsgrad mange steder ikke lever op til moderne standard. Navigatøren skal i tiden, indtil nyopmåling er foretaget, anvende sikkerhedsmargen ved sejladsplanlægning og udførelse.

GPS har en nøjagtighed bedre end 20 meter (95%) uden de bevidste støjudsendelser som stoppede år 2000, mens DGPS er indenfor 10 meters nøjagtighed afhængigt af afstanden til referencestationen. Med European Geostationary Navigation Overlay Service forkortet EGNOS bliver nøjagtigheden 2-5 meter. Systemet består af landbaserede stationer som samarbejder med et system af satellitter.

Selvom navigatøren korrigerer for forskellen imellem en DGPS position i WGS84 og det anvendte korts datum, bliver nøjagtigheden af data i kortet ikke bedre end den nøjagtighed opmålingen oprindeligt er udført med. Hvis en grund i kortet er målt og positionsbestemt i 1869, og navigatøren planlægger sin DGPS sejlroute tæt på grunden i tillid til nøjagtigheden af kort-data, vil muligheden for en grundberøring eller grundstødning være tilstede.

Såvel dybden som positionen kan være vejledende, og en usikkerhed på over 300 meter i positionen er realistisk at tage i betragtning, når opmålingen er af ældre dato.

Fordelen ved ECDIS er, at skibets position vises øjeblikkeligt og kontinuerligt på det elektroniske display. Navigatøren skal ikke længere positionsbestemme sit skib for efterfølgende at plotte en forældet position i papirsøkortet. Det anvendte navigationssystem er i de fleste tilfælde (D)GPS i WGS84 med en positionsnøjagtighed på 10 meter.

Faren er, at navigatøren sejler for tæt på grunde, der er opmålt for over 100 år siden, og hvor opmålingen endda kan være udført i en mindre målestok, end hvad det elektroniske søkort er i stand til at gengive.

Det vil tage mange år at nyopmåle områder, der ikke lever op til moderne standard for søop-

<sup>14</sup> ENC er det officielle elektroniske system fra de hydrografiske organisationer, hvorimod der er andre tilgængelige digitale søkort til brug i Electronic Chart System (ECS), som ikke er i S57 format og som ikke distribueres fra de officielle institutioner. Opdatering og ansvar for disse elektroniske produkter påhviler derfor ikke de hydrografiske organisationer.

måling med 100% dækning af havbunden og en positionsnøjagtighed lig med eller bedre end differentiell GPS. Fortjenesten ved at anvende elektroniske søkort vil indtil da mangle med hensyn til fuld sikkerhed og skibseffektivitet.

Det er ikke kun data for havbunden, men også data som fx kystlinjen, navigatøren vil opleve unøjagtig, når skibet positionsbestemmes indenfor få meter.

Som nævnt tidligere er fejlen på kystlinjen størst i grønlandske farvande, men unøjagtigheden vil også kunne konstateres på den danske kystlinje.

Fig. 24 viser et kortudsnit af Storebælt sydlige del i papirudgave og fig. 21 viser det samme område, som det ser ud i elektronisk udgave. Som det ses er der stor forskel i de to korts udseende, og det vil for navigatøren kræve tilvænning at anvende de elektroniske søkort.

Af kildedagrammet fig. 24 ses, at en stor del af opmålingen i det viste kortudsnit er udført 1889-1900.

Fig. 25 er et eksempel på et ECS produkt ved navn "Det levende Søkort" som udkom på cd-rom første gang i november 2000 og sidenhen udfaset igen. Produktet var et resultat af et maritimt samarbejde mellem Søfartsstyrelsen, Søsportens Sikkerhedsråd, Dansk Sejlunion, Danmarks Meteorologiske Institut og Geodatastyrelsen. Det var via Internettet muligt at opdatere Det levende Søkort med nye søkort, temaer, programmæssige opdateringer etc.

**Navigatøren bør udvise stor forsigtighed ved anvendelsen af DGPS og elektroniske søkort, da nøjagtighed i dybden, stedbestemmelsen og havbundens dækningsgrad mange steder ikke lever op til moderne standard. Navigatøren skal i tiden, indtil nyopmåling er foretaget, anvende sikkerhedsmargen vertikalt, som er mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere undervandshindringer med tilstrækkelig stor afstand.**

## KILDER (SOURCES)

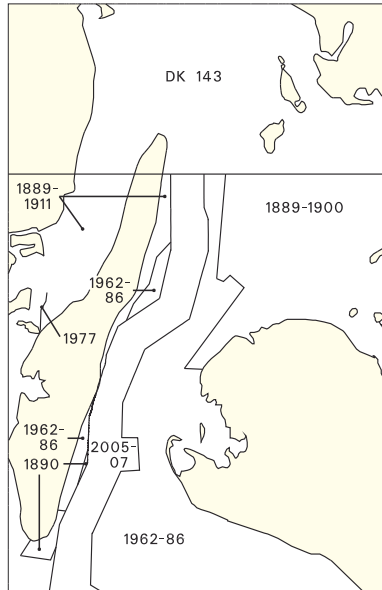


Fig. 24 Kildedagram for sydlige del af Storebælt.

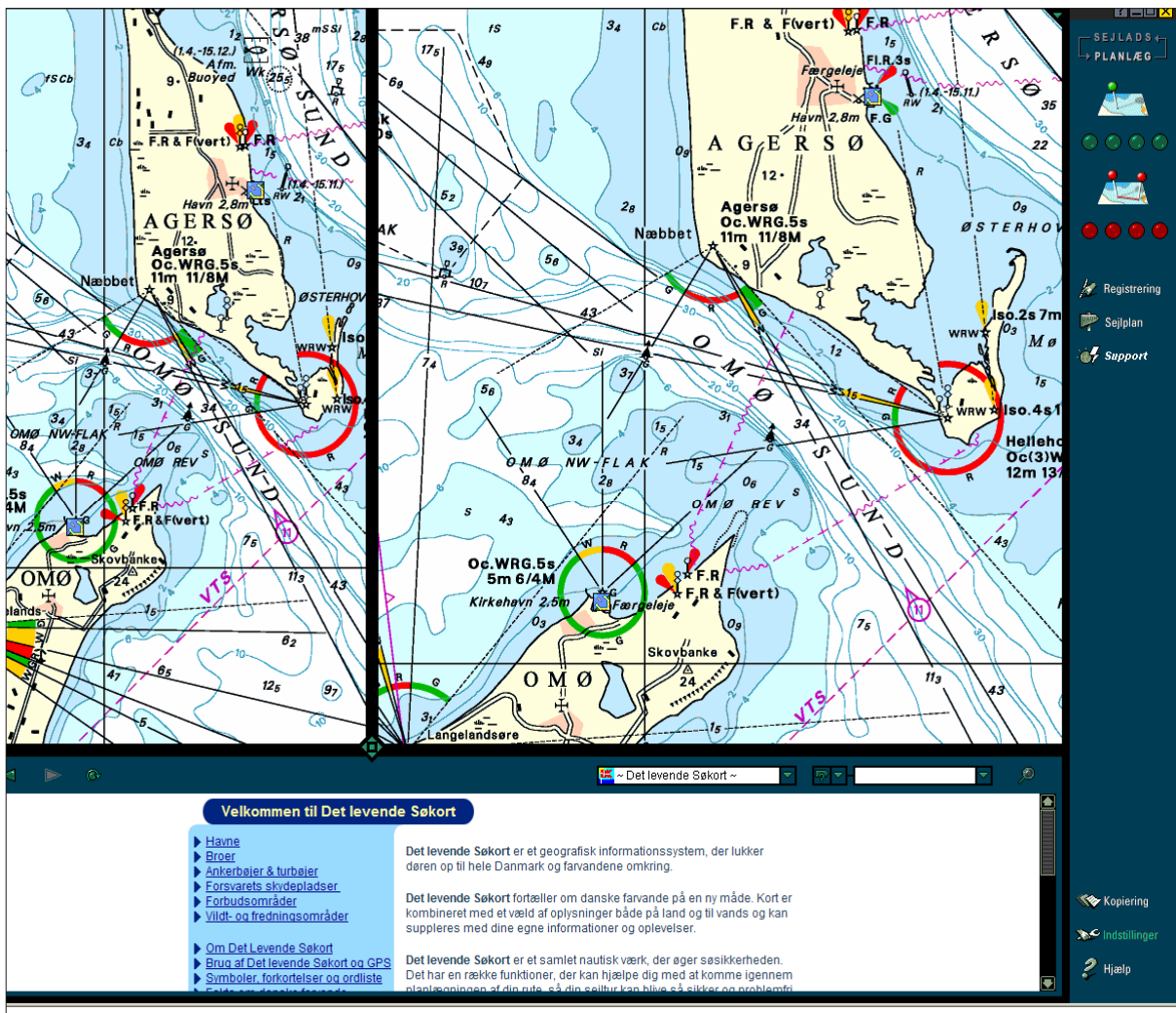




Fig. 25 Det levende Søkort er et eksempel på et ECS produkt.

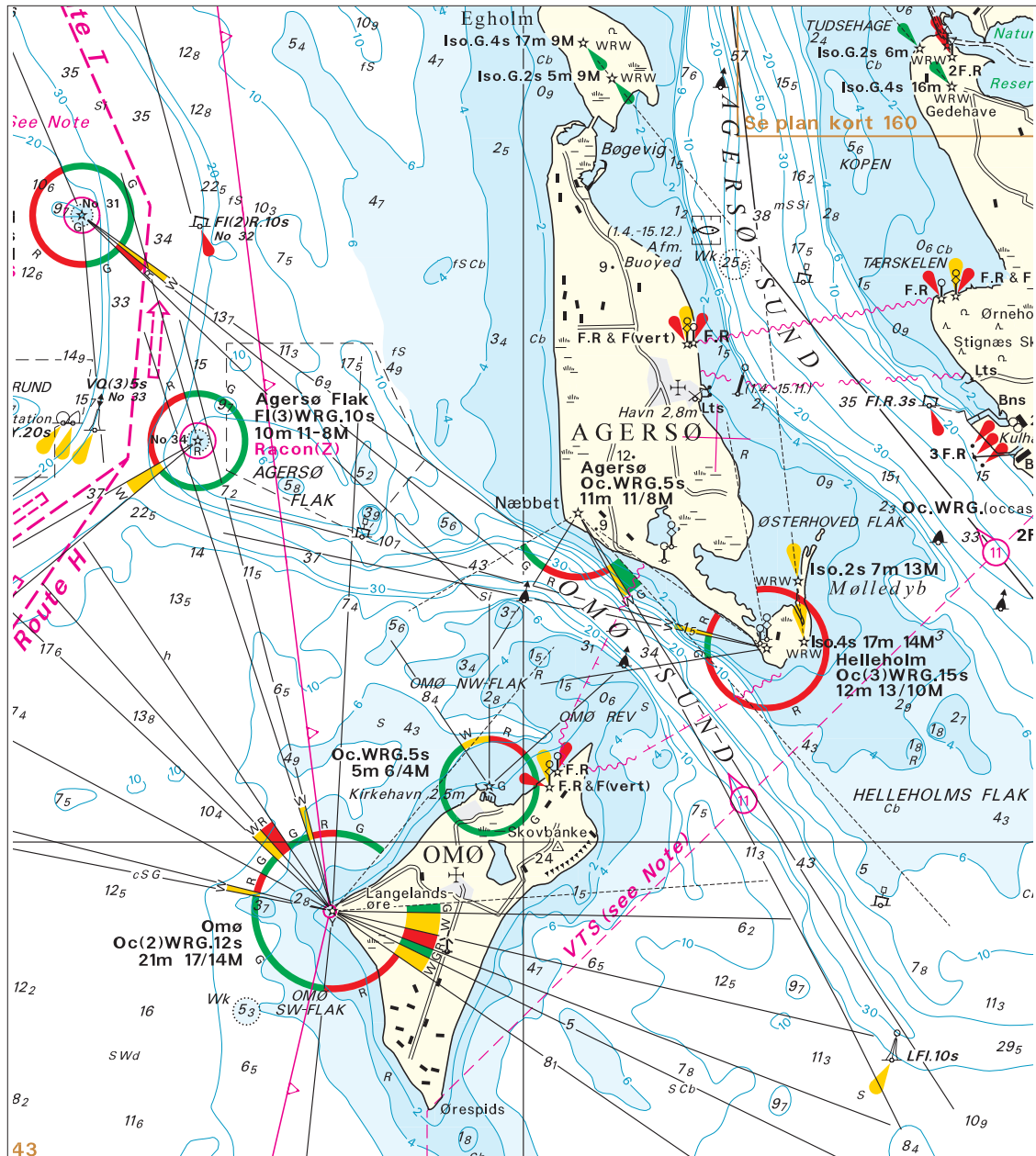


Fig. 26 Sydlige del af Storebælt. Kort 142 i papirudgave.

### 10.8 ECDIS i danske skibe

På det ekstraordinære HELCOM ministermøde i København i 2001 blev Østersølandene enige om at fremme anvendelsen af ECDIS, herunder at anerkende dette system som et alternativ til papirbaserede søkort.

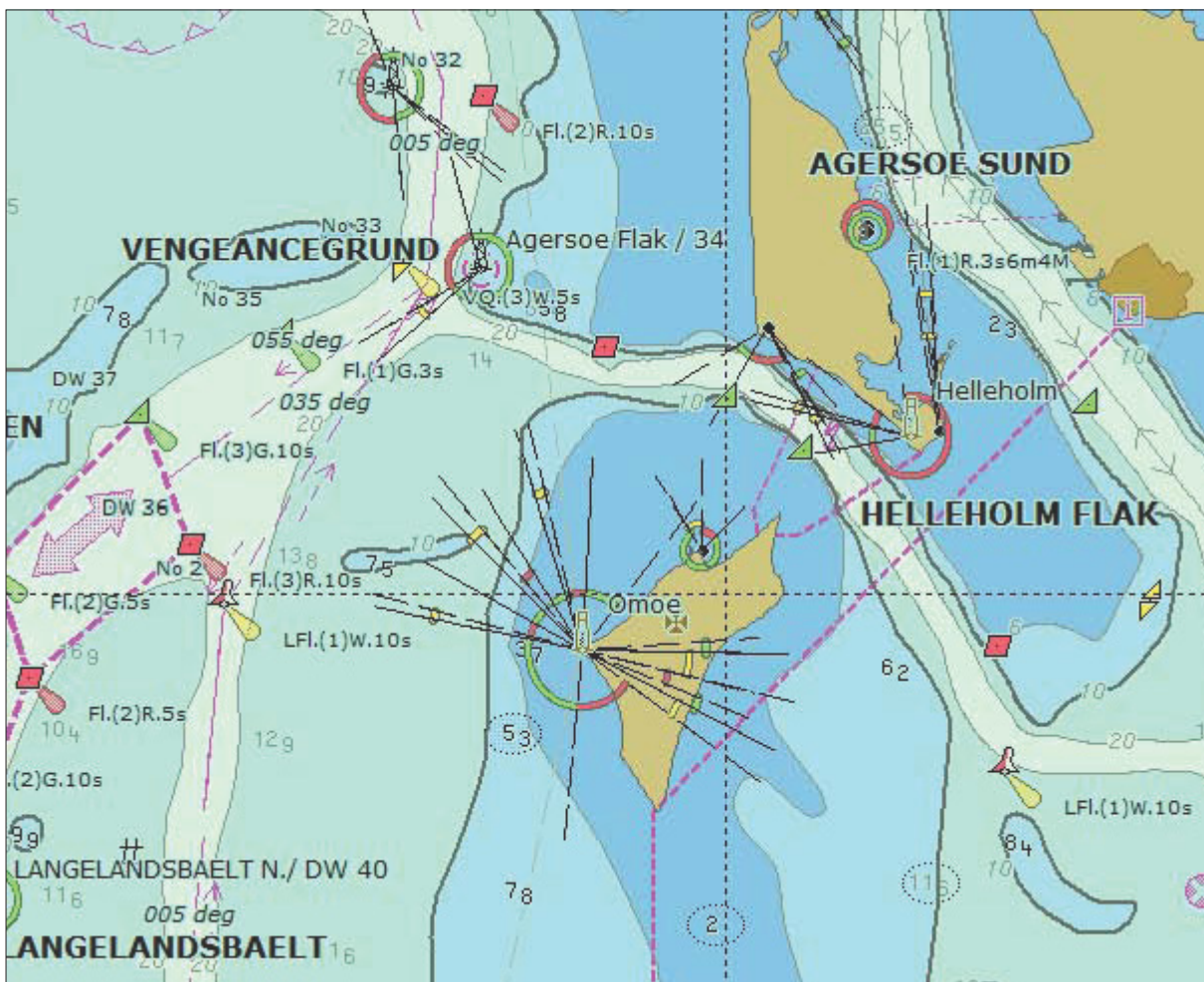


Fig. 27 Sydlige del af Storebælt. Kort 142 i ENC udgave.

I den forbindelse har Danmark i efteråret 2001 meddelt IMO, at man, under visse forudsætninger, anerkender ECDIS som en ækvivalens til papirbaserede søkort.

Den 1. juli 2002 trådte det reviderede SOLAS Kapitel V i kraft. Kapitlet giver mulighed for at anerkende ECDIS som ligeværdigt med papirbaserede søkort i danske skibe.

Kapitel V/2 beskriver officielle søkort og publikationer:

"Nautical chart or nautical publication is a special-purpose map or book, or a specially compiled database from which such a map or book is derived, that is issued by or on the authority of a Government, authorized Hydrographic Office or other relevant Government institution and is designed to meet the requirements of marine navigation."

For at opfylde kravene til kort og publikationer beskrevet i IMO SOLAS V skal skibe være udrustet med:

- 1) Officielle og opdaterede papirsøkort eller
- 2) Typegodkendte ECDIS, herunder brug af officielle og opdaterede elektroniske søkort (Electronic Navigational Charts (ENC) sammen med et behørigt backup system.

Minimumskravene til skibes udrustning af søkort og publikationer er opfyldt ved brug af papirprodukter. Det er efter ændringen af SOLAS regulativet 1. juli 2002 tilladt at erstatte papirsøkort og publikationer med elektroniske medier, hvis en passende backup forefindes. Minimumskrav til backup er fortsat papirsøkort og publikationer.

Status for Danmark verificeret af Søfartsstyrelsen:

For navigation er kravene til kort:

- 1) Opdaterede papir søkort.
- 2) Opdaterede ENCs i ECDIS.

ECDIS krav ved anvendelse af ENCs:

- 1) ECDIS på kommandobroen med ECDIS fra uafhængig energi kilde som backup.
- 2) ECDIS på kommandobroen med en behørig folio af opdaterede papir søkort som backup.

Brug af privat fremstillede kort til navigation:

Brug af privat fremstillede kort er ikke til navigation.

Brug af officielle raster kort til navigation:

Officielle raster kort i ECDIS brug eller anden brug er ikke til navigation.



## Kapitel 11.

### 11.0 Afsluttende bemærkninger

Skibsfarten er ved at blive automatiseret ved anvendelse af elektroniske søkort i integrerede navigationssystemer med advarsler til navigatøren for mulige kollisioner og grundstødninger. Med et stigende antal hurtigfærger udvikles risikoanalyser for skibene på lignende måde, som det i mange år er sket i flyindustrien.

Den menneskelige faktor er blevet vigtigere end nogensinde, idet overblik og ansvar over automatiseringen påhviler navigatøren. Ved at skibets position plottes i real-time i søkortet, frigøres tid til navigatøren til andet relevant arbejde i forbindelse med skibets sejlads og sikkerhed herunder kontrol af positioner, udstyr etc. Når automatiseringen svigter, skal navigatøren kunne bevare overblikket og anvende andre objektive bedømmelser af skibets position og sejlads.

Sejladspanlægning ved anvendelse af alle nautiske publikationer er vigtig, ligesom navigatørens viden om og bedømmelse af opmålingsdata i søkortet kan have en afgørende betydning for skibets sikkerhed.

Hydrografien bliver løbende forbedret med mere nøjagtige og fyldestgørende opmålinger hvad angår dybder, tidevand, strømme, kystdata etc., men dette arbejde vil aldrig blive afsluttet, da de teknologiske muligheder til stadighed ændrer sig. Det vil tage mange år at genopmåle områder, der ikke er opmålt til den standard, som DGPS og flerstråleekkolod kombineret med Side Scan Sonar giver mulighed for.

Formålet med ECDIS er, at opnå gevinst i form af øget sikkerhed og skibseffektivitet i en maritim verden, hvor tid og sikkerhed er højt prioriterede faktorer, men hvor den menneskelige ressource og maritime bedømmelse stadigvæk er den vigtigste.

Fortjenesten i sikkerhed og skibseffektivitet ved at anvende elektroniske søkort er først 100% opnået, når søkortene har samme nøjagtighed som differentiell GPS. Indtil da skal navigatøren, der anvender elektroniske søkort med fartøjets korrekte position i søkortet præsenteret på en dataskærm, være bekendt med den usikkerhed i data, der afhænger af farvandsområde, opmålingsår og opmålingsteknik.



## Kapitel 12.

### 12.0 Uddrag af budskaber

#### Opmåling og pålidelighed

Det tilrådes navigatøren at udvise stor forsigtighed ved sejlads tæt på grunde, idet navigatøren må regne med en vis tolerance for det i kortet viste lodskud afhængigt af farvandsområde og opmålings år.

En samlet vurdering af opmålinger fra 1855 til år 1952 vil være, at der langt fra har været fuld dækning af havbunden, datanøjagtighed og fuldstændighed er ringe, og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske farvande.

En samlet generel vurdering af opmålinger fra 1953 til år 1991 vil være, at der uden supplerende brug af wiredrag eller Side Scan Sonar ikke har været fuld dækning af havbunden. Datanøjagtighed og fuldstændighed er mangelfuld, og der kan derfor forekomme objekter på havbunden, der ikke er vist i søkortet, men som alligevel kan være til fare for sejladsen i og gennem danske og grønlandske farvande.

Navigatøren må for perioden efter 1992 aldrig ukritisk og uden de nødvendige forholdsregler basere sin navigation på (D)GPS i farvandsområder, der ikke er opmålt med den samme nøjagtighed som DGPS. Navigatøren skal endvidere konsultere alle tilrådighedværende nautiske publikationer for områder, der skal passeres eller anløbes.

#### Opmålingsudstyr og satellitnavigation

Det tilrådes navigatøren at opbygge erfaring med brug af ekkolod, da måling af dybder er afhængig af mange faktorer. Med de større skibe og mindre vand under kølen (Under Keel Clearance) kan nøjagtige dybdeangivelser være af største vigtighed.

#### Søkort og sejlads

Navigatøren skal være opmærksom på, om kortets geodætiske datum stemmer overens med det anvendte datum i radionavigationssystemet. Hvis dette ikke er tilfældet, skal navigatøren korrigere for forskellen imellem de anvendte referencesystemer.

Det tilrådes navigatøren at planlægge sin sejlads med forbehold overfor den usikkerhed, der er i forudsigelsen af det astronomiske tidevand og den til tider dominerende meteorologiske virkning.

Det tilrådes navigatøren i sin sejladsplanlægning at anvende kildedagrammet eller i mangel af sådant at fortolke nøjagtighed og fuldstændighed ud fra præsentationen af søkortet og dets eventuelle noter.

Det tilrådes navigatøren uden lokalkendskab ved sejlads til områder, hvor søkort og lods indeholder bemærkninger om varierende dybdeforhold, at være forsigtig og at tage kontakt til de lokale havnemyndigheder, for at få oplysninger om bund og strømforhold.

Navigatøren bør være forsigtig overfor vragedata, idet målinger af vragets position og mindstedybde er en vanskelig proces og kan være af midlertidig karakter. Navigatøren bør tage samme forholdsregel ved vrag som anbefalet ved grunde.

Skibe af en vis størrelse og specielt tankskibe bør altid navigere i de anbefalede ruter, hvor disse er etableret.

Det er altid farligt at afvige betydeligt fra en anbefalet rute. Ulykker kan ikke undgås, men antallet kan reduceres, hvis navigatøren kender vigtigheden af og overvejelserne om at anvende sikkerhedsmargen.

Vertikalt, som en mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere objekter med tilstrækkelig stor afstand.

Navigatøren tilrådes til ikke at positionsbestemme sit skib i forhold til en bøje. Bøjer skal passeres med god afstand og aldrig imellem bøjen og faren, som den afmærker.

Navigatøren bør udvise stor forsigtighed ved anvendelsen af DGPS og elektroniske søkort, da nøjagtighed i dybden, stedbestemmelsen og havbundens dækningsgrad mange steder ikke lever op til moderne standard. Navigatøren skal i tiden, indtil nyopmåling er foretaget, anvende sikkerhedsmargen vertikalt, som er mindstedybde under køl, og horisontalt ved at passere undervandshindringer med tilstrækkelig stor afstand.





