

**Digitalt kort over havbundssedimenter
omkring Danmark
1:500.000**

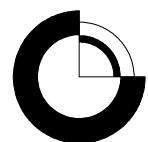
Digital Sea Bottom Sediment Map
around Denmark

Bjørn Hermansen and Jørn Bo Jensen

**Digitalt kort over havbundssedimenter
omkring Danmark
1:500.000**

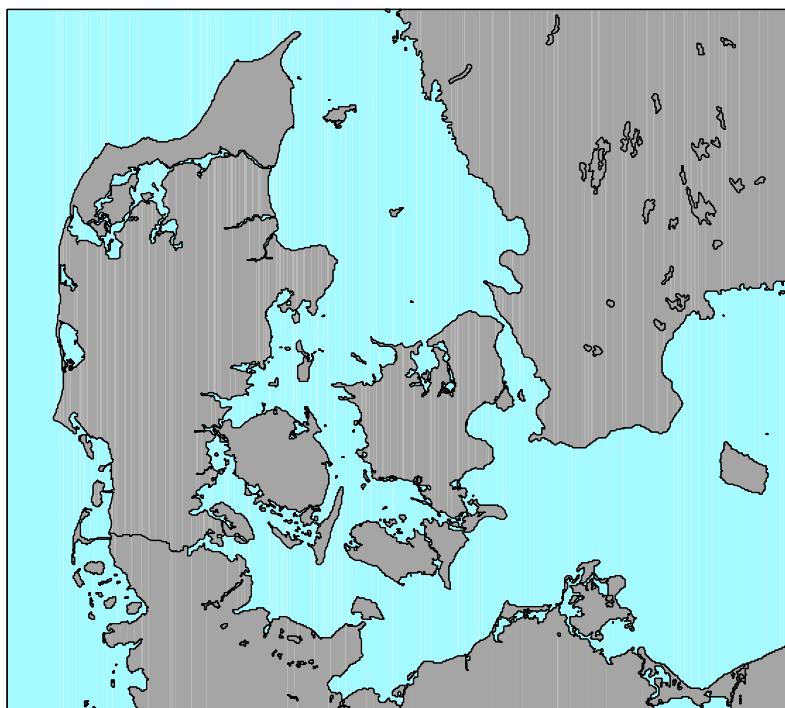
Digital Sea Bottom Sediment Map
around Denmark

Bjørn Hermansen and Jørn Bo Jensen



- Geologisk beskrivelse -
Digitalt kort over
havbundssedimenter omkring Danmark
1:500.000

Kortet indeholder oplysninger om havbundens sedimenttyper i området 8° – 16° østlig længde og 54° – 58° nordlig bredde omfattende danske- og tilgrænsende farvande i Norge, Sverige, Polen og Tyskland. (se figur 1).



Figur 1. Geografisk udstrækning af kortet

Datagrundlag

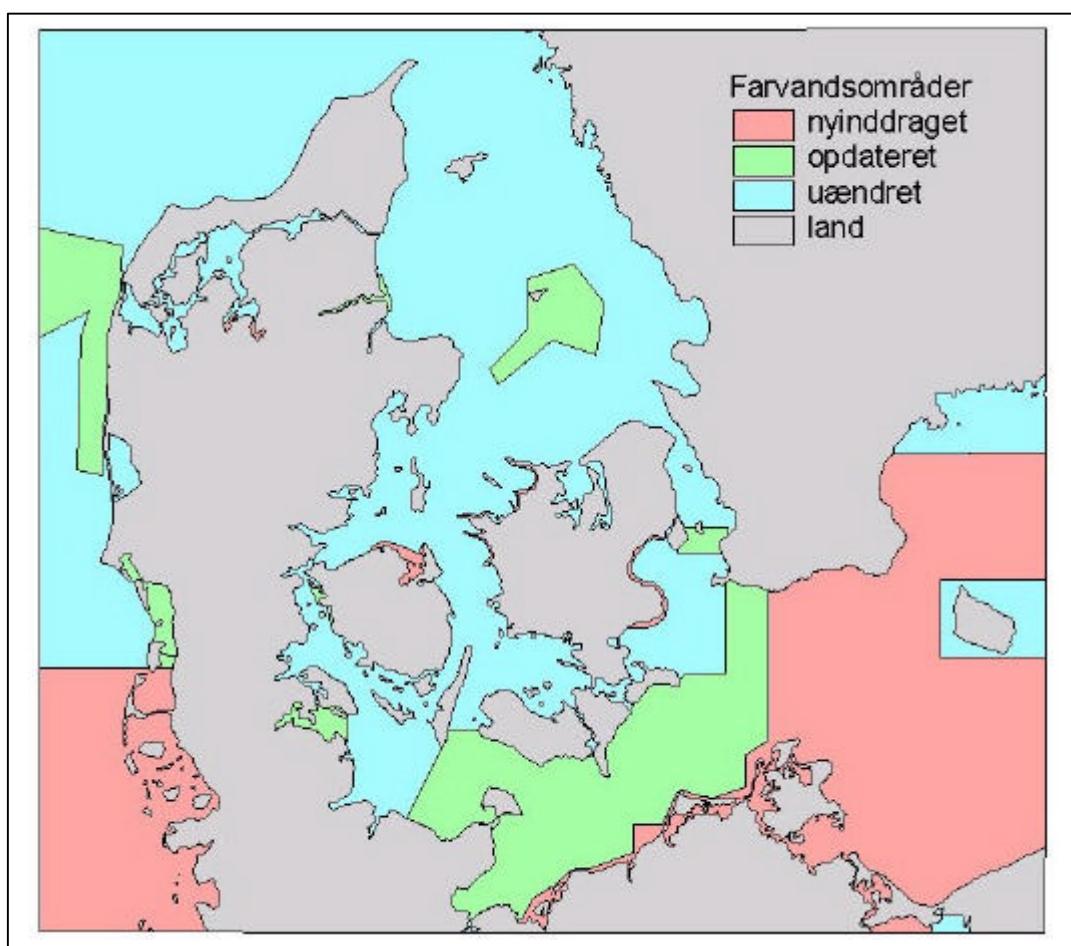
Kortet er hovedsagelig baseret på maringeologiske undersøgelser udført af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), Skov- og Naturstyrelsen, Sveriges Geologiska Undersøkning, Institut Für Ostseeforschung i Warnemünde, Polens Geologiske Undersøgelse og Geoteknisk Institut. Af referencelisten sidst i denne beskrivelse fremgår, hvilke publicerede kort og artikler der indgår som baggrund. Der er desuden anvendt upublicerede data fra Kiels Universitet, Göteborgs Universitet, Københavns Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Hollands Havforskningsinstitut (NIOX) og Geoscandic A/S.

I den danske del af området er sedimentkortet ikke resultatet af en systematisk sedimentkortlægning, men er sammenstillet af kort udført i forbindelse med maringeologisk efterforskningen for sand- og grusressourcer, miljøundersøgelser eller biologiske studier. Den maringeologiske kortlægning af havbundssedimenterne er foretaget ud fra seismiske data (herunder side scan sonar) samt oplysninger fra grabprøver og andre overfladeprøver suppleret med borer. Ved den seismiske

metode kan sedimenterne indtil ca. 0,5 meter under havbunden generelt ikke adskilles og kortlægningen af de seismiske enheder bliver derfor et gennemsnit af havbunden til 0,5 meters dybde.

Havbundsprøverne er indsamlet i udvalgte positioner, som repræsenterer de seismisk kortlagte enheder. I de kystnære områder på vanddybder mindre end 4-6 meter er det ikke muligt at udføre den traditionelle seismiske kortlægning. I disse områder bygger kortlægningen hovedsagelig på kystmorphologiske undersøgelser, hvor strandzonen og de lavvandede områder er kortlagt ved feltarbejde fra landsiden og f.eks. ved hjælp af flyfoto tolkninger. Datatætheden i kystzonen er ofte sporadisk, så fremtidige opdateringer af sedimenttypekortet vil i nogen grad fokusere på denne zone.

Grundlaget for det foreliggende digitale kort ("Digitalt kort over havbundssedimenter omkring Danmark 1:500.000") er "Bundtypekort" udgivet af Skov- og Naturstyrelsen i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelse og Sveriges Geologiska Undersøkning i 1992 (Nielsen, 1992). Det digitale kort er i en del områder ændret væsentligt i forhold til 1992-kortet. Disse områder - hvor nye informationer er kommet til - er angivet som et selvstændigt GIS-temalag (se figur 2). Dette korttema er i en væsentlig mindre målestok - dvs. meget grovere - end havbundssedimentkortet, og angiver de omtrentlige grænser for de nye informationer.



Figur 2. Nyinddragede, opdaterede og uændrede områder på kortet.

Dette digitale kort dækker områder, som ikke var medtaget tidligere. Det drejer sig specielt om områderne syd og sydvest for Rømø samt området mellem Bornholm og Rügen. Bornholm, som på det trykte kort fra 1992 var placeret "oven i" Rügen, er samtidig blevet flyttet til den geografisk korrekte position.

Som det ses af figur 2, er omkring halvdelen af det nye kort stort set uændret¹ i forhold til Bundtypekortet fra 1992 (blåt), mens den anden halvdel enten har været utsat for væsentlige opdateringer (grønt) eller er helt nyinddragede områder (rødt).

Havbundssedimenterne

Havbundens sedimenter er primært bestemt af nutidige strømningsforhold, men er også et resultat af den geologiske udviklingshistorie. De forskellige hændelser har sat hver deres fingeraftryk i form af prækuartære krystalline eller sedimentære bjergarter, kvartære istidsaflejringer samt efteristidens sø- og havaflejringer bestemt af ændringer i havniveauet. Disse aflejringer bliver mere eller mindre påvirket af de nuværende strømningsforhold, som dels fjerner, fremeroderer eller begraver tidligere tiders aflejringer.

De danske farvande er præget af en betydelig vandudveksling. Fra Kattegat strømmer tungt salt bundvand gennem bælterne ind i Østersøen, hvorfra lettere brakvand strømmer ud gennem de danske bælter som overfladenvand. De to vandfaser er skarpt adskilt af springlaget, som typisk ligger på en vanddybde mellem 10 og 20 meter.

De nutidige sedimenter er sammensat dels af mineralkorn - der stammer fra erosion af havbunden, eller som er ført ud i havet af vandløb eller vind - og dels af organisk stof, sulfider, skaller m.v. som overvejende er dannet i havet.

Kortlægningen er primært baseret på tolkning af seismiske profiler og side scan-data suppleret med overfladeprøver. Områder med residual-sedimenter er således primært erkendt ud fra, at de overliggende lag er ganske tynde eller mangler suppleret med erkendelsen af forekomster af sten og grovere sedimenter på overfladen. Grænsen mellem dynd og sandet dynd er defineret ved et glødetab på 10 % af tørstof, men som regel er dyndområder lokaliseret udfra styrken af den akustiske refleksion af havbunden - naturligvis kalibreret udfra det foreliggende prøvemateriale. Sedimentkortlægningen i det tyske område er baseret på systematiske prøveindsamlinger.

Forskellene i kortlægningsmetodik betyder, at kortets klassifikation af havbundssedimenter ikke er fuldstændig homogen. Dette er ligeledes årsagen til, at der kun benyttes 7 klasser samt kategorien "ukendt bundtype".

Overordnet kan der skelnes mellem akkumulations-, erosions- og transportbund. Akkumulationsbunden består af sedimenter aflejet fra det nuværende hav, hvor sedimenterne primært er dannet ved aflejring i havet styret af bølger og strøm. Dyndområder er overvejende akkumulationsområder. Erosions- eller transportbund angiver områder hvor sedimentdækket fra det nutidige hav er tyndt (få decimeter) eller manglende, så ældre lag stikker op i havbunden. Sammensætningen af de ældre lag afspejler ikke de nuværende aflejningsforhold. De ældre lag er dog som regel dækket af et tyndt lag af grove erosionsprodukter – residual- eller lagsedimenter – blandet med nutidige havbundsaflejringer og skaller. Eksempelvis findes der ofte sten, grus og groft sand udvasket af moræneler vekslende med tynde banker af rent velsorteret sand i de bundområder, der er angivet som "residualbund på moræne". Det er karakteristisk at bundtypen veksler inden for korte afstande.

I det følgende beskrives de syv forskellige havbundssedimenttyper.

¹ Enkelte faktuelle ændringer forekommer ud over de små divergenser som ofte utilsigtet indføres via digitalisingsprocessen.

Dynd

Dynd er en generel betegnelse for marin leragtje. Det er et blødt finkornet sediment med mere end ca. 10% findelt organisk stof målt som glødetab og med højest nogle få vægtprocent sandkorn. Desuden er der ofte et synligt indhold af muslingskaller og planterester.

Vandindholdet er så højt at de faste partikler sjældent udgør mere end 5 – 10 volumen %.

Dynd aflejres i meget rolige områder, hvor den øverste del af dyndlaget overvejende består af 0,1 – 0,7 mm store ovale eskrementpellets fra havdyr, der har indfanget finkornet materiale og organisk stof. De ovale pellets omlejres let, men få cm nede i bunden bindes de sammen til en blød sammenhængende gelé, som er ret modstandsdygtig over for erosion. Dyndbund findes i akkumulationsområder, som er temmelig udbredt i bassinområderne i de indre danske farvande. Indstrømmende salt bundvand fra Nordsøen og maksimale bølgestørrelser er afgørende for den mindste vanddybde, hvor der sker blivende aflejring af dynd. Således svinger laveste kote for tilstedevarelsen af dynd fra omkring -30 meter i de centrale dele af Kattegat til ca. -4 meter i de inderste dele af f.eks. Vejle Fjord.

Sandet dynd – dyndet sand

Denne sedimenttype er et blandingsprodukt mellem dynd transporteret i opslemning i perioder, hvor den hydrodynamiske aktivitet er betydelig reduceret og sand – groft silt aflejret i forbindelse med periodisk bundtransport. Forholdet mellem sand og dynd er meget variabelt, men kan klassificeres ved hjælp af glødetabsanalyser. Sandet dynd indeholder i størrelsесordenen 4 – 10% organisk stof, mens dyndet sand indeholder 1 – 4% organisk stof målt som glødetab. "Sandet dynd – dyndet sand" aflejres som regel i akkumulationsområder på kanterne af bassinområder i en zone mellem sand og dyndområderne, samt som et tyndt dække på dele af erosionsområderne. Det aftagende indhold af organisk stof er koblet med et aftagende vandindhold. Det viser sig på sediment-ekkoloddet ved at bunden bliver hårdere og lyden trænger mindre ned end i dyndbunden.

Sand (lokalt grus og sten)

Sandbunden består af løse korn med diametre mellem 2 mm og 0.04 mm, så de enkelte korn kan ses uden lup. Middel- til finkornet sand er langt det almindeligste. De øvre 5-20 cm af sandbunden omlejres jævnligt af de bundstrømme, der sættes op af bølgerne ned til ca. 20 meters dybde i Kattegat, noget mindre i mere beskyttede farvande. På grund af den hyppige omlejring er sandet som regel meget velsorteret med kun lidt finkornet materiale og organisk stof undtagen i meget beskyttede fjordmiljøer med ålegræs. Overfladen af sandbunden er tit udformet som strømribber orienteret af den sidste storm i området.

Sandbunden er vidt udbredt på det danske havområde og dækker over en række forskellige aflejningsmiljøer, der omfatter erosionsområder hvor senglaciale smeltevandsaflejringer og fossile postglaciale kystdannelser er blotlagt på havbunden, den nutidige bølgedominerede zone og marine dynamiske områder, hvor strømbetinget transport dominerer, eller hvor et tyndt sanddække findes i erosionsområder.

I forbindelse med iskappens tilbagesmelting fra det danske område ved slutningen af sidste istid (Weichsel) aflejredes smeltevandssletter og deltaer som hovedsagelig består af sand og efterfølgende aflejredes sandede kystsedimenter på nuværende vanddybder op til 30 m. Disse aflejringer er blottet på havbunden i erosive områder og kan være basis for dannelse af nutidige strømbetingede strukturer.

Langs de bølgedominerede kyster kan man ofte skelne mellem en indre sandzone bestående af selve kysten og revlesystemer ud til 5–10 meters vanddybde, hvor et profilknæk danner overgangen til en

ydre sandzone med akkumulationsflak. Den indre sandzone er utsat for stadige ændringer, som dog varierer omkring et ligevægtsprofil. Uden for strandplanet, i den ydre sandzone, aftager middelkornstørrelsen generelt med dybden, om end dette billede modificeres af den lokale topografi.

Akkumulationsflak er aflejringer af marint sand på den ydre del af strandplanet afgrænset udadtil af en skråning ofte på havsiden af et erosionsområde. Flakkene dannes, når sediment føres ud over kanten og aflejres på skränten, som derved gradvis udbygges.

De strømdominerede sandaflejringer styres af episodisk meteorologisk betinget vandudveksling mellem Kattegat og Østersøen og strømning langs den jyske vestkyst.

Sandbølgefelter dannes når bundstrømmen når op over 50 cm/sek., hvilket er karakteristisk for bælterne. I mundingsområder af snævre strømrender dannes mundingsbarrer, hvor strømtværsnittet udvides, og strømhastigheden derfor nedsættes.

Residualbund på moræne

Moræneaflejringer er afsat af istidens store gletschere og består af meget usorteret sediment spændende fra ler til blokke. Morænen benævnes efter den karaktergivende kornstørrelse, men i de danske farvande er det som oftest moræneler. Morænematerialet kan være aflejret under gletscheren, ved udsmeltnings fra denne eller være udsmeltet og gledet ned af gletscheren. Da der ikke er forskel på kornstørrelsessammensætningen skelner vi ikke mellem morænetyperne, men moræne aflejret under gletscheren er mere konsolideret, da gletscherens vægt har tyget sedimentet. Områder, hvor der er sket erosion i moræneler, er ofte karakteriseret af spredte store sten, der er vasket ud af morænen. Stenrevene i Danmark er som regel dannet på denne måde. Da det er biologisk værdifulde områder, som i en årrække har været utsat for intensiv stenfiskning, er der iværksat en udbredt fredning i udlagte habitatområder. Foran mange kyster opbygget af moræneler findes stenbestrøede erosionsområder (abrasionsflak) ofte delvis dækket af sandrevler.

I erosionsområder eller områder med manglende netto-sedimentation ligger morænelagene mange steder så tæt ved havbunden, at der kun findes et tyndt residual dæklag, der består af lokale erosionsprodukter indeholdende grus, sten og skalstumper sammen med sandet mudder.

Residualbund på kvartært ler og tørv

Denne bundtype omfatter områder, hvor fossile, sen- og postglaciale, finkornede sedimenter ligger tæt ved overfladen.

I forbindelse med Weichsel-gletscherens tilbagesmeltnings blev der i senglacial tid dannet glaciomarine aflejringer (Yngre Yoldialer) i Kattegat, og i Østersøregionen blev der aflejret varvigt ler i den Baltiske Issø. I den efterfølgende fastlandstid var store dele af den nuværende havbund tørlagt, og lokale sø- og moseaflejringer blev dannet.

I erosionsområder eller ikke-sedimentationsområder er denne type sedimenter kun overlejret af et tyndt residualt dæklag, hvis sammensætning afhænger af den underliggende sedimenttype. De glaciomarine dæklag indeholder grus og sten grundet et primært indhold af dropsten transporteret ved isdrift, mens dæklaget over postglaciale finkornede sedimenter ligeledes er finkornet.

Residualbund på prækvartære sedimenter (undergrunden).

Sedimentære prækvartære aflejringer findes fremeroderet i området omkring Bornholm, ved Øresundstærsklen, i områder ud for Vestkysten, i området omkring Helgoland og enkelte steder foran kalkklinter.

Ved Bornholm findes deltiske og kystnære - delvis cementerede - aflejringer (hovedsagelig sand) fra Jura og Kridt perioderne. De prækvartære aflejringer er her utsat for erosion og er i høj grad ophav til sandflak dannelser sydvest for Bornholm.

Ved Øresundstærsklen sydøst for Saltholm er prækvartært kalk og flint fremeroderet.

Udfør Vestkysten stikker der lokalt sedimenter fra øvre tertiær op i bunden.

De lavvandede områder omkring Helgoland er ligeledes utsat for erosion, hvor sandsten fra Trias perioden (Bundsandstein) er blottet på havbunden.

Krystallint grundfjeld

Langs den svenske Kattegat-kyst findes et stort antal lavvandede områder, hvor det krystalline grundfjeld er eroderet frem.

- Kortteknisk beskrivelse -

Digitalt kort over

havbundssedimenter omkring Danmark

1:500.000

Dette digitale kort er produceret til anvendelse i målestoksforhold omkring 1:500.000, men i visse områder - f.eks. i dele af Vadehavet og Øresund - vil det kunne anvendes i noget større (finere) målestok.

Kortet er vektorgrafisk og består af polygoner, der indeholder oplysninger om de bundsedimenter, som befinner sig på og umiddelbart under havbunden. Det digitale kort er velegnet til at integrere med andre GIS-korttemaer og kan via et GIS konverteres til brug i tekst- og billedbehandling.

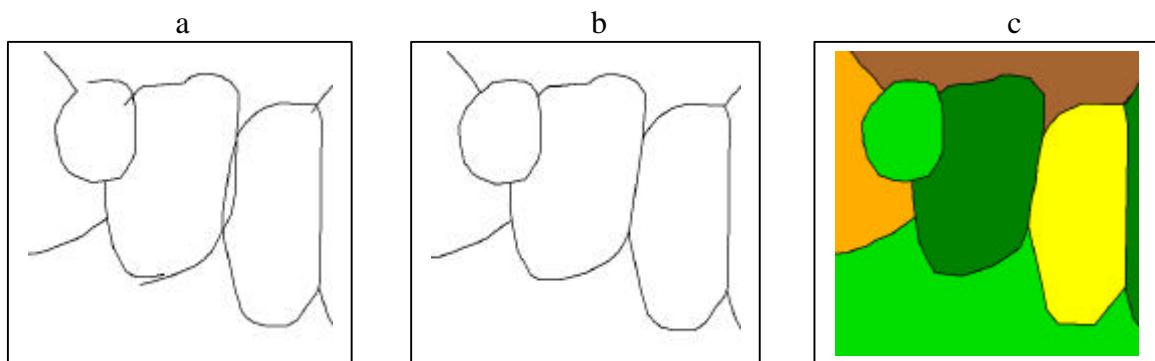
Kortets projektion er UTM zone 32. Den anvendte ellipsoide er ED50.

Fremstillingsmetode

Det foreliggende kort er fremstillet i 1999-2000 ved indledningsvis at skanne Bundtypekortet fra 1992 (Nielsen, 1992), dvs. trykplanerne der viser afgrænsningen mellem de forskellige sedimenttyper. Skanningerne er herefter blevet vektoriseret med det Geografiske Informations System (GIS) ARC/INFO. Denne fuldautomatiske proces medfører ofte visse uregelmæssigheder, som siden hen må rettes. I dette tilfælde fik en del linier et utilsigtet bølget forløb, som dog ret enkelt lod sig udglatte.

Data fandtes nu som vektorer uden geografisk reference. Konverteringen til en geografisk projktion og koordinatsystem - her UTM - foregik semi-automatisk ved at finde og angive et antal fixpunkter med kendt geografisk placering. Denne proces er afgørende for den korrekte placering af kortets data, og derfor forsøges altid valgt punkter, som man rimelig præcist kender koordinaterne for - f.eks. havaneanlæg eller spidsen af odder.

Næste proces i digitaliseringen (se figur 3) bestod i at tilrette de upræcise linier, fjerne overflødige liniestykker og opbygge polygoner (med ensartet sediment). Endelig skulle hver polygon tildeles en attribut for havbundstypen (sedimenttypen).



Figur 3. Redigeringsprocessen.

Figur 3 illustrerer redigeringsprocessen: a) usammenhængende linier med overlap, b) redigerede linier samlet til polygoner, c) information om havbundstype tildelt

I en del områder var der siden 1992 foretaget nye og bedre undersøgelser af havbunden, og disse steder (se figur 2) blev kortet korrigeret². Dette kunne ikke gøres ved blot at tilføje de nye kortdata, da disse forelå i vidt forskellige målestoksforhold og med noget divergerende klassifikationer. I stedet var det nødvendigt, at generalisere kortene til den anvendte klassifikation og målestok og herefter indsætte disse modificerede kortdata, således at de erstattede de ældre kortdata for området. Sluttligt var det nødvendigt at tilpasse polygonerne langs det netop opdaterede områdes kanter til det ældre kort.

Kortets kystlinjer stammer fra lidt forskellige kilder: De danske kyster er taget fra 1992-kortet og forsøgt tilpasset D500-kystlinjen fra Kort- og Matrikelstyrelsen med GIS-metoden "rubbersheeting". Enkelte områder såsom Sprogø og Peberholm, stammer fra et nyt kysttema skabt som en del af Miljø- og Energiministeriets AIS-projekt. De tyske og svenske kyster stammer fra en grovere - men i dette tilfælde fuldt anvendelig - digitalisering af hele verden. (ESRI, 1993). Kystlinjerne er brugt til at få polygonerne med havbundssedimenter til at ligge passende geografisk korrekt.

Signaturer

Havbundssedimenterne er i det digitale kort angivet med farver på baggrund af en havbundtypekode. Farverne er valgt, dels så de ret let kan skelnes fra hinanden og dels så de minder om de farver, der er anvendt i jordartskortene fra GEUS.

Havbundtypekoden er en værdi mellem 1 og 9, som er knyttet til hver eneste polygon på kortet.

Koderne 1-7 angiver de ovenfor omtalte havbundtyper, mens kodeværdi 8 angiver "ukendt bundtype" og kodeværdi 9 er "land". Se i øvrigt figur 4 og legenderne i ArcView og MapInfo.



Figur 4. Kartografisk legende til havbundstyperne

² Der foreligger nye resultater - bl.a. fra den svenske vestkyst - som ikke kunne nå at blive indarbejdet i denne version af kortet.

Datataethed og fejlmuligheder

Sammenlignes forskellige områder af kortet ses variationer i kompleksiteten. Dette skyldes ikke kun naturforhold, men også til dels at nogle områder er bedre undersøgt end andre.

Den anvendte GIS-metode med skanning og vektorisering af analoge kort og efterfølgende manuel redigering ved skærm kan medføre fejl og unøjagtigheder bl.a. afhængigt af skanningens kvalitet. Langt de fleste fejl er formentlig fundet og rettet, mens præcisionen på dette kort typisk vil være mindre afhængig af redigeringsprocessens unøjagtigheder end af målestoksforholdet og det uensartede baggrundsmateriale. Den tidlige omtalte udglatningsproces vurderes således kun at have bidraget med cirka +/- 25 meter til usikkerheden, mens alene en stregtykkelse på 0,2 mm i 1:500.000 svarer til 100 meter.

Den senere proces, hvor nyopdaterede områder blev indsatt i kortet har imidlertid krævet en del afvejning af uoverensstemmelser og må have medført noget større usikkerheder i kantområderne, som ikke umiddelbart kan kvantificeres.

Tilknyttede korttemaer

Kystlinien er efter de ovennævnte korrektioner trukket ud fra sedimenttype-temaet og gjort til et selvstændigt tema, så det kan fremhæves ved udtegninger. Derudover er der et tema indeholdende navne på udvalgte byer, øer og farvande.

Et temakort (se figur 2) er tilføjet, som viser, hvilke områder, der er uændrede, ændret væsentligt eller helt nye i forhold til kortet fra 1992.

Referencer

I udfærdigelsen af det foreliggende digitale kort indgår data fra en række trykte kort, artikler og rapporter.

Kort:

Atzler, R., Hoffmann, G., Milkert, D., Sund Laursen, J. & Kuijpers, A. 1994: Kortbladet Flensborg Fjord, Sedimentkort. DGU Kortserie nr. 46.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland. 1987: Geologische Übersichtskarte 1:200.000. CC2326 Lübeck.

Digital Chart of the World. ESRI Inc. Redlands 1993.

Figge, K. 1981: Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Nr. 2900. Deutschen Hydrographischen Institut, Hamburg.

Genders, S. & Larsen, B., 1976: Sedimentundersøgelser fra farvandene mellem Skagerrak og Østersøen. Miljøstyrelsen. Bæltpunktet, Sediment Undersøgelser, Tekst og Figurer.

Jensen, J.B., Kuijpers, A. & Lemke, W. 1996: Kortbladet Femer Bælt – Arkona Bassinet, Sen-Kvartære sedimenter. DGU kortserie nr. 52.

Kramarska, R. 1995: Sediments 1 meter below Sea Bottom Surface. In: R. Datlez et all. Geological Atlas of the Southern Baltic. Polish Geological Institute.

Kuijpers, A., Larsen, B. & Nielsen, P.E. 1991: Overfladesedimenter i den danske del af Øresund. DGU kortserie nr. 26.

Nielsen, P.E. 1992: Bundtypekort. Havbundssedimenter omkring Danmark og vestlige Sverige. Skov- og Naturstyrelsen, SGU, DGU kortserie nr. 38.

Pertillä, M. & Brügmann, L. 1992: Review of Contaminants in Baltic Sediments. ICES Cooperative Research Reports no 180.

Seehydrographischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik, Rostock. 1987: Mecklenburg Bucht Sedimente. 13130-ES.

SGU 1979: Marinegeologiska Kartan. 1C/Falsterbo (Øresund) . SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1979: Marinegeologiska Kartan. 3C SV Kullaberg (Øresund). SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1979: Marinegeologiska Kartan. 2C/Landskrona (Øresund) . SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1989: Marinegeologiska Kartan. 041/042 Stora Middelgrund-Halmstad (del 1). SGU Ser. Am nr. 4.

SGU 1989: Marinegeologiska Kartan. 031 Stora Middelgrund-Halmstad (del 2). SGU Ser. Am nr. 4.

SGU 1994: Marinogeologiska Kartan. 5B NV/5B SV/5B NO/5B SO/5C NV/5C SV Lilla Middelgrund - Varberg SGU Ser. Am nr. 5.

Tauber, F. und Lemke, W. 1995: Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee. Blatt Darss. Institut Für Ostseeforschung, Warnemünde.

Artikler og Rapporter:

Bartholdy, J. and Folving, S. 1986: Sediment Classification and surface type mapping in the Danish wadden sea by remote sensing. Netherlands Journal of Sea Research 20 (4), 337 – 345.

Björck, S. and Dennegård, B. 1988: Preliminary strstigraphic studies on the Late Weichselian and Holocene development of the Hanö Bay, southeastern Sweden. Geographia Polonica 55, 52-61.

Havbundsundersøgelser. Råstoffere og fredningsinteresser. Publikationer fra Fredningsstyrelsen/Skov- og Naturstyrelsen (indeholder afsnit om geologi, råstoffere, kyster og arkæologi), * Bornholm, 1986, * Djursland Nord, 1986, * Fakse Bugt, 1986, * Grenå, 1987, * Hornbæk, 1989, * Lille Bælt, 1986, * Nordsjælland, 1987, * Roskilde Fjord, 1987, * Samsø Sydøst, 1991, * Sejerø Bugt, 1989, * Sjællands Rev, 1987, * Smålandsfarvandet, 1987, * Storebælt, 1988, * Bornholm sydvest, en detailundersøgelse, 1988.

Kramarska, R. 1998: Origin and development of the Odra Bank in the light of the geological structure and radiocarbon dating. Geological Quaterly, 42 (3), 277 - 288

Lemke, W., Kuijpers, A., Hoffmann, G., Milkert D. and Atzler, R. 1993: The Darss Sill, hydrographic threshold in the southwestern Baltic: Late Quaternary geology and recent sediment dynamics. Continental Shelf Research, 14 (7/8), 847 – 870.

Leth J., Anthony, D., Andersen, L.T., Jensen, J.B. 1999: Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning af kystzonen mellem Lodbjerg og Nyminddegab. GEUS rapp. 1999/75.

Pheiffer Madsen, P. & Larsen, B. 1986: Accumulation of Mud sediments and trace metals in the Kattegat and the Belt Sea. Report from the Marine Pollution Laboratory 10, 54 s. Miljøstyrelsen

Seibold, E., Exon, N., Hartmann, M., Kögl, F.C., Krumm, H., Lutze, G.F., Newton R.S., and Werner, F. 1971. Marine geology of Kiel Bay in: G. Müller (Hrsg.): Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook, 8. Internat. Sed. Congr., Heidelberg, 209 – 235.

Tauber, F. 1997: A numerical and practical test of ternary diagrams for grain-size data classification. In: Proceedings of IAMG'97, The Third Annual Conference of the international Association for Mathematical Geology, V. Pawlowsky – Glahn (ed.), Cimne, Barcelona 1997, 186 – 191.

- Geological description -

Seabed Sediments around Denmark

Digital map 1:500.000

The map provides information on various types of seabed sediment in the area $8^{\circ} - 16^{\circ}$ E and $54^{\circ} - 58^{\circ}$ N, which includes Danish waters and adjacent offshore areas of Norway, Sweden, Poland and Germany (see Fig. 1).

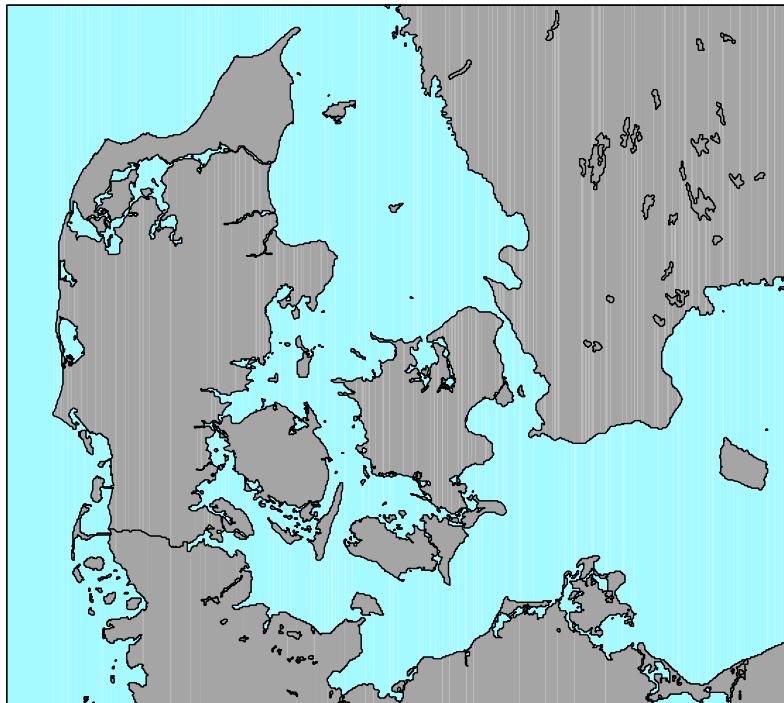


Figure 1. Geographic extent of the map

Data base

The map is mainly based on results from marine geological investigations carried out by the Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), the Danish National Forest and Nature Agency, the Geological Survey of Sweden, the Institute of Baltic Sea Research in Warnemünde, the Geological Survey of Poland and the Danish Geotechnical Institute. A list of references of other published maps and publications used can be found at the end of this description. Furthermore, unpublished data from Kiel University, Göteborg University, Copenhagen University, the Technical University of Denmark, the Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ) and Geoscandic A/S have been used as well.

In the Danish part of the area the sediment map is not a result of systematic mapping, but it has been compiled from mapping data obtained in relation with marine geological surveys of sand- and gravel resources, environmental studies or biological investigations. The compilation of the seabed sediment map is based on data from shallow seismic surveys also including side scan sonar in combination with information from grab- and other surface sediment samples as well as sediment core data. Most of the shallow seismic techniques applied have a subbottom resolution normally in excess of ca 0.5 m, which implies that the seabed classification presented in the map refers to a series of seabed types derived from seismic integration of the upper 0.5 m of sediment.

For ground-truthing, seabed samples were collected from selected sites representative of the seismic units. In the shallow coastal zone, and more generally at water depths of less than 4-6 m, it has been impossible to conduct seismic seabed surveys. Mapping of these areas is mainly based on coast-morphological investigations, which included the study of the littoral and shallow water zones as part of onshore fieldwork, making also use of aerial photographs.

Data density in the coastal zone is often low, i.e. future updating of the seabed sediment map will be focusing to a certain degree on this zone.

The basic data for the present digital map (*Digital map of Seabed Sediments around Denmark*) is the seabed classification map (*Bottomsediments around Denmark and Western Sweden*) issued in 1992 by the Danish National Forest and Nature Agency in co-operation with the Geological Survey of Denmark and the Geological Survey of Sweden (Nielsen, 1992). The digital map differs in many areas substantially from the map issued in 1992. The areas where new information has become available, of which a part has not been mapped before, have been indicated by means of a specific GIS-maptheme (see Fig. 2). This thematic map at a scale yielding much less resolution than the seabed sediment map shows the approximate outlines of the areas with new information.

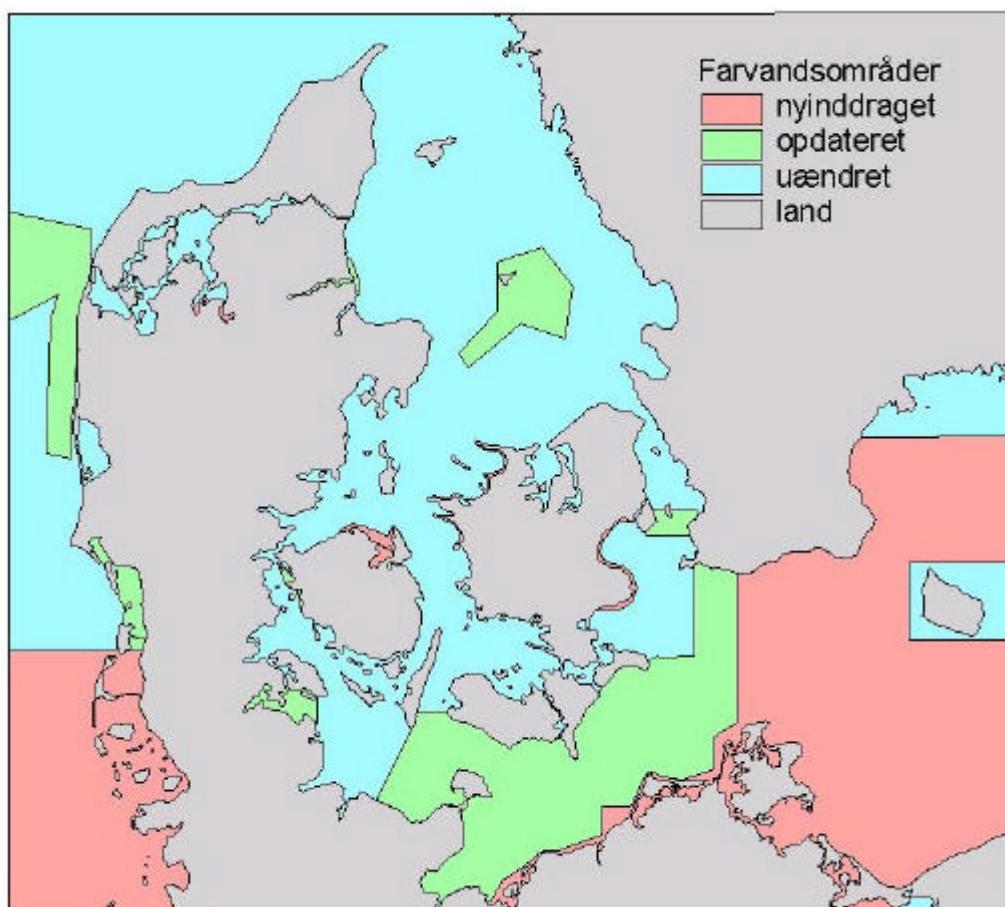


Fig. 2. Areas not previously included (in red). Areas that have been significantly updated (in green) and unchanged areas (in blue).

The present digital map covers areas that previously had not been included. This applies in particular to areas south and south-west of Rømø and to the area between Bornholm and Rügen. At the same time we have used the opportunity to move the island of Bornholm, which on the map issued in 1992 was placed „above“ Rügen, to its geographically correct position.

As shown on Fig. 2, about half of the surveyed area on the digital map displays virtually no changes when compared with the 1992-issue (in blue), while the other half either has significantly been modified and updated (in green), or shows new surveyed areas with seabed information (in red).

Seabed sediments

Although the sediment characteristics are primarily controlled by the actual current regime, they result also from the preceding geological history of the area. Various stages of the regional geological development and also other events as sea level and climate changes have left their finger print in the form of pre-quaternary crystalline or sedimentary rock, glacial deposits of quaternary age as well as limnic- and marine sediments of postglaciale age, the latter having been deposited under the influence of sea level change. These older deposits are also exposed to the actual current regime responsible for reworking, erosion, or burying of the older sediment strata by recent sediments.

East of Jutland in the area between the Skagerrak and the Baltic Sea water mass exchange is significant. Saline, high-density waters are transported along the bottom from the Kattegat through the Belt Sea into the Baltic, from where less dense, low-salinity surface water flows in opposite direction towards the Skagerrak. The two water masses display a distinct halocline, which can be found at typical depths of between 10 and 20 m. Recent sediments in our investigated area are composed partly of minerals that originate from seabed erosion or from rivers, wind and surface run-off, and partly of organic material, sulphides, shells, etc., of mainly marine origin.

The mapping has primarily been based on the interpretation of shallow seismic profiles and side scan sonar data, supplied with information from sediment surface samples. Areas with lag sediment are basically characterised by the presence of an overlying, very thin sediment cover, which may also be locally lacking, and the frequent occurrence of stones and coarse-grained surface sediments. The transition from mud to sandy mud is defined by the percentage of organic material (10 %) as determined by loss-on-ignition measurements. Areas with mud can often easily be recognised by means of the intensity of acoustic backscattering from the seabed. Also in this case, of course, ground-truthing with information from sediment samples is required. Seabed mapping in German waters was mainly based on information from systematic sediment sampling. These differences in mapping technique imply, that the sediment classification is not completely homogeneous. This is also the reason, that only 7 sediment classes have been defined, together with a category „unspecified seabed type“.

Simplified, a subdivision can be made between accumulation-, erosion- and transport bottoms. Accumulation bottoms are found in areas where sediments are being deposited under present marine conditions under the influence of waves and currents. Mud areas represent predominantly accumulation bottoms. Erosion- or transport bottoms are found in areas where recent marine sediments are thin, i.e. not thicker than a few decimetres, or they may be lacking, with older strata outcropping at the seabed. The lithology and composition of the older strata do not reflect the present sedimentary environment. Normally, however, the older strata are covered by a thin layer of coarse erosion products – residual or lag sediment – mixed with recent marine sediment and shells. Areas with stones, gravel and coarse sand eroded from glacial till are, for instance, often found alternating with thin beds of pure, well-sorted sand in areas indicated by „lag sediment on glacial till“. A characteristic feature is the short distance over which this bottom type can change.

The 7 main seabed sediment types will be described in the following section.

Mud

Mud is a general description for marine, organic-rich clay with a high water content. It is a soft, fine-grained sediment with more than ca 10% fine dispersed organic matter (measured as loss-on-ignition) and not more than a few weight percents of sand. Moreover, it often has a clearly visible content of (*Mytilus*) shells and plant remains. The water content is that high, that the solid phase only seldom yields more than 5-10 % of the volume. Mud is deposited in areas where the hydrodynamic energy level is very low, and where the surficial part of the mud layer mainly

consists of 0.1-0.7 mm large, oval faecal pellets from marine organisms, in which fine-grained material and organic matter is incorporated. The oval pellets are easily reworked, but a few centimetre's below the sediment surface they form a soft cohesive gel, which has a rather strong erosion-resistance. Mud bottoms are found in accumulation areas, that are relatively widespread in the basins of the inner Danish waters. Inflowing saline bottom water from the Skagerrak and the maximum wave height are the controlling factors determining the minimum water depth where permanent mud accumulation can occur. The shallowest level for the occurrence of mud ranges thus from about – 30 m in the central Kattegat to about – 4 m in the inner part of, for example, Vejle Fjord.

Sandy mud – muddy sand

This sediment type is a mixture of mud periodically reworked and transported in suspension and sand with coarse silt deposited after temporary bottom transport when hydrodynamic activity has ceased again. The proportion sand to mud can strongly vary, but can be classified with help of loss-on-ignition analyses. Sandy mud contains in the order of 4-10% organic matter, while muddy sand contains 1-4% organic matter measured on the base of loss-on-ignition. „Sandy mud – muddy sand“ is normally deposited in accumulation areas along basin margins in the transitional zone between sand and the mud areas as well as locally as a thin sediment cover in erosional areas. A decrease of the water content is associated with a decreasing organic matter content. This is reflected in sediment-echosounder records by a stronger seabed reflection and decreasing penetration.

Sand, locally with gravel and stones

The sandy seabed is characterised by the presence of non-cohesive mineral grains with a diameter of between 2 mm and 0.04 mm, i.e. a grain size range which makes it possible to visually recognise individual grains. In most cases the medium- to fine sand fraction is prevailing. The upper 5 to 20 centimetres of the sand bed is often reworked by wave-induced bottom currents, which occurs in the Kattegat down to a depth of ca 20 m, whereas this level is less deep in more protected areas. Due to frequent reworking, sorting of the sand is normally very good, and the content of fine material and organic matter is low, except for protected fjord environments where eel grass grows. The sandy bottoms often display the presence of ripple marks with an orientation reflecting bottom current action from the last storm. Sandy seabeds are widespread in Danish waters, and are found in a range of sedimentary environments also including erosion areas where outcrops of late glacial meltwater deposits and fossil postglaciale coastal formations occur. Furthermore, sand is found in the actual wave-dominated zone and in other highly-dynamic marine areas where current action dominates.

In relation with the melting of the glacial ice sheet in the end of the last Ice Age, in Denmark and adjacent offshore areas sandurs and delta's made of sand were formed. At a later stage coastal deposits of sand could locally develop at depths down to 30 m below present sea level. In erosion areas these deposits are exposed on the seabed and can form the substrate for the formation of recent, current-induced bedforms of various type.

Along wave-dominated coasts one can often distinguish between an inner littoral zone of sand, which includes the beach and barrier systems down to a water depth of 5-10 m. Here, the beach profile displays a break indicating the transition to the outer zone, where the topography flattens and sand accumulation prevails. The inner zone is characterised by frequent changes, that, however, eventually strive to retain the specific morphological balance characteristic for that coast. Seaward, in the outer zone of sand accumulation, medium grain sizes generally decrease with increasing water depth, although such a trend may be modified by local topography. Accumulation flats of marine sand occur in the outer littoral zone. These deposits slope seaward, and are often bounded by an erosional area. The flats can form in relation with a gradual seaward progradation of sand from the surf zone.

Current-induced sand deposition is governed by meteorologically-induced water mass exchange between the Skagerrak and Baltic. Meteorologically-induced currents prevail also in the coastal zone off the west coast of Jutland. Depending on specific atmospheric conditions, sand transport thus is highly episodic, and extreme currents are relatively rare (time-scale: months to years). Bottom currents with a speed (much) in excess of 50 cm/s are required, for instance, for the formation of sand waves typical for the channel system of the Belt Sea and Sound. With widening of the cross-section near the outlet of these channels, submarine delta's can be formed due to decreasing current strength.

Lag sediment on glacial till

Glacial till was formed by glacier-action in relation with the development of large ice sheets covering NW Europe during the past ice age(s). These deposits consist of extremely poor-sorted sediment ranging from clay to enormous erratic blocks. Till can be described according to its dominant characteristic grain size. In the Danish offshore areas it is mostly found as clayey till. The material of a till can originate from deposition beneath the glacier, or may originate from sediment transport and deposition in relation to melting processes at the glacier margin or top of the glacier. Since there is no typical difference in grain size composition, we do not further distinguish between different types of till. Within this context it can be noted, however, that a till formed beneath the glacier generally is more consolidated due to overburden of the glacier.

Areas from where glacial till has been eroded are often characterised by the widespread occurrence of large stones left from the till. The stone reefs found in Danish waters have in most cases been formed in this way. Since the latter areas are biologically valuable, and at the same time have been subject to intensive exploitation by stone dredging companies during many years, a start has been made with large-scale environmental protection in the form of habitat areas specifically pointed out. Off coastal cliffs formed by glacial till stony abrasion platforms are often found, at many localities partly covered by sand barriers.

In many areas with an erosion bottom or bottom characterised by sediment starvation the glacial till strata are found just below the seabed, covered only by a thin layer of lag sediment consisting of gravel, stones, shell debris together with sandy mud.

Lag sediment on quaternary clay and peat

This type of seabed includes areas where at shallow subbottom depth fossil, late- and postglaciale fine-grained sediments occur.

In relation with the melting of the glaciers from the Weichselian-age continental ice sheet glaciomarine deposits (Younger Yoldia clay) were formed in the Kattegat, while in the Baltic region during the same, late glacial time varved clays were deposited in the Baltic Ice Lake. In the following, continental period large parts of the present seafloor were above sealevel or water level of the Baltic icelake. Local lake and moor deposits were thus formed.

In areas where erosion or sediment starvation prevails these sediments are covered by only a thin layer of lag sediment, of which the composition depends on the underlying sediment type. Sediments covering glaciomarine deposits contain stones and gravel originally deposited as glacial dropstones, while the residual cover of postglaciale fine-grained sediments is likewise fine-grained.

Lag sediment on pre-quaternary sedimentary strata

Eroded pre-quaternary sedimentary strata are found exposed in the area around Bornholm, at the Drogden sill at the southern entrance of the Sound, in the area around Helgoland, and in some offshore areas where coastal chalk cliffs occur.

Near Bornholm deltaic and coastal sedimentary strata – partly cemented – occur. They consist mainly of sand, and are of Jurassic and Cretaceous age. In this area the pre-quaternary strata are subject to erosion, producing material which forms the main sediment source for the development of sand flats south-west of Bornholm. At the southern entrance of the Sound south-east of Saltholm eroded pre-quaternary chalk and flint strata are exposed at the seabed. Offshore the west coast of

Jutland outcrops of Upper Tertiary strata locally occur. In the shallow waters of the abrasion platform around Helgoland Triassic sandstone (Buntsandstein) is exposed at the seafloor.

Crystalline bedrock

Along the Swedish Kattegat coast many places are found in shallow water, where erosion occurs and crystalline bedrock outcrops at the seabed.

- Cartographic and GIS Technical Description -

Seabed Sediments around Denmark

Digital map 1:500.000

This digital map has been produced for the use at a scale of preferably 1:500.000, but in certain areas, for instance in parts of the Wadden Sea and the Sound, it is possible to choose a somewhat larger scale.

The map is vector-based and consists of polygons, that provide information on seabed sediments at or just beneath the seafloor. The digital map is well-fitted for integration with other GIS-based mapthemes. Via GIS it can be converted for use in text and graphic processing.

For projection of the map, the UTM zone 32 and ED50 ellipsoid have been used.

Digitising and editing production methods

The present map has been produced in the period 1999-2000. The digitising procedure initially consisted of the scanning of the polygon lines of the various seabed types as found on the original prints from the previously published seabed map (Nielsen, 1992). In addition, these data were vectorized via the Geographical Information System (GIS) ARC/INFO. This automatic process resulted in the introduction of various irregularities, that later had to be corrected. In this case a number of lines appeared to have become a wavy character, which, however, could be easily smoothed .

The data were now available in vector format, but without geographical reference. Converting the data into a geographical projection and co-ordinate system – in this case UTM – was done semi-automatically by the selection and input of a number of fix points with a known geographical position. This process is crucial for obtaining the correct position of the data to be mapped, and therefore it is preferable to select positions that have co-ordinates of well-known high accuracy, as, for instance, harbour constructions and coastal spits.

The next step in the digitising procedure was to modify and edit the produces lines in order to obtain complete polygons with the necessary topology. To conclude this step, every polygon was given a sediment type code.

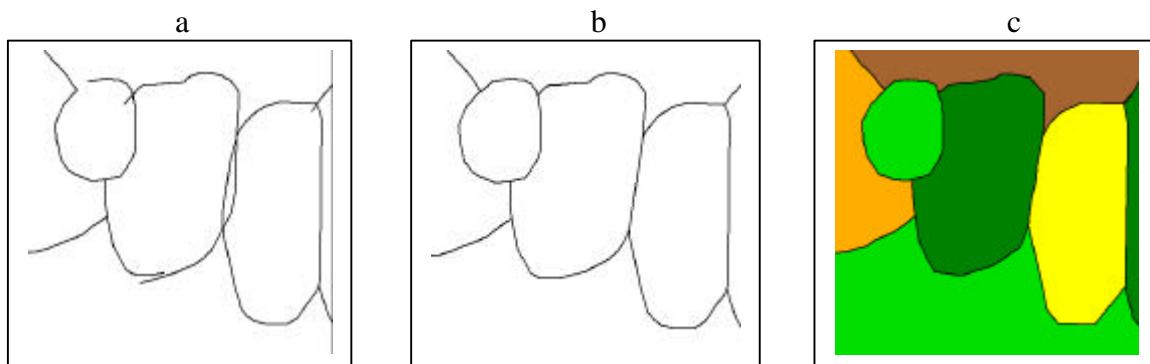


Figure 3. The editing process.

Figure 3 illustrates the editing process: a) disjoint lines with overlap b) edited lines assembles to polygons c) sediment type assigned to the polygons.

Since 1992 new and more detailed seabed investigations had been carried out in parts of the area. In these regions (see fig. 2) corrections were made.¹ It was not feasible just adding the new data, since these were available in a wide range of different scales and were compiled according to different classification systems. It turned out to be necessary to modify these new data for preparing them for the present classification and scale, before putting the new and thus corrected data into our digital data base, where they replaced the older data of the areas involved. To complete this procedure, it was necessary to further adapt and modify the polygons along the margins of the new revised areas.

The coastlines of the map originate from various sources. The Danish coastlines were obtained from the 1992-map and adjusted to the D500-coast line of the National Survey and Cadastra, using the GIS „rubbersheeting“ technique. Some areas as Sprogø and Peberholm have new coastline information acquired as a part of the AIS-project of the Ministry of Environment and Energy. The German and Swedish coastlines were obtained from a less detailed – but still highly useful – digitising project on global scale (ESRI, 1993). These coastlines were used for final correction of the geographical positions of the individual sediment polygons.

Signatures

The seabed sediments of the digital map have been indicated based on a seabed type code. The colours were chosen, partly for easily separating between them and partly with respect to the colour scales previously used on relevant maps issued by GEUS.

The seabed type code is a value ranging from 1 to 9, and belongs to all the polygons in the map. The codes 1 to 7 refer to the seabed types described above, whereas the code with value 8 indicates „unspecified seabed type“ and value 9 stands for „land“. For more details is referred to Fig. 4 and the legend in ArcView and MapInfo.

Seabed type	
	1 - Mud
	2 - Sandy mud - muddy sand
	3 - Sand, locally with gravel and stones
	4 - Lag sediment on glacial till
	5 - Lag sediment on quaternary clay and peat
	6 - Lag sediment on pre-quaternary sedimentary strata
	7 - Crystalline bedrock
	8 - Unspecified seabed type
	9 - Land

Figure 4. Cartographic legend of the sedimenttypes

Data density and possible errors

When comparing various areas of the map, the data shows clear variations of complexity. This is not only due to natural variability, but also to the fact that some areas have been better investigated than others.

The GIS-techniques applied including scanning and vectorising of an analogue map, with following manual screen correction, can result in errors and inaccuracies, among others, depending on the

¹ Some new results however were received too late to be included in this map (f.eks. areas close to the Swedish westcoast)

quality of the scanning. By far most of the errors have probably been identified and corrected. The accuracy of such a map will depend, however, less on how precise the editing process has been, but will mainly be determined by other factors as scale and the different type and quality of the source material. The smoothing procedure mentioned above is considered thus to have reduced the confidence level by only +/- 25 m, while at the 1:500.000 scale a 0.2 mm thick line itself already produces an inaccuracy corresponding to 100 m.

The process where some map regions were updated and added to the map replacing the old mapdata demanded a trade-off when adjacent areas didn't fit together. This must have contributed to some further uncertainties in these regions.

Associated maps layers

After the above mentioned corrections the digital coastline was extracted from the seabed type maps, after which the coastline data set has been converted into an individual maplayer, which can be set up and printed independently.

An extra thematic map (see fig. 2) has been added, which shows the areas where the information has not been changed, areas where the changes compared with the 1992-map have been substantial, or where new information became available in areas previously not surveyed.

References

Data from a number of published maps, articles and reports have been included in the present digital map:

Maps:

Atzler, R., Hoffmann, G., Milkert, D., Sund Laursen, J. & Kuijpers, A. 1994: Mapsheet Flensburg Fjord, Sedimentmap. DGU Mapseries no. 46.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland. 1987: Geologische Übersichtskarte 1:200.000. CC2326 Lübeck.

Digital Chart of the World. ESRI Inc. Redlands 1993.

Figge, K. 1981: Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Nr. 2900. Deutschen Hydrographischen Institut, Hamburg.

Genders, S. & Larsen, B., 1976: Sedimentundersøgelser fra farvandene mellem Skagerrak og Østersøen. Miljøstyrelsen. Bæltprojektet, Sediment Undersøgelser, Tekst og Figurer.

Jensen, J.B., Kuijpers, A. & Lemke, W. 1996: Mapsheet Femer Baelt – Arkona Bassin, Late-Quaternary sediments. DGU mapseries no. 52.

Kramarska, R. 1995: Sediments 1 meter below Sea Bottom Surface. In: R. Datlez et all. Geological Atlas of the Southern Baltic. Polish Geological Institute.

Kuijpers, A., Larsen, B. & Nielsen, P.E. 1991: Overfladesedimenter i den danske del af Øresund. DGU kortserie nr. 26.

Nielsen, P.E. 1992: Seabottom Sediments around Denmark and Western Sweden. National Forest and Nature Agency, Geological Survey of Sweden, Geological Survey of Denmark. DGU mapseries no. 38.

Pertillä, M. & Brügmann, L. 1992: Review of Contaminants in Baltic Sediments. ICES Cooperative Research Reports no 180.

Seehydrographischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik, Rostock. 1987: Mecklenburg Bucht Sedimente. 13130-ES.

SGU 1979: Maringeologiska Kartan. 1C/Falsterbo (Øresund) . SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1979: Maringeologiska Kartan. 3C SV Kullaberg (Øresund). SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1979: Maringeologiska Kartan. 2C/Landskrona (Øresund) . SGU rapp. 2 medd. 13

SGU 1989: Maringeologiska Kartan. 041/042 Stora Middelgrund-Halmstad (del 1). SGU Ser. Am nr. 4.

SGU 1989: Maringeologiska Kartan. 031 Stora Middelgrund-Halmstad (del 2). SGU Ser. Am nr. 4.

SGU 1994: Maringeologiska Kartan. 5B NV/5B SV/5B NO/5B SO/5C NV/5C SV Lilla Middelgrund - Varberg SGU Ser. Am nr. 5.

Tauber, F. und Lemke, W. 1995: Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee. Blatt Darss. Institut Für Ostseeforschung, Warnemünde.

Articles and reports:

Bartholdy, J. and Folving, S. 1986: Sediment Classification and surface type mapping in the Danish wadden sea by remote sensing. Netherlands Journal of Sea Research 20 (4), 337 – 345.

Björck, S. and Dennegård, B. 1988: Preliminary stratigraphic studies on the Late Weichselian and Holocene development of the Hanö Bay, southeastern Sweden. Geographia Polonica 55, 52-61.

Havbundsundersøgelser. Marine raw materials and preservation. * Bornholm, 1986, * Djursland Nord, 1986, * Fakse Bugt, 1986, * Grenå, 1987, * Hornbæk, 1989, * Lille Bælt, 1986, * Nordsjælland, 1987, * Roskilde Fjord, 1987, * Samsø Sydøst, 1991, * Sejerø Bugt, 1989, * Sjællands Rev, 1987, * Smålandsfarvandet, 1987, * Storebælt, 1988, * Bornholm sydvest, 1988. Summary in english.

Kramarska, R. 1998: Origin and development of the Odra Bank in the light of the geological structure and radiocarbon dating. Geological Quaterly, 42 (3), 277 – 288

Lemke, W., Kuijpers, A., Hoffmann, G., Milkert D. and Atzler, R. 1993: The Darss Sill, hydrographic threshold in the southwestern Baltic: Late Quaternary geology and recent sediment dynamics. Continental Shelf Research, 14 (7/8), 847 – 870.

Leth J., Anthony, D., Andersen, L.T., Jensen, J.B. 1999: Geological mapping of the Westcoast of Jutland. Regional Geological Interpretation of the Coastal Zone between Lodbjerg and Nyminddegab. GEUS rep. 1999/75.

Pheiffer Madsen, P. & Larsen, B. 1986: Accumulation of Mud sediments and trace metals in the Kattegat and the Belt Sea. Report from the Marine Pollution Laboratory 10, 54 s. Miljøstyrelsen

Seibold, E., Exon, N., Hartmann, M., Kögl, F.C., Krumm, H., Lutze, G.F., Newton R.S., and Werner, F. 1971. Marine geology of Kiel Bay in: G. Müller (Hrsg.): Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook, 8. Internat. Sed. Congr., Heidelberg, 209 – 235.

Tauber, F. 1997: A numerical and practical test of ternary diagrams for grain-size data classification. In: Proceedings of IAMG'97, The Third Annual Conference of the international Association for Mathematical Geology, V. Pawlowsky – Glahn (ed.), Cimne, Barcelona 1997, 186 – 191.

- Basale oplysninger -

Digitalt kort over Havbundssedimenter omkring Danmark

1:500.000

Indhold

Denne cd-rom indeholder overordnet set et digitalt kort over havbundssedimenter (med legende) samt en tilhørende beskrivelse.

Det oprindelige dataformat for kortet er et ARC/INFO-cover, men i denne cd-rom version er kortet konverteret til ArcViews Shape format, ver. 3.2 (som desuden kan læses af ARC/INFO) og MapInfos Mif/Mid format, ver. 5.0. Brugere, som ikke er i besiddelse af et GIS (Geografisk Informations System), kan anvende kortet via den grafiske fil i pdf-format. Den tilhørende geologiske og korttekniske beskrivelse ligger både som word dokumentet **beskriv.doc** og i Acrobat Reader format som filen **beskriv.pdf**.

For overskuelighedens skyld indeholder cd-rom'en 4 mapper: ArcView, MapInfo, Acrobat_Reader og Word. Hver af de 3 først nævnte mapper indeholder de relevante filer med havbundssedimentkort og legende, medens mappen Word kun indeholder tekstdokumenter.

- ArcView
 - 1. Sedimentkort
 - 2. Kystlinie
 - 3. Navne
 - 4. Opdateringer
 - 5. Legende (Dansk+Engelsk)
- MapInfo
 - 1. Sedimentkort
 - 2. Kystlinie
 - 3. Navne
 - 4. Opdateringer
 - 5. Workspace til sedimentkort (Dansk+Engelsk)
 - 6. Workspace til opdateringer
- Acrobat_Reader
 - 1. Samlet kort (Dansk+Engelsk)
 - 2. Beskrivelse (Dansk+Engelsk)
 - 3. Basale oplysninger (Dansk+Engelsk)
- Word
 - 1. Beskrivelse (Dansk+Engelsk)
 - 2. Basale oplysninger (Dansk+Engelsk)

ArcView: Begrebet 'en shape-fil' dækker over flere adskilte filer, der figurerer således 5 filer vedr. sedimenttypen i mappen ArcView. Udover selve sedimentpolygonerne i filen **Sediment.shp** drejer det sig om index- og databasefilerne: **Sediment.shx**, **Sediment.dbf**, **Sediment.sbn** og **Sediment.sbx**. Hertil kommer en legendefil **Sediment_legende.avl**. I mappen findes også to sekundære korttemaer: **Kyst.shp** og **Navne.shp**. Til hver af disse findes tilsvarende index- og databasefiler. Herudover findes et selvstændigt tema i en grovere målestok: **Opdateringer.shp**, med legenden **opdateringer_legende.avl**. Denne viser hvilke områder der er ændret i forhold til bundtypekortet fra 1992.

MapInfo: Mappen MapInfo indeholder 3 filer: **Sediment.mif**, **Sediment.mid** og **Sediment.wor**. De to førstnævnte filer anvendes ved *import* af temaet i MapInfo, hvilket resulterer i 4 filer:

Sediment.tab, **Sediment.dat**, **Sediment.id** og **Sediment.map** som lægges på brugerens harddisk.

Navne importeres på tilsvarende vis og kopieres til brugerens harddisk i samme mappe/directory som de importerede havbundssedimentkort-filer. **Sediment.wor** kopieres til brugerens harddisk i samme mappe/directory som de øvrige filer. Det digitale kortværk åbnes efterfølgende ved at dobbeltklikke på filnavnet **Sediment.wor**.

Der findes også et supplerende korttema: **Kyst**. Samt det selvstændige tema **Opdateringer** med workspace **Opdateringer.wor**. **Opdateringer** viser hvilke områder der er ændret i forhold til bundtypekortet fra 1992.

Acrobat_Reader: Denne mappe indeholder filer i pdf-format, som er filer i et grafisk format men uden geografisk reference. Det drejer sig om hele kortet og legenden (incl. navne) i ét billede:

Sediment.pdf, samt teksterne **Beskriv.pdf** og **Laes_mig.pdf** (denne fil). Filer i Pdf-format kan ses i Adobe Acrobat Reader, der kan downloades gratis fra internetadressen: <http://www.adobe.com>.

Word: Denne mappe indeholder de 2 tekst filer Beskriv.doc og Laes_mig.doc.

Krav til system

For at kunne anvende denne cd-rom optimalt kræves operativsystemet Windows 95, 98 eller WindowsNT.¹ Operativsystemerne vil typisk kræve en Pentium-PC med 32 MB RAM som minimum. Med mindre data er kopieret over på et fællesdrev kræves naturligvis også et cd-rom drev.

En farveskærm med høj oplosning og 16-bit farver anbefales.

GIS-korttemaerne kan anvendes i de mest udbredte GIS: ArcView, Arc/Info og MapInfo, men er man ikke i besiddelse af et af disse - eller andre GIS som læser de anvendte formater - kan man downloade ArcExplorer fra <http://www.esri.com/software/arcelocator/index.html>. ArcExplorer er et gratis mini-GIS, som anvender ArcViews shape-format. Legenden må man til gengæld selv opbygge.

Målestoksforhold

Både GIS og grafiske programmer (som Acrobat_Reader) giver mulighed for at zoome på kortet, men det bør erindres, at kortet er produceret til anvendelse i målestoksforholdet 1:500.000.² Læs i øvrigt under den korttekniske beskrivelse i filen **beskriv** om mulige fejl og usikkerheder på kortet.

Signaturer

Bundsedimenterne er i det digitale kort angivet med farver på baggrund af en sedimenttypekode. Farverne er valgt, dels så de ret let kan skelnes fra hinanden og dels så de minder om de farver, der er anvendt i lignende kort fra GEUS.

Sedimenttypekoden er en værdi mellem 1 og 9, som er knyttet til hver eneste polygon på kortet. Koderne 1-7 angiver sedimenttype, mens kodeværdi 8 angiver "ukendt sedimenttype" og kodeværdi 9 er "land". Se det uddybende afsnit "Kortteknisk beskrivelse" i filen **beskriv**.

¹ Maskiner i MacOS og Unix miljøer kan også bruge data, hvis versioner af ArcView eller MapInfo fungerer på dem

² Hvilket f.eks. svarer til at Bornholm er 5-6 cm bred på skærmen/plottet

Ophavsret og leveringsbetingelser

Denne cd-rom er fremstillet af GIS-laboratoriet på GEUS, Kvartær- og Marinegeologisk Afdeling.
For levering af denne cd-rom gælder følgende betingelser:

1. Rettigheder.

1.1 Ejendoms- og ophavsrettigheder.

GEUS overdrager alene ejendomsretten til det leverede eksemplar af cd-rom'en og således ingen ejendoms-, ophavs- eller øvrige rettigheder til Kunden, hverken til de digitale kort eller øvrige data, som ligger på cd-rom'en.

1.2 Kundens rettigheder.

Kunden har ret til at anvende cd-rom'en til eget brug, herunder ret til at bearbejde indholdet samt ret til at foretage datafangst i indholdet af cd-rom'en. Kunden har kun ret til at kopiere cd-rom'en i det omfang Kunden har købt en flerbrugerlicens.

Kunden har ikke ret til at fremstille og videregive produkter, hvori indholdet af cd-rom'en indgår i bearbejdet form, med mindre det sker til rene ikke-kommercielle formidlingsformål indenfor Kundens ressortområde/forretningsområde. Kundens ret omfatter dog ikke retten til fremstilling og videregivelse af nye kort, baseret helt eller delvis på indholdet af cd-rom'en, uddover til eget brug. Rettighederne i henhold til disse betingelser omfatter såvel den digitale form som enhver anden form.

Kundens rettigheder i henhold til disse betingelser kan udnyttes af personer ansat hos Kunden og dennes datterselskaber. Kunden er endvidere berettiget til at stille indholdet af cd-rom'en til rådighed for konsulenter og lignende til brug for udførelse af arbejder for Kunden. Indholdet af cd-rom'en kan i disse tilfælde kun stilles til rådighed for andre i den udstrækning, som det konkrete formål tilsiger.

Såfremt Kunden er entreprenør, konsulent eller lignende, som erhverver cd-rom'en til brug for udførelse af en opgave for en kunde, skal "til eget brug" præciseres, således at det tillige omfatter "til Kundens brug", under forudsætning af at der kun sker videregivelse til een kunde.

Såfremt Kunden er en kommune eller et amt, kan ordene "til eget brug" præciseres, således at Kunden har ret til at anvende indholdet af cd-rom'en til administrative formål i Kundens egen forvaltning, i forbindelse med behandlingen af konkrete sager og til planlægningsopgaver, herunder udarbejdelse af kommuneplaner/regionplaner.

1.3 Videresalg og anden videregivelse.

Kunden har ikke ret til at kopiere, offentligøre, videresælge eller udleje eksemplarer af hele eller dele af indholdet af cd-rom'en eller på anden måde at videregive indholdet af cd-rom'en i oprindelig eller bearbejdet form på anden måde end beskrevet ovenfor i pkt. 1.2, med mindre GEUS giver skriftligt samtykke hertil.

Såfremt indholdet af cd-rom'en videregives eller på anden måde stilles til rådighed for tredjemand i henhold til pkt. 1.2 eller udtrykkelig aftale, er Kunden forpligtet til at underrette tredjemand om og pålægge tredjemand at respektere GEUS' rettigheder i henhold til nærværende betingelser.

1.4 Kildehenvisning m.v.

Kunden er forpligtet til i behørigt omfang at angive GEUS som datakilde i overensstemmelse med ophavsretsloven og sædvanlig praksis. Ved kildehenvisninger skal Kunden så vidt muligt henvise til denne cd-rom, således at tredjemand gives mulighed for at gøre sig bekendt med data fra GEUS i deres oprindelige form. Endvidere skal Kunden, såfremt disse oplysninger foreligger, anføre dato for GEUS' seneste opdatering, eventuelle forbehold m.h.t. datas nøjagtighed samt oplysning om hvilke tilføjelser Kunden har foretaget.

2. Ansvar.

GEUS indstår for, at indholdet af cd-rom'en er i overensstemmelse med GEUS' database på tidspunktet for produktion af cd-rom'en.

Data er indsamlet og tolket efter gældende videnskabelig praksis på indsamlingstidspunktet. GEUS påtager sig dog intet ansvar for datas kvalitet, pålidelighed, nøjagtighed eller anvendelighed til Kundens formål og påtager sig derfor heller intet ansvar for konsekvenser af Kundens brug af indholdet af cd-rom'en, uanset om sådanne konsekvenser skyldes fejl og mangler i GEUS' database eller Kundens anvendelse, bearbejdning og fortolkning af indholdet af cd-rom'en. Tilsvarende gælder, såfremt cd-rom'en er baseret på data, som er indberettet til GEUS af tredjeman.

Projektet - deltagere og ansvarlige

Dette projekt blev initieret i 1996 som et bidrag til Miljø- og Energiministeriets Areal Informations System (AIS). Projektet omfattede oprindelig kun en digitalisering af det trykte Bundtypekort (Nielsen, 1992), men blev sidenhen udvidet til også at indebefatte en ganske væsentlig opdatering af kortet. Der pågår hele tiden nye undersøgelser af området, så allerede på udgivelsesdagen vil der for nogle områder foreligge reviderede kortlægninger. Sådanne må imidlertid løbende medtages i senere udgaver af kortet.

Projektledelse og koordination: Bjørn Hermansen

Redaktion af kort og cd-rom: Jørn Bo Jensen og Bjørn Hermansen

Maringeologisk kartering: Jørn Bo Jensen, Birger Larsen, Poul Erik Nielsen, Antoon Kuijpers, Dennis Anthony, Jørgen O. Leth, Steen Lomholt, Merete Binderup, Tove Nielsen samt en række eksterne bidragydere (se referencelisten).

Kvalitetssikring: Peter Gravesen

Digitalisering og GIS-redigering: Kim Mogensen

Andre GIS-opgaver: Frants von Platen, Josefine Svorin og Lisbeth Tougaard

Engelsk oversættelse: Antoon Kuijpers

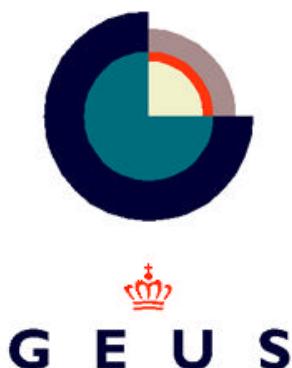
Henvendelse vedrørende fejl eller problemer med dette digitale kort bedes rettet til GIS-laboratoriet ved Lisbeth Tougaard:

Tlf. 38 14 29 16.

Fax 38 14 20 50.

E-mail: lit@geus.dk.

Udgivelsesdato: 10. november 2000.



- Basic Information -

Seabed Sediments around Denmark

Digital map 1:500.000

Contents

The content of this cd-rom is – in summary – a digital map of seabed sediments with its legend together with a description of the data presented.

The original data format of the map is an ARC/INFO cover, but in the present cd-rom version the map data have been converted into ArcViews Shape format (version 3.2), which can also be read by ARC/INFO, and the MapInfo's Mif/Mid format (version 5.0). Users that have no access to a Geographical Information System (GIS), can use the map through the graphic file in pdf format. The geological and cartographic description is presented both as a word document **describe.doc** and as an Acrobat Reader file **describe.pdf**.

For a quick overview, the cd-rom includes 4 directories: ArcView, MapInfo, Acrobat_Reader and Word. The 3 directory's mentioned first contain the relevant files of the seabed sediment map and legend, while the word directory only contains the description file and basic information file (read_me).

- ArcView
 - 1. Sedimentmap (Sediment)
 - 2. Coastline (Kyst)
 - 3. Names (Navne)
 - 4. Updates (Opdateringer)
 - 5. Legend (Danish+English)
- MapInfo
 - 1. Sedimentmap (Sediment)
 - 2. Coastline (Kyst)
 - 3. Names (Navne)
 - 4. Updates (Opdateringer)
 - 5. Workspace for sedimentmap (Danish+English)
 - 6. Workspace for updates
- Acrobat_Reader
 - 1. Complete map (Danish + English)
 - 2. Description (Danish + English)
 - 3. Basic information (Danish + English)
- Word
 - 1. Description (Danish + English)
 - 2. Basic information (Danish + English)

ArcView: The term „shape-file“ covers several individual files, 5 files dealing with the sediment types can be found under the ArcView directory. In addition to the sediment polygons included in the **Sediment.shp** file, the index- and data base files: **Sediment.shx**, **Sediment.dbf**, **Sediment.sbn**, and **Sediment.sbx** are found. A further file, **Sediment_legende_eng.avl**, refers to the english legend of the map. Two additional thematic maps can also be found in the directory: **Kyst.shp** (coast), and **Navne.shp** (names). For each of these the associated index- and data base files have also been included. Besides this there is an independent map theme in a much smaller scale: **Opdateringer.shp** (updates) with the legend **Opdateringer_legende.avl**.

MapInfo: The MapInfo directory includes 3 files: *Sediment.mif*, *Sediment.mid* and *Sediment.wor*. The former two files are to be imported in MapInfo, which results in 5 files: *Sediment.tab*, *Sediment.dat*, *Sediment.id*, *Sediment.ind* and *Sediment.map*. These 5 files should be placed on the hard disk. *Sediment-eng.wor* is copied to the hard disk in the same directory as the imported sediment files. After that the digital map can be opened by a double click on the file name *Sediment-eng.wor*. As in the case of the ArcView directory, two supplementary thematic maps are included: *Kyst* (coast) and *Navne* (names). As well as the independent map theme *Opdateringer* (updates) with the workspace *Opdateringer.wor*.

Acrobat_Reader: This directory contains files in pdf-format, which is a graphic format but without geographical reference. In this case the complete map with english legend and names is found in the file *Sediment-eng.pdf*. The text files *Description.pdf* and *Read_me.pdf* are also found here. The files in Pdf-format can be read via Adobe Acrobat Reader which can be downloaded from the internet (<http://www.adobe.com>) free of charge.

Word: This directory contains the two text files *Description.doc* and *Read_me.doc* as word documents.

Computer requirements

In order to utilise the cd-rom information and to reproduce a high-quality map, a minimum requirement is one of the following operative systems: Windows 95, 98 or Windows NT. Systems operating with MacOS and Unix may be used as well, providing an ArcView or MapInfo version has been installed. In practice, it typically requires the use of a Pentium-PC with a (minimum) 32 MB RAM. Not regarding available internal network facilities, a cd-rom drive is of course a basic requirement. Furthermore, we recommend the use of a high-resolution colour screen with a 16-bit default colour standard range.

The GIS-thematic maps can be used in most known GIS as ArcView, Arc/Info, or MapInfo, but if one has no access to these – or other GIS which can read the formats supplied – one can download ArcExplorer from the Internet address: <http://www.esri.com/software/arceexplorer/index.html>. ArcExplorer is a mini-GIS free of charge, which uses ArcView's shape-format. The legend, however, is not automatically reproduced, and has to be compiled by the reader.

Scale

Both the GIS and graphic programmes (as Acrobat_Reader) provide facilities for zooming. Within this context one should bear in mind, however, that the map has been produced for use at a 1:500.000 scale. This implies, for instance, that on the (screen/plot) map display the size of the island of Bornholm is 5-6 cm. Furthermore the reader is referred to the cartographic description (see *description.doc*), where possible errors and inaccuracies are discussed.

Signatures

On the digital map the seabed sediment types have been indicated by colours based on a sediment type code. The colours were selected in order to easily separate between different sediment types and, furthermore, they correspond as much as possible to colours used on similar maps previously published by GEUS.

The seabed type code is a number with values ranging from 1 to 9, belonging to each of the polygon's of which the map is composed. The codes 1 to 7 refer to the seabed types , while the code with value 8 indicates „unspecified seabed type“ and the code with value 9 stands for „land“. For further details, the reader is referred to the section with the cartographic description (see file *description*).

Intellectual property Rights and User's Legal Rights and Restrictions

(The text below is a simple translation of the Danish text which contains the valid legal terms)

This cd-rom has been produced at the GIS-laboratory of the Department for Quaternary and Marine Geology, Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS). The delivery of this cd-rom occurs under following conditions and restrictions:

1. Legal rights, conditions and restrictions

1.1 Owner- and copy right

At the delivery of the cd-rom GEUS solely transfers the right of ownership of that specific cd-rom, thus explicitly excluding the Client from having a basic Owner- or Copy Right, nor any other right, for the digital map(s) involved or all data stored in the cd-rom dealt with.

1.2 Client's rights

The Client has the right to use the cd-rom only privately. This includes also the right to work with the cd-rom's data base, and to make data compilations based on the cd-rom content. The Client is allowed to copy the cd-rom only in the case the Client has bought a license for (an) additional user(s). The number of copies may never exceed the number of additional users referred to in the licence.

The Client has no right to fabricate and distribute products, that contain data from the cd-rom in processed form, unless this occurs exclusively non-commercial and with the purpose of internal information, which is restricted to the Client's immediate working area. Moreover, the Client's right does not include the right to produce and distribute new maps, that are entirely or partly based on data from the cd-rom dealt with, unless these are produced for private use of the Client only. These rights and conditions apply both to the use of the digital data set and all other forms of presentations based on the data set involved.

The Client's rights with respect to conditions and restrictions referred to above are transferable to persons employed by the Client and his daughter companies. Furthermore, the Client has the right to make the content of the cd-rom available for consultants and other persons with a consulting function for facilitating their work for the Client. However, in this case the content of the cd-rom is allowed to be made available only partly, i.e. to such a degree as is required for the specific work dealt with.

In so far the Client is an industrial company, a consulting agency or other, comparable commercial branch acquiring the cd-rom with the purpose to use it in relation to work ordered by their client, the restriction „for private use only“ must be defined in a such way, that it also stands for „for use by the Client“, under condition that this refers to the actual case, and is valid exclusively for the specific work ordered by only this one client.

In so far the Client is a public authority representing a city, county, etc., the restriction „for private use only“ must be re-defined in such a way, that the Client has the right to use the cd-rom for administrative and management purposes within the Client's own administration, as for dealing with actual issues and for the purpose of public planning, on local or regional scale.

1.3 Further transfer and distribution

The Client does not have the right to copy, publish, sell, lease, or rent material containing parts, or the complete content of the cd-rom, or to distribute in an other way the content of the cd-rom in its original or modified version otherwise than described above under Section 1.2, unless GEUS has explicitly given written permission for this.

So far the content of the cd-rom is distributed, or otherwise made available to a third party in reference to Section 1.2 or written agreement, the Client must inform the third party about, and enforce the third party to respect, the GEUS Owner Rights, referring to restrictions and conditions as stated above.

1.4 Data sources and reference

According to Owner and Copy Rights, and following normal practice, in all applicable cases the Client must cite and refer to GEUS as information source. When citing, the Client must preferably refer to the cd-rom dealt with, in order to facilitate a third party also to obtain access to data from GEUS in their original form. Furthermore, the Client must cite the latest date of updating by GEUS, as far as this information is available, and indicate possible limitations in the accuracy of the data together with a statement whether new data have been added by the Client.

2. Responsibility

GEUS warrants guarantee, that the content of the cd-rom contains the latest updating of the GEUS data base prior to cd-rom production.

The data were collected and interpreted according to standard scientific methods at the time of acquisition. GEUS has, however, no responsibility for the quality of the data, degree of confidence, accuracy, or benefit and practical use for the Client's work at aim. In addition, GEUS has thus no responsibility for possible consequences of the cd-rom's use by the Client – whether such consequences originate from errors or gaps in the GEUS' data base, or from the use, processing or interpretation of the cd-rom data set by the Client. The same applies, so far the content of the cd-rom is based on data provided to GEUS by a third party.

Project information

The project was initiated in 1996 as a contribution by GEUS to the Area Information System (AIS) of the Ministry for Environment and Energy. Originally, the project only included digitising of the seabed map issued by Nielsen (1992), but later it was extended and a major updating of the 1992-map became part of the project. Since the offshore investigations in the area dealt with have continued, with new surveys being planned, already on the actual day of issue there will be new information available for some of the areas. Therefore, further updating of the map will be done as frequently as possible.

Project management and co-ordination: Bjørn Hermansen

Main editors: Jørn Bo Jensen and Bjørn Hermansen

Contributors (seabed mapping): Jørn Bo Jensen, Birger Larsen, Poul Erik Nielsen, Antoon Kuijpers, Dennis Anthony, Jørgen O. Leth, Steen Lomholt, Merete Binderup, Tove Nielsen, together with a number of external contributors (see References)

Quality control: Peter Gravesen

Digitising and editing: Kim Mogensen

Other GIS contributors: Frants v. Platen, Josefine Svorin and Lisbeth Tougaard

Translation: Antoon Kuijpers

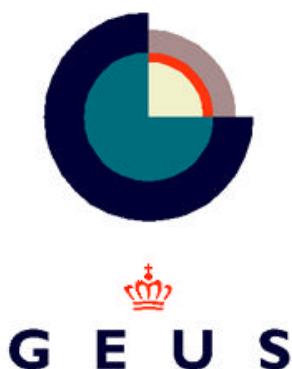
In case of errors or problems with this digital map, please contact the GIS-laboratory at GEUS, Lisbeth Tougaard:

Tel. +45 - 38 14 29 16


Fax +45 - 38 14 20 50

E-mail: lit@geus.dk

Date of issue: 10. November 2000



Havbundssedimenter omkring Danmark



Seabed Sediments around Denmark

