

A photograph of a diver in a red wetsuit and helmet, standing on a boat. The diver is holding a camera and has a light on their chest. The background is a large body of blue water under a clear sky. The text "Den svenska kontinentalsockelns berggrund" is overlaid on the upper part of the image.

Den svenska kontinentalsockelns berggrund

SGU

Den svenska kontinentalsockelns berggrund

Per Ahlberg

Sammanfattning av tillgängliga undersökningar

Med bidrag av Jan Bergström, Tom Flodén och Per Söderberg

Till denna rapport hör två kartblad över den svenska kontinentalsockeln jämte angränsande havsområden i skala 1:1 miljon. Kartorna har godkänts för spridning av Sjöfartsverket och Marinen.

SGU har redan utgivit maringeologiska kartor över hela Öresund och arbetar f n med de maringeologiska bladen Halmstad och Varberg i Kattegatt. Från Östersjön har de maringeologiska bladen Kopparstenarna, Gotska Sandön och Fårö redan tryckts. Se omslagets baksida för beställningsinformation.

Omslaget visar en av SGUs maringeologer på väg mot Öresunds botten utanför Mölle.

Innehåll

Sammanfattning	4
Uppdraget	5
Kontinentalsockeln	7
Vetenskaplig definition	7
Den svenska kontinentalsockelns fysiografi och omfattning ..	8
Undersökningsmetoder till havs	9
Magnetiska metoder	10
Gravimetriska metoder	11
Seismiska metoder	12
Marina geofysiska metoder - exempel från Stockholms universitet av Tom Flodén	12
Positionsbestämning	12
Ekolodning	13
Sedimentekolodning	14
Reflektionsseismisk profilering	14
Refraktionsseismisk mätning	16
Ljudhastighetsberäkningar i havsvatten och sediment	18
Magnetiska mätningar	18
Databehandlingsteknik	20
Geofysiska undersökningar av berggrundsgeologin	21
Boliden Metall AB	21
Dansk Boreselskab A/S	24
Eugeno-S-projektet	26
GECO och NOPEC	28
Geologiska Forskningsanstalten, Finland	28
Gulf Oil Company, Denmark Ltd	31
OPAB	31
Project Tornquist av Jan Bergström	35
SGU, Allmänna byrån	36
SGU, Maringeologiska avdelningen	36
Stockholms universitet, Maringeologiska avdelningen	38
Vetenskapliga undersökningar av Per Söderberg	40
Ingenjörsgelogiska uppdrag av Per Söderberg	45
VBB, Malmö	49
Western Geophysical	49
Woods Hole Oceanographic Institution	50
Borrningar i berggrunden	53
Borrningar till havs	53
Bottenhavet	53
Centrala Östersjön	53
Södra Östersjön	54
Öresund	57
Viktiga djupborrningar på land	58
Gästrikland	58
Gotland	58
Öland	59
Skåne	60
Andra geofysiska undersökningar	62
Tyngdkraftsmätningar	62
Magnetiska mätningar	64
De lösa avlagringarna	67
Kontinentalsockelns berggrundsgeologi	67
Bottenviken	68
Bottenhavet	69
Ålands hav och norra Östersjön	71
Centrala Östersjön	73
Södra Östersjön och Öresund	75
Kattegatt och Skagerack	79
Förslag till framtida inriktning av Jan Bergström	81
Ordförklaringar	82
SGU:s databank	85
Publicerad litteratur	86

Appendix A	96
Appendix B av Per Söderberg	97

Sammanfattning

Under de senaste decennierna har den maringeologiska tekniken utvecklats kraftigt. Parallellt med detta har kunskapen om havsbottenarnas geologi ökat. De metoder som framförallt används inom maringeologin är mätningar av seismiska vågor, tyngdkraften (gravimetri) och avvikelser i det jordmagnetiska fältet (magnetometri). De seismiska mätmetoderna bygger på ljudvågors förmåga att vid låga frekvenser tränga genom sediment och berggrund och avslöja lagring, kontakter mellan olikartade bergarter och strukturer på djupet. Tolkningen av seismiska mätningar är som regel betydligt säkrare än vad fallet är med magnetiska mätningar och tyngdkraftsmätningar. Seismiken är därför den viktigaste geofysiska metoden för kartläggning av den submarina geologin. För att få direkt information om de geologiska förhållandena till havs erfordras emellertid borrhningar.

Enligt 1958 års Genève-konvention, ratificerad av Sverige 1964, ankommer det på varje enskilt land att utforska sitt kontinentalsockelområde i geologiskt hänseende, dels med hänsyn till ekonomisk-geologiska intressen, dels på grundval av rent vetenskapliga motiveringar. Sverige omges till mer än 50% av hav, vars botten helt ligger inom kontinentalsockeln. Före 1960-talet var geologin på den svenska kontinentalsockeln i det närmaste okänd. Under de senaste årtiondena har emellertid ett flertal myndigheter, institutioner, företag och organisationer utfört geologiska undersökningar i våra omgivande havsområden och kännedomen om geologin har successivt ökat. De mest omfattande undersökningarna har utförts av Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, Oljeprospekterings AB (OPAB)/Svenska Petroleum Exploration AB och Sveriges geologiska undersökning (SGU). Undersökningar inom geografiskt mera begränsade områden av den svenska kontinentalsockeln har utförts av Boliden Metall AB (Bottenviken), Dansk Boreselskab A/S (södra Öresund och västra Östersjön), Eugeno-S-projektet (Kattegatt och Skagerack), Geophysical Company of Norway (GECO), Stavanger, och Norwegian Petroleum Exploration Consultants (NOPEC), Oslo (Kattegatt), Geologiska Forskningsanstalten, Finland (främst Bottniska viken), Gulf Oil Company, Denmark Ltd (Kattegatt, södra Öresund och västra Östersjön), Projekt Tornquist (södra Östersjön och Kattegatt), Vattenbyggnadsbyrån (VBB), Malmö (södra Öresund), Western Geophysical Company of

America, Middlesex, England (Skagerack och Kattegatt) samt Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts (södra Östersjön).

Medan berggrunden på det svenska fastlandet domineras av kristallina bergarter består den i våra omgivande havsområden till stora delar av yngre sedimentära bergarter. Bottenviken och Bottenhavet utgör insänkta bäcken i den fennoskandiska urbergsskölden. Den sedimentära berggrunden i dessa två havsområden består av senproterozoiska och tidigpaleozoiska lagerföljder (fig. 25), vilka ställvis kan nå betydande mäktigheter. Paleozoiska bergarter upptar också stora delar av ytberggrunden i den egentliga Östersjön där mäktigheterna generellt tilltar mot söder. I centrala Östersjön går utbredningsgränsen för paleozoikum väster om Kalmarsund, norr om Gotland och Gotska Sandön samt mitt igenom Finska viken till dess inre del. I de södra och sydvästra delarna av Östersjön överlagras paleozoikum i regel av mesozoiska och ställvis kenozoiska avlagringar, vilka även bildar ytberggrunden i Öresund, huvuddelen av Kattegatt och delar av Skagerack. I en del områden (t.ex. Hanöbukten och nordöstra Kattegatt) saknas emellertid paleozoikum, och mesozoikum ligger direkt på urberget.

Utbredningen och mäktigheterna av de sedimentära lagerföljderna har fastställts framförallt genom reflektionsseismiska mätningar från 1960-talet och framåt. Direkt information om den submarina berggrundens utbildning och stratigrafi har man erhållit genom borrhningar i Bottenhavet, centrala och södra Östersjön samt Öresund. Genom djupborrningar på Öland, Gotland och i Skåne har man också fått en god bild av de djupare lagrens stratigrafi och beskaffenhet, vilket väsentligt bidragit till ökad kunskap om geologin på kontinentalsockeln. Flera av de borrhkärnor som ackumulerats genom åren har emellertid inte fått någon tillfredsställande bearbetning.

Uppdraget

Under de senaste årtiondena har intresset i allt större utsträckning riktats mot havet och dess naturtillgångar. Havsbottnarna innehåller stora resurser som hittills endast i begränsad omfattning kunnat utnyttjas. Kunskap om dessa resursers förekomst och hur de ska kunna tas tillvara har emellertid successivt vuxit fram. Framförallt under de senaste decennierna har tekniken inom maringeologin utvecklats

mycket kraftigt och kunskapen om havsbottenarnas geologi ökat. Utvecklingen har emellertid också inneburit att strandstaterna gjort anspråk på allt större delar av haven samtidigt som den fria tillgången till exploateringsbara områden minskat.

Enligt 1958 års Genève-konvention, ratificerad av Sverige 1964, ankommer det på varje enskilt land att utforska sitt kontinentalsockelområde i geologiskt hänseende, dels med hänsyn till ekonomisk-geologiska intressen, dels på grundval av rent vetenskapliga motive-ringar. Före 1960-talet var intresset för maringeologisk forskning i Sverige ringa och geologin på den svenska kontinentalsockeln i det närmaste okänd. Under de senaste årtiondena har emellertid ett flertal myndigheter, institutioner och företag utfört geologiska undersökningar i våra omgivande havsområden och kännedomen om geologin har successivt ökat.

I regeringens proposition 1983/84:10 om svensk havsresursverksamhet underströk föredraganden, chefen för industridepartementet, mot bakgrund av tidsperspektivet för mineralutvinning i svenska havsområden, vikten av att noga väga behovet av kartering på land mot behovet av kartering till havs. I samma proposition framhöll föredraganden som följd härav, att det under den närmaste framtiden enligt hans uppfattning inte krävs någon reguljär berggrundsgeologisk kartering av den svenska kontinentalsockeln, men att det kan finnas många skäl till att göra en översiktlig sammanställning av de berggrundsgeologiska undersökningarna av kontinentalsockeln.

I skrivelse den 2 maj 1984 har riksdagen anmält sina beslut med anledning av propositionen 1983/84:10. Besluten innebär bl.a. att riksdagen beträffande havsresursverksamheten i övrigt som sin mening gett regeringen till känna vad näringsutskottet anfört, nämligen att vad därom anförts i propositionen inte gav anledning till några erinringar eller kommentarer från riksdagens sida (prop. 1983/84:10, bil. 1, NU 26, rskr 275).

I regeringsbeslut daterat 1984-06-20 fick Sveriges geologiska undersökning (SGU) i uppdrag "att som ett led i verkets maringeologiska kartering göra en översiktlig sammanställning av resultaten av tillgängliga undersökningar som utförts - inom och utom SGU - vad gäller den svenska kontinentalsockeln".

Mot denna bakgrund påbörjade SGU under hösten 1984 en insamling av maringeologiskt och maringeofysiskt material. Därvidlag har SGU varit i kontakt med de myndigheter, institutioner och andra företag eller organisationer, som utfört geologiska undersökningar avseende den svenska kontinentalsockeln och erhållit material. Sammanställningen av det omfattande materialet har pågått under 1985 och avslu-

tades våren 1986. Parallellt med sammanställningsarbetet har enheten för sedimentär berggrund vid SGU indexerat och ADB-behandlat publikationer, rapporter, kartor, etc. som berör geologin på kontinentalsockeln runt Sverige.

Detta arbete hade inte varit möjligt att genomföra utan tillmötesgående från de myndigheter, institutioner, företag och organisationer som utfört geologiska undersökningar i våra omgivande havsområden. För material och uppgifter vill jag särskilt tacka GECO Exploration Consultants (GEXCO), Göteborg, Oljeprospekterings AB/Svenska Petroleum Exploration AB, Stockholm, Maringeologiska avdelningen och Geofysiska sektionen vid SGU, Uppsala, Vattenbyggnadsbyrån (VBB), Malmö, Tom Flodén, Stockholm, Åke Hörnsten, Uppsala, Göran Kjellström, Uppsala, Michael Kumpas, Oxon, England, Per Söderberg, Stockholm, och Ole Vejbæk, Köpenhamn. Björn Sundquist, Uppsala, och Lesley Cherns, Swansea, Wales, har varit behjälpliga med litteratursökning och insamling av material. För genomläsning av och värdefulla synpunkter på manuskriptet står jag i tacksamhetsskuld till Erik Norling, Uppsala. Ett varmt tack måste framförallt riktas till Jan Bergström, Lund, för goda råd, anvisningar och den ytterst värdefulla hjälp han givit genom att granska och kommentera olika versioner av manuskriptet.

Kontinentalsockeln

Vetenskaplig definition

Kontinentalsockeln är den del av havsbotten som ligger närmast utanför kontinenterna. Lutningen är i regel ringa, i genomsnitt 2 m per km. Vid ett bestämt djup som sällan överstiger 200 m och har ett medelvärde av 135 m ökas lutningen betydligt. Detta är sockelns yttre gräns. Av praktiska skäl brukar gränsen läggas vid kurvan för 200 m djup. Bredden varierar från någon km till många tiotals mil. Den starkt sluttande del av havsbotten som vidtar utanför kontinentalsockelgränsen kallas kontinentalbranten.

Kontinentalsockeln är en fortsättning under havet av kontinenternas kustslätter. I geologiskt hänseende kan den betraktas som en del av kontinenterna. I regel täcks kontinentalsockeln av sediment och sedimentära bergarter, vilka kan nå betydande mäktigheter. I många

områden utgör därför grundhavsområdena en viktig potential till försörjningen av gas och olja. De geologiska förutsättningarna kan också vara gynnsamma för förekomster av malmer, metaller, industrimaterial och kol.

Den svenska kontinentalsockelns fysiografi och omfattning

Sverige omges till mer än 50% av hav, vars botten helt ligger inom kontinentalsockeln. Hela Östersjön, Kattegatt och östra Skagerack utgör nämligen förhållandevis grunda havsområden med djup som sällan överstiger 200 m. Vattendjupen varierar emellertid avsevärt och tilltar inte jämnt med avståndet från land. Östersjön eller Baltiska havet, med ett medeldjup av knappt 60 m, är ett intrakontinentalt medelhav, vars vattenmassa är avskild innanför de grunda trösklarna i de danska sunden. Tröskeldjupet mellan Öresund och Östersjön är endast 8 m. Östersjön har tre delbäcken med djup större än 125 m, nämligen Bottenviken, Bottenhavet och den egentliga Östersjön, vilka är åtskilda av grunda trösklar. Kattegatt som förbinder Östersjön med det oceaniskt påverkade Skagerack är mycket grunt. Medeldjupet är endast drygt 20 m. Däremot är Skagerack, som kan betraktas som en del av Nordsjön, tämligen djup (medeldjup 218 m).

Enligt en i Genève den 29 april 1958 dagtecknad konvention om kontinentalsockeln utövar strandstaten suveräna rättigheter över den utanför territorialgränsen liggande sockeln, vad gäller dennas utforskande och tillgodogörandet av dess naturtillgångar (SOU 1965:66). Frågan är emellertid hur kontinentalsockeln skall uppdelas mellan kuststaterna. Enligt 1958 års kontinentalsockelkonvention skall avgränsningen ske genom avtal mellan staterna. Som huvudregel för avgränsningen anges i konventionen den s.k. mittlinjeprincipen, vilken innebär att avgränsningen sker i form av en mittlinje mellan de berörda ländernas kuster. Jämlikt konventionens regler sträcker sig således den svenska delen av kontinentalsockeln i princip ut till mittlinjen i förhållande till angränsande eller mitt emot liggande stater. Avgränsningen är emellertid i en del områden ännu ej fastställd.

Sverige har slutit avtal med Norge om avgränsningen av kontinentalsockeln i Skagerack (1968), med Finland om avgränsningen i Bottenviken, Bottenhavet, Ålands hav och nordligaste delen av egentliga Östersjön (1972), med Östtyskland om avgränsningen i delar av södra

Östersjön (1978), samt med Danmark om avgränsningen i Skagerack, Kattegatt, Öresund och södra Östersjön (1985). Däremot har inga överenskommelser träffats med övriga östersjöstater. Skälet härtill är att det visat sig föreligga olika meningar om vilken betydelse som bör tillmätas svenska öar vid uppdelning av kontinentalsockeln.

Hur stor del av Östersjön som skulle kunna tillfalla Sverige vid en eventuell uppdelning i ekonomiska zoner är alltså för närvarande oklart. Används mittlinjeprincipen och hänsyn tas till Öland och Gotland medför det att nästan 50% av Östersjöns yta kan komma ifråga för svensk utforskning och exploatering, medan däremot den svenska andelen av Kattegatt och Skagerack är jämförelsevis liten.

Undersökningsmetoder till havs

Genom geologisk kartering i kustområdena och undersökning av sammansättningen och spridningen av lösa block kan man ofta få en översiktlig bild av de berggrundsgeologiska förhållandena. Karteringsverksamheten kan i grunda havsområden utsträckas även till undervattenskartering med grodmansutrustning. Vid större djup sker provtagning från botten medelst olika typer av ytprovtagare och lod. Därvid erhålles prov av blockmaterial och okonsoliderat sediment. Genom systematisk provtagning kan en relativt god översiktsbild erhållas av havsbottnens geologi. Data om havsbottnens relief får man genom mätningar med ekolod. Förutom att om information vattendjupet erhålles kontinuerligt då fartyget rör sig kan ekolodning även ge viss information om bottenens beskaffenhet och de lösa sedimentens mäktighet.

För att få upplysningar om de konsoliderade sedimentens mäktighet, interna lagring och strukturella uppbyggnad samt djupet till det kristallina underlaget erfordras borrhningar eller geofysiska undersökningar. De geofysiska metoder som används inom maringeologin är seismiska mätningar, tyngdkraftsundersökningar och mätningar av anomalier (avvikelser) i det jordmagnetiska fältet. Dessa metoder beskrivs översiktligt nedan. Elektriska metoder kan ej tillämpas till havs beroende på havsvattnets elektriska ledningsförmåga. För en mera detaljerad beskrivning av de marina geofysiska metoderna redovisas därefter som exempel den undersökningsmetodik som används av Maringeologiska avdelningen vid Stockholms universitet i samband

med den geologiska kartläggningen av kontinentalsockeln i Östersjön, Kattegatt och Skagerack. Det senare avsnittet är författat av Tom Flodén, Geologiska institutionen, Stockholms universitet. En allmän överblick över prospekteringsmetoder till havs har presenterats av Boström (1975).

Magnetiska metoder

Genom magnetiska mätningar kartlägger man variationerna i det jordmagnetiska fältet. Två typer av magnetiska mätinstrument används till havs, fluxgate-magnetometern och protonmagnetometern (Boström 1975, sid. 33). Den senare förefaller vara den mest användbara då den saknar rörliga delar och är okänslig för skakningar. Dessa magnetometrar mäter direkt styrkan av det totala fältet, ej magnetfältets olika komponenter.

Magnetiska mätningar över kontinentalsockeln utförs i regel från flygplan på låg höjd, men även från fartyg. I det senare fallet bogseras magnetometern bakom undersökningsfartyget för att störningar från skrovet skall undvikas. Flygburen magnetometri, som SGU har långvarig erfarenhet av, är snabb, jämförelsevis billig och lämplig för regionala undersökningar. De magnetiska mätresultaten sammansätts i anomalikartor och anomalikurvor, som utgör underlaget för geologisk tolkning.

De magnetiska mätningarna återspeglar i regel strukturer i jordskorpans översta del (ned till ca 15 km) beroende på de magnetiseringskontraster som föreligger mellan olika bergarter. Detaljupplösningen avtar snabbt med djupet till de magnetiska strukturerna. Vattnen, sediment och sedimentära bergarter är vanligen lågmagnetiska och generellt varierar jordmagnetismens intensitet med avståndet till det kristallina underlaget. Magnetiska mätningar kan således användas för att uppskatta djupet till urberget. Därigenom får man en uppfattning om den sammanlagda mäktigheten av de sedimentära berg- och jordlagren. Metoden lämpar sig också för att lokalisera diabasgångar, grönstensbälten, intrusiva bergarter och större förkastningar. Det föreligger emellertid ofta stora svårigheter att tolka mätningarna.

Gravimetriska metoder

Vid gravimetriska mätningar (tyngdkraftsmätningar) registreras avvikelser (anomalier) i den vertikala komponenten av jordens gravitationsfält med hjälp av en gravimeter. Mätresultaten presenteras oftast i form av anomalikartor, där variationerna i tyngdkraftsvärdena finns inlagda som isogaler. En positiv anomali antyder att ett massöverskott föreligger, d.v.s. att det finns tyngre material än normalt, t.ex. en malmkropp. På motsvarande sätt visar en negativ tyngdkraftsanomali på ett massunderskott, som kan härröra från berggrundskroppar med lägre densitet, t.ex. salt.

I tyngdkraftsmätningen återspeglas strukturer i jordskorpan (och i vissa fall i övre manteln) beroende på de densitetskontraster som föreligger mellan olika bergarter eller formationer. De mest ytnära strukturerna dominerar i den lokala anomalibilden medan djupa strukturer med stora dimensioner ger upphov till regionala anomalikomponenter. I havsområden sker reduktionen av tyngdkraftsdata på så sätt att vattnet ersätts med standarddensiteten 2,67. De anomalier som kommer fram beror således på bottentopografin (om bottenbergarternas densitet avviker från 2,67) och förekomsten av sedimentbassänger, som ofta har stor kontrast med kristallina bergarter, samt strukturer i det kristallina underlaget. Tyngdkraftsmätningar i havsområden kan bidra till att sammanbinda likartade strukturer i angränsande landområden. Det finns till exempel ett stort intresse av att kunna binda samman den finska och svenska urbergsgeologin i Bottenviken och Bottenhavet.

Tyngdkraftsmätningar till havs utföres i regel från fartyg eller vintertid på is. Alternativt kan en bottengravimeter användas. Instrumentet fästs då ned på botten. Mätningar med gravimeter på fartyg (fartygsbunden gravimetri) har utförts i olika sammanhang sedan sekelskiftet. Denna metod har emellertid flera nackdelar, bl.a. att det krävs dyra och komplicerade instrument som är relativt okänsliga för skakningar.

Seismiska metoder

Genom seismiska undersökningar erhålles information om lagerföljd och strukturer under havsbotten. Vid seismiska mätningar alstras stötvågor som breder ut sig åt alla håll mot djupet. Bergarternas och sedimentens olika egenskaper inverkar på vågornas fortplantningshastighet och en del vågor återkastas till ytan där de registreras med känslig apparatur. I princip innebär de seismiska metoderna en utbyggnad av ekolodet, så att man får lägre frekvens och högre energi på den utgående ljudsignalen. Därvid kan denna inte bara reflekteras mot gränsytan vatten/botten utan också tränga in i lösa sediment och berggrund och avslöja lagringen på djupet. Som ljudkällor inom marin seismik använder man i regel elektriska urladdningar eller tryckluftsurelladdningar (luftkanon). Återvändande ljudvågor tas emot av bogserade eller flytande mikrofoner (hydrofoner). Undersökningarna kan bedrivas med ett fartyg eller med två fartyg i samverkan. I det senare fallet används ett fartyg för sändning och ett för registrering. Man skiljer på två mätmetoder, nämligen reflektions- och refraktionsseismiska mätningar. Vid undersökningar till havs begagnas huvudsakligen reflektionsseismik.

Seismiska undersökningar till havs kan utföras i snabbare takt än motsvarande undersökningar på land. De är också avsevärt billigare än landseismik och även i gynnsamma fall får man räkna med att landseismik är 5-10 gånger dyrare än sjöseismik. Tolkningen av seismiska resultat är som regel betydligt säkrare än vad fallet är vid magnetiska och gravimetriska mätningar och seismiken är därför den avgjort viktigaste geofysiska metoden för kartering av den submarina geologin.

Marina geofysiska metoder - exempel från Stockholms universitet av Tom Flodén

Positionsbestämning

Vid alla undersökningar till havs, är positionsbestämningens noggrannhet och tillförlitlighet av avgörande betydelse. Ett tillförlitligt system som också används vid geologiska undersökningar till havs är Decca Navigator-systemet.

Det svenska kontinentalsockelområdet täcks av handelssjöfartens permanenta radionavigeringssystem - Decca Navigator. Systemet arbetar med en kontinuerlig utsändning av omodulerade högfrekvenser (ca 100 kHz). I stället för att mäta tidsskillnader mellan pulser, mäts här fasskillnaden på vågorna mellan två sändare. Om sändarnas frekvenser är konstanta och lika, finns en hyperbelskara, med sändarna till brännpunkter, på vilken radiovågorna från sändarna är i fas.

En Deccakedja består av tre stationer, A, B, och C. A är huvudstationen och B samt C slavstationer (de senare benämnes röd och grön station efter motsvarande färger på hyperblarna i sjökortet). Oftast finns ytterligare en slavstation, den purpurfärgade.

Varje station sänder på en egen frekvens. Slavstationernas frekvenser står dock i ett bestämt förhållande till huvudstationens. Signalerna från huvudstationen styr även utsändningen från slavsändarna.

De utsända vågorna från varje sändarpar, huvudstation - slavstation, omvandlas i fartygets mottagare till en gemensam frekvens, och deras faser jämförs. Denna jämförelse sker automatiskt och resultatet redovisas på en så kallad deccometer, varav det finns en för varje sändarpar, huvudstation - slavstation. Deccometrarna innehåller, förutom fasmättningsvisaren vilken roterar ett varv mellan två hyperblar, ett räkneverk som räknar antalet hyperbelkurvor som passerats. Fasmättningsvisaren har likaså en gradering, som anger decimaldelar av sträckan mellan två hyperblar.

Deccakedjornas räckvidd är ca 450 km räknat från huvudsändaren, och har en bästa noggrannhet av +/- 50 m.

Ekolodning

Ekolodningarna har utförts med ett på undersökningsfartyget fast monterat ekolod, Elac LAZ-17 med en frekvens på 30 kHz och med ca 17 graders ljudlob. Ekolodet är av analog typ med registrering på elektrosensitivt torrpapper. Kontinuerligt under fältsäsongen kalibreras ekolodet för att högsta noggrannhet skall uppnås. Ljudhastigheten i vattnet beräknas från tabeller, då ingen direkt ljudhastighetsmätning i vattnet utförs. Syftet med ekolodningen är att ge en batymetrisk bild av undersökningsområdet samt information om de översta lerlagrens struktur.

Sedimentekolodning

Med sedimentekolodning menas här en elektrostriktiv ekolodningsanläggning av i princip samma uppbyggnad som ett konventionellt ekolod, men med en för ekolod extremt låg arbetsfrekvens, under 10 kHz. Till skillnad från det ovannämnda ekolodet LAZ-17, som förmår penetrera maximalt 30 meter leriga sediment, penetrerar ett sedimentekolod i gynnsamma fall mer än 100 meter lera och upp till 30 meter sandiga avlagringar. Sedimentekolod används huvudsakligen för att ge en akustisk bild av sedimentstrukturerna som underlag för stratigrafisk och litologisk indelning av lagerföljden.

För våra undersökningar under senare år används ett ORE modell 140 sedimentekolod med en arbetsfrekvens på 3,5 - 7,0 kHz. Mätssystemet består av två huvuddelar, sändar/mottagardel och registreringsdel. Sändar/mottagardelen är uppbyggd kring fyra sändar-/mottagarelement ORE modell 136, vilka är fast monterade i fartyget på 2,4 meters djup. För att uppnå en hög penetration är anläggningen kalibrerad till 4 kHz. Mottagaranläggningen utgörs av en EPC modell 3200S, elektrosensitiv torrpappersskrivare.

Det upptagna sedimentekolodsmaterialet innehåller information om sedimentstrukturerna, sedimentens ackumulationshastigheter i olika delar av undersökningsområdet samt ofta läget för gränsen mellan glacial och postglacial lera. Penetrationen i våra havsområden uppgår oftast endast till lermäktigheten men lokalt innehåller diagrammen information om bergläge och gränsen morän/lera.

Reflektionsseismisk profilering

De marina akustiska mätmetoderna, vilka omfattar såväl ekolodning (3,5-200 kHz) och side scan sonarmätning (50-500 kHz) som reflektionsseismisk profilering (100-1000 Hz) och refraktionsmätning (5-100 Hz) baseras på ljudvågors förmåga att inom frekvensintervallet 0-400 kHz, med relativt små effektförluster, genomtränga vatten och reflekteras mot botten. Vid frekvenser över ca 400 kHz stiger effektförlusterna snabbt. Under ca 50 kHz kommer ljudenergin även att tränga ned i botten och reflekteras mot diskontinuitetsytor i övergången mellan bottenskikt med olika ljudhastigheter. Såväl fasta berget som de lösa avlagringarna uppvisar stora variationer i ljudhastigheten.

Instrumentering för reflektionsmätning i intervallet över ca 10 kHz benämns oftast ekolod, och instrumentering i intervallet 3-10 kHz kallas sedimentekolod. Tekniskt är de mycket lika, signalerna genereras i keramiska sändare vilka vanligen även fungerar som mottagare. Under ca 3 kHz blir det mer praktiskt att konstruera andra typer av ljudsändare; tryckluftssändare, vattenkanoner och allehanda typer av elektriska högspänningssändare. Dessa lågfrekventa reflektionsmätningssinstrument använder alla separata ljudmottagare i form av långa kedjor med hydrofoner.

Två viktiga faktorer vid akustiska undersökningar är penetrationsförmåga och upplösning hos den avända apparaturen. Dessa faktorer medför en viss begänsning i fråga om användbarhet hos en reflektionsseismisk apparatur. Lågfrekventa akustiska sändare ger en djup penetration, men den stora våglängden vid låga frekvenser orsakar en dålig upplösning. Omvänt har mer högfrekventa sändare en sämre penetrationsförmåga, men en bättre upplösning. Den av Maringeologiska avd., Stockholms Universitet, använda reflektionsseismiska apparaturen har huvuddelen av sin akustiska energi samlad inom frekvensintervallet 100-1000 Hz, vilket är tillräckligt lågfrekvent för att ge en god penetration av de på den svenska kontinentalsockeln aktuella avlagringarna. Varje reflektionsseismisk anläggning består av två huvuddelar, sändardelen med energikälla, energiförråd samt energiomvandlare och mottagardelen med hydrofoner, förstärkare, frekvensfilter och skrivare (fig. 1).

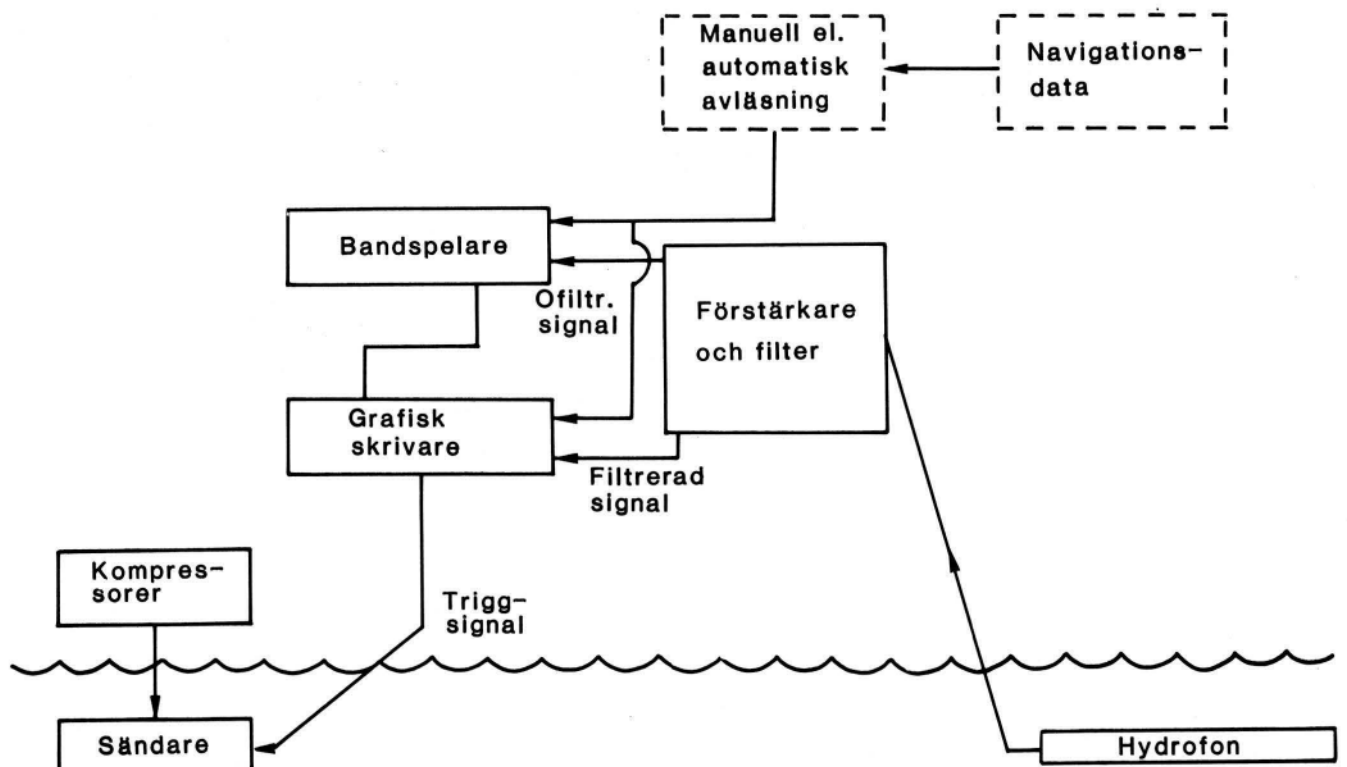


Fig. 1. Blockdiagram visande apparatur för reflektionsseismisk mätning av det slag som används av Stockholms universitet.

Till den tryckluftsdrivna ljudsändare som regelmässigt används erhålls energin från två högtryckskompressorer på 600 l/min vardera. Luften komprimeras till ca 11 MPa och lagras i trycktuber. Den seismiska sändaren är via en reducentventil ansluten till trycktuberna. I den seismiska sändaren upplagras erforderlig tryckluftsmängd i en cylindrisk avfyringskammare, vars ena kortvägg utgörs av en rörlig kolv. Med hjälp av en solenoidstyrd tryckluftsväntil ändras tryckförhållandena i sändaren; kolven bringas i en utåtgående rörelse och avfyringskammaren öppnas mot vattnet. Tryckluftens hastiga expansion ut i vattnet åstadkommer den akustiska signalen.

De mot havsbotten och underliggande skikt reflekterade delarna av den utsända pulsen mottas av en linjehydrofon bestående vanligen av 25 st parallellkopplade element. De reflekterade ljudpulserna registreras, efter förstärkning och frekvensfiltrering, på en precisionsskrivare. Vanligen har under senare tid originaldiagrammen skrivits ut i frekvensintervallet 250-500 Hz, vilket ger en god upplösning i de lösa avlagringarna samtidigt som den nödvändiga penetrationen erhålls i berggrunden. Sändaren avfyras vanligen 40 ggr/min.

Refraktionsseismisk mätning

Seismisk refraktionsmätning utförs med i huvudsak samma utrustning som används vid reflektionsseismisk profilering. Till skillnad från den reflektionsseismiska profileringen används för refraktionsmätningen en stationär hydrofon, vilken arrangeras neutralt upphängd under en boj med radiosändare. Radiosignalen behandlas och presenteras på ett liknande sätt som vid reflektionsseismiken (fig. 2).

Vanligen användes en tryckluftsdreven ljudsändare (PAR-1600) med volymen 600 cm³.

Laddningstrycket uppgår till ca 12 MPa. De refrakterade signalerna detekteras med en lågfrekvent hydrofon (Mark Products P-27) som hängs under en telemeterboj (G. & E. Bradley Ltd.). Telemeterbojen är försedd med en 0,7 watts radiosändare på 27 MHz-bandet. De radioöverförda hydrofonsignalerna förstärks och frekvensfiltreras (5-100 Hz) ombord på båten varefter de registreras på en precisionsskrivare (Raytheon UGR-196B). Avfyringshastigheten är ofta ett skott varannan sekund.

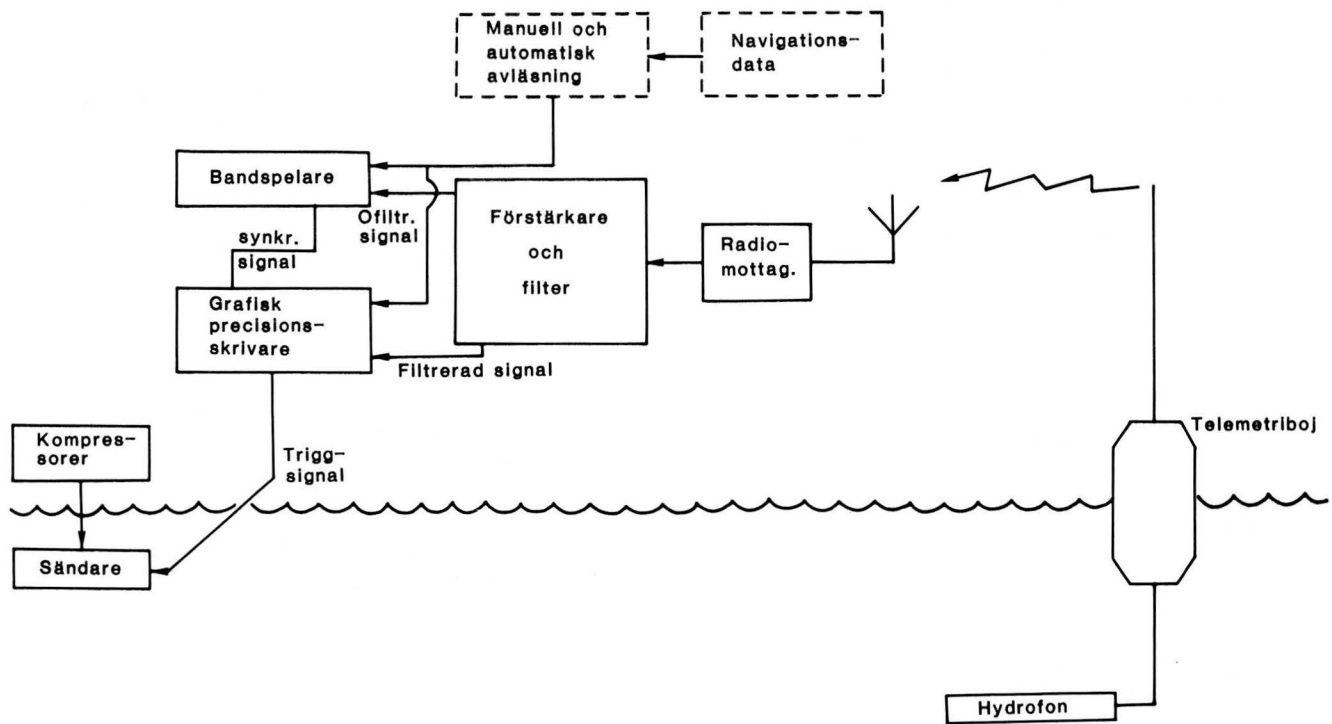


Fig. 2. Blockdiagram över utrustning för refraktionsmätning enligt sonobojmetoden. Den utsända signalen refrakteras utmed de successiva hastighetskontinuiteterna i sedimenten och berggrunden, tas emot av hydrofonden och sänds tillbaka till båten per radio. Vid mätningen avfyras sändaren regelbundet medan båten i jämn fart rör sig bort från bojen.

Den information om ljudhastigheter och lagermaktigheter som insamlas genom den refraktionsseismiska mätmetoden presenteras på precisionsskrivaren i form av ett tids/distans-diagram (T/D-diagram). Medan svephastigheten på skrivaren kan betraktas som mycket exakt, är avståndet mellan fartyg och boj sällan känt med en tillräcklig noggrannhet. Det normala förfarandet är att kalkylera ljudhastigheten i vattnet (V_1) från hydrografiska data och att därefter beräkna ljudhastigheten (V_2 , V_3 etc.) i de olika lagren relativt hastigheten i vattnet. På grund av intern lagring i vattenpelaren kommer inte signalen att gå fram i en rät linje från sändaren till hydrofonden. Då strålgången inte kan beräknas med enkla metoder, och då inte heller de hydrografiska förhållandena har uppmätts i direkt anslutning till undersökningarna, introduceras här ett smärre fel i beräkningarna. Direktsignalen från sändaren till mottagaren kommer dock att ha passerat huvuddelen av den skiktade vattenpelaren, varför det kan sägas att den verkliga hastigheten för V_1 är approximativt identisk med genomsnittshastigheten i hela vattenpelaren.

Beräkningen av ljudhastigheten i vatten görs på grundval av kända hydrografiska parametrar från Östersjön och Västerhavet. Med utgångspunkt från hastigheten V_l beräknas de successiva hastigheterna i T/D-grafen, och slutligen beräknas lagermäktigheterna enligt tids-interceptformeln (M.B. Dobrin 1976: Introduction to geophysical prospecting). De successiva stegen i denna kalkyl beskrivs av Flodén (1975a).

Ljudhastighetsberäkningar i havsvatten och sediment

En kännedom om ljudhastigheterna i mätområdet vid tidpunkten för mätningen är av vital betydelse för tolkningen av det geofysiska materialet. Nödvändiga grunddata beträffande djup, salinitet och temperatur kan antingen bestämmas genom mätningar direkt för ändamålet eller kan hämtas från de publicerade hydrografiska observationer som kontinuerligt utförs i Östersjön av SMHI.

Magnetiska mätningar

Till skillnad från de akustiska metoder som diskuterats ovan kräver den magnetiska mätmetoden inget avgivande av någon utsignal. Metoden bygger endast på mycket noggranna mätningar av små variationer i jordens magnetfält. Genom att jämföra den observerade fältstyrkans variationer med jordens teoretiska referensfält spåras lokala anomala variationer som kan tolkas i termer av lokala geologiska strukturer. Således bygger den magnetiska metodiken på mätningar av geografiska variationer i det geomagnetiska fältet och relateringen av de mätta anomalierna till geologiska strukturer vilka innefattar bergarter med olika intensitet i magnetiseringen.

Den magnetiska mätmetodiken har många applikationer från att studera storskaliga geologiska strukturer som variationer i det kristallina bergets djup i kilometerdjupa sedimentära bassänger till att studera småskaliga strukturer som endast meterbreda diabasgångar under några tiotal meter sediment. En magnetometer kan även användas för att spåra sådana objekt som exempelvis rörledningar under tunna skikt av bottensediment.

Trots att magnetiska mätningar i de flesta fall endast behöver vara relativa, är de flesta instrument byggda för att registrera det

magnetiska totalfältet. Med magnetometer kan undersökningar av god kvalitet utföras med mindre svårighet än med andra geofysiska instrument. Magnetometern är relativt enkel i sin uppbyggnad.

Protonmagnetometrar med en känslighet på 0,5 gamma är vanligaste instrumentet för marina undersökningar (fig. 3). Instrumentets känslkropp, som bogseras ca 50 meter efter fartyget, utgörs av en vattenflaska kring vilken har lindats en elektrisk spole. Instrumentets funktion bygger på protonspinn. En proton är en elementarpartikel med positiv laddning och atomvikten 1. I magnetometerflaskan existerar protonerna i form av vätejoner och dessa har, på grund av det faktum att de spinner runt en magnetisk axel, en tendens att formera sig kring det förhärskande magnetiska fältet. För en magnetisk mätning sänds en kraftig elektrisk ström genom den spole som är lindad kring flaskan. Härvid uppstår ett kraftigt magnetfält som till sin riktning är skilt från det jordmagnetiska fältet. När

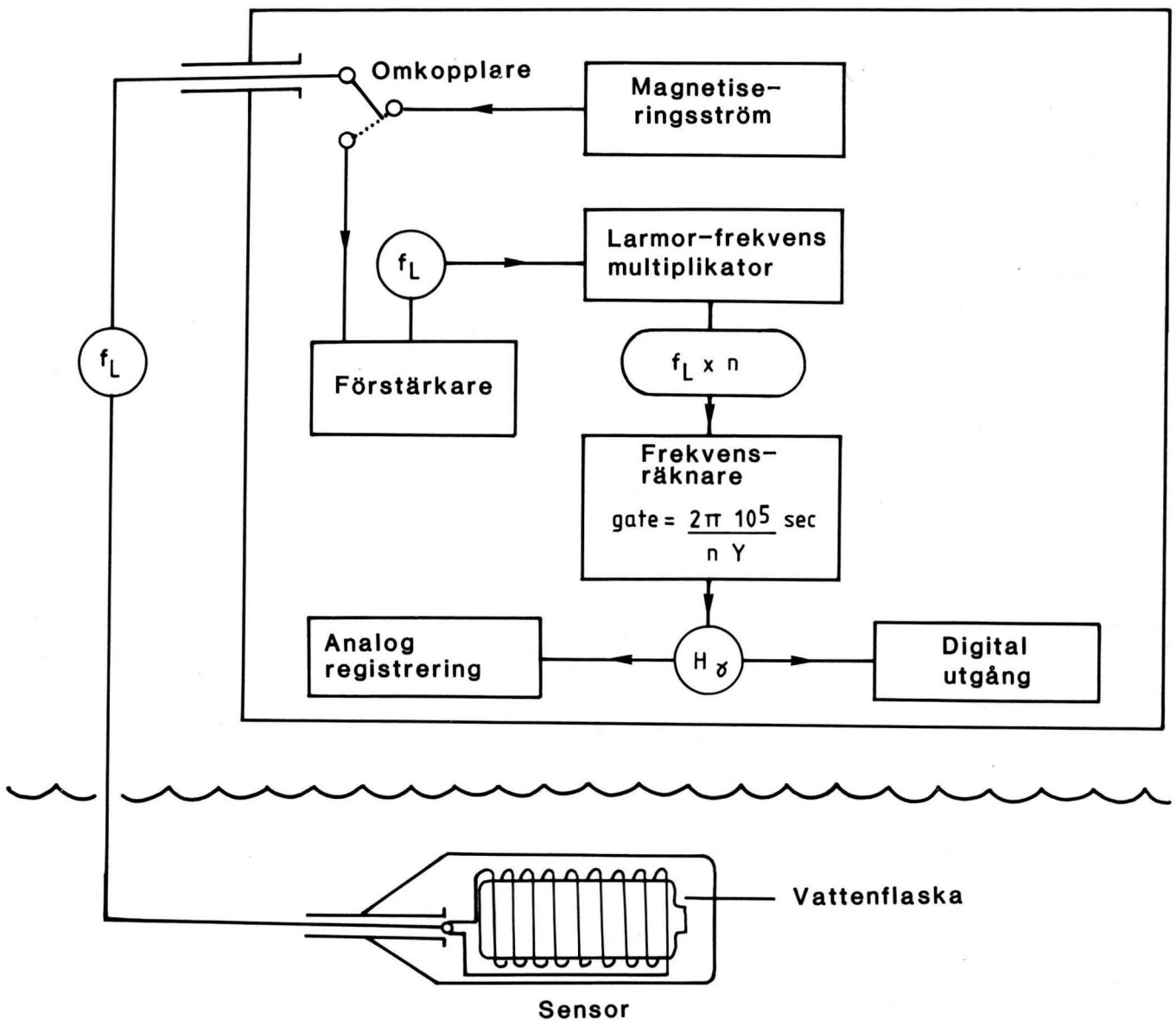


Fig. 3. Schematisk bild på uppbyggnaden av en marin protonmagnetometer.

strömmen sedan bryts kommer de spinnande protonerna att åter svänga in sig i det jordmagnetiska fältet med en frekvens som är proportionell endast mot styrkan på det jordmagnetiska fältet. En uppmätning av denna frekvens ger således det jordmagnetiska fältet i mätpunkten. Mätningen kan upprepas med ett intervall på ca 4 sekunder.

Det jordmagnetiska totalfältet varierar med tiden, varför tillkommande mätningar får justeras för att passa med tidigare mätningar. Värdena i mätkartan kan sedan reduceras med ett medelvärde för området för att visa avvikelserna inom området. En sådan reduktionsfaktor för södra Sverige kan vara 50.000 gamma.

Databehandlingsteknik

Ekogrammen och de reflektionsseismiska diagrammen sammanställs rutinemässigt på digital väg i dator; profilerna digitaliseras varefter kartor kan beräknas och ritas.

Allmänna grundprinciper.- Den vid Maringeologiska avdelningen använda utrustningen består av en ALPHA LSI-2 minidator med 32 K-byte kärnminne, digitaliseringsbord och plotter. Programvaran består av ett huvudprogram (K:KART) som inkluderar ett flertal underrutiner för dataläsning, läsning och bearbetning av data i matrisform, kurveringsrutiner för terrängmodeller, och underrutiner för plan- och perspektivpresentation av djupdata. Förutom detta huvudprogram finns ett antal speciella program för att förbehandla olika typer av indata så att dessa kan hanteras av huvudprogrammet.

Huvudprogrammet K:KART beräknar en yta som passerar genom alla indata-punkter i en matris där matrispunkterna utgörs av koordinater i tre dimensioner; X och Y utgör kartkoordinater i ett rätvinkligt system och Z utgör djupvärden (havsbotten, berggrundsytan etc.). Den beräknade ytan kan presenteras i form av nivåkartor eller i form av perspektivbilder. En viktig egenskap hos den beräknade ytan är att inget beräknat värde ligger utanför de högsta eller lägsta av indatavärdena; inga falska grund eller djuphålor kan förekomma i kartbilden. En beräknad karta kan innehålla upp till 500.000 matrispunkter.

För att maximera den del av kärnminnet i maskinen som skall användas för beräkningar arbetar programmet med överlagringsteknik. K:KART består av ett kort huvudprogram, som alltid ligger i minnet, och åtta underrutiner av vilka endast en i taget kan laddas i minnet.

Den batymetriska eller seismiska informationen hanteras i form av matriser, och det finns utrymme för en 128 x 128 elements matris i kärnminnet. Datahanteringskapaciteten är dock avsevärt högre genom att ett skivminne används för mellanlagring av data. Två kartmatriser, var och en omfattande upp till 30 enhetsmatriser (128 x 128 element), kan samtidigt hanteras av programmet.

Presentationsteknik.- All djupinformation som kan hanteras av K:KART läggs upp som datafiler i binär form. Normalt digitaliseras ekogrammen och seismikdiagrammen på ett digitaliseringsbord. Punktavståndet är härvid endast ett 10-tal meter i naturen. Informationen läggs upp i formen kodord (F), x-koordinat (X), y-koordinat (Y) och djupvärde (Z). Kodorden används till att särskilja olika informationsmängder som exempelvis gränsen vatten/postglacial lera (F=1), gränsen postglacial lera/glacial lera (F=2) etc.

Matriserna dimensioneras så att varje digitalt djupvärde kan inläsas med minimal distorsion. Programmet beräknar sedan värden för alla matrispunkter som inte sammanfaller med indatavärden. Denna medelvärdesberäkning sker med en noggrant utprovad beräkningsformel som så nära som maskinmässigt är möjligt liknar den kurvering av djupkartor som utförs av en erfaren kartör.

Djupkurvorna i plankartorna dras automatiskt genom att sammanbinda punkter med samma Z-värden (djup eller mäktighet). Den resulterande kurvan består i praktiken av ett stort antal raka linjer, vars längd beror av matrisens täthet. Kurvorna blir därför allt mjukare ju fler enhetsmatriser som använts.

Perspektivbilderna består praktiskt av ett antal lika långa profiler, ritade snett bakom varandra. Bilderna får betraktas som "semi"-perspektivbilder då de inte följer grunderna för perspektivritning med konvergerande linjer m.m.

Geofysiska undersökningar av berggrundsgeologin

Boliden Metall AB

Skelleftefältet utgör det långsmala sulfidmalmförande område, som utbreder sig på ömse sidor om Skellefteälven, från Boliden i öster

till Kristineberg i väster. Berggrunden inom malmfältet utgörs av relativt lågmetamorfa suprakrustala bergarter, vulkaniter och sedimentära bergarter, och har en motsvarighet på den finska sidan av Bottenviken. Man kan därför förmoda att de båda malmprovinserna möts under Bottenviken. Boliden AB erhöll 1975 undersökningskoncession för prospektering i ett område öster om Skelleftefältet (fig. 4),

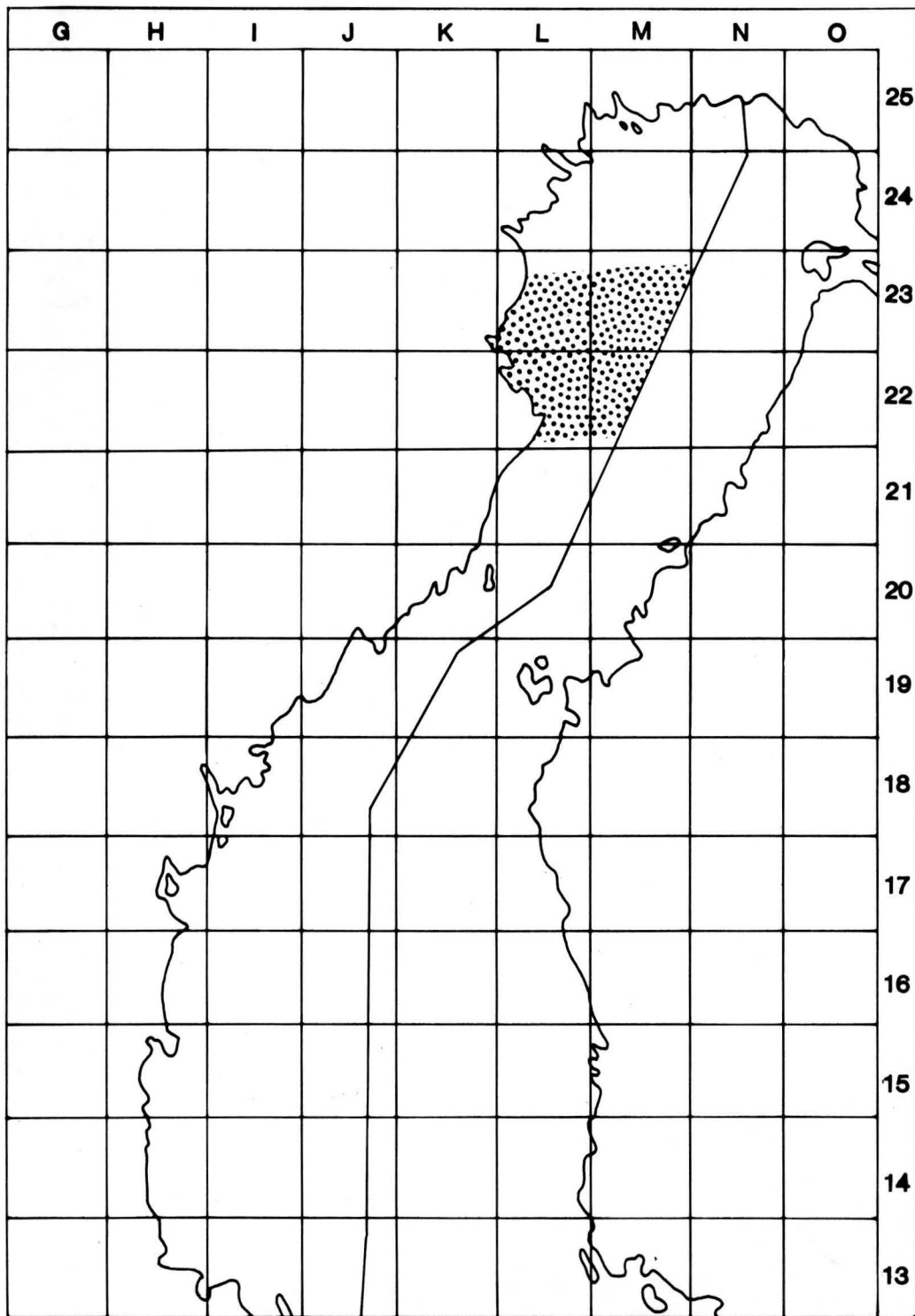


Fig. 4. Bolidens undersökningsområde i Bottenviken.

och en prospekteringskampanj inleddes 1977 med syfte att undersöka om det finns submarina malmförekomster i Bottenviken. Nedanstående sammanfattning över bolagets maringeofysiska verksamhet i den östra delen av Bottenviken är i huvudsak hämtad från STU-rapport 78-5738 (mars 1979), skriven av H. Båth, R. Johansson, U. Svensson och K. Westerberg.

Boliden Metall AB genomförde 1977 en flygmagnetisk mätning över ett område i Bottenviken enligt STU-rapport 77-4987 (mars 1978). I denna föreslogs seismiska och magnetiska mätningar från båt som nästa led i det långsiktiga prospekteringsarbetet. Bidrag till sådana mätningar beviljades 1978-06-26 av STU. Mätningarna utfördes sommaren 1978 på entreprenad av Geologiska institutionen vid Stockholms Universitet under ledning av Tom Flodén. Institutionen har bearbetat och tolkat materialet (Flodén, T, Kumpas, M., Wadstein, P. & Wannäs, K., opublicerad rapport 1979: "Maringeofysiska mätningar i Bottenviken". Boliden Metall AB. Slutrapport: 1-42, 2 bilagor, 70 figurer).

Målet med insatserna var att de för det fortsatta prospekteringsarbetet nödvändiga borrhålen skulle kunna placeras på optimalt sätt. Även från allmängeologisk synpunkt bedömdes insatsen som viktig. Mätningarna har omfattat dels profiler med ekolodning, reflektionsseismiska och magnetiska mätningar, dels refraktionsseismiska punktmätningar enligt sonobojmetoden. Sammanlagt utfördes i Bottenviken ekolodning och akustisk profilering till en längd av 2 500 km, varav ca 2 000 km inom det geografiska område som omfattades av uppdraget. Den magnetiska mätningen omfattade 845 km. Refraktionsseismisk mätning utfördes på sammanlagt 29 punkter, varav 25 inom uppdragsområdet. För navigering användes samma grundsystem som vid flygmätningen, nämligen Decca Navigator på Bottenvikskedjan (5F).

Huvuddelen av insatsen har gjorts inom det område som bedömts vara Skelleftefältets fortsättning. För att kunna göra en säkrare geologisk bedömning av det geofysiska materialet har Boliden utfört blockletning och besiktigat ett antal lokaler vid kusten, samt gått igenom och bearbetat äldre material.

Den flygmagnetiska mätningen 1977 utfördes på 50 m höjd längs parallella nord-syd-gående linjer med 600 m mellanrum. Vid tolkningen av mätresultaten kunde man göra en grov bergartsindelning av den kristallina berggrunden, lokalisera tektoniska strukturer samt uppskatta djupet till magnetiska störningskällor. Utvärderingen visade att mäktiga sedimentära lager förekommer på en del ställen. Då dessa

skulle försvåra kommande prospekteringsinsatser var det nödvändigt att bättre känna till deras utbredning, mäktighet och sammansättning. De fartygsburna geofysiska mätningarna 1978 gav en god geologisk översikt över den västra delen av havsområdet från i höjd med Bjuröklubb i söder till i höjd med Rönnskär i norr. Enligt de seismiska mätningarna har de sedimentära lagren mycket större mäktighet (ca 100-200 m) och utbredning än vad tolkningen av den flygmagnetiska mätningen antydde. Utvärderingen visade att den kristallina berggrunden inom huvuddelen av Bottenviken är täckt med sedimentär berggrund, sannolikt av senproterozoisk ålder (fig. 25) och likåldrig med Muhosformationen, som anstår på ön Hailuoto och i trakten av Uleåborg på den finska sidan.

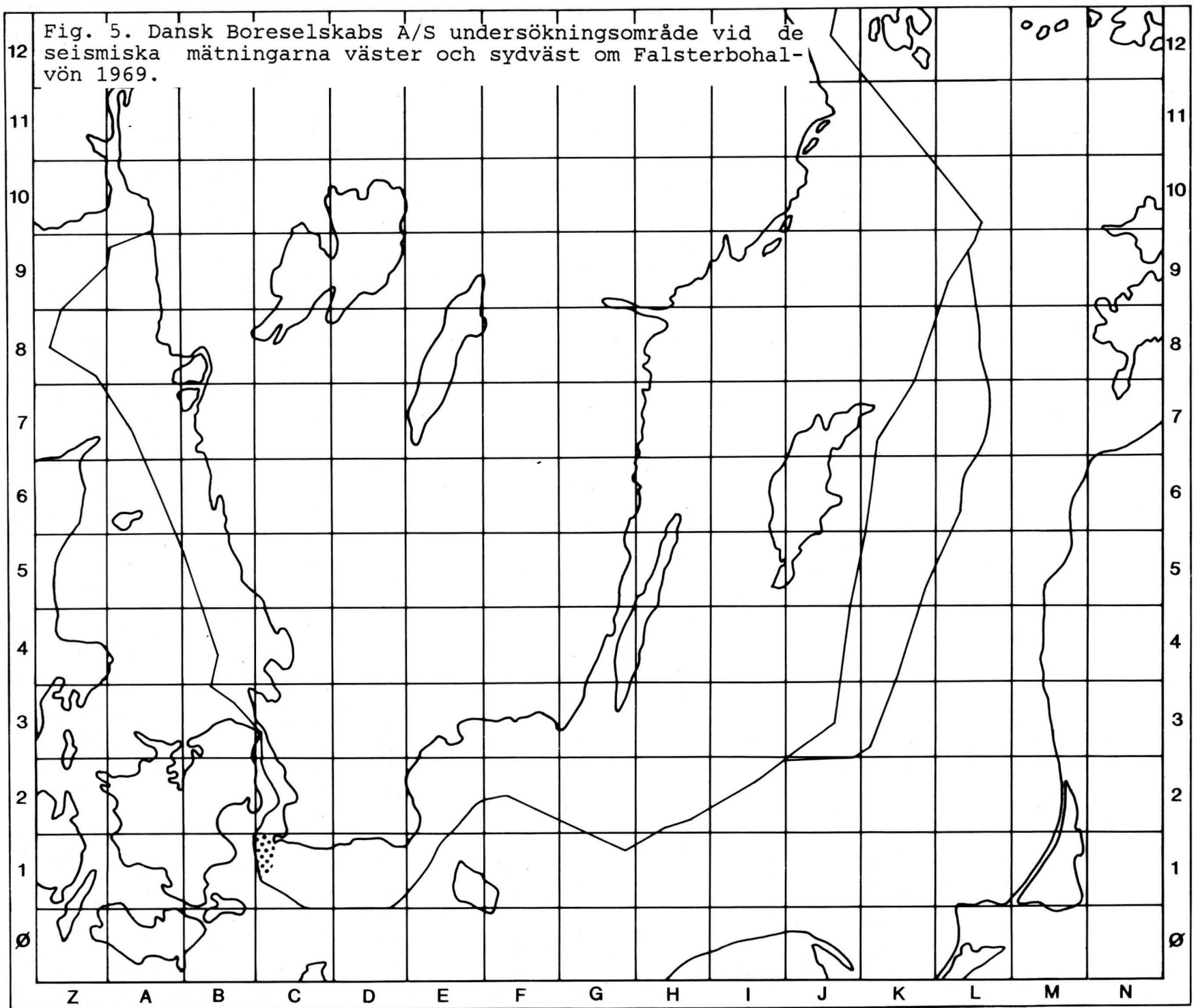
För att göra den geologiska tolkningen säkrare är dock provborringar inom området av primär betydelse. De mäktiga lager av konsoliderade och lösa sediment, som täcker den kristallina berggrunden, bidrar emellertid till att försvåra fortsatt prospekteringsarbete, och kostnaderna för provborringar bedöms av Boliden som mycket höga. Om långsiktiga prospekteringsinsatser skall göras krävs enligt STU-rapport 78-5738 omfattande geofysisk metodutveckling. Det bör i detta sammanhang noteras, att de problem som gäller möjligheterna att använda fartygsbunden gravimeter för malmprospektering i Bottenviken redovisats av David Malmqvist i STU-utredningen "Sjögravimetriska undersökningar i Bottniska viken" nr 77-1977.

Dansk Boreselskab A/S

Den 29 april 1969 ansökte Dansk Boreselskab A/S hos Industridepartementet om tillstånd att få utsträcka planerad seismisk undersökning i Öresund till svenskt territorialvatten. Erik Norling, SGU, medföljde entreprenörens, Prakla Seismos GmbH, mätningarfartyg Ingrid vid undersökningarna på svenskt område den 14-18 juni 1969. Iakttagelserna har redovisats i en opublicerad rapport från juli 1969, "Dansk Boreselskabs A/S seismik i S. Öresund, juni 1969 - rapport från SGU:s observatör avseende seismiken inom svenskt territorialvatten". Nedanstående sammanställning är baserad på denna rapport.

Sammanlagt utfördes i södra Öresund och västra Östersjön en seismisk profilering till en längd av 410 km (Baartman & Christensen 1975, sid. 17), varav ca 45 km inom de svenska farvattnen väster och sydväst om Falsterbohalvön (fig. 5).

Fig. 5. Dansk Boreselekskabs A/S undersökningsområde vid de seismiska mätningarna väster och sydväst om Falsterbohalvön 1969.



Mätningarfartyget, utrustat med Decca Navigator, bogserade vid undersökningen en 1 600 m lång kabel, varav 720 m plastkabel med 36 geofoner och annan elektrisk utrustning. Vid skjutningarna körde de två skjutfartygen på ett avstånd av 50 m på vardera sidan om mätningarfartyget. Avståndet mellan skottpunkterna var 50 m, likaså längden av sprängstubinen (dynacord). Detonationen utlöstes elektriskt från mätningarfartyget. Normalfart på större djup än 8 m var 6 km/tim. På grundare vatten släpade geofonkabeln utefter botten och man måste stanna vid varje detonation. Detonationsekona togs upp på band enligt konventionell metod och överfördes omgående till diagram på fotografiskt papper, vilka framkallades fortlöpande.

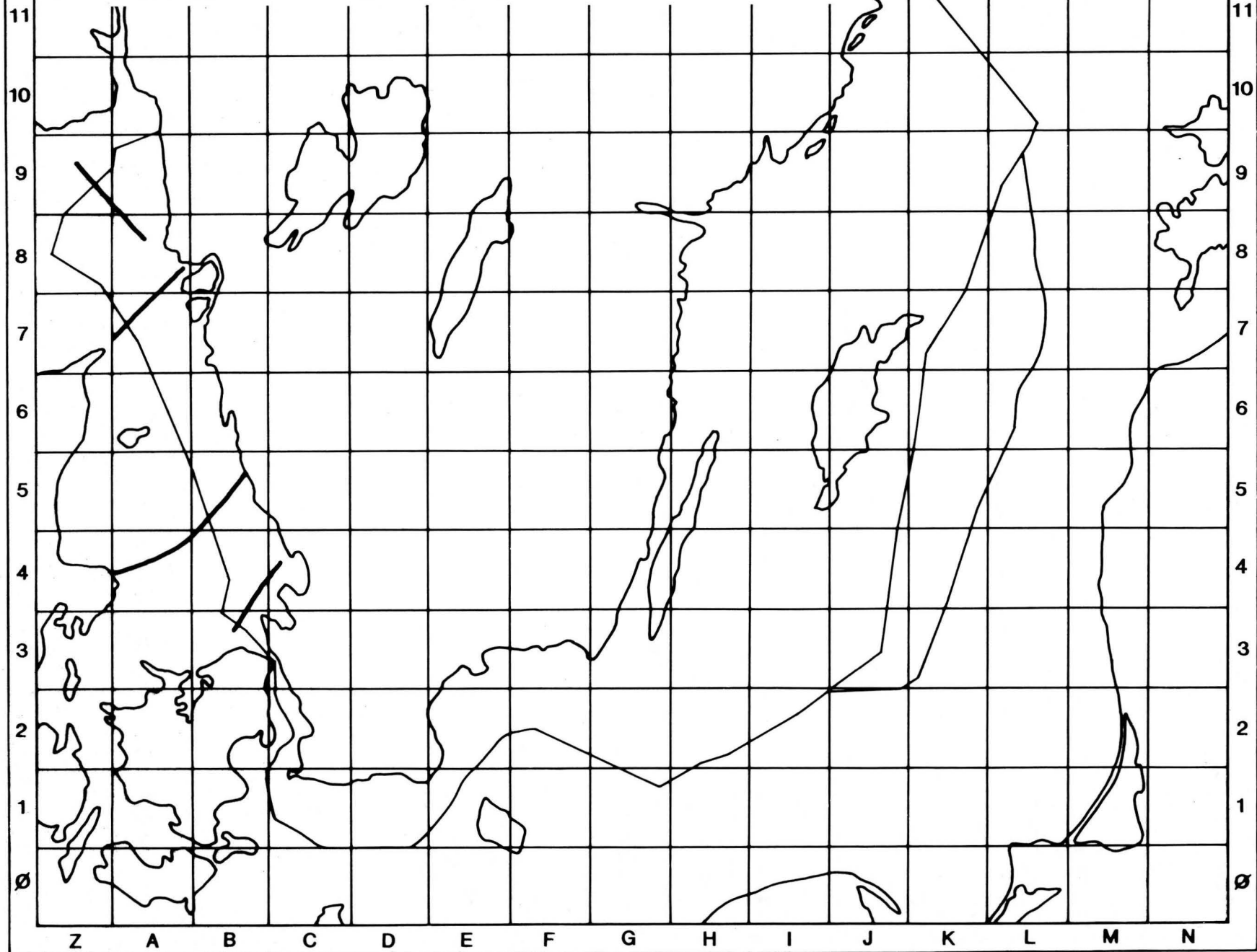
Utöver två grundare reflektionshorisonter, sannolikt i övre kritans undre del och vid undre kritans bas, kunde man fastslå utbredningen av förmodad övre perm (Zechstein), i vissa fall också urbergets approximativa djup. Dessutom noterades mellan den svensk/danska gränslinjen och Falsterbohalvön en tektonisk zon, öster om vilken indikationer på övre perm saknas.

Det seismiska materialet från Prakla Seismos GmbH mätningar har utvärderats och sammanställts av Baartman & Christensen (1975). De har identifierat fyra distinkta nivåer, nämligen övre kritans bas, toppen av trias, basen av Zechstein, samt en nivå nära det kristallina underlaget. Utbredningen av och djupet till de först- och sistnämnda nivåerna har detaljkarterats av Baartman & Christensen (1975).

Eugeno-S-projektet

I syfte att undersöka jordskorpan uppbyggnad och tektoniska utveckling i sydvästra Sverige, Danmark och norra Västtyskland har Eugeno-S-projektet (European Geotraverse Northern Segment, Southern Part) under sommaren 1984 låtit utföra fem djupseismiska profiler till en längd av totalt 2100 km. Två av profilerna går över Kattegatt, en mellan Skagen och söder om Uddevalla och en i NV-SO riktning i östra Skagerack (fig. 6). De marinseismiska mätningarna utfördes på entreprenad av Institut für Meereskunde vid universitetet i Kiel. Resultatet av den geofysiska och geologiska utvärderingen presenteras i en sammanhållen rapport (Eugeno-S Working Group:

12 Fig. 6. Läget av de djupseismiska profilerna i Kattegatt och Skagerack, utförda 1984 av Institut für Meereskunde, Kiel, på uppdrag av Eugeno-S-projektet.



"Crustal structure of the transition between the Baltic Shield and the North German Caledonides [the Eugeno-S Project]").

Tidigare har flera andra refraktionsseismiska projekt genomförts. Av dessa berörde den s.k. FENNOLARA-profilen från 1979 svenskt kontinentalsockelområde sydost om Ystad.

GECO och NOPEC

Geophysical Company of Norway (GECO A.S.), Stavanger, har i samarbete med Norwegian Petroleum Exploration Consultants (NOPEC A.S.) i Oslo utfört en omfattande seismisk profilering i Kattegatt under åren 1981 och 1982. Mätningarna utfördes som en del av en undersökning kallad RTD-81 och berörde huvudsakligen den södra delen av Kattegatt. Under 1981 utfördes i området en profilering till en längd av 1200 km och 1982 utfördes nästan lika mycket. Endast en mindre del av mätningarna genomfördes på den svenska sidan av mittlinjen utanför Halland och nordvästra Skåne (fig. 7).

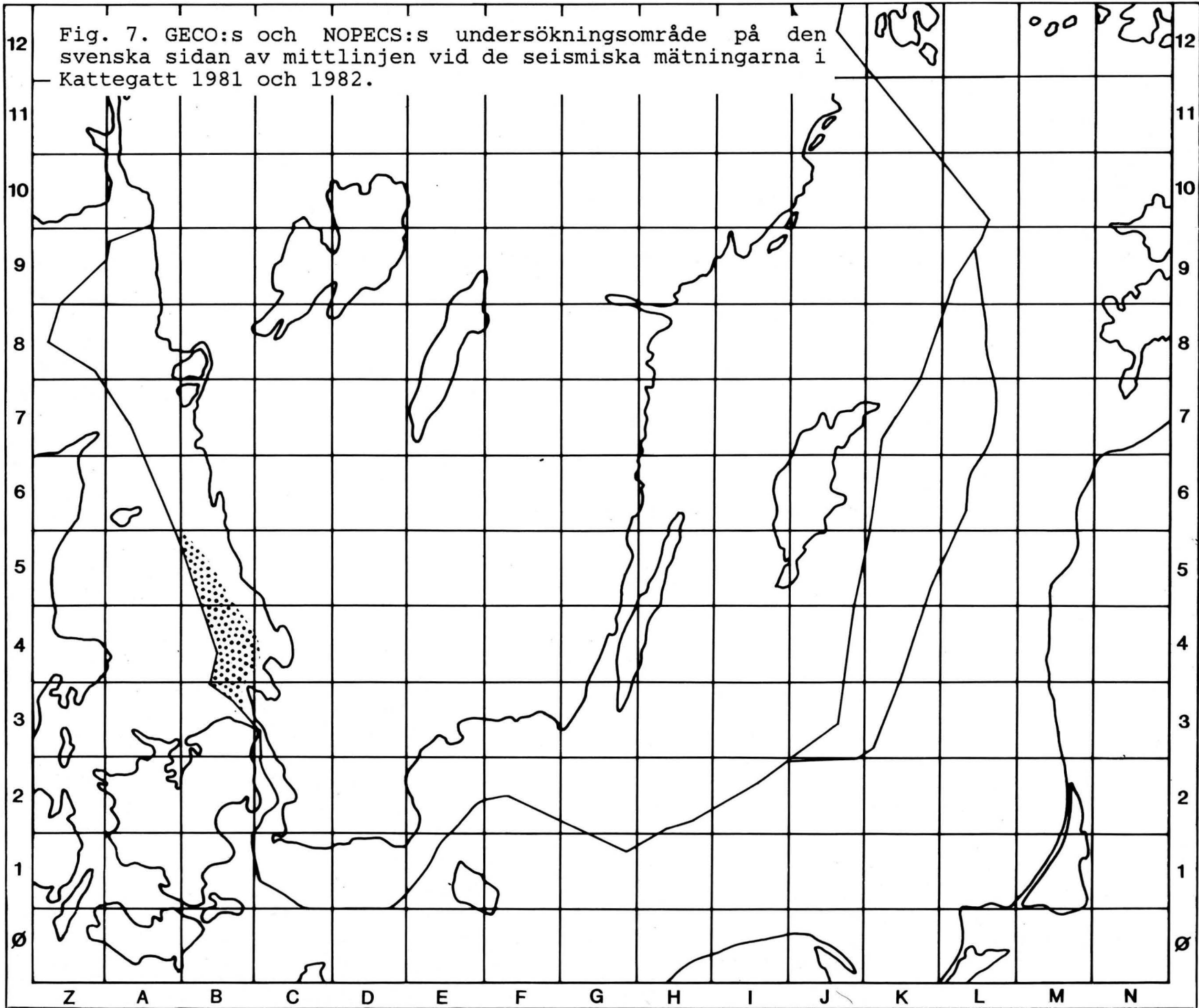
De båda norska bolagen har också utnyttjat den seismiska profilering som utfördes 1975 av Geophysical Service International (GSI), England, då totalt 1500 km uppmättes i Kattegatt. Dessa mätningar utfördes i samband med en undersökning kallad K-75 och berörde delvis den svenska ekonomiska zonen.

Det seismiska materialet från GECO:s och NOPEC:s mätningar i Kattegatt utvärderas av GECO Exploration Consultants (GEXCO) i Göteborg.

GEXCO planerar att utsträcka sina undersökningar till Bottniska viken och har ansökt (1986) om tillstånd att utforska kontinentalsockeln utanför Sveriges östra kust norr om 59:e breddgraden.

Geologiska Forskningsanstalten, Finland

Maringeologisk forskning har bedrivits av Geologiska Forskningsanstalten i Finland sedan 1955. Huvuddelen av insatserna har gjorts i Bottenviken, Bottenhavet och Ålands hav där omfattande seismisk



profilering och refraktionsmätning samt bottenprovtagning genomförts med hjälp av bl.a. forskningsfartyget R/V Aranda. Undersökningarna har delvis utförts i samarbete med Maringeologiska avdelningen vid Stockholms Universitet. Flera av de seismiska profilerna från svenskt kontinentalsockelområde i Bottenhavet (fig. 8) upptogs sålunda med svensk utrustning (Thumper och Air gun från Stockholms Universitet). Tidigare finska undersökningar i dessa havsområden har omfattat gravimeter- och magnetometermätningar, samt borrhningar i det östra kustområdet.

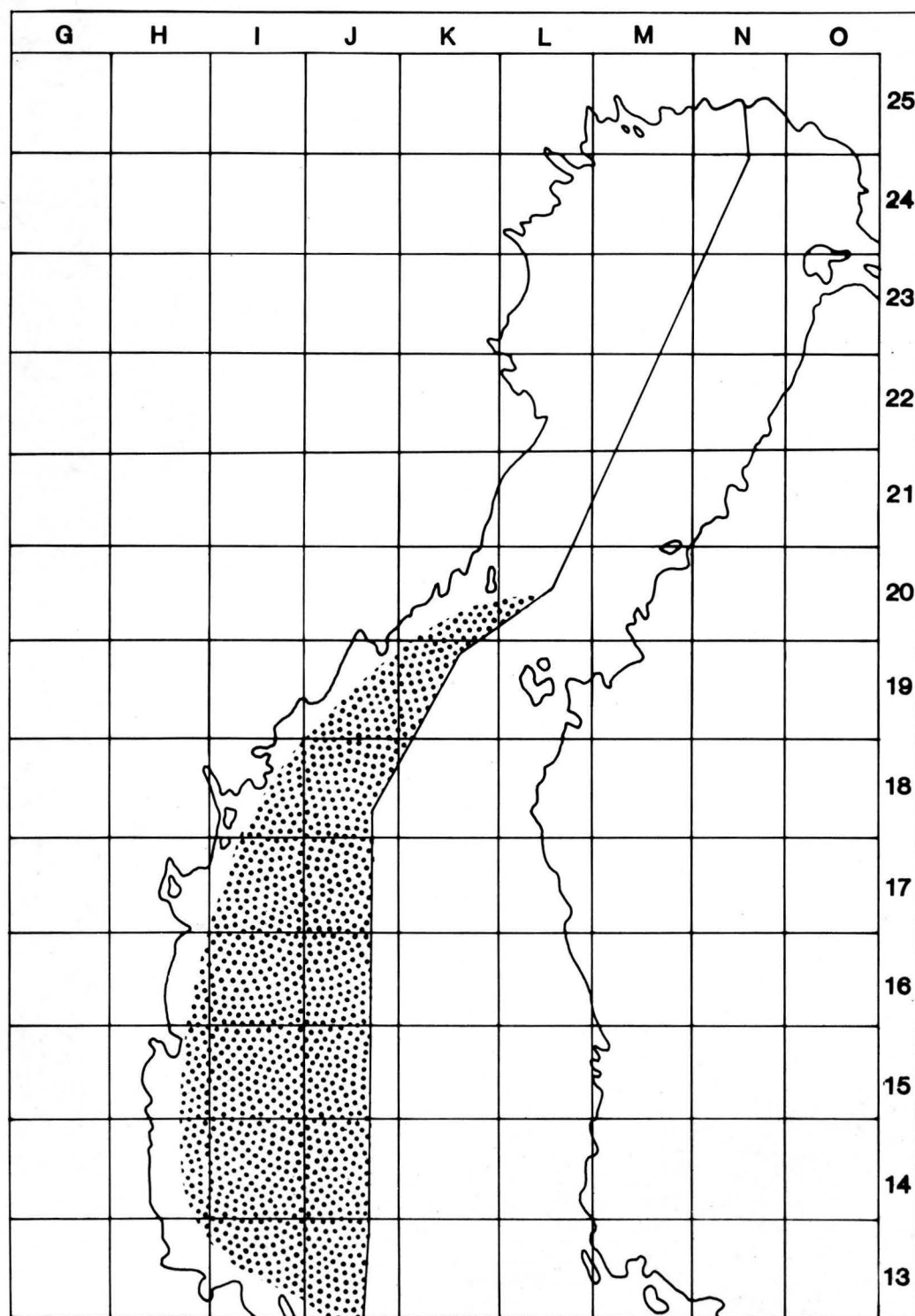


Fig. 8. Geologiska Forskningsanstaltens i Finland undersökningsområde på den svenska sidan av mittlinjen vid de akustiska mätningarna i Bottenhavet 1956-1970.

Ekolodningen, den akustiska profileringen och bottenprovtagningen har givit värdefull information om de batymetriska, morfologiska och geologiska förhållandena i Bottniska viken (Veltheim 1962, 1969; Ignatius & Tulkki 1970; Tulkki 1977). Resultat som berör berggrundens art och olika enheters mäktigheter i Bottenhavet har publicerats av Winterhalter (1972). I hans arbete beskrivs också de geofysiska metoder som legat till grund för undersökningen.

Gulf Oil Company, Denmark Ltd

På uppdrag av Gulf Oil Company, Denmark Ltd, utförde Western Geophysical Co. 1963-1967 reflektionsseismiska mätningar i Kattegatt, södra Öresund och västra Östersjön. Sammanlagt utfördes i Kattegatt en seismisk profilering till en längd av 1055 km, varav ca 25 km inom svenskt kontinentalsockelområde väster om Falkenberg. I södra Öresund och västra Östersjön omfattade den seismiska profileringen totalt 405 km, varav drygt 80 km genomfördes på den svenska sidan av mittlinjen utanför Skånes sydvästra kuster (fig. 9).

Materialet är utvärderat och resultaten publicerade av Baartman & Christensen (1975). Författarna påvisade fyra distinkta seismiska nivåer, övre kritans bas, toppen resp. basen av trias, samt basen av övre perm (zechstein). Lokalt noterades dessutom en seismisk nivå som förknippades med det kristallina underlaget. Baartman & Christensens (1975) tolkning av det seismiska materialet har väsentligt bidragit till att öka kännedomen om tektoniken under Kattegatt.

OPAB

Oljeprospekterings AB (OPAB) startade sin verksamhet under andra halvåret 1969 med målsättningen att finna kolväteförekomster av kommersiellt intresse i Sverige. Vissa försök i denna riktning hade redan utförts, främst av Sveriges geologiska undersökning, men även Oljekonsumenterna och Johnsonkoncernen hade bidragit i dessa strävanden. I detta sammanhang kan även nämnas de prospekteringsarbeten som utfördes på Öland i AB Elektrisk Malmletnings (ABEM) regi under åren 1929-1932 i syfte att finna gas eller olja.

12

Fig. 9. Gulf Oil Companys undersökningsområden på den svenska sidan av mittlinjen vid de seismiska mätningarna i Kattegatt, Öresund och västra Östersjön 1963-1967.

12

11

11

10

10

9

9

8

8

7

7

6

6

5

5

4

4

3

3

2

2

1

1

0

0

Z

A

B

C

D

E

F

G

H

I

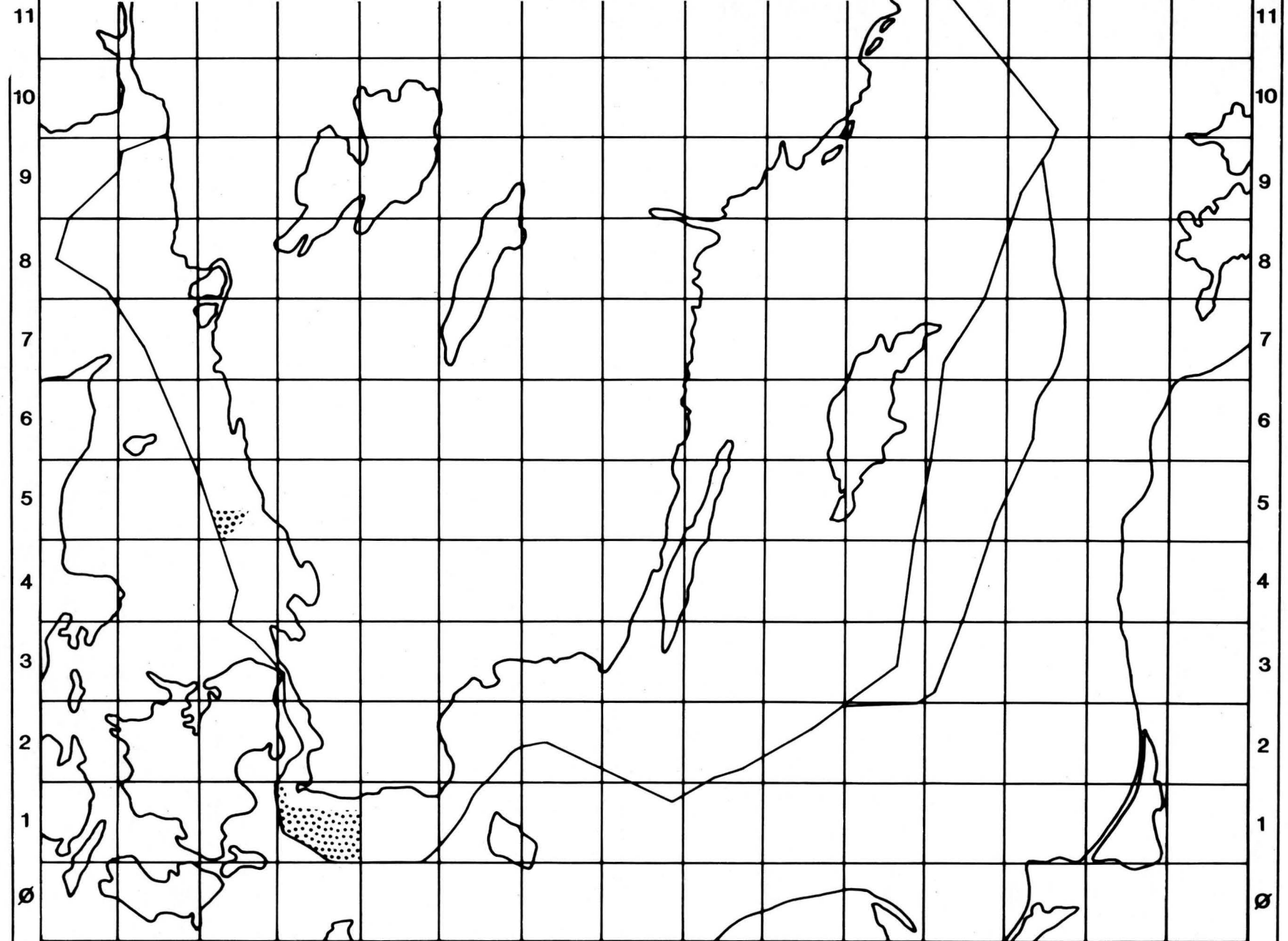
J

K

L

M

N



OPAB ägdes från början till 50 procent av staten genom LKAB och Vattenfall. Sedan 1977 har emellertid den statliga andelen i bolaget ökat och från och med samma år överlät LKAB och Vattenfall sitt intresse i bolaget till Svenska Petroleum Exploration AB (SP Exploration). Sedan 1979 har bolaget ingen egen personal anställd utan genom ett samma år ingånget avtal med SP Exploration svarar det senare företaget som operatör för OPAB:s verksamhet.

På land har OPAB för närvarande koncessionsområden i Skåne och på Gotland. Bolagets tillståndsområde till havs täcker en betydligt större yta (ca 79 000 km²) och de berörda områdena innefattar svenskt kontinentalsockelområde i Skagerack, Kattegatt, Öresund, områdena sydväst och sydöst om Skåne, yttre Hanöbukten samt Östersjöområdet kring Öland och Gotland till 59:e breddgraden.

I samband med kolväteprospekteringen har OPAB låtit utföra synnerligen omfattande geofysiska undersökningar inom koncessionsområdena (fig. 10). Parallellt med mätningarna har bolagets personal fortlöpande utvärderat och sammanställt resultaten, främst som underlag för planerade djupborrningar. Dessutom har kontraktsanställd personal och konsultföretag anlåtats i samband med utvärderingen.

Under de inledande verksamhetsåren 1969 och 1970 lät OPAB utföra flygmagnetiska mätningar över Skagerack, Kattegatt, SV Skåne och havsområdena söder och väster därom samt över Östersjön inom området mellan Skåne och norra Gotland. Totalt omfattade mätningarna 33 964 flygkm. Som entreprenör för de flygmagnetiska mätningarna anlätades Fairey Surveys Ltd., Maidenhead, England. De flygmagnetiska mätningensresultaten ledde fram till seismiska undersökningsprogram såväl på land som på kontinentalsockeln.

Seismiska mätningar har mer eller mindre kontinuerligt pågått sedan starten hösten 1969 och de är de mest omfattande och kostnadskrävande av alla förundersökningar som utförts av OPAB. Bolagets marinseismiska profilering omfattade t.o.m. 1984 totalt 31 824 km, vilka fördelar sig områdesvis enligt följande: Skagerack 539 km; Kattegatt 1 486 km; Öresund 2 022 km; söder om Skåne 896 km; Bornholmsgattet 511 km; inre Hanöbukten 808 km; yttre Hanöbukten 4 736 km; Östersjön (ost om 17° E) 20 479 km. Dessutom har rekognoseringsmätningar längs tre profiler utförts i Bottenhavet. Som entreprenörer för de seismiska mätningarna till havs har anlåtats Western Geophysical Company, Middlesex, England, Seismograph Service Ltd., England, Delta Exploration Co. Inc., Houston, Texas, Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G.), Paris, Geophysical Service Internatio-

12

Fig. 10. Områden där OPAB utfört seismiska mätningar.

12

11

11

10

10

9

9

8

8

7

7

6

6

5

5

4

4

3

3

2

2

1

1

0

0

Z

A

B

C

D

E

F

G

H

I

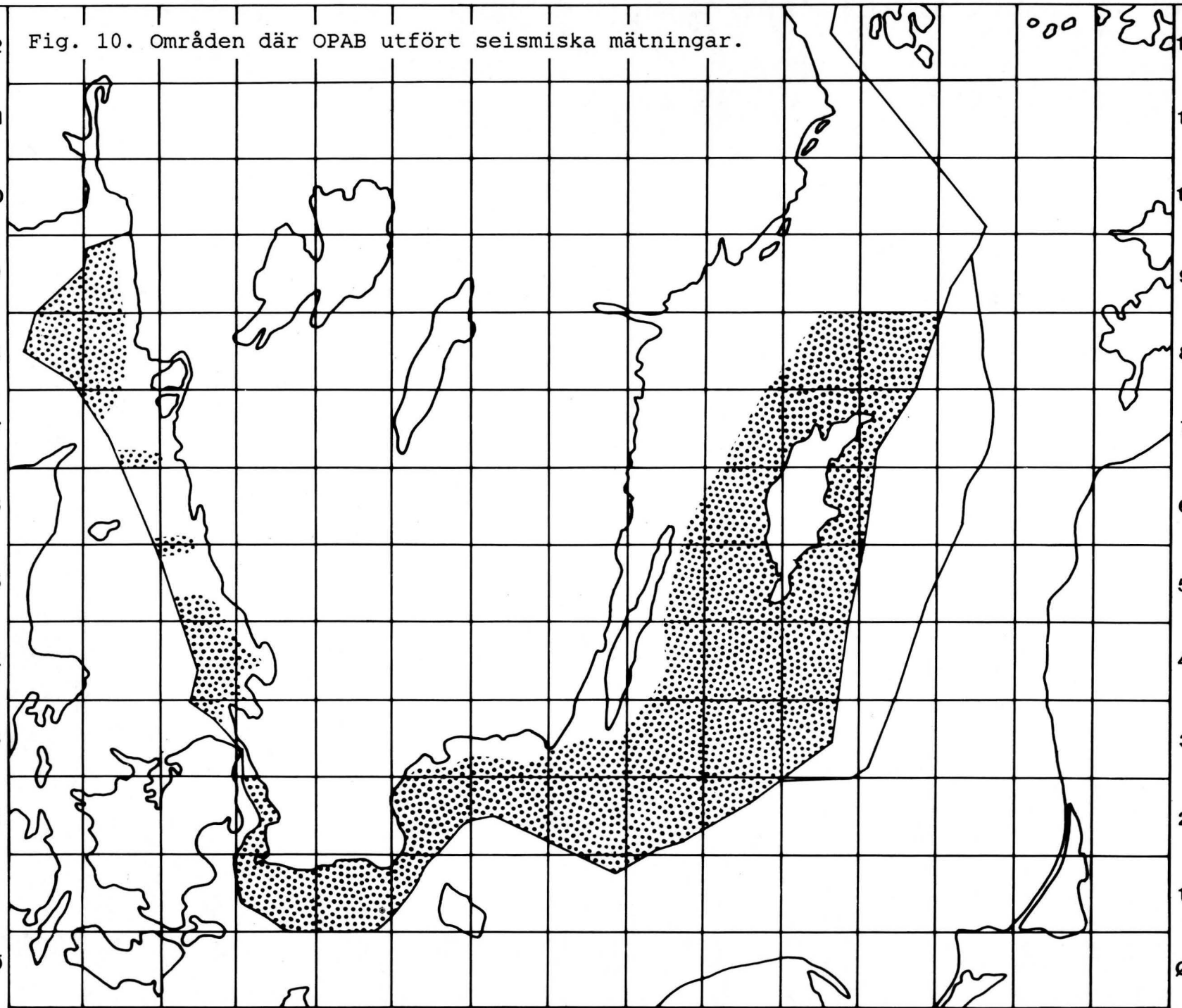
J

K

L

M

N



nal (GSI), England, Digital Exploration Ltd., England, Geophysical Company of Norway A/S (GECO), Norge, samt Racal Geophysics.

På uppdrag av SGU har OPAB under 1985 gjort en sammanställning av det seismikmaterial som bolaget insamlat från den svenska kontinentalsockeln. Sammanställningen finns arkiverad på SGU, liksom även övriga handlingar som berör bolagets geologiska och geofysiska undersökningar.

Project Tornquist av Jan Bergström

Under åren 1975-1985 har UNESCO/IGCP-projekt nr 86, med den formella titeln "East European Platform (SW border)", arbetat med att utforska och kartlägga geologin och den geologiska utvecklingen runt den s.k. Tornquistlinjen. Området omfattar bl.a. Sverige med omgivande vattenområden upp till ungefär 60° latitud. Under åren 1976-1984 har projektet via NFR-medel bekostat maringeofysiska undersökningar utförda av Stockholms universitet. Dessa undersökningar har utförts bl.a. i Hanöbukten (jfr. nedan, Stockholms universitet, Maringeologiska avdelningen, Södra Östersjön).

Projektarbetet har bl.a. lett till utarbetandet av en svit av 15 paleogeografiska kartor i skala 1:1,5 milj., som dels visar utvecklingen från kambrisk tid till nutid, dels utbredning, mäktighet och bergartsutbildning hos de sedimentära bergarter som finns bevarade i dag (Appendix A). Kartorna kompletteras av en större svit kartor i 1:10 milj. för mellanliggande tidsavsnitt. Utöver de paleogeografiska kartorna finns en tektonisk karta i 1:1,5 milj. över samma område. Projektet har vidare resulterat i ett antal publikationer, som belyser geologin. En förteckning över de publikationer som resulterat av den svenska insatsen kan på förfrågan erhållas från Göran Kjellström, SGU, Uppsala.

SGU, Allmänna byrån

I samband med prospektering efter kolväten under 1960-talet utförde Sveriges geologiska undersökning (SGU) 1965 översiktliga flygmagnetiska mätningar över kontinentalsockeln (Lacomblez, P. 1965: "Offshore Airborne Magnetic Survey". - SGU internrapport). Dessa mätningar kompletterades 1967 med gravimetriska och flygmagnetiska mätningar över Gotland, av vilka de förra utfördes av Geodetiska byrån vid Rikets Allmänna Kartverk och de senare av Craelius Terratest AB. De magnetiska mätningarna över centrala Östersjön och Gotland medgav en tolkning i stora drag av urbergsytans djupläge och en tolkningskarta angav att urbergsunderlaget sakta sänker sig mot öster och sydost.

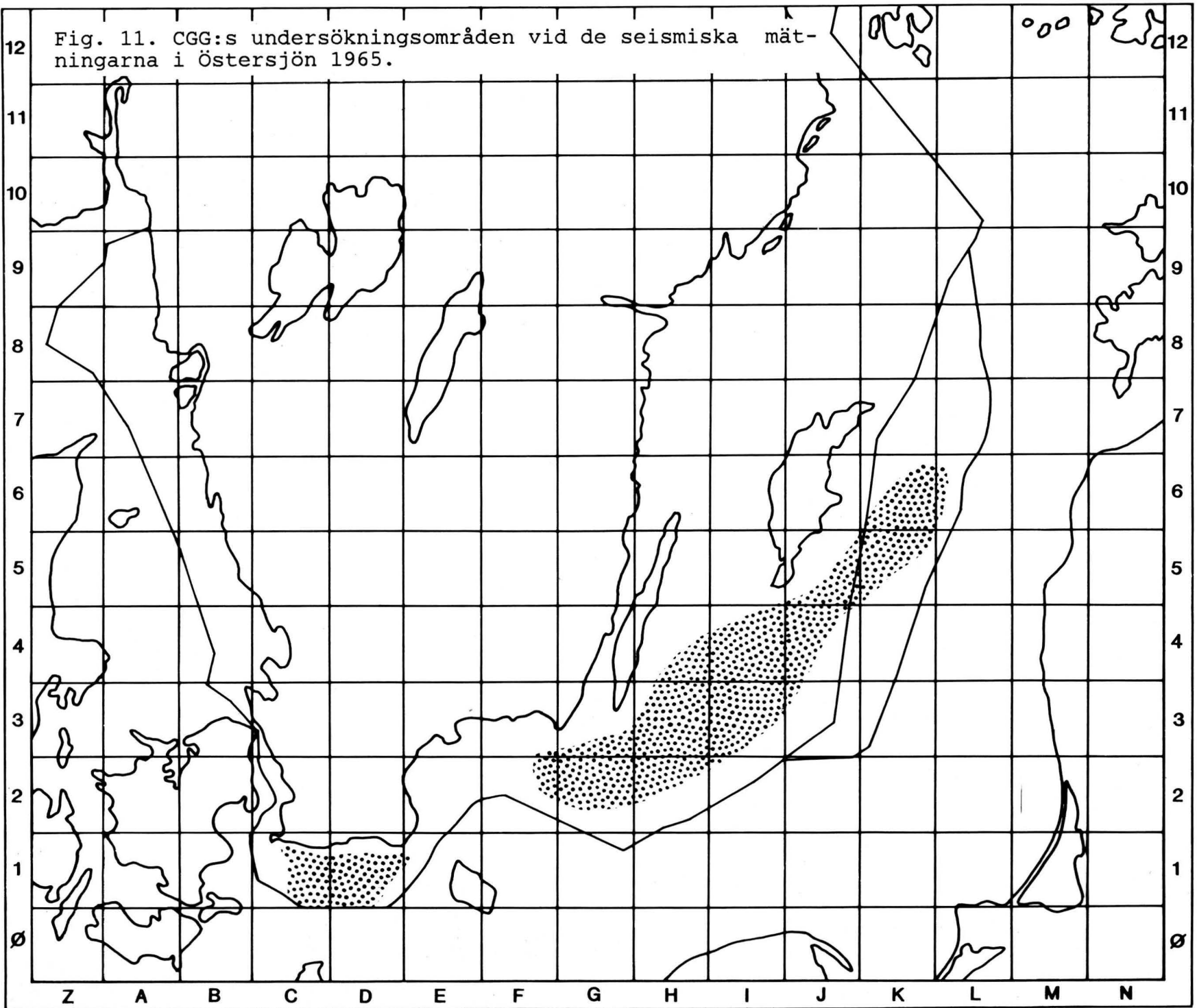
SGU har också låtit utföra seismiska mätningar i Östersjön. Under 1965 kontrakterades Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G.) i Paris, som utförde reflektions- och refraktionsseismiska mätningar i havsområdena söder om Skåne, söder och sydost om Öland samt söder och öster om Gotland (fig. 11). Resultaten har redovisats i en rapport av C.G.G. (1965: "Geological Survey of Sweden. Baltic Sea Survey. Party W. 3506, 23rd October - 2nd December 1965"). Under slutet av 1960-talet har Maringeologiska avd. vid Stockholms Universitet utfört marinseismiska mätningar söder och sydost om Gotland på uppdrag av SGU (Dahlman, B. & Skoglund, R. 1970: "SGU oljegeologiska arbeten 1968-69". SGU).

SGU, Maringeologiska avdelningen

Maringeologiska avdelningen vid Sveriges geologiska undersökning har sedan 1969 bedrivit geologisk kartering av lösa avlagringar på den svenska kontinentalsockeln. Detta har huvudsakligen skett i form av prospektering efter submarina sand- och grustillgångar. Parallellt med denna verksamhet har andra uppdrag av maringeologisk karaktär genomförts, t.ex. seismiska mätningar och side scanning sonarmätningar för planerade alternativa tunnällagen under Öresund, hamnbyggnader m.m. Genom sin mångåriga verksamhet förfogar SGU nu över en maringeologiskt specialiserad personal tillsammans med en omfattande och för svenska förhållanden utprovad undersökningsutrustning. För uppbyggnaden och utvecklingen av SGU:s maringeologiska avdelning har Åke Hörnsten, SGU, spelat en central roll.

Avdelningens verksamhet är i första hand inriktad på kartering av

Fig. 11. CGG:s undersökningsområden vid de seismiska mätningarna i Östersjön 1965.



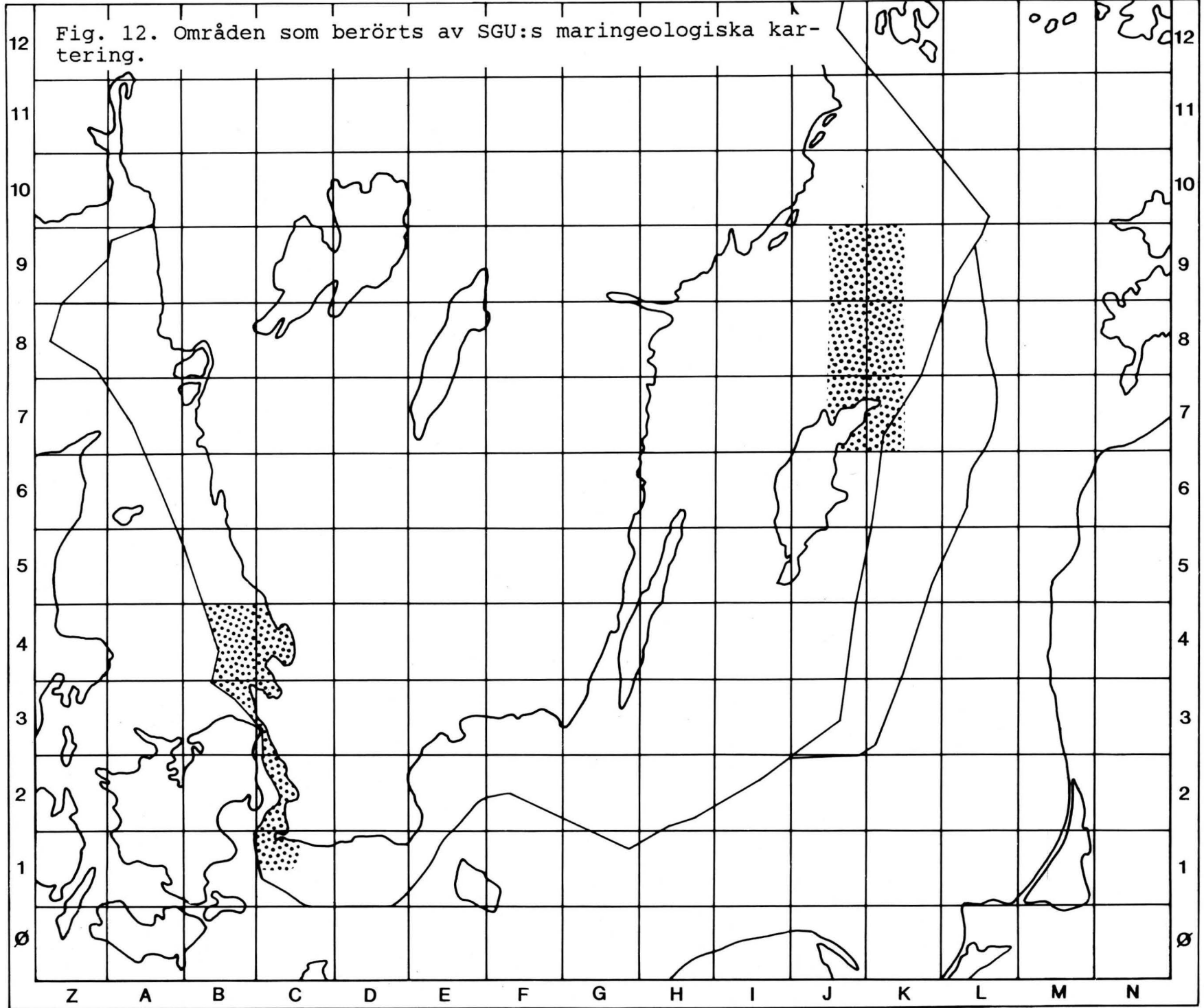
de kvartära avlagringarna, men genom den omfattande seismiska profileringen erhålles också kontinuerligt information om berggrundsytans relief och det lösa sedimenttäcket tjocklek. Under förutsättning att sedimenttäcket är mycket tunt får man i enstaka fall även uppgifter om berggrundens art genom provtagning med gripskopa (Orange Peel Bucket) och vibrohammarborr.

Huvuddelen av SGU:s maringeologiska kartering har gjorts i Öresund och norr om Gotland (fig. 12). Fem kartblad i skala 1:50 000 är utgivna (1979) över Öresund. På dessa har utlagts beteckningar för jordarternas sammansättning, områden med berggrund utan jordtäcke, lägen för borrhållningar, seismiska profiler, provtagningspunkter m.m. Kartbladen innehåller också en nivåkarta över berggrundens överyta. För området norr om Gotland är tre kartblad i skala 1:100 000 med beskrivning under tryckning i SGU Serie Am 1-3. Bladen kommer att inkludera småkartor över berggrunden. Avdelningens verksamhet är för närvarande koncentrerad till Laholmsbukten, och ett maringeologiskt kartblad över detta område planeras vara utgivet 1987/88.

Stockholms universitet, Maringeologiska avdelningen

På uppdrag av Sveriges geologiska undersökning har Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, sammanställt institutionens maringeologiska aktiviteter för perioden 1963-1984. I sammanställningen redovisas utförda maringeofysiska mätningar inom svenskt kontinentalsockelområde, samt avdelningens uppdrag inom marin ingenjörsgologi i svenska kust- och havsområden. Sammanställningen berör inte de stora sjöarna eller den zon öster om Gotland, om vilken förhandlingar med grannstater fortgår.

Maringeologisk forskning med geofysisk inriktning har bedrivits vid Geologiska institutionen, Stockholms universitet, sedan 1962. Vid denna tidpunkt var berggrunden och sedimentens fördelning inom den svenska kontinentalsockeln i det närmaste helt okänd. Efter snart 25 års arbeten föreligger en betydligt klarare bild av geologin och den geologiska utvecklingen i våra kust- och havsområden. Under denna tidsrymd har teknik- och inte minst instrumentutvecklingen varit snabb, varför en kontinuerlig komplettering, förnyelse och förfining av apparatur och instrumentering har skett. Maringeologiska avdelningen disponerar idag över ett modernt och för svenska förhållanden specialutrustat forskningsfartyg med goda geofysiska resurser.



De vetenskapliga undersökningarna var till en början inriktade på den sedimentära berggrundens lagerföljd, ursprung och spricksystem i regionala, storskaliga undersökningar. Efterhand har en god översikt av de geologiska förhållandena i våra havsområden erhållits och forskningen huvudinriktning har alltmer kommit att beröra geografiskt begränsade men geologiskt intressanta företeelser såväl i berggrunden som i de lösa avlagringarna. Undersökningarna har i huvudsak bekostats av Naturvetenskapliga Forskningsrådet (NFR).

Vetenskapliga undersökningar av Per Söderberg

I det följande presenteras de vid Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, utförda vetenskapliga maringeofysiska undersökningarna fram till och med år 1984. Sveriges kontinentalsockel indelas här i sju områden vilkas utbredning framgår av de två indexkartorna (fig. 13 och 14). Områdesbeskrivningarna avser strikt den svenska kontinentalsockeln och berör främst området utanför svenskt inre vatten. Linjetätheten inom varje område är "genomsnittlig", eftersom tätheten ofta varierar starkt inom respektive område. Primärmaterialet är arkiverat vid Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm.

Bottenviken. - Geologiska undersökningar rörande den pre-kvartära, kvartära och tektoniska utvecklingen inom området har utförts med hjälp av ekolod, enkanals reflektionsseismik, refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden och magnetometri. Decca-Navigatorkedja 5F har använts vid positionsbestämning.

Fältundersökningarna är utförda under åren 1978-1983 och omfattar totalt ca 2000 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik. Linjetätheten över hela området är 7 km, utom i de sydligaste delarna där tätheten är 2,5 km. Vid refraktionsseismiken har 63 refraktionsbojar spridda över hela området använts. De magnetometriska mätningarna har koncentrerats till den sydligaste delen.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), seismikdiagram (250-500 Hz), refraktionsdiagram (10-100 Hz) och magnetometriogram. Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband. Materialet är utvärderat och delvis sammanställt.

Publikationer: Axberg & Flodén (1977); Flodén m.fl. (1980).

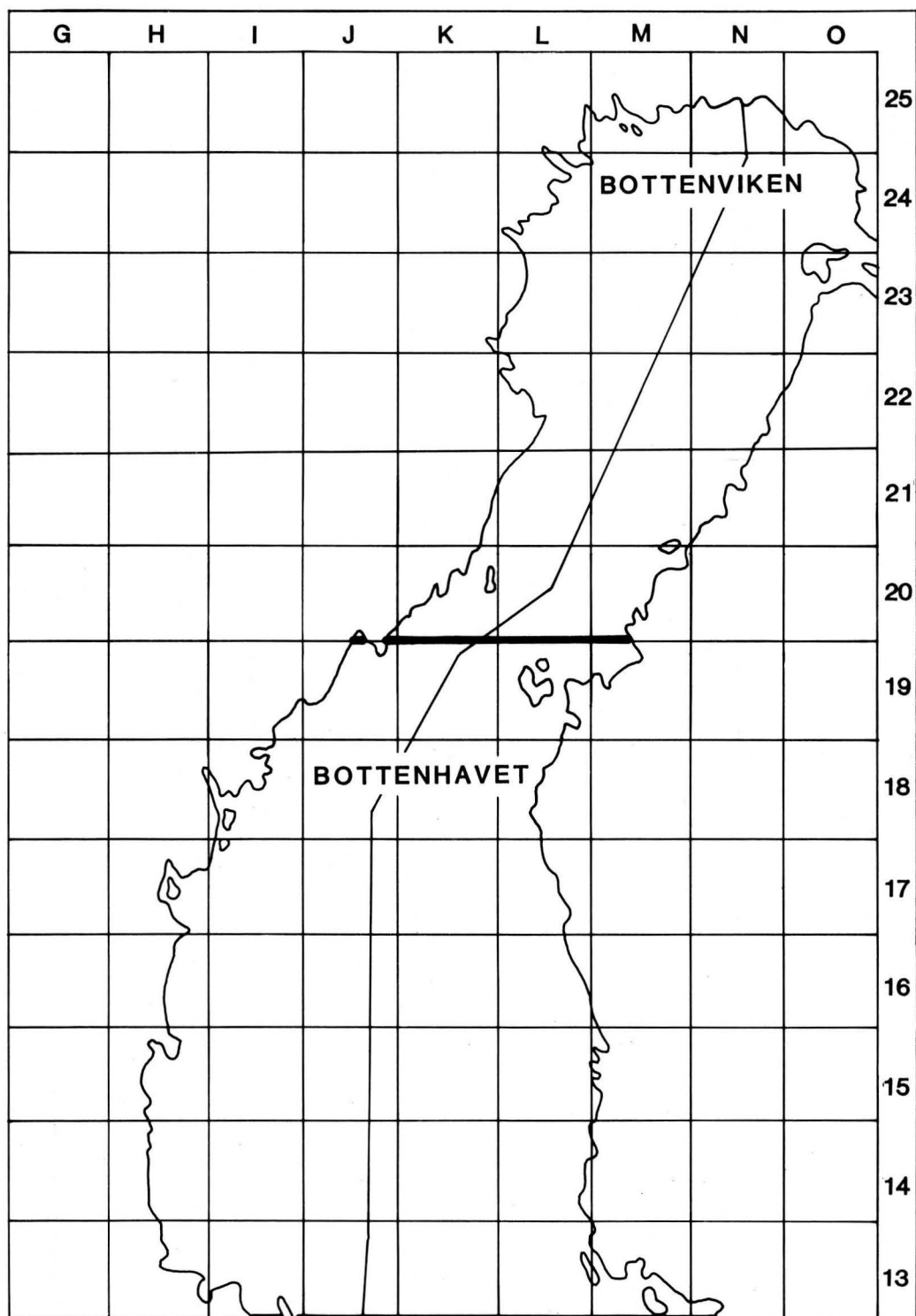
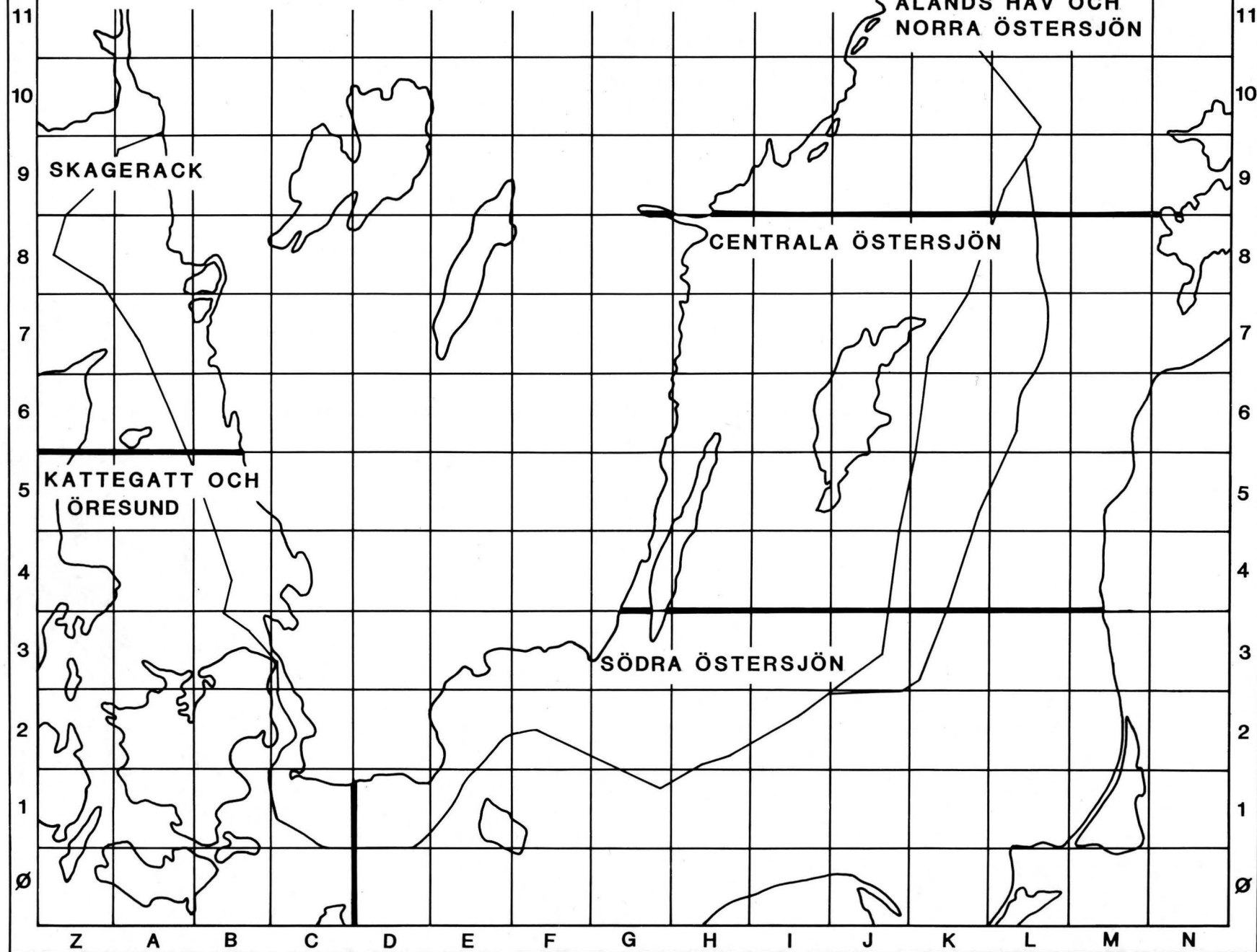


Fig. 13. Områdesindelning för vetenskapliga undersökningar i Bottniska viken, utförda av Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet.

12 Fig. 14. Områdesindelning för vetenskapliga undersökningar
i egentliga Östersjön, Kattegatt och Skagerack, utförda av
Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet.



Bottenhavet. - Geologiska undersökningar rörande de sedimentära bergarternas utbredning inom området har utförts med hjälp av ekolod, enkanals reflektionsseismik och refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden. Decca-Navigatorkedja 8C har använts vid positionsbestämning.

Fältnätningarna är utförda under åren 1972-1978 och omfattar totalt ca 7000 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik. Linjetätheten över hela området är 18 km, utom i de sydligaste delarna där tätheten är 2 km. Vid refraktionsseismiken har 10 refraktionsbojar använts i den södra delen.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), seismikdiagram (100-200 Hz eller 250-500 Hz) och refraktionsdiagram (20-100 Hz). Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband. Materialet är utvärderat och sammanställt.

Publikationer: Axberg (1973, 1979, 1980).

Ålands hav och norra Östersjön. - Geologiska undersökningar rörande den sedimentära berggrunden och isrecessionen, såsom den speglas i de lösa avlagringarna, har utförts med hjälp av ekolod, sedimentekolod, enkanals reflektionsseismik, refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden och magnetometri (enstaka linjer). Decca-Navigatorkedja 4B har använts vid positionsbestämning.

Fältnätningarna är utförda under åren 1967-1984 och omfattar totalt ca 3500 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik (mestadels i kombination med sedimentekolod under 1980-talet). Linjetätheten över hela området är 2,5 km. Vid refraktionsseismiken har 25 refraktionsbojar använts. Magnetometriska mätningar har endast utförts längs enstaka linjer.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), sedimentekolodsdiagram (4 kHz eller 6 kHz), seismikdiagram (250-500 Hz), refraktionsdiagram (20-100 Hz) och enstaka magnetometriendiagram. Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband. Materialet är i huvudsak utvärderat och sammanställt.

Publikationer: Flodén (1973a).

Centrala Östersjön. - Geologiska undersökningar rörande den sedimentära berggrunden inom området har utförts med hjälp av ekolod, sedimentekolod, enkanals reflektionsseismik, refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden och magnetometri. Decca-Navigatorkedja 4B och OA har använts vid positionsbestämning.

Fältnätningarna är utförda under åren 1963-1984 och omfattar

totalt ca 20 000 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik (mestadels i kombination med sedimentekolod under 1980-talet). Linjetätheten är 10 km, utom nordväst om Gotland där tätheten är 2 km. Inom vissa mindre områden är linjetätheten 300 m. 45 st. refraktionsbojar har använts i anslutning till Landsortsdjupet. De magnetometriska mätningarna omfattar ca 500 km i anslutning till Landsortsdjupet.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), sedimentekolodsdiagram (4 kHz), seismikdiagram (100-200 Hz, 200-400 Hz eller 250-500 Hz), refraktionsdiagram (20-100 Hz) och magnetometriagram. Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband från och med år 1970. Den största delen av materialet är utvärderat och sammanställt.

Publikationer: Flodén (1973a, 1975b, 1977, 1980), Flodén & Brännström (1965), Kumpas (1977).

Södra Östersjön. - Geologiska undersökningar rörande den sedimentära berggrunden, tektoniken och deglaciationen i området har utförts med hjälp av ekolod, sedimentekolod, enkanals reflektionsseismik och refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden. Decca-Navigatorkedja OA och 7B har använts vid positionsbestämning.

Fältmätningarna är utförda under åren 1975-1983 och omfattar totalt ca 5000 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik (ca 3600 km i Hanöbukten och söder om Öland, ca 500 km i Bornholmsgattet och ca 800 km söder om Skåne). Linjetätheten är 6 km i Hanöbukten och söder om Öland, och 2,5 km i Bornholmsgattet och söder om Skåne. Vid refraktionsseismiken har 53 refraktionsbojar använts (varav 45 i Bornholmsgattet).

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), sedimentekolodsdiagram (4 kHz), seismikdiagram (100-200 Hz och 250-500 Hz) och refraktionsdiagram (5-50 Hz). Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband. Materialet är utvärderat och delvis sammanställt.

Publikationer: Kumpas (1978, 1980a, 1980b, 1982), Wannäs (1979).

Kattegatt och Öresund. - Geologiska undersökningar rörande den sedimentära berggrunden och den tektoniska utvecklingen i Kattegatt har utförts med hjälp av ekolod, enkanals reflektionsseismik och refraktionsseismik enligt sono-bojmetoden. Decca-Navigatorkedja 7B har använts vid positionsbestämning.

Fältmätningarna är utförda under åren 1968 och 1977-1980. De omfattar totalt ca 2000 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik i Kattegatt. Linjetätheten är ca 6 km. Vid refraktionsseismiken har 17 refraktionsbojar använts.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), seismikdiagram (75-150 Hz och 150-300 Hz) och refraktionsdiagram (10-50 Hz). Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband. Materialet är delvis utvärderat.

Skagerack. - Geologiska undersökningar rörande berggrunden och de lösa avlagringarna samt deglaciationen har utförts med hjälp av ekolod, sedimentekolod (enbart i Åbyfjorden) och enkanals reflektionsseismik. Decca-Navigatorkedja 7B och 10B har använts vid positionsbestämning.

Fältmätningarna är utförda under åren 1968-1971 och 1981. De omfattar totalt ca 500 km ekolodning och kontinuerlig reflektionsseismik, varav ca 100 km i Åbyfjorden. Linjetätheten är ca 15 km.

Primärmaterialet omfattar ekolodsdiagram (30 kHz), sedimentekolodsdiagram (4 kHz) och seismikdiagram (100-200 Hz och 200-400 Hz). Ofiltrerad seismisk signal finns på magnetband från och med år 1970. Den största delen av materialet är utvärderat och sammanställt.

Publikationer: Flodén (1971, 1973b), Hillefors & Flodén (1983).

Ingenjörsgelogiska uppdrag
av Per Söderberg

Den maringeologiska forskningsgruppen vid Geologiska institutionen, Stockholms universitet, har infört den maringeofysiska tekniken inom ingenjörsgelogen i Sverige. Gruppen har i samarbete med Scandiaconsult AB genomfört ett stort antal uppdrag för såväl stat och kommuner som för enskilda beställare.

Undersökningarna har avsett:

- Projektering för muddring av hamnar och farleder.
- Projektering för förläggning av kablar och ledningar.
- Projektering av utfyllnadsområden.
- Projektering av bro- och tunnällagen.
- Projektering av fyrlägen och borrhplatser.
- Prospektering för submarina sandtäckter.
- Förprojekteringar av naturgasledningar.
- Förprojektering inför submarin malmprospektering.

Linjetäthet och positioneringssystem varierar starkt beroende på syftet med undersökningen, varför detta inte tas upp här. Primärmaterialet finns arkiverat vid Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm och hos Scandiaconsult AB, Box 4560, 102 65 Stockholm.

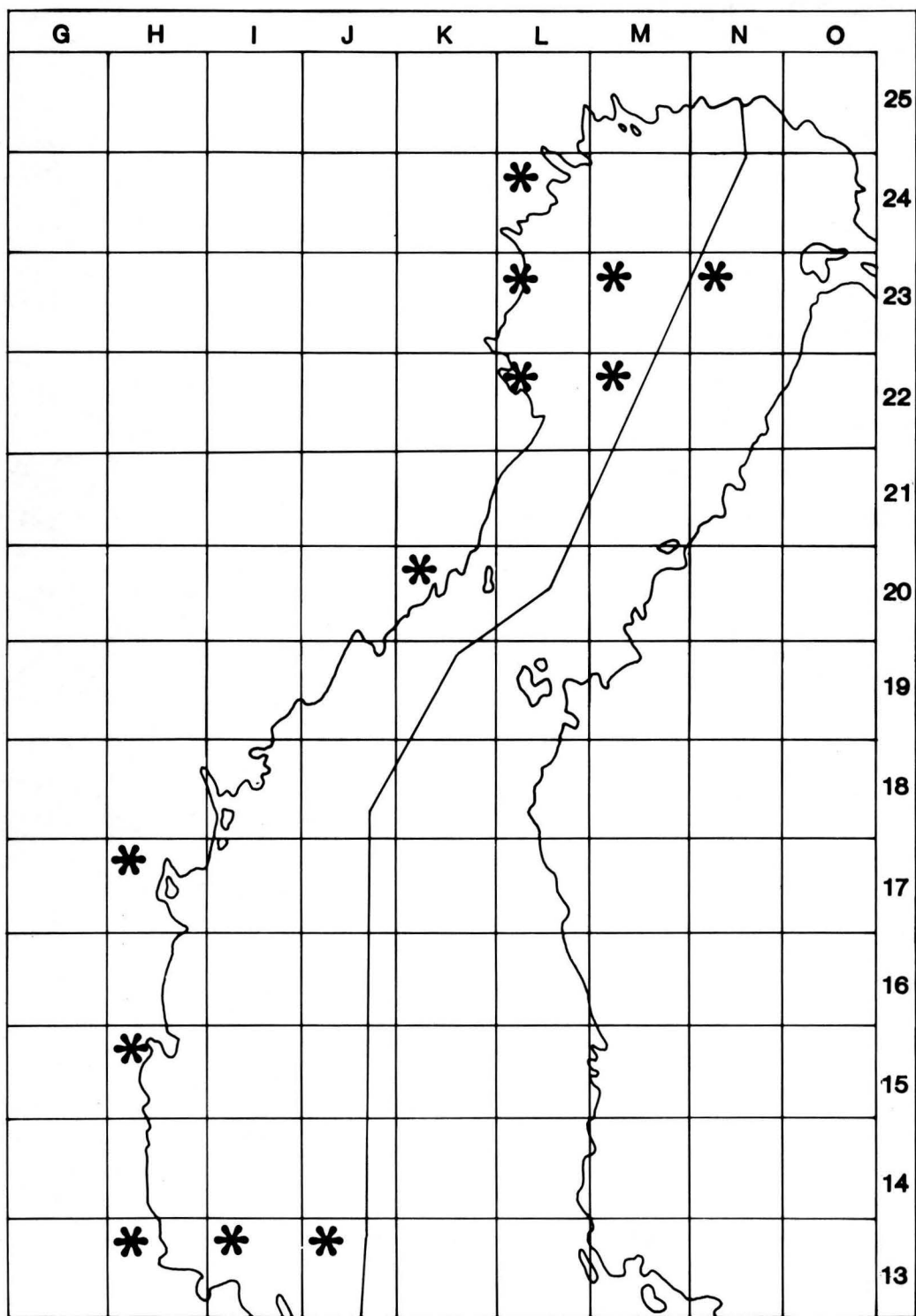


Fig. 15. Indexkarta över Bottniska viken. Inom storrutor markerade med asterisk har Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, utfört ingenjörsgelogiska uppdrag.

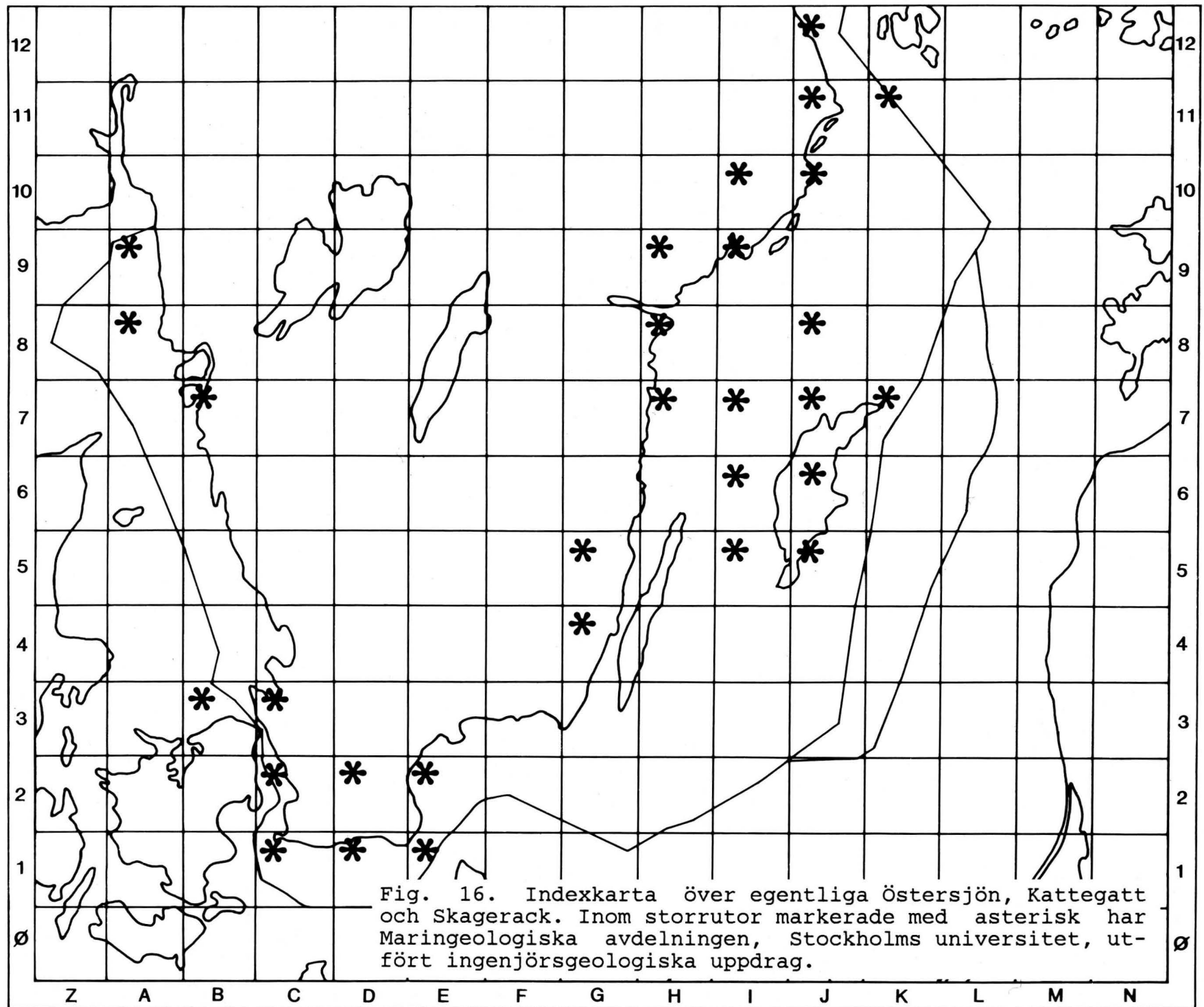


Fig. 16. Indexkarta över egentliga Östersjön, Kattegatt och Skagerack. Inom storrutor markerade med asterisk har Maringeologiska avdelningen, Stockholms universitet, utfört ingenjörsgelogiska uppdrag.

Inom de i indexkartorna (fig. 15 och 16) med asterisk markerade storrutorna har Maringeologiska avdelningen utfört ingenjörsgelogiska uppdrag. Tabell för överföring från storruta till respektive uppdrag återfinns nedan, där rapportens referensnummer framgår. Den fullständiga rapportens titel och uppdragsgivare återfinns i Appendix B.

Storruta Referensnummer i rapportförteckningen (se Appendix)

8A	39
9A	19, 20, 46
3B	31
7B	16, 30, 35, 56
1C	31
2C	2, 13, 14, 17, 23, 31, 32, 33, 34, 44, 45, 55
3C	22, 31
1D	31
2D	31
1E	25, 31
2E	25, 31
4G	40
5G	53, 40
7H	49, 50
8H	1
9H	9, 10, 11, 47, 58
13H	4, 5, 6, 7, 24, 59
15H	18
17H	12
5I	51
6I	49, 50, 51
7I	49, 50
9I	38, 60
10I	48, 54, 61
13I	3, 5, 6, 7, 59
5J	51
6J	49, 50, 51
7J	36, 49, 50, 51
8J	29
10J	8
11J	43, 52
12J	57, 52
13J	5, 6, 7, 59

7K	26, 27, 28, 37
11K	52
20K	21
22L	41, 42
23L	41, 42
24L	15
22M	41, 42
23M	41, 42
23N	41, 42

VBB, Malmö

I samband med planerna för en naturgasledning under Öresund mellan Amager söder om Dragör på den danska och Klagshamn på den svenska sidan har Vattenbyggnadsbyrån (VBB) i Malmö gjort bottenundersökningar på uppdrag av Swedegas. Under 1977 utfördes ekolodning och seismiska mätningar i det aktuella området. Dessa undersökningar kompletterades senare med provgropar som grävdes med hjälp av ett mudderverk. Flera av provgroparna gick ner i berggrunden som består av dankalksten. Utefter linjen har det också utförts några grunda borrhningar. Resultaten från undersökningarna har redovisats i rapporten "Submarine Pipeline Öresund - report regarding excavation and inspection of test pits in Öresund", Gaskonsulterna Gasunie-TME-VBB, handling/document 17.3 (febr. 1983).

Western Geophysical

Western Geophysical Company of America, Middlesex, England, utförde under 1981 och 1982 geofysiska (seismiska, gravimetriska och magnetometriska) mätningar i Skagerack och Kattegatt, med koncentration till Kattegatts sydöstra del (fig. 17). Undersökningarna gjordes längs raka linjer i ett rutnät med linjerna orienterade i SV-NO och SO-NV. Den seismiska profileringen på den svenska sidan av mittlinjen omfattade totalt ca 660 km. Mätningarna i Skagerack utfördes under december 1981 och mätningarna i Kattegatt under april 1982. Pappers- och filmkopior av de seismiska profiler som berör svenskt territorialhav och svenskt kontinentalsockelområde finns arkiverade på SGU.

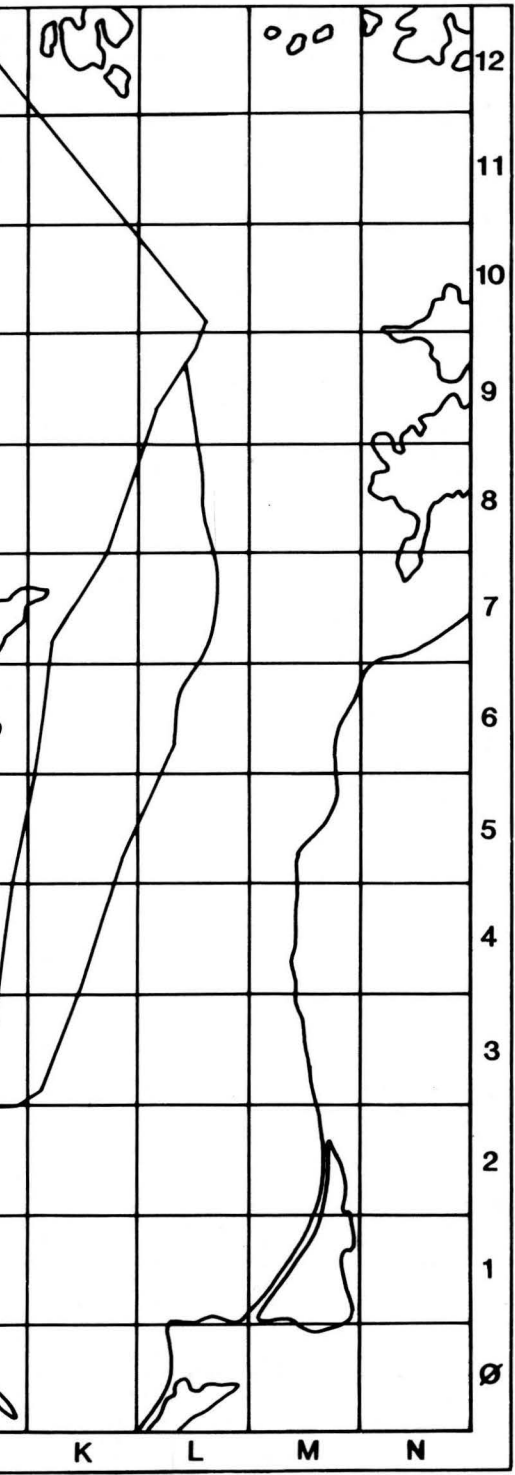
Det omfattande geofysiska materialet från Kattegatt har delvis utvärderats och tolkats av Maersk Olie og Gas A/S i Köpenhamn (Liboriusen, Ashton & Tygesen, under tryckning).

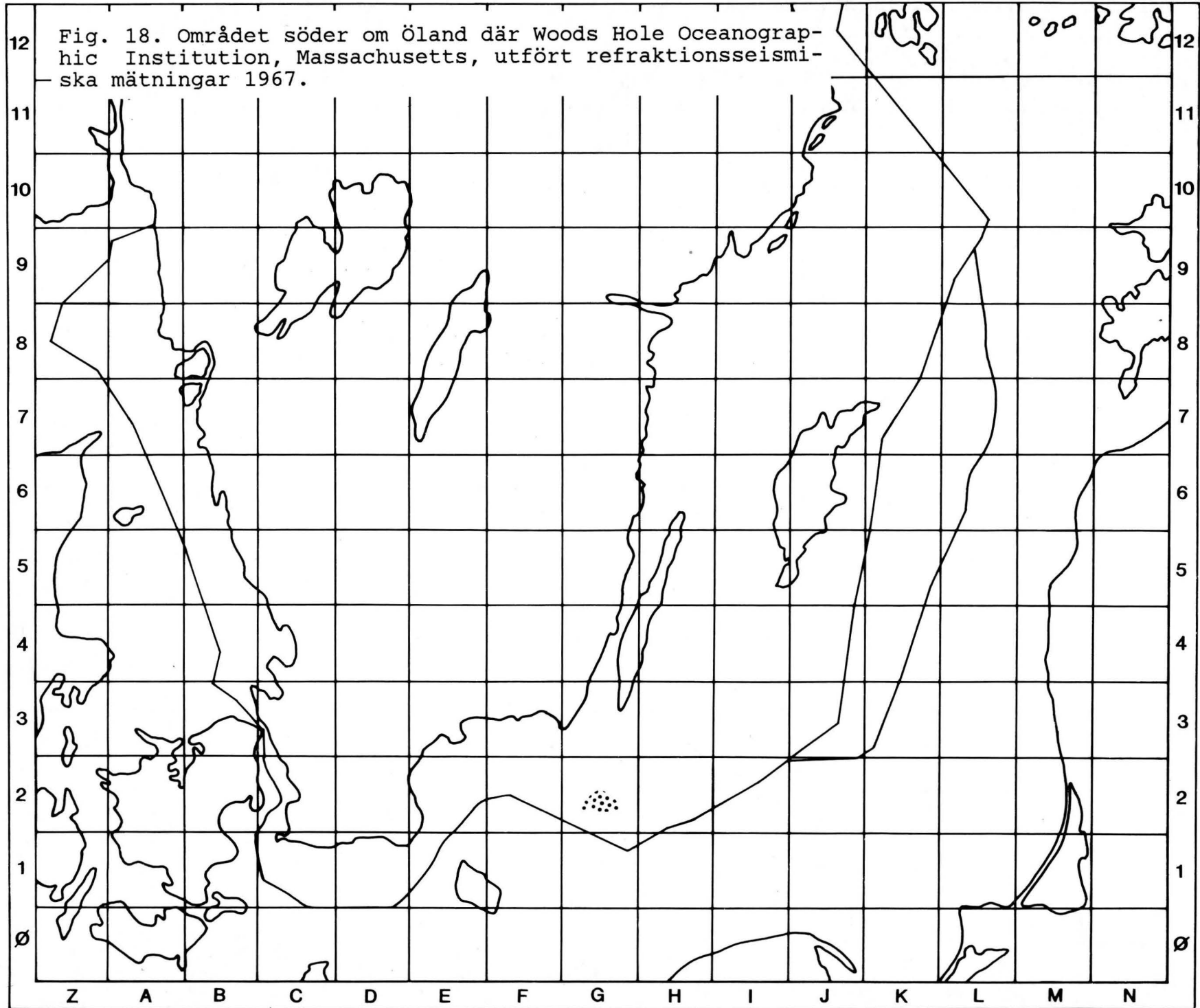
Woods Hole Oceanographic Institution

I juni 1967 utförde Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, seismiska refraktionsmätningar inom tre områden av södra Östersjön. Inom varje område utfördes mätningar i två linjer utgående i olika riktningar från det förankrade mätningfartyget. Ett av de tre undersökta områdena är beläget ca 60 km söder om Öland och inom svenskt område (fig. 18), medan de två övriga ligger utanför den svenska ekonomiska zonen. Materialet är utvärderat och resultaten publicerade av Bunce (1969). Databearbetningen och tolkningen visade bl.a. att djupet till det kristallina underlaget ökar markant mot sydost, från ca 0.5 km i området söder om Öland till 2.5 km i ett område nordväst om Danzigbukten.

12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

Fig. 17. Western Geophysicals undersökningsområde på den svenska sidan av mittlinjen i Kattegatt och Skagerack 1981 och 1982.





Borrningar i berggrunden

Borrningar till havs

Bottenhavet

Genom Wimans (1893, 1903, 1906) studier av lösa block omkring Bottenhavet samt Gripenbergs (1934) och Veltheims (1962) analyser av bottenprover har man haft en relativt god uppfattning om den kambro-ordoviciska berggrundens utbredning i Bottenhavet. Dock var det först 1970, som man genom en kärnbörning på Finngrundet (Östra Banken) fick direkt kunskap om berggrundens beskaffenhet och stratigrafi. En liknande börning sattes 1972 på Västra Banken (fig. 19 och 26). Borrningarna utfördes av Paleontologiska institutionen vid Uppsala universitet och har beskrivits av Thorslund (1979). Underordovicium i Finngrundet-kärnan har varit föremål för detaljerade biostatigrafiska undersökningar (Tjernvik & Johansson 1980; Löfgren 1985).

Centrala Östersjön

Kontinentalsockeln i centrala Östersjön anses vara ett område med goda prospekteringsutsikter. Särskilt har en del strukturer i kambrium och ordovicium varit föremål för detaljerade undersökningar. Efter omfattande geofysiska förarbeten har Oljeprospekterings AB (OPAB) under åren 1973, 1974 och 1976 låtit utföra 12 djupbörningar genom den kambrosiluriska berggrunden söder och sydost om Gotland (fig. 20). Endast ett borrhål (BO-12 öster om Gotland) har givit olja, dock inte i kommersiell mängd. Det genomförda borrhållsprogrammet har givit värdefulla upplysningar om de geologiska förhållandena söder och sydost om Gotland. Resultaten från börningarna har emellertid endast redovisats i opublicerade internrapporter från OPAB.

I Kalmarsund utfördes en rad grunda börningar under åren 1939, 1964 och 1965 som förberedelse till en fast broförbindelse med Öland. De geologiska resultaten från börningarna har översiktligt behandlats av Königsson (1967).

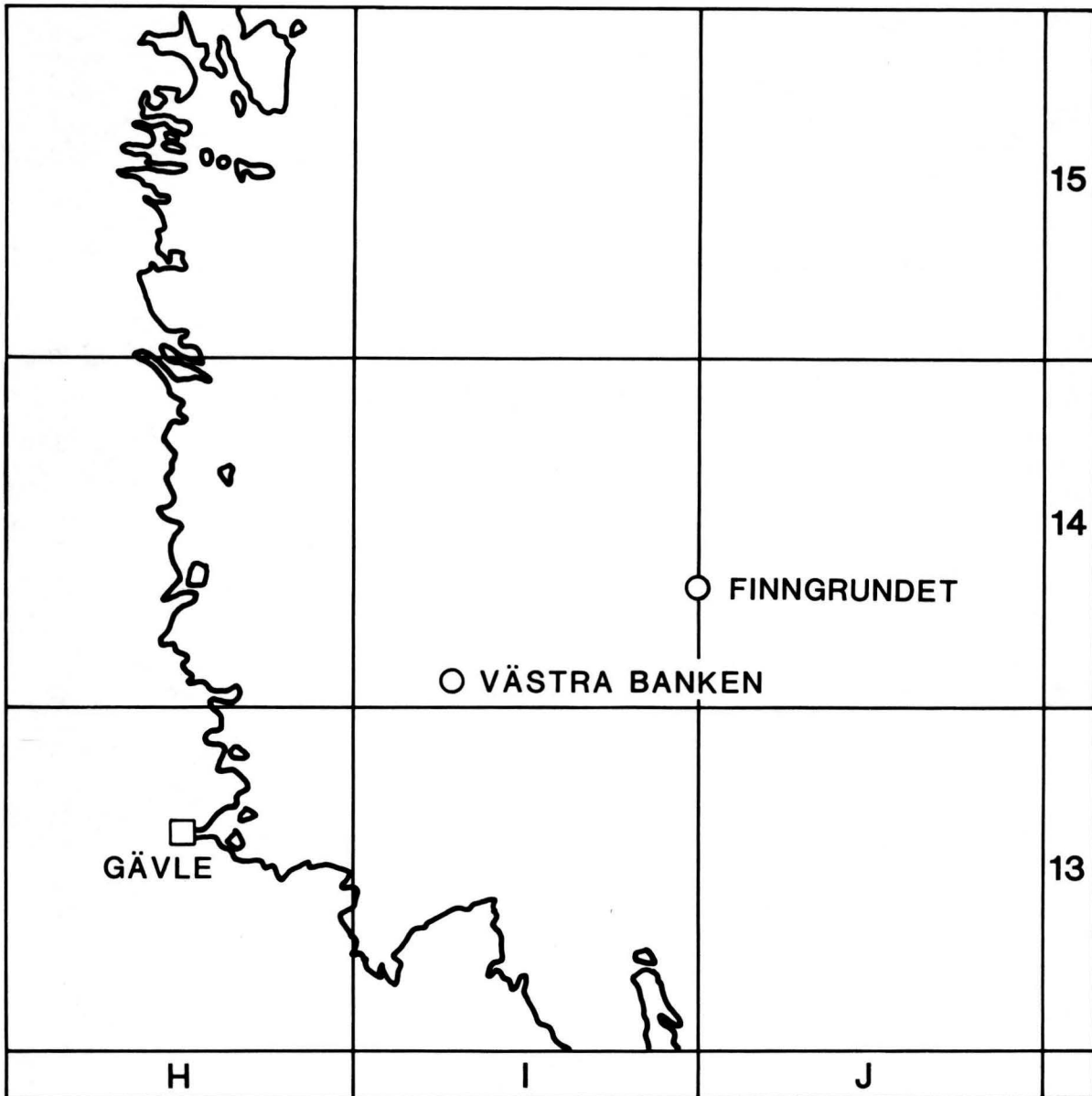


Fig. 19. Borrningarna i Bottenhavet.

Södra Östersjön

I södra Östersjön har OPAB under 1973 låtit utföra fyra djupborrningar (fig. 21), två stycken (Falsterborev-1 och Smygehuk-1) söder om Skåne och två i Hanöbukten (H 1 = Hanö Bay 104/13-1 och H 4 = Hanö Bay 104/14-2). Som entreprenör för borrningarna fungerade International Drilling Company Ltd., Gr. Yarmouth, England. Borrhålens lägen framgår av fig. 21.

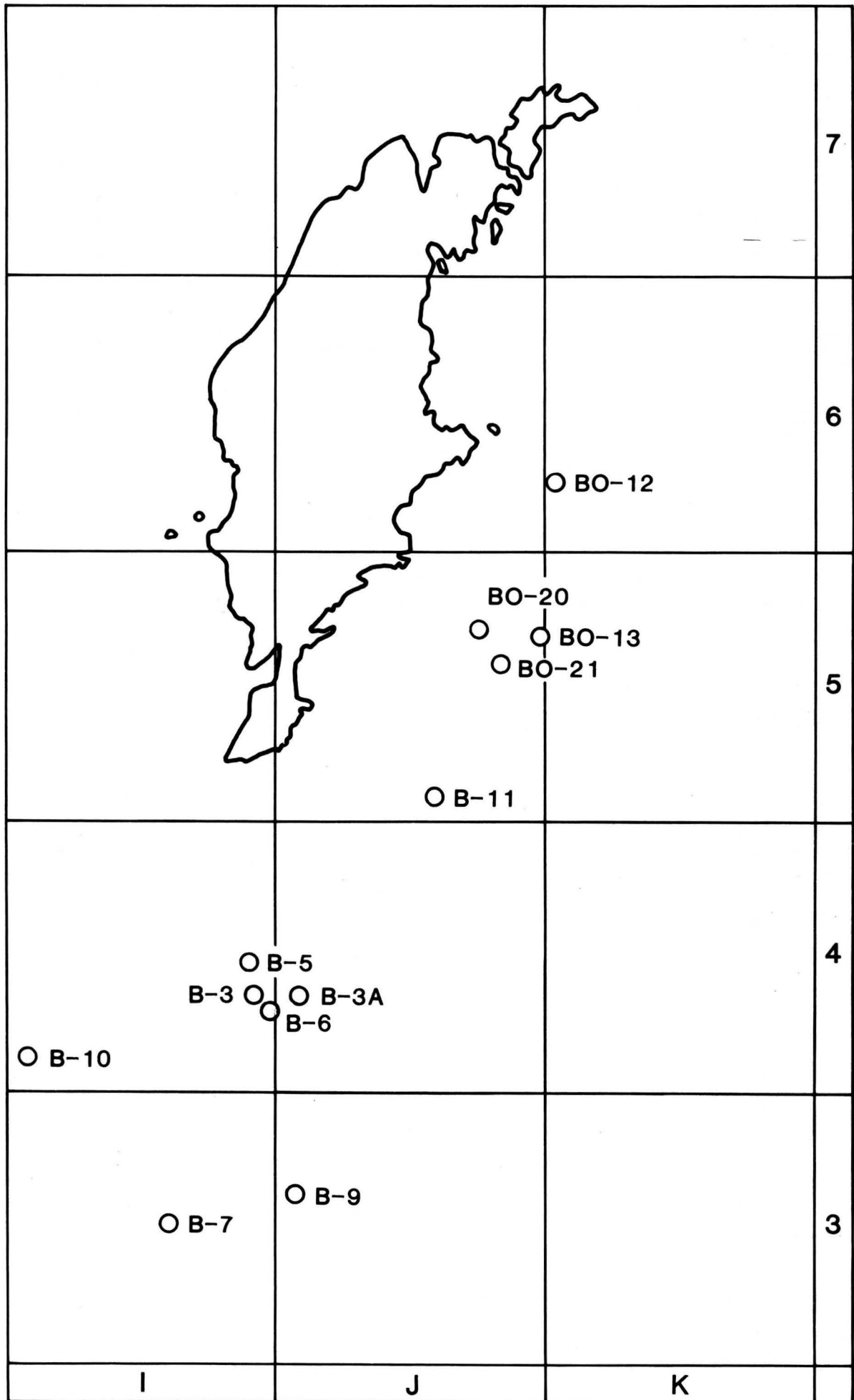


Fig. 20. OPAB:s borrhål söder och sydost om Gotland.

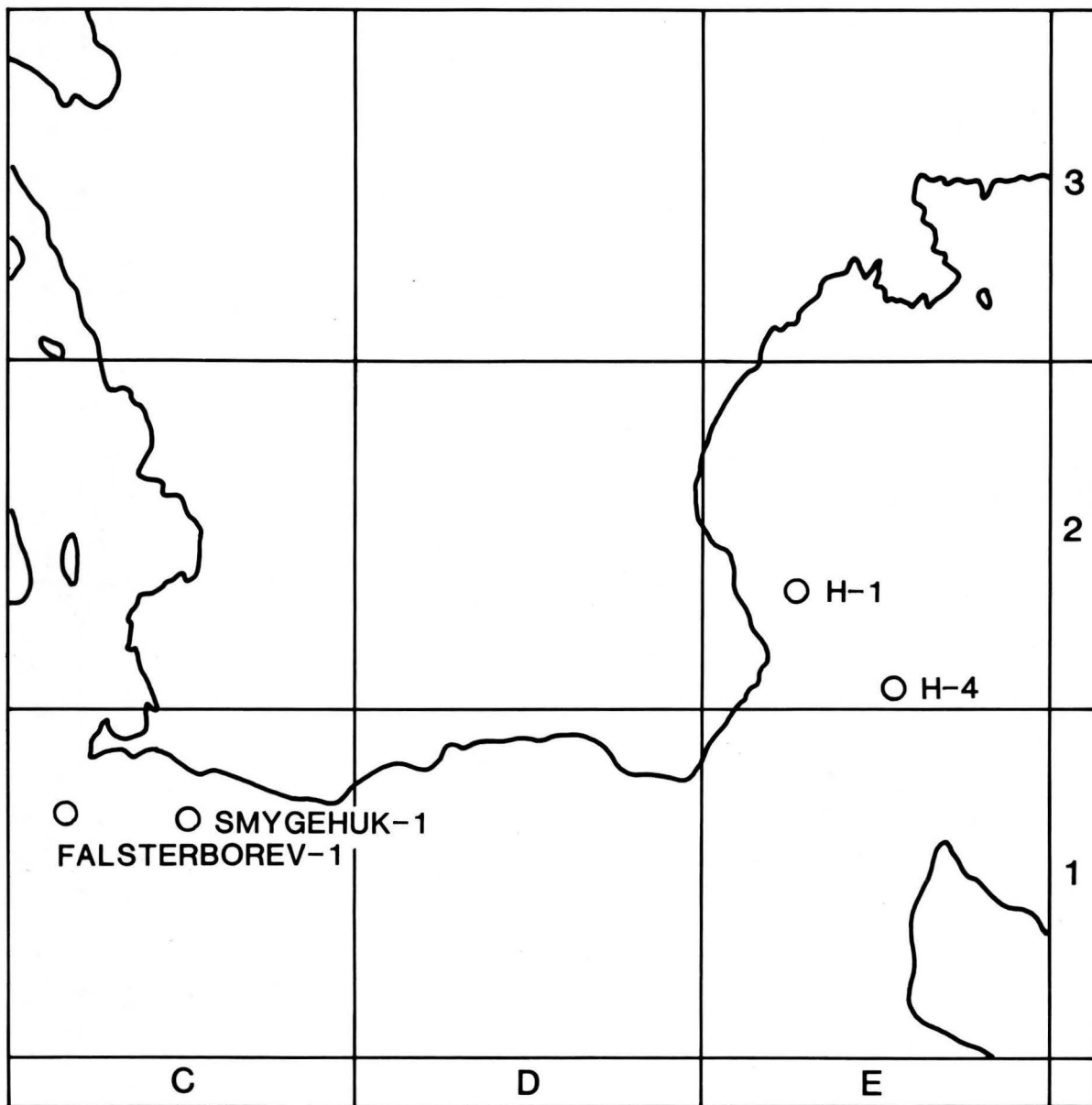


Fig. 21. OPAB:s borrhål i Hanöbukten och söder om Skåne.

Borrningarna söder om Skåne har utvärderats från geologisk synpunkt i opublicerade internrapporter från OPAB, i två rapporter från Arbetsgruppen för geotermisk energi vid Tekniska Högskolan i Lund (Bjelm, L. m.fl. 1977: "Geotermisk energiutvinning i Skåne. Slutrapport Etapp 1. Förutsättningarna för utvinning i Skåne". NE-projekt 4560-040; Bjelm, L. m.fl. 1979: "Geotermisk energiutvinning i Skåne. Slutrapport Etapp 2 och 3. Förutsättningarna för utvinning i Skåne". NE-projekt 4560-042 och 043) samt i två rapporter utarbetade vid Sveriges geologiska undersökning (Larsson, K. & Cherns, L. 1980:

"The potential for storage of natural gas in the sedimentary sequence of Scania. Phase 2 Report"; Chatziemmanouil, J. m.fl. 1981: "The potential for storage of natural gas in the sedimentary sequence of Scania. Phase 3 Report"). Borrningarna ansluter geologiskt till landborrningarna i sydvästra Skåne och har bl.a. penetrerat en underpaleozoisk lagerföljd (fig. 31; jfr Larsson 1985, fig. 1).

Borrningarna i Hanöbukten har förutom i opublicerade OPAB- och SGU-rapporter behandlats av Kumpas (1980a, 1980b), Norling (1981, sid, 267, fig. 7,11,19) och Norling & Skoglund (1977).

Öresund

Redan 1929 gjordes 25 kärnborrningar mellan Malmö och Saltholm. Borrningarna utfördes av Malmö stads hamndirektion som förberedelse till fördjupning av farleden. Borrkärnorna har beskrivits av Brotzen (1940), som visade att ytberggrunden helt utgöres av s.k. dankalksten.

1958 gjorde Svenska Diamantborrnings AB två kärnborrningar i Öresund, nämligen en utanför Helsingborg (nr 01) och en utanför Helsingör (nr 02). Resultaten har redovisats i två opublicerade rapporter från juli resp. augusti 1958 av Erik Mohrén (1958a: "Borrning för Öresundsbro. Borrplats å svenska sidan juni - juli 1958"; 1958b: "Borrning för Öresundsbro. Borrplats å danska sidan juni - juli 1958"). Borrningarna är också översiktligt behandlade av Mohrén (1962). Borrningarna utanför den svenska kusten är satta i undre jura (Norling 1966, sid. 10; 1968, sid. 14-15, text-fig. 4; 1972, sid. 22, tabell 3; Sivhed 1980, sid. 34, fig. 18; Sivhed & Wikman 1986), medan den danska omfattar delar av överkritan (Maastricht). Borrningarna visade också att stupningarna är betydligt större inom juraområdet än inom kritområdet (Larsen m.fl. 1968, sid. 7).

Under juni till november 1964 utförde Geoteknisk Institut i Köpenhamn 19 kärnborrningar längs två linjer i området mellan Helsingborg och Helsingör. 15 av dessa utfördes från en borrhplattform till havs, medan fyra utfördes på land. Nio av borrhningarna till havs gjordes på svensk sida om mittlinjen.

Materialet från borrhningarna har utvärderats från geologisk synpunkt i rapporten "Øresund, Helsingør-Hälsingborg linien. Geologisk rapport udarbejdet ved Danmarks Geologiske Undersøgelse" (januari 1965), samt senare av Larsen (1966a, 1966b, 1966c), Larsen m.fl. (1968) och Michelsen (1975, sid. 81-85, text-fig. 21).

Viktiga djupborrningar på land

Tolkningen av maringeofysiska data bör så långt som möjligt vara baserad på jämförelser med kända lagerföljder på land. I synnerhet djupborrningar genom berggrunden i kustnära områden är av primär betydelse för information om den submarina geologin.

Öland är en ovan havet uppstickande del av den kambro-ordoviciska berggrunden och Gotland utgör en övervattensdel av den siluriska berggrunden i centrala Östersjön. Likaså har Skånes fanerozoiska berggrund sin fortsättning i södra Östersjön, Öresund och Kattegatt. Tack vare en lång rad djupborrningar i dessa områden har man nu en ganska god bild av de djupare lagrens stratigrafi och beskaffenhet, vilket väsentligt bidragit till att göra den geologiska utvärderingen av seismiska mätningar i Östersjön och Kattegatt säkrare.

Gästrikland

Vid en borring på Holmudden vid Bönan 1936 genomborrades en drygt 11 m mäktig blågrön, hård lera tillhörande underkambrium (Westergård 1939, sid. 36, 45-46). Leran på Holmudden vilar med ett tunt konglomerat på prekambrisk sandstenar (Westergård 1939; Thorslund & Axberg 1979).

På Limön i Gävlebukten sattes samma år en borring, som visade att ortoceratitkalkstenarna på ön utgör isskjutna skällor (Westergård 1939, sid. 40-41).

Gotland

Gotland utgör från geologisk synpunkt en del av kontinentalsockeln. Därför har kännedomen om de stratigrafiska och strukturella förhållandena på ön stor betydelse för utvärderingen av maringeofysiska resultat från centrala Östersjön.

Kännedomen om de under havsytan liggande delarna av kambrosilur-lagerföljden på Gotland var länge begränsad till den information, som erhållits från djupborringarna vid Visby (Hedström 1923a, 1923b; Thorslund 1968; Grahn 1982, sid. 9) och File Haidar (Thorslund & Westergård 1938; Martna 1955; Thorslund 1968; Klaamann 1971;

Grahn 1982 sid. 6, 8, fig. 3-5), vilka båda borrades ner till det prekambrisk kristallina underlaget. Resultaten från borrhningen på Gotska Sandön (Thorslund 1958; Gorbatshev 1962; Grahn 1982, sid 8, fig. 6-8) har också bidragit till tolkningen av den kambriska och ordoviciska berggrundens stratigrafi i den norra delen av centrala Östersjön.

1968 lät Sveriges geologiska undersökning (SGU) utföra två borrhningar, När 1 och Grötlingbo 1, på sydöstra Gotland. Borrhningarna penetrerade hela den kambrosiluriska lagerföljden och avslutades i röd gnejsgranit, varför man nu har en ganska god bild av djupgeologin även på södra Gotland. Borrhningarna har översiktligt behandlats i en opublicerad rapport av H.J. Anderegg, E. Norling & R. Skoglund (1968: "SGU oljegeologiska arbeten 1967-68". SGU). De har också redovisats i ett flertal publikationer (Kjellström 1971a, 1971b; Snäll 1977; Grahn 1982).

Oljeprospekterings AB (OPAB) har vid sin prospektering på Gotland genomfört ett synnerligen omfattande borrhprogram för att kartlägga öns geologiska förutsättningar för olje- naturgasförekomster. Sammanlagt har bolaget t.o.m. 1984 utfört drygt 250 borrhningar, varav många går ner i prekambrium. De geologiska resultaten har emellertid huvudsakligen redovisats i opublicerade internrapporter från OPAB. Fyra av OPAB:s borrhhål har utgjort underlag för att utvärdera förutsättningarna för utvinning av geotermisk energi på Gotland. Dessa borrhningar har redovisats i en rapport utarbetad av VIAK AB (1981: "Geotermisk energi. Undersökning av möjligheterna att utvinna geotermisk energi på Gotland". NE-projekt 4560 251).

Öland

Upplysningar om de kambriska lagrens mäktighet och uppbyggnad på Öland erhöll man först genom en borrhning år 1900 vid Borgholm (Westergård 1929, 1936) och senare i en borrhning vid Mossberga 1933 (Westergård 1936). Den senare borrhningen utfördes av AB Elektrisk Malmletning i syfte att finna gas i underkambrium. I vetenskapligt syfte utförde Paleontologiska institutionen vid Uppsala universitet 1948 en kärnborrhning genom den kambro-ordoviciska berggrunden vid Böda Hamn på norra Öland. Borrhningen bekostades av Statens naturvetenskapliga forskningsråd (NFR) och avslutades i det kristallina underlaget på ett djup av 167,5 m. Borrhkärnan är utomordentligt väl

dokumenterad och har bearbetats och beskrivits av Wærn (1952), Hesseland (1955, 1959, fig. 4), Bohlin (1955), Jaanusson (1955, 1960), Tjernvik (1956, sid. 154-155) och Grahn (1980, sid. 7-8, fig. 4; 1981, sid. 7, fig. 3).

Sveriges geologiska undersökning har låtit utföra en rad borrhningar på Öland. Hittills har emellertid endast data om fyra borrhkärnor från södra Öland publicerats, nämligen Degerhamnsborrningen från 1943 (Westergård 1944), borrhningen söder om Ottenby 1943 (Westergård 1944), Gammalsbyborrningen från 1943 (Westergård 1944, 1947, sid. 3; Jaanusson 1960; Grahn 1980, sid. 8-10, 1981, sid. 7, fig. 4) och Skärlövsborrningen från 1946 (Westergård 1947; Jaanusson 1960; Grahn 1980, sid. 15-16, 1981, sid. 14, fig. 5).

I samband med SGU:s oljegeologiska arbeten under 1960-talet aktualiserades geologin på Öland som utgångspunkt för bedömningen av lagerföljderna under Östersjön öster om Öland. Verket utförde därvidlag en djupborrning 1968 ca 200 m norr om fyren i Segerstad på södra Öland. De geologiska resultaten från borrhningen har redovisats i en opublicerad rapport av B. Dahlman & R. Skoglund (1970: "SGU oljegeologiska arbeten 1968-69". SGU).

OPAB utförde 1972 sex djupborrningar med ett totalt djup av 947 m. De geologiska resultaten från dessa borrhningar har ej offentliggjorts.

Skåne

Skånes sedimentära berggrund är penetrerad av ett flertal djupborrningar, varför djupgeologin är förhållandevis väl känd. Merparten av borrhningarna har utförts av Sveriges geologiska undersökning och Oljeprospekterings AB (OPAB). Data om borrhningarna finns arkiverade på SGU.

I syfte att konstatera den eventuella förekomsten av salt och olja lät SGU under åren 1941-1955 utföra fem djupborrningar ned till mellan 1200 och 2300 m i sydvästra Skåne (Höllviken I och II på västra sidan av Falsterbokanalen, Ljunghusen längre mot väster, Trelleborg och Svedala). Borrhningarna och de geofysiska förarbetena (seismik och gravimetri) har behandlats i en rapport av F. Brotzen (1955: "Sveriges geologiska undersöknings borrhningar efter salt, gas och olja i sydvästra Skåne - en redogörelse för arbeten utförda un-

der åren 1937-1955". SGU, internrapport). Hittills har huvudsakligen data från Höllvikenborrningarna och borrningen vid Trelleborg publicerats (Brotzen 1945, 1950; Lundblad 1949a, 1949b, 1956; Ødum 1953; Horn af Rantzien 1953; Mahin 1968; Forchheimer 1968; Kjellström 1973; Norling 1981; Lindgren 1984a, 1984b). Mikrofossilinnehållet i krita har givit underlag till en biostratigrafisk analys av G. Kjellström (1985: "Graphical correlation analysis of Cretaceous strata in Scania". SGU-rapport).

SGU har även under en senare period låtit utföra ett antal borrningar i Skåne, av vilka Köpingsberg 1, ca 10 km ONO om Ystad, givit viktiga upplysningar om stratigrafin och litologin i Vombsänkans krita. Resultaten av denna borrning har redovisats i en opublicerad SGU-rapport av H.J. Anderegg, E. Norling & R. Skoglund (1968: "SGU oljegeologiska arbeten 1967-68"). Vissa data från borrningen har publicerats av Forchheimer (1970, 1972), Norling & Skoglund (1977); Norling (1981) och Chatziemmanouil (1982).

Genom OPAB:s landseismik i Skåne har den för prospekteringen viktiga tektoniska bilden klarnat och bolaget har erhållit anvisningar på lämpliga borrhplatser. I Skåne har OPAB hittills utfört 14 borrningar, av vilka den djupaste, Höllviksnäs 1, nådde 2613 m. Denna och flera andra borrningar går ned i underkambrium. I några fall är borrningarna avslutade i det kristallina urberget. De genomborrade lagerföljderna innehåller bergarter med goda reservoaregenskaper, t.ex. sandstenar i trias och krita (cenoman). Endast spår av kolväten har rapporterats från borrningarna, men OPAB:s genomförda borrhprogram har givit värdefull information om Skånes djupgeologi. Resultaten från borrningarna har redovisats i opublicerade internrapporter från OPAB, men de har även i viss utsträckning redovisats och utnyttjats i vetenskapliga publikationer (Norling 1976, 1981; Norling & Skoglund 1977; Chatziemmanouil 1982; Sivhed 1984; Larsson 1985).

SGU:s och OPAB:s borrningar i sydvästra Skåne har behandlats och utnyttjats för att klargöra förutsättningarna för geotermisk energiutvinning och lagring av naturgas i Skåne (Bjelm, L. m.fl. 1977: "Geotermisk energiutvinning i Skåne. Slutrapport Etapp 1. Förutsättningarna för utvinning i Skåne". NE-projekt 4560-040; Bjelm, L. m.fl. 1979: "Geotermisk energiutvinning i Skåne. Slutrapport Etapp 2 och 3. Förutsättningarna för utvinning i Skåne". NE-projekt 4560-042 och 043; Norling, E., Bruun, Å. & Larsson, K. 1978: "Förutsättningarna för lagring av naturgas i Skånes sedimentära berggrund. Etapp-

rapport 1". SGU-rapport; Larsson, K. & Cherns, L. 1980: "The potential for storage of natural gas in the sedimentary sequence of Scania. Phase 2 Report". SGU; Chatziemmanouil, J. m.fl. 1981: "The potential for storage of natural gas in the sedimentary sequence of Scania. Phase 3 Report". SGU).

Andra geofysiska undersökningar

Tyngdkraftsmätningar

Redan under 1950-talet utförde Finska geodetiska institutet gravimetriska mätningar (free air gravity anomalies) över hela Bottenviken, Ålands hav och stora delar av Bottenhavet. En anomalikarta över hela Finland och de ovannämnda havsområdena publicerades av Honkasalo (1959). Senare finska undersökningar i Bottenviken har redovisats av Lehmuskoski & Mäkinen (1978).

Genom samverkan mellan Finska geodetiska institutet, Lantmäteriverket (LMV) och Sveriges geologiska undersökning har under senare år tyngdkraftsmätningar utförts i Bottenviken, mindre delar av Bottenhavet och Ålands hav (fig. 22). Mätningarna har utförts vintertid på is med helikopter som transportmedel. Positionsbestämning har skett med Decca. Mätningarna täcker hela Bottenviken och över detta område föreligger en preliminär karta. Det mest framträdande draget på kartan är en långsträckt negativ anomali belägen mellan Piteå och Kalajoki och den kan i första hand tolkas som en sedimentfylld gravsänka med ett största djup av mer än 1,8 km (Lagmansson, M. 1980: "Tyngdkraftsmätningar i Bottenviken". Geofysikrapport ID-nr 8001, SGU internrapport). Tyngdkraftsmätningar i Bottenhavet och Ålands hav har utförts våren 1985. Resultaten från dessa mätningar finns ej i kartform.

På den svenska sidan av mittlinjen har tyngdkraftsmätningar från fartyg (fartygsbunden gravimetri) genomförts utanför Skånes kuster samt i Kattegatt och Skagerack. Dessa mätningar är utförda av Geodætisk Institut i Köpenhamn i samband med en fullständig kartering av de danska farvattnen (Andersen, Larsen & Platou 1975; Andersen & Engsager 1977). Fartygsbunden gravimetri över svenskt kontinentalsockelområde har också utförts av Deutsche Hydrographische Institut i Hamburg. De danska tyngdkraftsmätningarna har utnyttjats av Lind (1982) i samband med en omfattande gravimetrisk undersökning av Dalsland, Bohuslän och östra Skagerack.

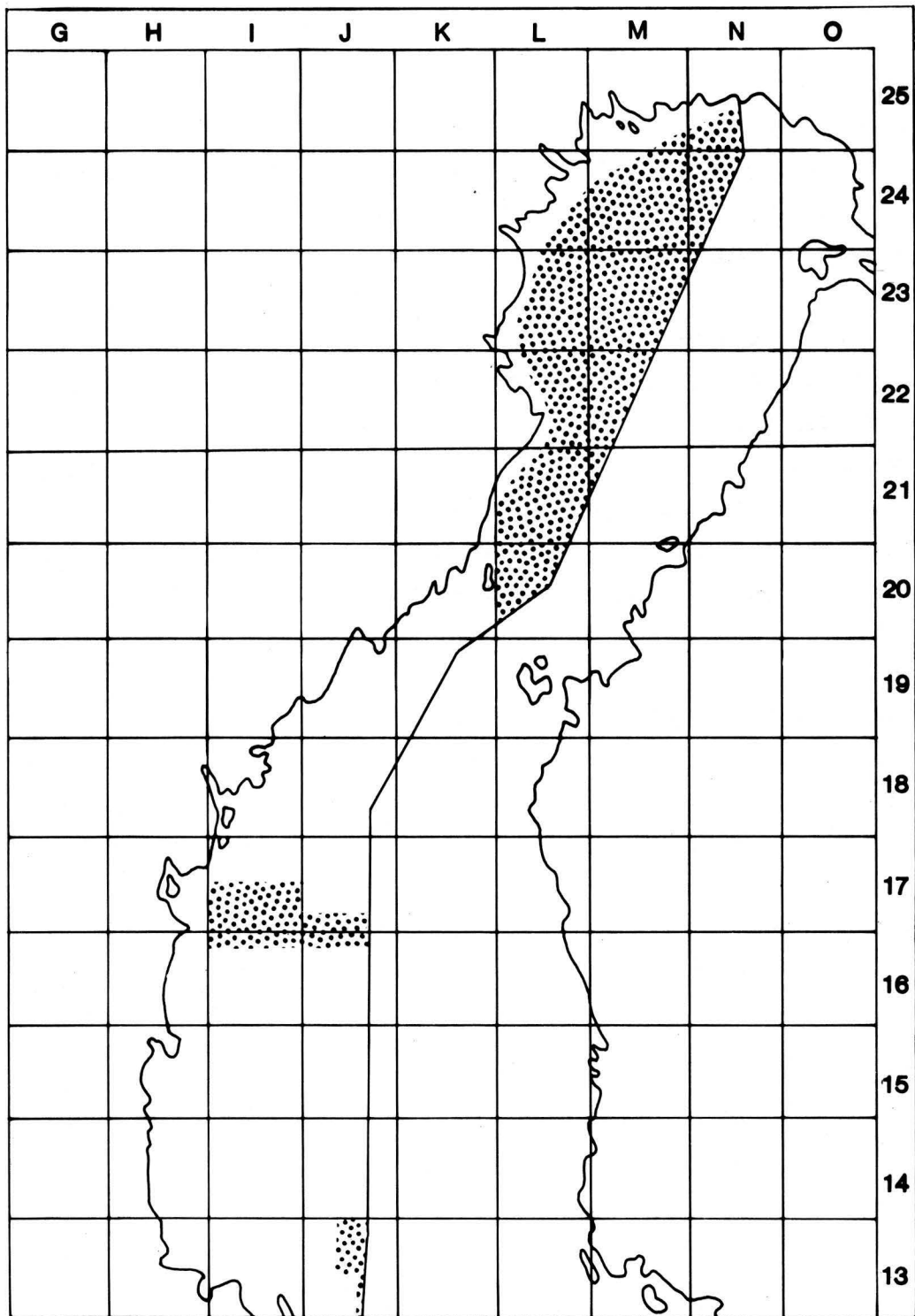


Fig. 22. Tyngdkraftsmätningar på den svenska sidan av mittlinjen i Bottniska viken, utförda genom samverkan mellan Finska geodetiska institutet, Lantmäteriverket och SGU.

Magnetiska mätningar

Översiktliga flygmagnetiska mätningar över hela Skandinavien inklusive kontinentalsockeln utfördes 1965 av Dominion Observatory, Ottawa, Kanada, i samarbete med danska, norska, finska och svenska myndigheter. Mätningarna har dokumenterats på en karta utgiven av Sveriges geologiska undersökning 1983 (Aeromagnetic Anomaly Map of Scandinavia).

Geofysiska sektionen vid Sveriges geologiska undersökning har utfört omfattande flygmagnetiska mätningar över större delen av Sveriges kustområden (fig. 23 och 24). Hittills utförda mätningar omfattar kustområdena utefter Norrbotten, Västerbotten, Hälsingland, mellersta Uppland, Södermanland, nordöstra Småland, Blekinge och södra Öland, nordöstra och västra Skåne samt norra Halland och södra Bohuslän. Mätningresultaten har dokumenterats i flygmagnetiska kartor i skala 1:50 000, till en del utgivna av Sveriges geologiska undersökning.

Från sovjetiskt håll har magnetiska mätningar över större delen av egentliga Östersjön utförts av den sovjetiska vetenskapsakademin (Efendiyeva 1967; Golub & Sidorov 1971). Mätningarna utfördes under åren 1953-1969 från forskningsfartyget R/V Zarya och visade att det prekambrisk underlaget generellt sänker sig mot söder i relativt god överensstämmelse med den modell som kan härledas på geologiska grunder.

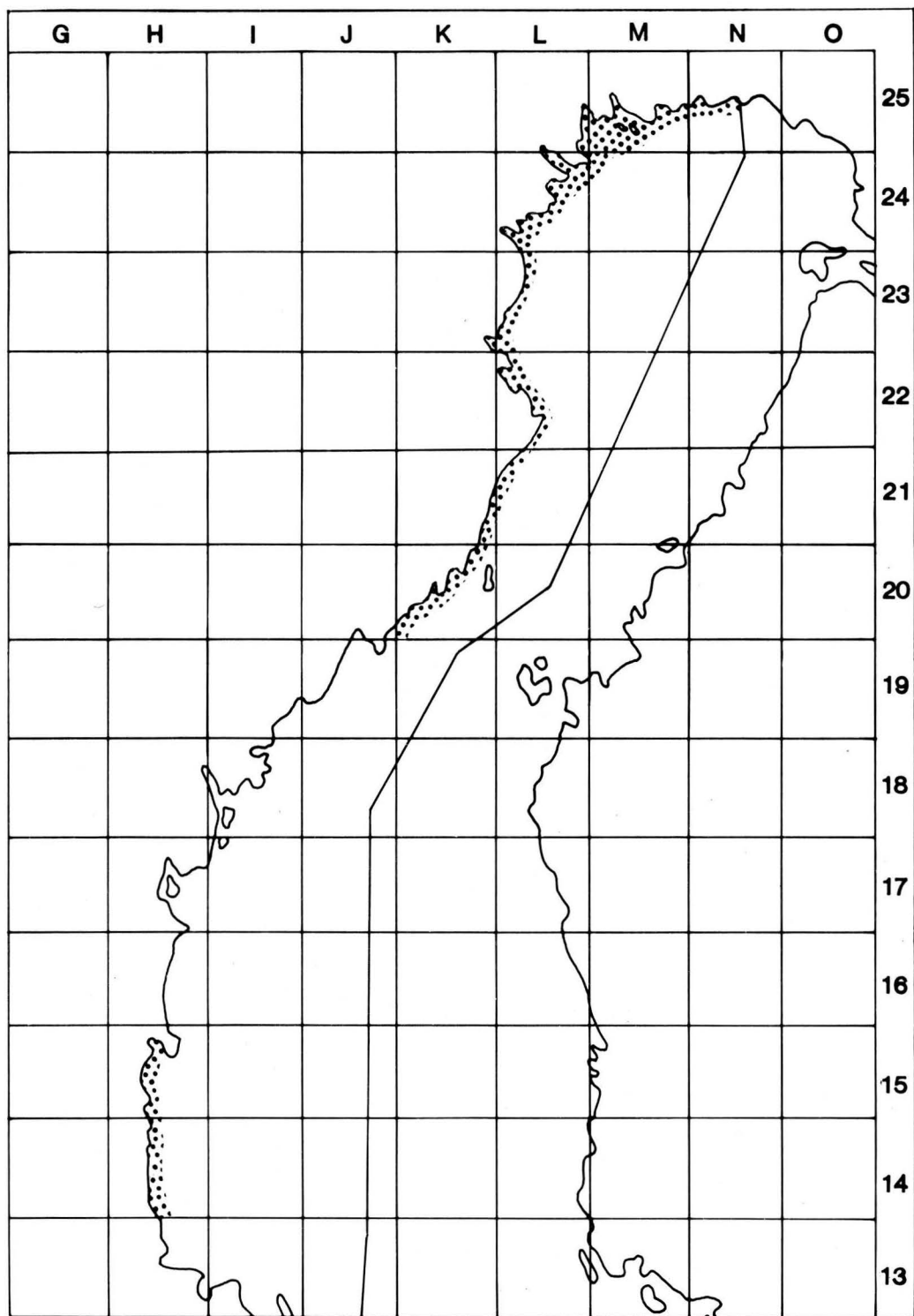
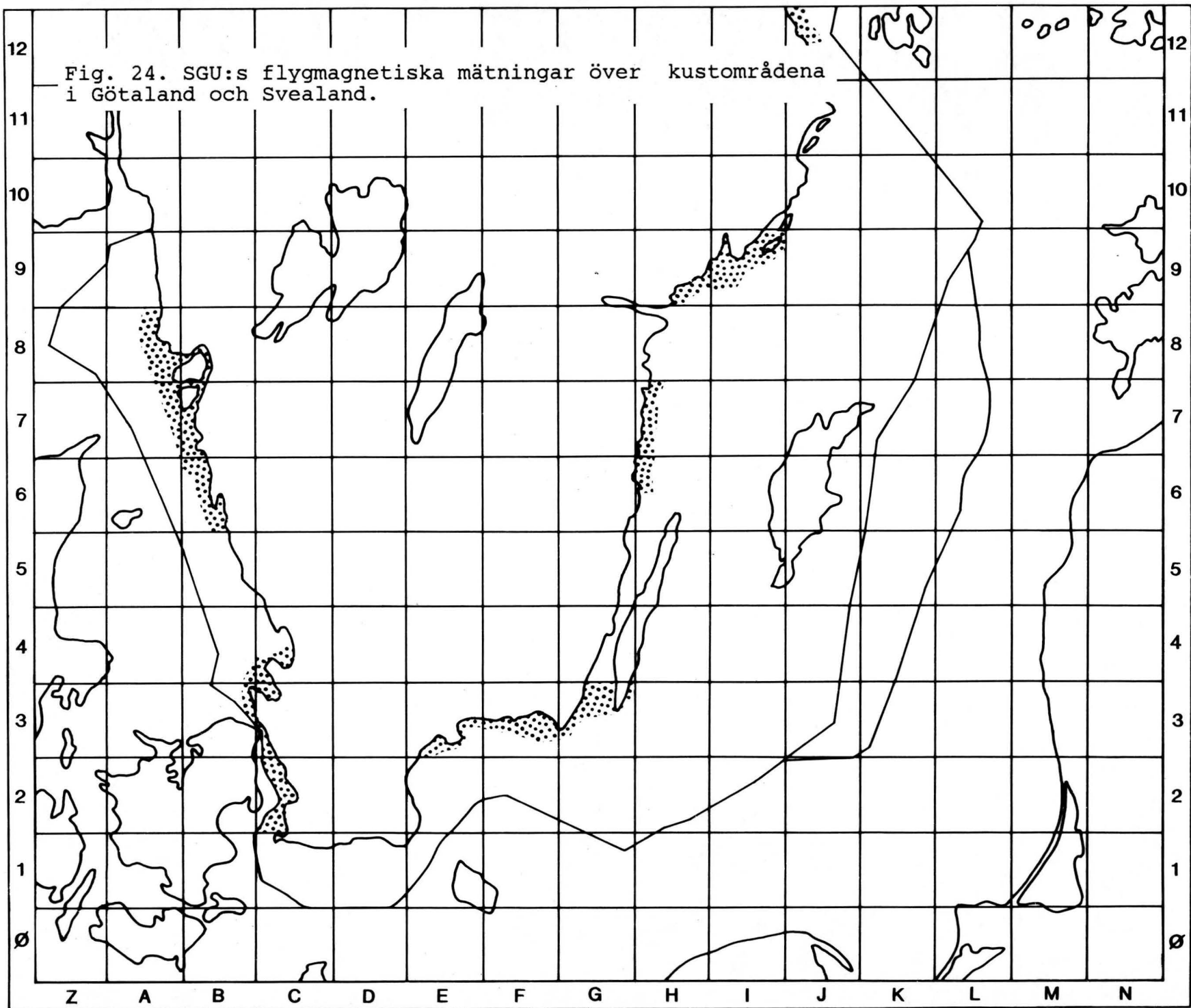


Fig. 23. SGU:s flygmagnetiska mätningar över Norrlandskusten.



De lösa avlagringarna

Större delen av kontinentalsockelns berggrund täcks av lösa kvartära avlagringar. I Östersjön, Kattegatt och Skagerack finns sålunda bildningar från istiden, t.ex. morän och isälvsavlagringar, vilka emellertid kan vara kraftigt omlagrade särskilt i södra Östersjön och Kattegatt. Istidsavlagringarna täcks i sin tur ofta av leror, andra finkorninga sediment och järn-mangan-noduler. I områden där kraftiga bottenströmmar fått verka under lång tid, såsom i Öresund, kan det avsättas betydande mängder av främst sand. De marina jordarter som för närvarande tilldrar sig det största exploateringsintresset är sand- och grusavlagringarna. En sammanställning av de lösa jordlagrens ytfördelning i Östersjön, Kattegatt och östra Skagerack har presenterats av S. Axberg (1978: "Beskrivning till jordartskarta". Fysisk Riksplanering 1978:4, sid. 67-84).

Geologisk kartering och undersökning av de lösa avlagringarna innanför den svenska sidan av mittlinjen har utförts främst av de maringeologiska avdelningarna vid Sveriges geologiska undersökning, Stockholms Universitet och Göteborgs Universitet samt av Geologiska institutionen vid Chalmers Tekniska Högskola/Göteborgs Universitet och Geologiska Forskningsanstalten i Finland. Omfattande sedimentgeokemiska undersökningar bedrivs vid Geologiska institutionen, Stockholms Universitet.

Referenser i urval: Mörner (1969, 1973); Ignatius & Tulkki (1970); Ignatius & Kukkonen (1970); Hörnsten (1976); Winterhalter (1972, 1980); Winterhalter m.fl. (1981); Axberg (1973); Tulkki (1977); Cato (1977); Fält (1977, 1979, 1982); Gudelis & Königsson (1979); Kögler & Larsen (1979); Ingri (1985).

Kontinentalsockelns berggrundsgeologi

Medan berggrunden på det svenska fastlandet domineras av kristallina bergarter består den i våra omgivande havsområden till stora delar av yngre sedimentära bergarter. I Bottenviken och Bottenhavet utgörs den sedimentära berggrunden av senproterozoiska och tidigpaleozoiska lagerföljder, vilka ställvis kan nå betydande mäktigheter. Paleozoiska bergarter upptar också större delen av berggrunden i den egentliga Östersjön där mäktigheterna generellt tilltar mot söder. I de södra och sydvästra delarna av Östersjön tillkommer dessutom mesozoiska och kenozoiska avlagringar, vilka även bildar ytberggrunden i

Öresund och huvuddelen av Kattegatt. Utbredningen av de sedimentära bergarterna på kontinentalsockeln har fastställts framförallt genom reflektionsseismiska mätningar från 1960-talet och framåt. Den geologiska tidsindelningen framgår av fig. 25.

TIDSINDELNING		ÅLDER MILJ. ÅR		
FANEROZOIKUM	Kenozoikum	Kvartär	65	
		Tertiär		
	Mesozoikum	Krita		245
		Jura		
		Trias		
	Paleozoikum	Perm	400	
		Karbon		
		Devon		
		Silur		
		Ordovicium		
	Kambrium	570		
PROTEROZOIKUM		2500		
ARKEIKUM		4600		

Fig. 25. Den geologiska tidsskalan.

Huvuddragen i kontinentalsockelns berggrundsgeologi beskrivs områdesvis nedan. För mera detaljerade redogörelser hänvisas till Flodén (1984) samt till två opublicerade rapporter av samme författare (Flodén, T., 1978: "Beskrivning till berggrundskarta". Fysisk Rikspanering 1978:4, sid. 29-66; Flodén, T., 1984: "Deep earth gas - premises of gas enrichment in Sweden. Swedish marine areas." I Swedish State Power Board: Deep gas - Swedish premises. Pilot study appendix, gasproject G.2, report no. 3, 31 sid.). En överblick över Östersjöns prekvartära och kvartära geologi har presenterats av Winterhalter m.fl. (1981).

Bottenviken

Liksom Bottenhavet utgör Bottenviken ett insänkt bäcken i den fenno-skandiska urbergsskölden. En översiktlig bild av berggrundens sammansättning erhöles man genom Veltheims (1969) systematiska undersökning av blockmaterial. Senare geofysiska undersökningar, utförda dels i samband med malmprospektering och dels i vetenskapligt syfte, har väsentligt bidragit till att öka kännedomen om de berggrundsgeologiska förhållandena i Bottenviken.

Större delen av ytberggrunden i Bottenviken består av sedimentära bergarter med starkt varierande mäktigheter (Flodén m.fl. 1980). Huvuddelen av den sedimentära berggrunden kan korreleras med den senproterozoiska Muhosformationen (Tynni & Donner 1980; Tynni & Uutela 1984), som anstår på ön Hailuoto och i området söder om Uleåborg på den finska sidan. De största mäktigheterna har noterats i den norra delen av Bottenviken i anslutning till en förmodad gravsänka med förkastningslinjerna orienterade i nordvästlig-sydostlig riktning. Sydost om Malören är sålunda Muhosformationen ca 400 m mäktig (Flodén m.fl. 1980). Ännu större mäktighetssiffror har konstaterats på den nordöstra delen av Hailuoto (Veltheim 1969) och vid borrningar på det finska fastlandet (Tynni & Uutela 1984).

Muhosformationen har i allmänhet ansetts vara av jotnisk ålder, men mikrofossilinnehållet indikerar att den är betydligt yngre och sannolikt vendisk (Gonzalo Vidal, Lund, muntlig information 1986).

I de centrala delarna av Bottenviken täcks den senprekambriska sedimentära berggrunden av förmodat underkambrium med en största känd mäktighet av ca 90 m (Flodén m.fl. 1980; Flodén 1984).

Den kristallina berggrunden i Bottenviken och Bottenhavet ansluter förmodligen direkt till den svekokarelska berggrunden i omgivande landområden, som domineras av graniter och metamorfa suprakrustalbergarter.

Bottenhavet

Genom Wimans (1893, 1903, 1906) detaljerade undersökningar av lösa block i kustområdena fick man tidigt en relativt god kännedom om den sedimentära berggrundens sammansättning i Bottenhavet. Senare analyser av bottenprover gav en schematisk bild av ytberggrunden i detta havsområde (Gripenberg 1934; Veltheim 1962). Det är emellertid först genom de geofysiska undersökningarna under 1960- och 1970-talet samt genom borrningarna på Finngrundet och Västra Banken (fig. 19 och 26), som man erhållit direkt information om berggrundens stratigrafi och strukturella uppbyggnad (Winterhalter 1972; Thorslund & Axberg 1979; Axberg 1980; Tjernvik & Johansson 1980; Löfgren 1985).

Bottenhavet utgör ett tektoniskt insänkt bäcken (fig. 27) och betingas väsentligen av förkastningar med huvudsaklig orientering i NV-SO och NO-SV. Förkastningslinjerna är mest framträdande i den västra delen av området där flera av linjerna löper parallellt med

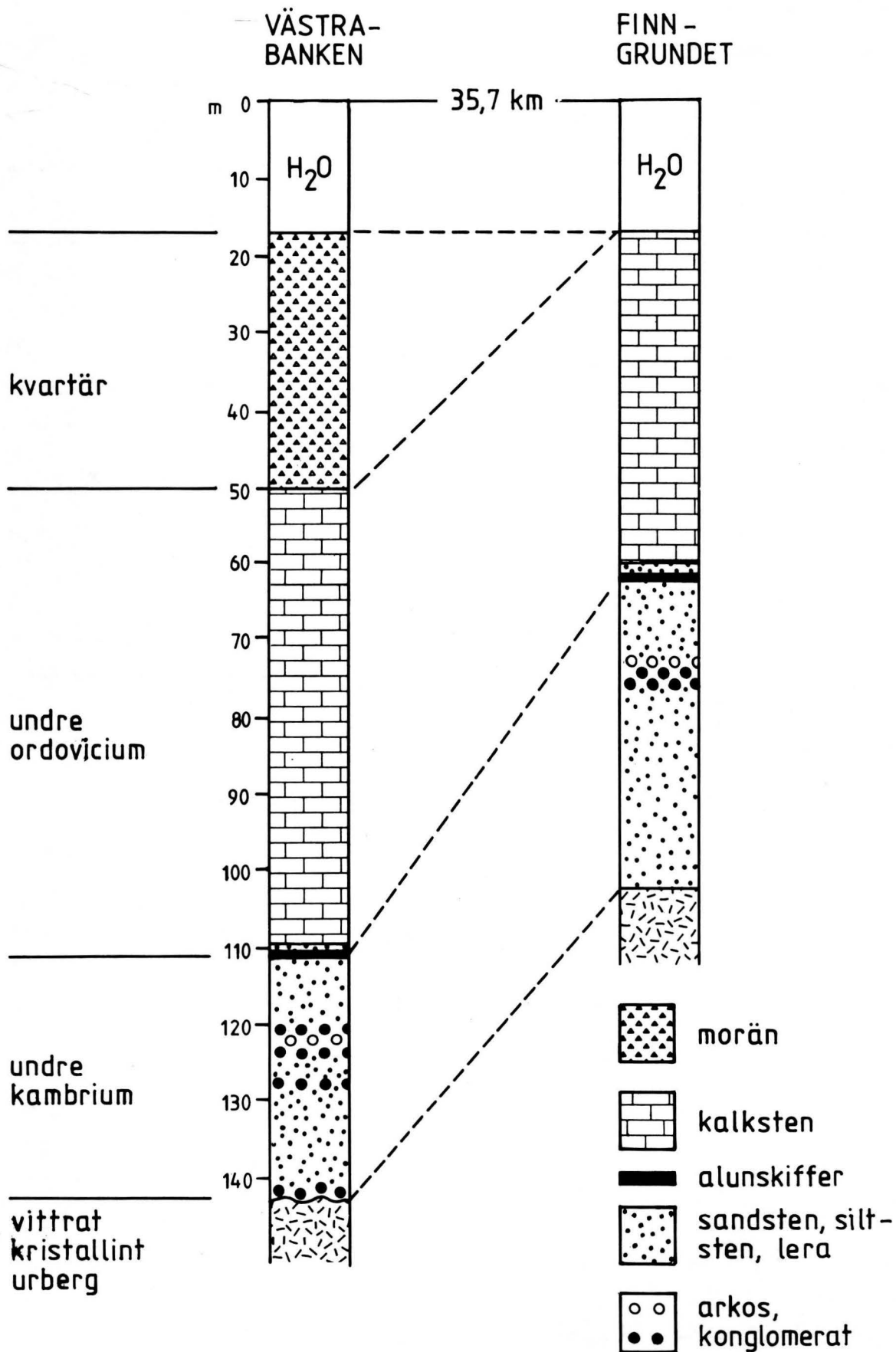


Fig. 26. Lagerföljden i borrhningarna på Finngrundet och Västra Banken. Omritat efter Thorslund (1979, fig. 3).

den svenska kustlinjen (Axberg 1980, fig. 30). Inom största delen av Bottenhavet utgörs berggrunden av jotniska sedimentbergarter, mest sandstenar, vilka till stor del är täckta av kambro-ordoviciska bildningar (Winterhalter 1972; Axberg 1980). I väster löper gränsen för utbredningen av de jotniska sandstenarna nära den svenska kusten och går i Nordingråområdet även över land (Lundquist & Samuelsson 1973).

De jotniska bergarterna i Bottenhavet når i regel betydande mäktigheter och Axberg (1980, sid. 193) har kalkylerat med ett medelvärde på ca 1000 m. Liknande mäktighetssiffror har noterats i Gävleområdet (Gorbatshev 1967) och nordväst om Pori på den finska sidan (Winterhalter 1972, sid. 30). I den nordöstra och sydöstra delen av Bottenhavet torde emellertid mäktigheterna vara betydligt mindre. Man kan notera att jotniska bergarter saknas i området mellan Västra Banken och Finngrundet (Thorslund & Axberg 1979).

Den paleozoiska lagerföljden i Bottenhavet har en maximal mäktighet av 375 m och består av underkambrium och ordovicium (Axberg 1980). De största mäktigheterna har påträffats i de centrala delarna, norr om en linje mellan Hudiksvall och Pori. Den underkambriska lagerföljden domineras av leror, siltstenar och sandstenar. I borrhningarna på Finngrundet och Västra Banken är mäktigheterna 41 resp. 33 m (Thorslund 1979). Seismiska mätningar visar dock på mäktigheter av upp till 165 m längre norrut (Axberg 1980). Utanför det sammanhängande sedimenttäcket i Bottenhavet anstår erosionsrester av kambrium bl.a. vid Söderfjärden söder om Vaasa i Finland (Laurén m.fl. 1978; Tynni 1982; Lehtovaara 1985).

Den ordoviciska lagerföljden i Bottenhavet är maximalt 230 m mäktig och förhållandevis komplett i centrum även om den översta delen saknas (Axberg 1980). Lagerföljden inleds med alunskiffrar och sandstenar, men utgörs i övrigt mest av kalkstenar (Thorslund 1979; Axberg 1980; Tjernvik & Johansson 1980).

Ålands hav och norra Östersjön

Inom största delen av Ålands hav och norra Östersjön består berggrunden av svekokarelska graniter, gnejser och metavulkaniter. Öster om en mycket markant förkastningslinje i Ålands hav är emellertid den kristallina berggrunden nedförkastad och där anstår jotniska sandstenar (Flodén 1973a). Mäktigheterna av de jotniska lagren är störst, ca 700 m, inom den svenska sidan av mittlinjen, i anslutning till huvudförkastningslinjen, och avtar mot nordost.

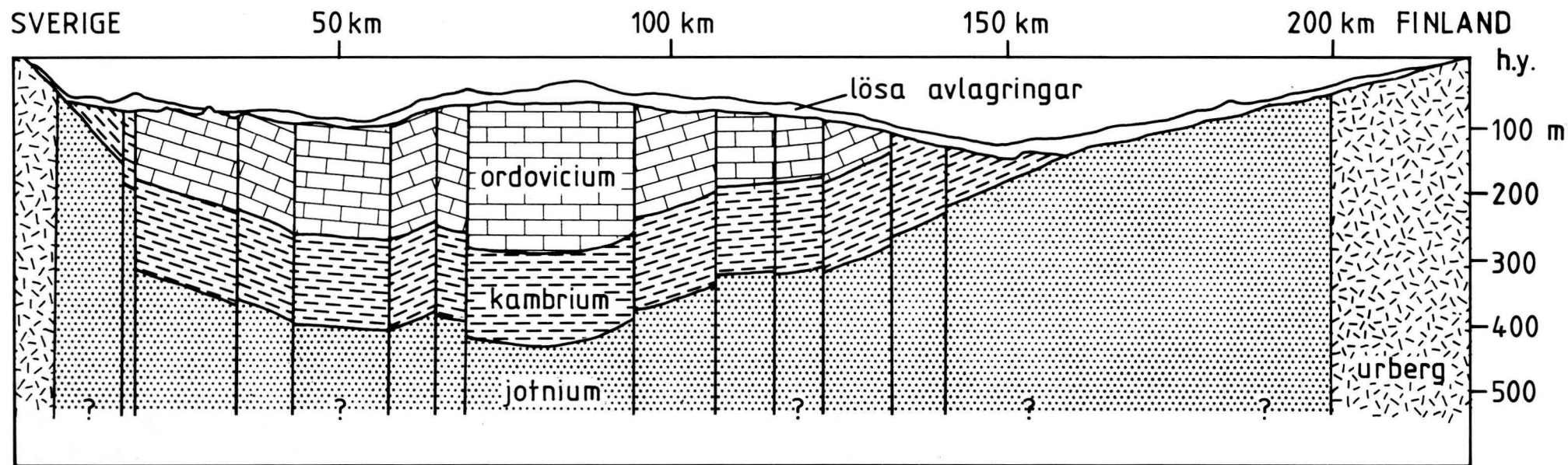


Fig. 27. Tvärsnitt genom Bottenhavet från Hudiksvall till norr om Pori. Omritat efter Axberg (1980, fig. 31).

Berggrunden på Ålandsöarna utgörs väsentligen av en grovkornig, postsvekokarelsk granit (s.k. rapakivigranit) av mellanproterozoisk ålder. Yngre sedimentära bergarter av kambrisk och ordovicisk ålder förekommer dels i Lumparen-depressionen och dels som sprickfyllnader (Martinsson 1968; Merrill 1980; Bergman m.fl. 1982).

Centrala Östersjön

Redan under 1800-talet tecknades huvuddragen i centrala Östersjöns berggrundsgeologi och man var på det klara med att Ölands och Gotlands kambrosilurlager sannolikt hänger samman med Estlands (t.ex. Sjögren 1871; Schmidt 1881, 1882, 1891). Ett pionjärarbete publicerades av Martinsson (1958). Här klargjorde han, med hjälp av bl.a. tillgängliga bottentopografiska mätningar, detaljerna i de paleozoiska lagrens utbredning under havsytan. Denna bild kunde senare bekräftas med hjälp av marinseismiska metoder (Flodén 1980).

Den kristallina berggrunden i centrala Östersjön är föga känd. Sannolikt har den dock samma sammansättning som fastlandets urberg och domineras av svekokarelska graniter, metavulkaniter och metasediment samt postsvekokarelska graniter och porfyrier. Överytan utgörs av en förhållandevis jämn yta (det subkambriska peneplanet), som generellt stupar svagt mot sydost (Martinsson 1958, fig. 11; Flodén 1975b, fig. 10; Winterhalter m.fl. 1981, fig. 1.16). Sydost om Landsortsdjupet finns emellertid ett stort nedförcastat block med subjotniska och jotniska sedimentbergarter (Flodén 1980).

De prekambriiska bildningarna i centrala Östersjön täcks till övervägande delen av paleozoiska bergarter (fig. 28 och 29). Gränsen dem emellan går väster om Kalmarsund, norr om Gotland och Gotska Sandön samt mitt igenom Finska viken till dess inre del. Eftersom de paleozoiska lagerserierna i stort sett har en mycket svag stupning mot öster och sydost, finner man allt yngre lager mot nämnda väderstreck. Den paleozoiska lagerföljdens utbildning har belagts genom borrhningar på Öland, Gotland och Gotska Sandön samt genom borrhålsdata från havsområdena söder och sydost om Gotland. Utbredningen har emellertid fastställts genom omfattande marinseismiska mätningar (Flodén 1980).

Kambrium anstår i ett smalt bågformat stråk från norra Estland till Kalmarsund och vidare söderut till yttre Hanöbukten. Mäktigheterna ökar mot söder där man också har den mest kompletta lagerfölj-



Fig. 28. Schematisk profil genom Östersjöbäckenet från Kalmarsund till Finska viken. Efter von Post (1940).

den. Överkambrium har t.ex. endast konstaterats i den sydvästra delen av centrala Östersjön (Flodén 1980, fig. 45). De största mäktigheterna (ca 300 m) har påträffats söder om Gotland (Flodén 1980, fig. 21). Den kambriska lagerföljden domineras av sandstenar och siltstenar i underkambrium, siltstenar och lerskiffrar i mellankambrium och alunskiffrar i överkambrium.

Ordovicium bildar berggrundsytan inom ett bälte som sträcker sig från området kring yttre Hanöbukten (Kumpas 1978) och norrut över Öland och havsområdet öster därom, vidare norr om Gotland till norra Estland. Liksom för siluren är nordvästgränsen utbildad som en

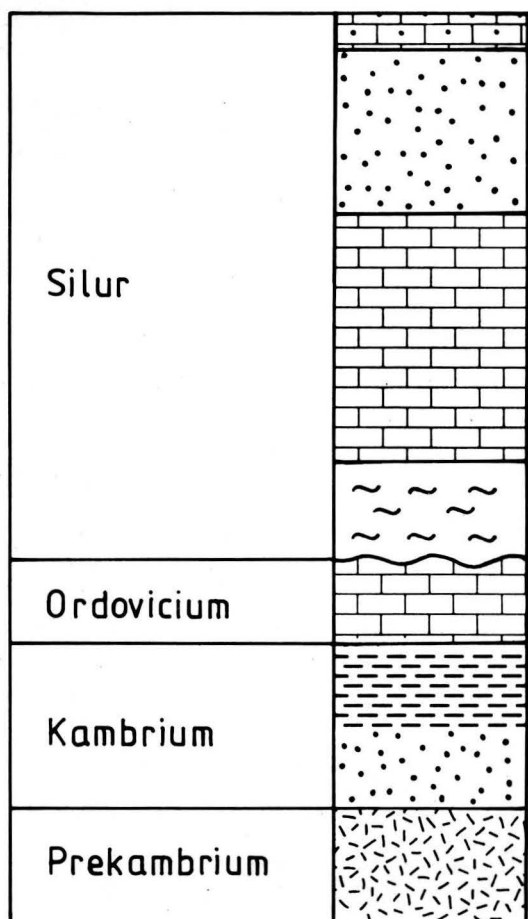


Fig. 29. Schematisk bild över lagerföljden söder om Gotland. Prickat, sandsten; horisontella småstreck, siltsten; vågiga småstreck, mörkelsten; tegelstensmönster, kalksten. Lagerföljden är ca 1000 m mäktig. Enligt OPAB.

klint, vilken kan följas även på havsbotten (Martinsson 1958). Lagerföljden består till övervägande delen av kalkstenar. Sedimentära strukturer, tolkade som "algrev" förekommer särskilt i överordovicium men även i mellanordovicium (Flodén 1980, sid. 108-110; Winterhalter m.fl. 1981, sid. 45).

De siluriska avlagringarna når betydande mäktigheter, ca 400-500 m på södra Gotland, och kan följas inom en bred zon från södra delen av centrala Östersjön mot nordost över Gotland, Ösel och södra Dagö till Estland. I närheten av utbredningsgränsen består lagerföljden till största delen av kalkrika bergarter (kalkstenar och märglar), delvis i form av revbildningar, och uppvisar snabba faciesförändringar. Längre bort från gränsen, t.ex. i borrhålen från När och Grötlingbo på Gotland, är emellertid huvuddelen av den siluriska lagerföljden utbildad som skiffer eller som skiffer med kalkstensinlagringar.

Södra Östersjön och Öresund

I Hanöbukten stupar urbergsytan mot SSV från Blekingekusten mot Bornholmsgattet och Christiansöhorsten norr om Bornholm (fig. 30; Kumpas 1980b, fig. 24). Urberget inom detta havsområde ansluter förmodligen direkt till Blekingeregionens gnejser, graniter och granitoida bergarter. Med undantag för de östra delarna överlagras urberget i Hanöbukten av sedimentära bergarter från översta trias (rät), jura och krita (Kumpas 1978, 1980a, 1980b). Tolkningen av en horisont som paleozoisk är osannolik (jfr nedan). Liksom i Kristianstadsområdet är det i regel överkritan som bildar berggrundsytan, men i söder kan det eventuellt röra sig om tertiära lager (fig. 30).

Lagerföljden i Hanöbukten är mäktigast och mest fullständig i den sydvästra delen där direkt information om berggrundens beskaffenhet och stratigrafi erhållits genom två djupborrningar utförda av OPAB (fig. 21). Dessa penetrerade en 700-800 m mäktig mesozoisk lagerserie (Norling & Skoglund 1977; Kumpas 1980a, 1980b; Norling 1981). I ett av borrhålen (H 1) överlagras kritan av 25 m paleocena leror (Norling & Skoglund 1977, sid. 457). Borrningarna visade också att den mesozoiska lagerföljden underlagras av en kvartssandsten (Kumpas 1980b). Sandstenen saknar kolfragment och har därför av OPAB:s geologer trots vara underkambrisk, trots att de litologiska kännetecknen i övrigt är typiska för trias-jura-sandstenar. Den sannolikt

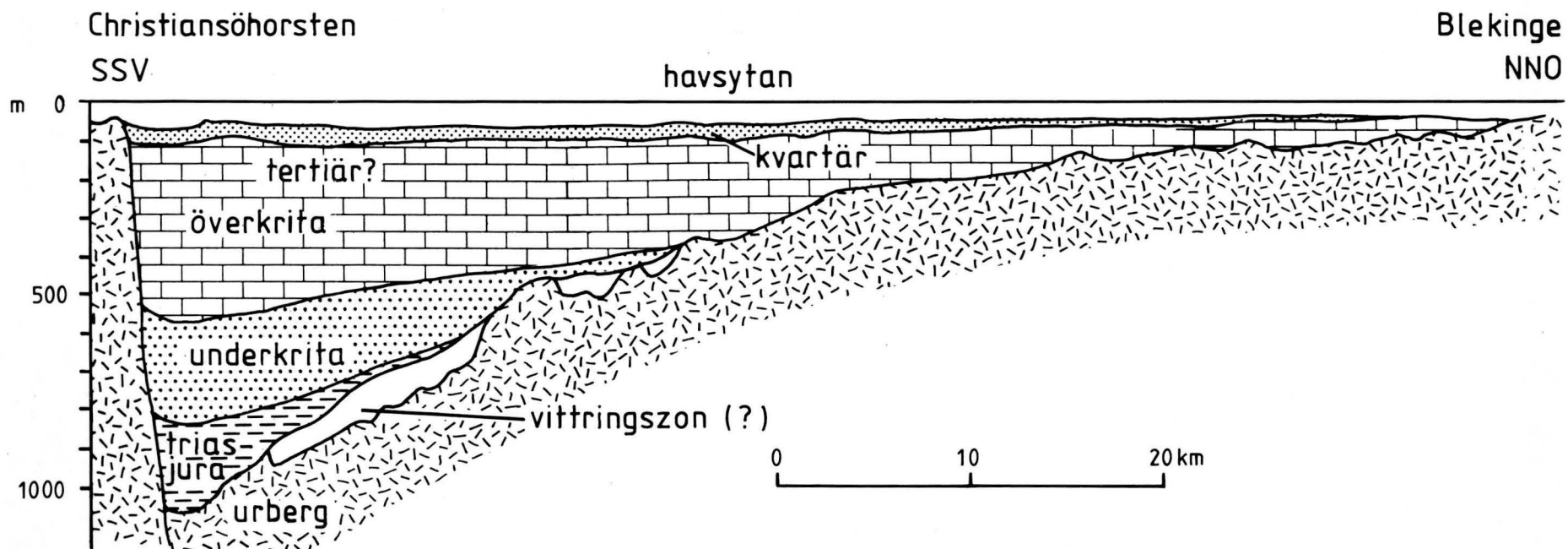


Fig. 30. Schematiskt tvärsnitt genom Hanöbukten från Blekingekusten till Christiansöhorstens nordvästra del. Figuren baserad på Kumpas (1980) och Lidmar-Bergström (1982, fig. 41).

vilseledande bedömningen har lett till att ett skikt i den centrala delen av Hanöbukten tolkats som underkambrisk sandsten (Kumpas 1980b). Den ojämna kontakten nedåt kontrasterar emellertid mot det jämna peneplan som brukar underlagra kambrium, och det förefaller mera sannolikt att skiktet ifråga utgöres av en lervittringszon i urberget (Norling & Bergström 1986).

Den östra delen av Christiansöhorsten överlagras av ett tunt täcke, vars ålder är osäker. På kartan har det markerats med symbolen för obestämd kambrosilur. I Bornholmsgattet och sydost om Bornholm finns ytterligare två områden som markerats med samma symbol. Här rör det sig säkert om undre paleozoikum, men en uppsortering på kambrium, ordovicium och silur har inte bedömts som möjlig.

Bornholmsgattet och Bornholm ligger inom en tektonisk zon, Tornquist-zonen, på gränsen mellan den fennoskandiska urbergsskölden och ett stort sänkningsområde i sydväst. Tornquist-zonen har utgjort ett tektoniskt oroligt område åtminstone sedan triastid. Det sträcker sig från Bornholm vidare mot nordväst diagonalt över Skåne, södra Kattegatt och norra Jylland ut i Nordsjön. Liksom i Skåne och på Bornholm uppvisar berggrunden i havsområdet kring Bornholm ett mosaikmönster av gravsänkor, horstar och förkastningssystem. Det är således geologiskt sett ganska komplicerat och består av block av urberg, kambrosilur och mesozoikum förskjutna i förhållande till varandra (Wannäs 1979; Kumpas 1982, 1985; Vejbæk 1985a, 1985b).

I Bornholmsgattet ligger en viktig geologisk gräns. Mot nordväst har berggrunden i senpaleozoisk och mesozoisk tid utsatts för kraftig tension, som har vidgat jordskorpan och släppt fram vulkaniska magmor från jordens inre. I Bornholms-området i sydost saknas motsvarande vidgning, och de utjämnande rörelserna måste alltså ägt rum i Bornholmsgattet, förmodligen i stor utsträckning utefter den förkastning som bildar Rönnegravens västra begränsning. Ett av resultaten av rörelserna är just den magnifika Rönnegravens, som från söder sticker in som en trekantig kil i Tornquist-zonen och som har en egen utvecklingshistoria. Den senpaleozoiska vidgningen och vulkanismen verkar ha förskjutits längs den västra Rönnegravslinjen så att den återkommer i trakten av Rügen.

I stort kan man säga att sedan stora delar av den paleozoiska lagerföljden förstörts genom tektoniska rörelser och av en omfattande peneplanering i permisk tid, så avsattes mäktiga lager inom Tornquist-zonen från trias till äldre krittid. I Rönnegravens kan denna lagerföljd nå en mäktighet av några tusen meter. I yngre krittid

vändes plötsligt mönstret genom en s.k. inversion. De tidigare sjunkande områdena började höjas, och antingen avsattes endast tunna överkritlager eller skedde t.o.m. en erosion av äldre lager.

Sydväst om Tornquist-zonen är urberget nedsänkt till mycket stora djup och överlagras av ofta tusentals meter mäktiga formationer av sedimentära bergarter. Lagerföljden söder om Skåne och i Öresund består till största delen av tertiär och mesozoikum, som ligger direkt på urberget. I det sydvästra hörnet av Skåne och i havsområdet sydväst därom underlagras emellertid mesozoikum av kambrosilur (fig. 31; Larsson 1985). I söder tar detta sänkningsområde slut mot en höjdrygg i urberget, den s.k. Ringkøbing-Fyn-ryggen, som sträcker sig från Nordsjön genom Danmark till den norra delen av Rügen.

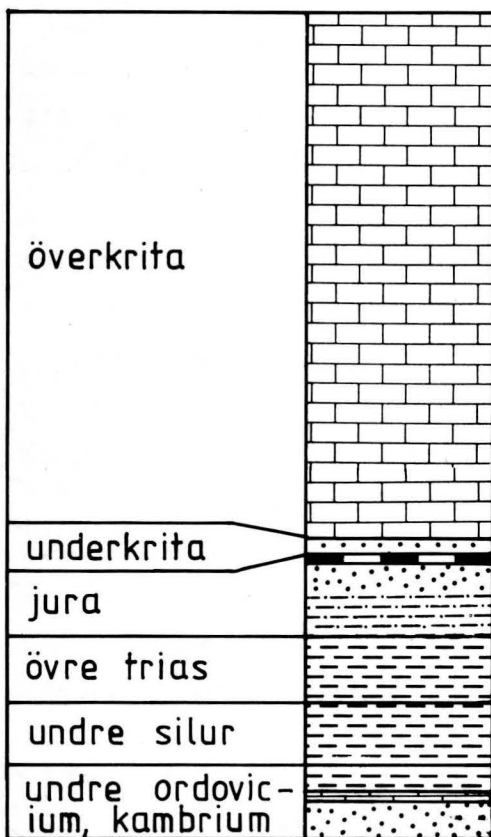


Fig. 31. Schematisk bild över lagerföljden söder om Skåne. Lagerföljden är ca 1500 m mäktig. Symboler som i fig. 29. Svarta symboler i toppen på juran markerar kol. Enligt OPAB.

I den sydvästligaste delen av Östersjön är de underpaleozoiska lagerföljderna veckade och metamorfoserade i samband med den kaledoniska orogenesisen. Nordgränsen för den kaledoniska fronten sträcker sig ungefär utefter den södra delen av Ringkøbing-Fyn-höjden i Danmark i riktning mot OSO, passerar norra Rügen och vidare mot Kolobrzeg vid den polska östersjökusten.

Kattegatt och Skagerack

Tornquist-zonen fortsätter från Skåne i riktning mot VNV och passerar norr om Djursland i riktning mot Ålborg (Pegrum 1984, 1985; Kumpas 1985). Söder om Tornquist-zonen når den fanerozoiska lagerföljden stora mäktigheter i den norsk-danska bassängen (fig. 32). Vid Gassum i Djursland mäts den mesozoiska lagerföljden 3400 m. Därunder följer perm, och man vet i regel inte vad som döljer sig djupare ned.

Tornquist-zonen har liksom i Bornholms-området och Skåne råkat ut för en inversion i yngre krittid, dvs. höjts så att avsättningen av kritsediment bromsats och delvis ersatts av erosion. Kritlagren, som är mycket mäktiga söder om zonen, är alltså tunna inom zonen och saknas t.o.m. inom ett område vid Anholt, där man anser att jura- och triaslager "tittar fram" (Flodén 1984). I trakten av Anholt har de geofysiska undersökningarna visat att det under triaslagren finns en kanske två kilometer mäktig lagerföljd i en nedförcastad "ficka" i urberget. Man gissar att denna lagerföljd utgöres av paleozoiska, kanske kambrosiluriska lager, men antagandet kräver bekräftelse, vilket endast kan erhållas genom borrhning. Om den från Skåne kända permokarboniska vulkanismen sträcker sig ut i detta område kan det också tänkas att det finns kvar diabastäcken av ett sådant slag som det måste funnits i Skåne före den permiska peneplaneringen av landytan. Norr och nordost om Tornquist-zonen ligger triaslagren direkt på urberget, och mäktigheten är ungefär hälften av vad den är omedelbart söder om zonen (fig. 32). Ovanpå följer jura- och kritlager. Lagren kilar ut i riktning mot den svenska kusten. Man har i regel ansett att jura och underkrita i Kattegatt och trias i Skagerack når längst in mot kusten. Man måste emellertid poängtera att tunnheten i det sedimentära täcket som helhet kan försvåra den geofysiska tolkningen, särskilt som det inte finns några borrhningar att hänga upp tolkningen på. Den faktiska förekomsten av överkrita som anstår direkt på urberget vid den svenska västkusten (Båstad, Särödal norr om Halmstad och möjligen Varbergs hamn) samt rikligt med kritflinta längs kusten och på grund till havs visar att överkritan sträckt sig förbi de äldre lagrens yttre kant och kanske fortfarande finns kvar som ett tunt täcke, åtminstone i vissa områden (Bergström m.fl. 1973). Sannolikt har kritlagren varit rätt tunna redan från början. På grund av dessa tolkningssvårigheter har hela området mellan Tornquist-zonen och den svenska kusten markerats med symbolen för krita,

men man måste hålla i minnet att kritan i vissa områden kan vara borta (fig. 33). En annan möjlighet är att kritan i andra områden täcks av dankalksten, som är svår att skilja från kritkalkstenen men räknas till tertiär. Förekomsten av danflintor och kalksten av dan-typ längs med Hallandskusten antyder att så kan vara fallet (Lidmar-Bergström 1982).

Under de sedimentära bergarterna och in mot den svenska kusten följer urberget, vars uppbyggnad är väsentligen okänd. Förmodligen är det de sydvästsvenska järngnejserna som sträcker sig ut till havs i Kattegatt, medan urberget utanför Bohuskusten sannolikt delvis utgöres av graniter (Flodén 1973b).

Ett smalt bälte av permisk diabas sträcker sig ut från Osloområdet (Flodén 1973b). I teoretiserande uppsatser har detta tolkats som att man skulle ha en submarin fortsättning av Oslo-graven, med paleozoiska sediment under diabasen. I skrivande stund tycks emellertid detta vara en öppen fråga.

Den 15 juni 1985 kl. 0041 inträffade en jordbävning med centrum ca 4,5 mil VSV om Halmstad. Skalvet uppmättes till 4,6 på den regionala Richterskalan. Knappt ett år senare, den 1 april 1986 kl. 0956, skedde ett nytt skalv med magnituden 4,0 på nästan exakt samma plats. Dessa jordbävningar utlöstes med största sannolikhet i samband med deformationer i Tornquist-zonen.

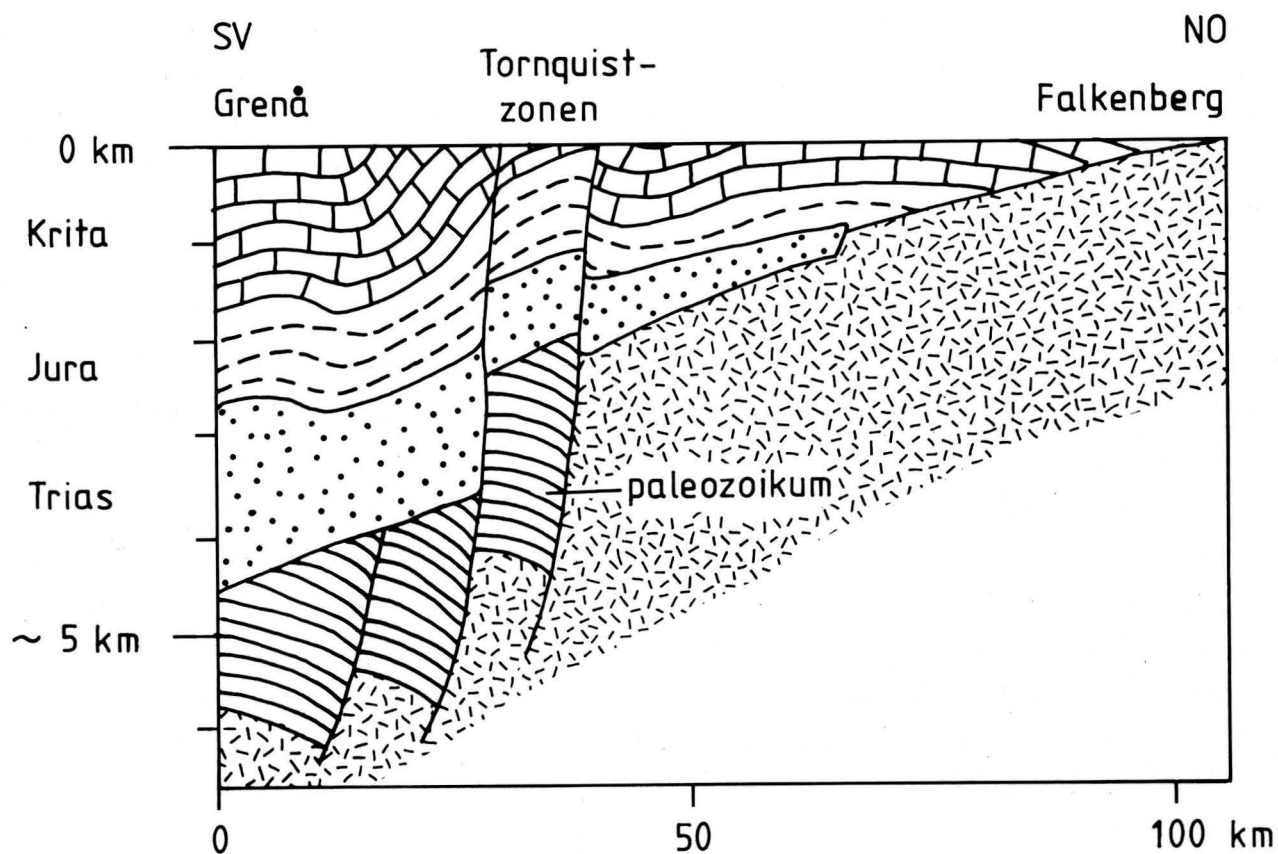
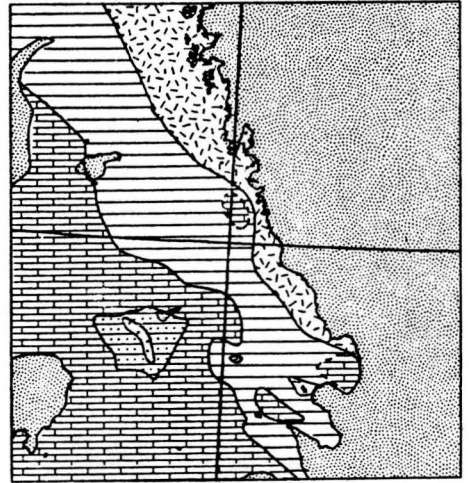


Fig. 32. Schematisk profil genom Kattegatt från Grenå till Falkenberg. Modifierat efter Eugeno-S-projektet.

Fig. 33. Berggrundskarta över Kattegatt som alternativ till huvudkartan. Småstreck, urberg; prickat, trias; horisontella linjer med prickar, jura; tegelstensmönster, krita och tertiär; horisontella linjer, tunt mesozoikum, ålder osäker. Efter Flodén (1984, fig. 5).



Förslag till framtida inriktning av Jan Bergström

Vid ett försök att föreslå en framtida inriktning av SGU:s offshore-anknutna aktivitet vad gäller berggrunden är det framför allt två sakförhållanden som faller i ögonen. För det första är SGU:s marina utrustning f.n. helt inriktad på undersökning av de ytliga, lösa avlagringarna, inte på en utforskning av berggrunden. För det andra existerar det ett stort primärmaterial av borrhävar m.m., som ackumulerats genom åren men som inte fått någon tillfredsställande bearbetning.

Då det gäller just borrhävar till havs har arbetena under senare år huvudsakligen utförts av OPAB/SP, som naturligtvis utfört en primär bearbetning av kärnmaterialet för sina mest trängande syften. Emellertid kan OPAB/SP inte hålla sig med en stab av specialister som täcker olika aspekter av materialet. Ändå måste det vara av stort intresse både för prospektörerna och för nationen att ett material som kostat mångmiljonbelopp och som innehåller stora mängder potentiell kunskap om kontinentalsockelns geologi inte skall ligga i stort sett obearbetat.

Det kan vara på sin plats att peka på den i västvärlden unika policy som Sverige intagit härvidlag. Generellt hyllar man offentlighetsprincipen. I Danmark kan exempelvis offshore-undersökningar inte hållas hemliga mer än 5 år, och resultaten publiceras kontinuerligt. I Sverige finns ingen officiell tidsgräns för hur länge in-

formation kan hemlighållas. Detta har bl.a. medfört att ett stort antal djupborrningar som genomförts genom hela 1900-talet, delvis med statliga medel, inte resulterat i någon allmänt åtkomlig kunskap och faktiskt inte heller i exakt kunskap om litologier, korrelation etc. åtkomlig för prospektörerna. Det ackumulerade material som existerar är nu så stort att det inte längre finns någon praktisk möjlighet att på någorlunda kort sikt bearbeta det på ett tillfredsställande sätt. Samtidigt måste det framhållas att prospektörer som OPAB/SP ofta på ett samarbetsvilligt sätt delat med sig av sitt material, låt vara med ökad kunskap som utbyte.

Det förtjänar framhållas att SGU gärna ställer sitt kunnande till förfogande vid bearbetning av offshore-material. Det borde vara ett ömsesidigt och allmänt intresse att material bearbetas på ett relevant sätt medan undersökningsområden fortfarande är aktuella, så att bearbetningen kan ge direkta spin-off-effekter. Självklart är emellertid också den långsiktiga effekten av ökad kunskap av intresse.

Det stora intresse för havsbottnarna runt Sverige som demonstreras från olika främmande stater såväl som prospekteringsorganisationer motiverar också att utvecklingen kontinuerligt följes upp och sammanfattas i kartor över havsbottnens geologi.

Ordförklaringar

- Alunskiffer, lerskiffer med hög halt av organiskt material och svavel.
- Arkeikum, äldre prekambrium, tidsavsnittet från jordens tillkomst för omkring 4600 miljoner år sedan till proterozoikums början för ca 2500 miljoner år sedan.
- Basalt, svart, finkornig lavabergart bestående av mineralen plagioklas, pyroxen, m.fl.
- Bergart, sammanhållet aggregat av ett eller flera slags mineral.
- Biostratigrafi, stratigrafi baserad på fossilinnehållet.
- Danien, den äldsta etagen inom paleocen, äldsta tertiär.
- Diabas, mörkgrå till svart, fin- till grovkornig gångbergart bestående av mineralen plagioklas, pyroxen, m.fl. Uppträder ofta som brantstående gångar eller horisontella täcken i lagerserierna.
- Erosion, lösgörandet av partiklar från berggrunden eller jordtäcket med hjälp av rinnande vatten (fluviatil erosion), en inlandsis eller glaciär (glacial erosion), vinden (vinderosion), vågor (abrasion) eller tyngdkraften (jordflytning, ras, skred).
- Facies, en speciell sammansättning, beståndsdel eller annan karaktär som skiljer en bergart eller en okonsoliderad avlagring från en annan.
- Flinta, tät, vanligen mörkfärgad bergart som består av kiseldioxid och oftast förekommer som oregelbundna knölar (konkretioner) i kalkstenar.

- Förkastning, bristning i jordskorpan med åtföljande förskjutning av berggrunden.
- Gnejs, sammanfattande benämning på metamorfa bergarter med skiffrig eller stänglig struktur och liksom granit bestående av främst mineralen kvarts, fältspat och glimmer.
- Granit, ljus, fin- till grovkornig magmatisk bergart med mineralkorn av kvarts, fältspat och glimmer regellöst blandade. Bildar tillsammans med gnejs huvuddelen av Skandinaviens urberg.
- Gravimeter, instrument för mätning av variationer i tyngdkraftsaccelerationen.
- Gravimetri, en geofysisk metod genom vilken tyngdkraftsaccelerationen mäts.
- Gravsänka, långsträckt insänkning av berggrunden, begränsad på ömse sidor av förkastningar.
- Grönsten, sammanfattande benämning på omvandlade basiska bergarter, som ursprungligen utgjordes av basalt, diabas eller andra mörka magmatiska bergarter.
- Horst, mer eller mindre långsträckt upphöjning av berggrunden, begränsad på ömse sidor av förkastningar.
- Intrusion, bergartssmälta som trängt in och stelnat i jordskorpan.
- Jotniska bergarter, är bildade under jotnium, en geologisk tid i Sveriges och Finlands prekambrium för ca 1200-1300 miljoner år sedan.
- Kaledonisk, tillhörande den omfattande berggrundsdeformation som ägde rum framförallt under silur och devon i nordvästra Europa och östra Nordamerika.
- Kalksten, sedimentär bergart som till övervägande delen består av kalciumkarbonat.
- Konsoliderad, fast, omvandlad till bergart genom kompaktion och cementering.
- Kristallin, beskrivning av substans eller bergart som består av kristaller.
- Lerskiffer, till bergart hårdnad lera, bestående av mycket små mineralpartiklar. Kan lätt klyvas i tunna plattor.
- Litologi, bergartstyp.
- Magmatiska bergarter, är bildade ur en stelnad bergartssmälta (magma) i eller på jordskorpan.
- Magnetometer, instrument för att mäta det jordmagnetiska fältet.
- Magnetometri, en geofysisk metod genom vilken man mäter variationerna i det jordmagnetiska fältet.
- Metamorfa bergarter, är bildade genom metamorfos (omvandling) av olika bergarter till följd av förändrade tryck- och temperaturförhållanden.
- Metasediment, omvandlad sedimentär bergart.
- Metavulkanit, omvandlad vulkanit.
- Mineral, naturlig kemisk förening eller element med bestämd kemisk sammansättning och vanligen typisk kristallform. Mineralen bygger tillsammans upp bergarter.
- Muhosformationen, samlingsnamn för de yngsta prekambriiska sedimentbergarterna i Bottenviken.
- Okonsoliderad, lös och inte konsoliderad till bergart.
- Paleocen, den äldsta av tertiärperiodens epoker.
- Peneplan, nästan plan berggrundsytta, orsakad av nedbrytande processer.
- Prekambrium, sammanfattande namn för den del av jordens historia som omfattar tiden från dess tillkomst för omkring 4600 miljoner år sedan till kambriums början för ca 570 miljoner år sedan. Den indelas i två eror, arkeikum och proterozoikum.
- Proterozoikum, yngre prekambrium, tidsavsnittet från ca 2500 miljoner år sedan till kambriums början för ca 570 miljoner år sedan.

Rät, den yngsta delen av triasperioden.

Sandsten, sedimentär bergart som består av sammankittade sandkorn.

Sediment, transporterade partiklar (vittringsprodukter eller rester av döda organismer) och kemiska utfällningar som lagrats på land eller i vatten.

Sedimentära bergarter, har bildats genom konsolideringen av lösa sediment. I regel är dessa bergarter tydligt lagrade.

Seismiska mätmetoder, bygger på ljudvågors förmåga att vid låga frekvenser genomtränga sediment och berggrund och avslöja lagring, kontakter mellan olikartade bergarter och strukturer på djupet.

Siltsten, sedimentär bergart huvudsakligen bestående av partiklar av siltstorlek, dvs. 0,063-0,002 mm.

Stratigrafi, studiet av bergarternas inbördes förhållanden eller läran om lagerföljderna.

Sub-jotnium, tid före jotnium i Sveriges prekambrium för ca 1600 miljoner år sedan.

Suprakrustalbergarter, bergarter som bildats på jordytan, dvs. vulkaniter och sedimentära bergarter.

Svekokarelsk, tillhörande svekokareliderna, resterna av en omfattande prekambrisk urbergsbildning och samtidig berggrundsdeformation (orogenes) för omkring 2000-1700 miljoner år sedan. Merparten av såväl det svenska som det finska urberget utgöres av bergarter från svekokareliderna.

Tektonik, sammanfattande benämning på deformationer i jordskorpan som ger upphov exempelvis till veckningar och förkastningar.

Urberg, berggrund, vanligen magmatisk eller metamorf, äldre än 570 miljoner år.

Vendium, den yngsta perioden i prekambrium.

Vittring, en rad processer såsom den kemiska påverkan av luft, regnvatten, växter och bakterier samt den mekaniska påverkan genom temperaturförändringar, varigenom bergarter bryts ned på platsen. Vittringen underlättar erosionen, lösgörandet. I kombination svarar vittring och erosion för denudationen, nedbrytandet, av berggrunden.

Vulkanit, gemensam benämning på bergarter som är bildade genom vulkanism, t.ex. lavar och tuffer.

SGU:s databank

Genom samarbete mellan enheten för sedimentär berggrund och ADB-enheten vid Sveriges geologiska undersökning har det skapats en databank inom MIMER-systemet, vilken avser lagra uppgifter som kommer fram vid studiet av den svenska fanerozoiska lagerföljden. Databanken har givits namnet SWESTRAT. Grunddragen i denna bank skapades vid mitten av 1970-talet i samband med ett regionalt begränsat projekt som byggdes upp genom ett samarbete mellan enheten för sedimentär berggrund och Hans Sterner, då verksam vid ADB-enheten vid SGU i Stockholm. Denna grund, hierarkiskt uppbyggd, har i samarbete med Roland Wadling, ADB-enheten, byggts om och kompletterats för att passa en relationsdatabas. Till databanken SWESTRAT har också kunnat knytas en bank för lagring av kemiska data och en tillhörande organisatorisk bank, SWESTRAK respektive SWESTRAO. De två senare har en utformning som är identisk med JKDB-bankerna. SWESTRAK har därför möjlighet att utnyttja den programvara som finns utarbetad för dessa.

Förutom uppgifter om geologiska prover och lokaler, är bibliografiska data i konventionell mening såväl som separata dokument (kartoriginal, profiler m.m.) lagrade i banken. Den bibliografiska delen i banken är organiserad så att största möjliga likhet med SGU:s Geo-Register har åstadkommit. Inom kontinentalsockelprojektet har fram till april 1986 indexerats 1000 kartor, profiler och seismogram samt 300 rapporter och publikationer. Många av de indexerade rapporterna är skrivna av SGU-geologer och viktiga för kunskapen om kontinentalsockelgeologin. Databanken har inga begränsningar i sökprofilen och alla begrepp som finns på en karta eller i ett dokument kommer att vara sökbara. Beträffande kontinentalsockeln kommer man t.ex. snabbt kunna erhålla uppgifter om vad det finns för kartor, publikationer, etc. som täcker ett speciellt område.

Kontaktpersoner för databanken SWESTRAT är Lars Karis och Göran Kjellström, Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala.

Publicerad litteratur

DGU = Danmarks Geologiske Undersøgelse

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar

SGU = Sveriges geologiska undersökning

- Aeromagnetic Anomaly Map of Scandinavia. Total intensity referred to IGRF-65. - SGU Cb 22. Uppsala 1983.
- Andersen, O.B. & Engsager, K., 1977: Surface-ship gravity measurements in Danish waters 1970-1975. - Geodætisk Instituts Skrifter. 3. Række, Bind XLIII, 73 sid. Köpenhamn.
- Andersen, O.B., Larsen, B. & Platou, S.W., 1975: Gravity and geological structure of the Fennoscandian Border-Zone in the southern Baltic Sea. - Bull. Geol. Soc. Denmark 24, 45-54.
- Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D.G. & Snäll, S., 1985: The Scandinavian alum shales. - SGU Ca 56, 50 sid.
- Axberg, S., 1973: Om Uppsalaåsens submarina fortsättning. - Ymer, årsbok 1973, 83-90.
- 1976: Teknik för bottenundersökningar. - Ingenjörsvetenskapsakademien Medd. 197, 39-52.
 - 1979: Preliminary results from seismic investigations in the southwestern Bothnian Sea. I P. Thorslund & S. Axberg: Geology of the southern Bothnian Sea. Part I. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, N.S. 8, 48-61.
 - 1980: Seismic stratigraphy and bedrock geology of the Bothnian Sea, northern Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 36(3), 153-213.
- Axberg, S. & Flodén, T., 1977: Berggrunden i Bottniska Viken. - Svenska Havsforskningsföreningen, Medd. 12, 218-229.
- Baartman, J.C. & Christensen, O.B., 1975: Contributions to the interpretation of the Fennoscandian Border Zone. - DGU, II Ser., 102, 47 sid.
- Bergman, L., Tynni, R. & Winterhalter, B., 1982: Paleozoic sediments in the Rapakivi area of the Åland islands. - Geol. Survey Finland, Bull. 317, 132 sid.
- Bergström, J., 1985a: Zur tektonischen Entwicklung Schonens (Süd-schweden). - Z. Angew. Geol. 31(11), 277-280.
- 1985b: Ansichten skandinavischer Geologen über die Tornquist-Zone. - Z. Ang. Geol. 31(11), 287-289.
- Bergström, J., Christensen, W.K., Johansson, C. & Norling, E., 1973: An extension of Upper Cretaceous rocks to the Swedish west coast at Särödal. - Bull. Geol. Soc. Denmark 22(2), 83-154.
- Bergström, J. & Gee, D.G., 1985: The Cambrian in Scandinavia. I D.G. Gee & B.A. Sturt (red.): The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas. - Chichester, John Wiley & Sons, 247-271.
- Bergström, J., Holland, B., Larsson, K., Norling, E. & Sivhed, U., 1982: Guide to excursions in Scania. - SGU Ca 54, 95 sid.
- Bergström, J., Kumpas, M.G., Nielsen, A.T., Pegrum, R.M. & Vejbæk, O.V., 1986: NW part of the Tornquist Zone. - Internationales Symposium "Sedimentation und Tektonik am SW-Rand der Osteuropäischen Tafel, Potsdam, IGCP-Projekt 86, Resümees der Vorträge, sid. 13. Zentralinst. Physik der Erde, Akad. Wiss. DDR.
- Bergström, J. & Lidmar-Bergström, K., 1980: Arvet från krittiden. - Hallands natur 44(2), 84-152.
- Bertelsen, F., 1978: The Upper Triassic-Lower Jurassic Vinding and Gassum Formations of the Norwegian-Danish Basin. - DGU B 3, 26 sid.
- 1980: Lithostratigraphy and depositional history of the Danish Triassic. - DGU B 4, 59 sid.

- Bohlin, B., 1955: Boring through Cambrian and Ordovician strata at Böda Hamn, Öland. III. The Lower Ordovician limestones between the Ceratopyge Shale and the Platyrurus Limestone of Böda hamn. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 35, 111-151.
- Boström, K., 1975: Malmletning till havs - ett diskussionsunderlag. - STU-utredning 34-1975, 96 sid.
- Brochwicz-Lewinski, W., Pozaryski, W. & Tomczyk, H., 1984: "Wielkoskalowe" różnice poglądów i interpretacji: odpowiedz. - Przegląd Geologiczny 32(2), 65-72.
- Brotzen, F., 1940: Flintrännans och Trindelrännans geologi. - SGU C 435, 33 sid.
- 1945: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del 1. Kritan. - SGU C 465, 64 sid.
- 1950: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del 2. Undre kritan och trias. - SGU C 505, 48 sid.
- Bunce, E.T., 1969: Seismic refraction measurements in the Baltic Sea. - Geophysical Prospecting 17, 28-35.
- Büchting, Elisabeth, 1918: Die Bodenformen der Ostsee. - Inaugural dissertation, Jena.
- Cato, I., 1977: Recent sedimentological and geological conditions and pollution problems in two marine areas in south-western Sweden. - Striae 6, 158 sid.
- Chatziemmanouil, J.P., 1982: The Upper Cretaceous of the Vomb Trough, southern Sweden. - Stockholm Contr. Geol. 38(5-6), 57-161.
- Christensen, W.K., 1984: The Albian to Maastrichtian of southern Sweden and Bornholm, Denmark: a review. - Cretaceous Research 5, 313-327.
- Dadlez, R., 1974: Some geological problems of the southern Baltic Basin. - Acta Geol. Polonica 24, 261-276.
- 1976: Zarys geologii podloza kenozoiku w poludniowege Baltyku. - Instytut Geologiczny 285, 21-50. Warszawa.
- Eckermann, H. von, 1937: The Jotnian formation and the sub-Jotnian unconformity. - GFF 59(1), 19-58.
- Efendiyeva, M.A., 1967: Crystalline basement relief beneath the Baltic Sea aquatorium, from magnetometric data. - Internat. Geol. Rev. 9(10), 1304-1308.
- Eriksson, C.-O. & Laufeld, S., 1978: Philip structures in the submarine Silurian of northwest Gotland. - SGU C 736, 30 sid.
- Eriksson, L. & Henkel, H., 1983: Deep structures in the Precambrian interpreted from magnetic and gravity maps of Scandinavia. - Int. Basement Tectonics Ass. Publ. 4, 351-358.
- Flodén, T., 1970a: Seismiken inom maringeologin. - Statens Geotekn. Inst. 33, 53-61.
- 1970b: Submarina seismiska metoder. - Ingenjörsvetenskapsakademien, Medd. 159, 44-49.
- 1971: Huvuddragen i östra Skagerakks berggrund. - Göteborgs Naturhistoriska Museum, Årstryck 1971, 37-42.
- 1973a: De jotniska sedimentbergarternas utbredning i Östersjön. - Ymer, årsbok 1973, 47-58.
- 1973b: Notes on the bedrock of the eastern Skagerrak with remarks on the Pleistocene deposits. - Stockholm Contr. Geol. 24(5), 79-102.
- 1975a: Modern teknik inom maringeologin. - Ingenjörsvetenskapsakademien, Medd. 191, 137-146.
- 1975b: Seismic refraction soundings in the area around Gotland, central Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 28(2), 9-43.
- 1977: Geologi kring Gotska Sandön. - I C. Westerdahl (red): Gotska Sandön - en tvärfacklig beskrivning. - FNSin 8, 6-11.
- 1980: Seismic stratigraphy and bedrock geology of the central Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 35, 1-240.
- 1981: Current geophysical methods and data processing techniques for marine geological research in Sweden. - Stockholm Contr. Geol. 37(5), 49-66.

- 1984: Der Strukturbaue im Seegebiet von Schweden. - Z. Ang. Geol. 30(1), 2-16.
- Flodén, T. & Brännström, B., 1965: En thumperprofil genom Landsortsdjupet. - GFF 87(3), 337-346.
- Flodén, T., Jacobsson, R., Kumpas, M., Wadstein, P. & Wannäs, K., 1980: Geophysical investigation of western Bothnian Bay. - GFF 101 [för 1979], 321-327.
- Forchheimer, S., 1968: Coccolithen des Gault-Cenoman, Cenoman und Turon in der Bohrung Höllviken I, Südwest-Schweden. - SGU C 635, 84 sid.
- 1970: Scanning electron microscope studies of some Cenomanian coccospheres and coccoliths from Bornholm (Denmark) and Köpingsberg (Sweden). - SGU C 647, 43 sid.
- 1972: Scanning electron microscope studies of Cretaceous coccoliths from the Köpingsberg borehole No. 1, SE Sweden. - SGU C 668, 141 sid.
- Fromm, E., 1943: Havsbottnens morfologi utanför Stockholms södra skärgård. - Geogr. Annaler 25, 137-169.
- Fält, L.-M., 1977: Gränsen Pleistocen/Holocen i marina sediment utanför västkusten. - Geol. inst., Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs Univ. Publ. A 14.
- 1979: Quaternary deposits in the north Kattegatt and south-east Skagerak. - GFF 101, 372-373.
- 1982: Late Quaternary sea-floor deposits off the Swedish west coast. - Geol. inst., Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs Univ. Publ. A 37, 259 sid.
- Golub, D.P. & Sidorov, Yu. S., 1971: The surface structure of the Precambrian basement of the Baltic Sea (based on magnetic survey data of the R/V Zarya). - Oceanology 11, 195-199.
- Gorbatshev, R., 1962: The Pre-Cambrian sandstone of the Gotska Sandön boring core. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 39, 1-30.
- 1967: Petrology of Jotnian rocks in the Gävle area, east central Sweden. - SGU C 621, 50 sid.
- Grahn, Y., 1980: Early Ordovician chitinozoa from Öland. - SGU C 775, 41 sid.
- 1981: Middle Ordovician chitinozoa from Öland. - SGU C 784, 51 sid.
- 1982: Caradocian and Ashgillian chitinozoa from the subsurface of Gotland. - SGU C 788, 66 sid.
- Gravesen, P., Rolle, F. & Surlyk, F., 1982: Lithostratigraphy and sedimentary evolution of the Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous of Bornholm, Denmark. - DGU B 7, 51 sid.
- Gripenberg, S., 1937: A study of the sediments of the North Baltic and adjoining sea. - Fennia 60(3), 1-231.
- Gudelis, V. & Emelyanov, E.M. (red.), 1976: Geologiya Baltijskogo morya. - Vilnius: Izdat. Mokslas.
- Gudelis, V. & Königsson, L.-K. (red.), 1979: The Quaternary History of the Baltic. - Acta Univ. Ups., Symp. Univ. Ups. Annum Quingentesimum Celebrantis 1, 279 sid.
- Hageskov, B., 1985: Constrictional deformation of the Koster dyke swarm in a ductile sinistral shear zone, Koster islands, SW Sweden. - Bull. geol. Soc. Denmark 34, 151-197.
- Hedström, H., 1923a: On "Discinella holsti Mbg." and Scapha antiquissima (Markl.) of the division Patellacea. - SGU C 313, 13 sid.
- 1923b: Remarks on some fossils from the diamond boring at the Visby cement factory. Preliminary report. - SGU C 314, 26 sid.
- Heinberg, C., Andersen, H.L., Ringberg, B. & Hansen, J.M., 1980: Hvad Barsebäck er bygget på. - Politiken 12 Mars 1980.
- Hessland, I., 1955: Boring through Cambrian and Ordovician strata at Böda Hamn, Öland. II. Studies in the lithogenesis of the Cambrian and basal Ordovician of the Böda Hamn sequence of strata. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 35, 35-109.
- 1959: Sedimentologi. - Svensk Naturvetenskap 1959, 81-115.

- 1984: Havsbottenforskning och forskningsfartyg. - BJK-bladet, juni 1984.
- Hillefors, Å. & Flodén, T., 1983: The Åbyfjord, morphology and deglaciation. I Max Deynoux: Symposium Till Mauretania 83 (abstracts). - Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 26-27.
- Holtedahl, O., 1940: Echo-soundings in the Skagerrak. - Norges geol. Unders. 223, 139-160.
- Honkasalo, T., 1959: Gravity survey of the Baltic and the Barents Sea. Report for the Congress of the International Gravimetric Commission in Paris. - Finnish Geodetic Institute. Helsingfors.
- Horn af Rantzien, H., 1953: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del VI. Charophyta from the Middle Trias of the boring Höllviken II. Preliminary account. - SGU C 533, 16 sid.
- Håkansson, E. & Thomsen, E., 1979: Distribution and types of bryozoan communities at the boundary in Denmark. I T. Birkelund & R.G. Bromley (red): Cretaceous-Tertiary Boundary Events Symposium: I. The Maastrichtian and Danian of Denmark, 78-91. University of Copenhagen.
- Hägg, R., 1946: Kritfossil från Varbergs hamn. - GFF 68, 111-112.
- Hörnsten, Å., 1959: Blockfynd av Limbata-kalksten på Härnön. - GFF 81(4), 670-671.
- 1976: Kartering i Öresundsområdet speciellt med avseende på sand och grus. - Ingenjörsvetenskapsakademien Medd. 197, 71-92.
- Ignatius, H. & Tulkki, P., 1970: Marine geological map, Bothnian Bay. I Geological Survey of Finland: Marine geological map, Gulf of Bothnia. - Maanmittaushallituksen Karttapaino, Helsinki.
- Ignatius, H. & Kukkonen, E., 1970: Marine geological map, Bothnian Sea. I Geological Survey of Finland: Marine Geological map, Gulf of Bothnia. - Maanmittaushallituksen Karttapaino, Helsinki.
- Ingri, J., 1985: Geochemistry of ferromanganese concretions and associated sediments in the Gulf of Bothnia. - Tekniska Högskolan i Luleå, doctoral thesis 1985:40D. [Innehåller nio uppsatser och en sammanfattning över dessa.]
- Jaanusson, V., 1955: Boring through Cambrian and Ordovician strata at Böda Hamn, Öland. III. Description of the microlithology of the Lower Ordovician limestones between the Ceratopyge Shale and the Platyrurus Limestone. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 35, 153-168.
- 1959: The Viruan (Middle Ordovician) of Öland. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 38, 207-288.
- 1973: Aspects of carbonate sedimentation in the Ordovician of Baltoscandia. - Lethaia 6, 11-34.
- 1976: Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Baltoscandia. I M.G. Bassett (ed.): The Ordovician System: proceedings of a Palaeontological Association symposium, Birmingham, September 1974, 301-326. - Univ. Wales Press and National Museum of Wales, Cardiff.
- Jaanusson, V. & Bergström, S.M., 1980: Middle Ordovician faunal spatial differentiation in Baltoscandia and the Appalachians. - Alcheringa 4, 89-110.
- Jaeger, H., 1984: Einige Aspekte der geologischen Entwicklung Südschweden im Altpaläozoikum. - Z. Ang. Geol. 30(19), 17-33.
- Kjellström, G., 1971a: Ordovician microplankton (baltisphaerids) from the Grötlingbo borehole No. 1 in Gotland, Sweden. - SGU C 655, 75 sid.
- 1971b: Middle Ordovician microplankton from the Grötlingbo borehole No. 1 in Gotland, Sweden. - SGU C 669, 35 sid.
- 1973: Maastrichtian microplankton from the Höllviken borehole No. 1 in Scania, southern Sweden. - SGU C 688, 59 sid.
- Klaamann, E., 1971: Über einige Korallen aus der Bohrung von File Haidar (Gotland, Schweden). - Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Keemia. Geoloogia. 20, 73-77.

- Korkutis, V., 1984: Die Paläogeographie und Fazien der kambrischen Ablagerungen im Bereich der Osteuropäischen Plattform. - Bull. Geol. Soc. Finland 56, 189-201.
- Krauss, M., 1980: Zur strukturellen Entwicklung und Gliederung des westlichen Teils der Osteuropäischen Plattform und Schlussfolgerungen zur Lage des südwestlichen Plattformrandes. - Z. geol. Wiss. 8(5), 593-610.
- 1982: Zur tektonischen Interpretation der "Smäländer Erdnaht". - Z. geol. Wiss. 10(5), 645-670).
- Krauss, M. & Möbus, G., 1981: Korrelation zwischen der Tektonik des Untergrunds und den geomorphologischen Verhältnissen im Bereich der Ostsee. - Z. geol. Wiss. 9(3), 255-267.
- Kumpas, M.G., 1978: Distribution of sedimentary rocks in the Hanö Bay and S of Öland, S Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 31(3), 95-103.
- 1980a: Mesozoic development of the Hanö Bay Basin, southern Baltic. - GFF 101(4), 359-362.
- 1980b: Seismic stratigraphy and tectonics in Hanö Bay, southern Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 34(4), 35-168.
- 1982: Seismic interpretation of the Christiansö Horst, southern Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 38(4), 47-55.
- 1985: Seismic interpretation of the Tornquist Zone in Denmark and Sweden. - GFF 106 [för 1984], 388-389.
- Kögler, F.-C. & Larsen, B., 1979: The West Bornholm basin in the Baltic Sea: geological structure and Quaternary sediments. - Boreas 8, 1-22.
- Königsson, L.-K., 1967: Submarine geology of Kalmarsund. - GFF 89(3), 268-274.
- Larsen, G., 1966a: Geologiske resultater af bundundersøgelserne i Øresund. - Medd. Dansk Geol. Foren. 16, 260-265.
- 1966b: Indledende bundundersøgelser i Øresund. - GFF 88(2), 300.
- 1966c: Rhaetic-Jurassic-Lower Cretaceous sediments in the Danish Embayment (a Heavy-Mineral Study). - DGU, II Række 91, 128 sid.
- Larsen, G., Christensen, O.B., Bang, I. & Buch, A., 1968: Øresund. Helsingør-Hälsingborg-linien; geologisk rapport. - DGU, Rapport 1, 90 sid.
- Larsson, K., 1985: The concealed Palaeozoic of SW Skåne. - GFF 106 [för 1984], 389-391.
- Laufeld, S. & Bassett, M.G., 1981: Gotland: the anatomy of a Silurian carbonate platform. - Episodes 1981, No. 2, 23-27.
- Laurén, L., Lehtovaara, J., Boström, R. & Tynni, R., 1978: On the geology and the Cambrian sediments of the circular depression at Söderfjärden, western Finland. - Geol. Survey Finland, Bull. 297, 81 sid.
- Lehmuskoski, P. & Mäkinen, J., 1978: Gravity measurements on the ice of the Bothnian bay. - Finska geodetiska institutet 86. Helsingfors.
- Lehtovaara, J.J., 1985: 40K - 40Ar dating of the Söderfjärden crater, Vaasa, western Finland. - GFF 107(1), 1-6.
- Lendzion, K., 1983: The development of the Cambrian platform deposits in Poland. - Prace Instytutu Geologicznego 105, 55 sid.
- Liboriussen, J., Ashton, P. & Tygesen, T., (under tryckning): The tectonic evolution of the Fennoscandian Border Zone in Denmark. - Tectonophysics.
- Lidmar-Bergström, K., 1982: Pre-Quaternary geomorphological evolution in southern Fennoscandia. - SGU C 785, 202 sid.
- 1985a: Erosion surfaces in southern Sweden. - GFF 106 [för 1984], 391-392.
- 1985b: Regional analysis of erosion surfaces in southern Sweden. - Fennia 163(2), 341-346.
- Lind, G., 1967: Gravity measurements over the Bohus granite in Sweden. - GFF 88(4), 542-548.

- 1982: Gravity interpretation of the crust in south-western Sweden. - Geol. inst., Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs Univ. Publ. A 41, 93 sid.
- Lindgren, S., 1984a: A new taxon of Leiosphaeridia (algae) from the Upper Cretaceous of southern Sweden. - Stockholm Contr. Geol. 39(5), 139-144.
- 1984b: Acid resistant peridinioid dinoflagellates from the Maastrichtian of Trelleborg, southern Sweden. - Stockholm Contr. Geol. 39(6), 145-201.
- Ludwig, A.O., 1972: Der präquartäre Untergrund der Ostsee. Nachtrag und Ergänzungen zu Teil I: Nördliche und Mittlere Ostsee. - Wiss. Z. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Jg. XXI, Mathematisch-Naturwiss. Reihe, Heft 2, 159-169.
- Lundblad, B., 1949a: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del 3. Microbotanical studies of the cores from Höllviken, Scania. - SGU C 506, 16 sid.
- 1949b: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del 4. On the presence of Lepidopteris in cores from "Höllviken II". - SGU C 507, 11 sid.
- 1956: On the stratigraphical value of the megaspores of Lycostrobos scottii. Preliminary report of some new finds and their interpretation. - SGU C 547, 11 sid.
- Lundquist, T. & Samuelsson, L., 1973: The differentiation of a dolerite at Nordingrå, central Sweden. - SGU C 692, 62 sid.
- Löfgren, A., 1985: Early Ordovician conodont biozonation at Finngrundet, south Bothnian Bay, Sweden. (Geology of the southern Bothnian Sea. Part III.) - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, N.S. 10, 115-128.
- Mahin, K., 1968: Sporenpaläontologischer Nachweiss von mittlerer Jura in der Bohrung von Höllviken 1, Südschweden. - GFF 90, 121-124.
- Maringeologisk karta, södra delen, 1:1 milj. Kvartära och nutida ytavlagringar. - Generalstabens Litografiska Anstalt, Stockholm 1972. Kartan utarbetad av Geologiska Institutionen vid Stockholms Universitet på uppdrag av Marinstabens Sjöfartsavdelning.
- Maringeologisk karta över Öresund. 5 blad i skala 1:50 000. - SGU 1979.
- Martinsson, A., 1958: The submarine morphology of the Baltic Cambro-Silurian area. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 38, 11-35.
- 1963a: The concealed Silurian of the Baltic area. - GFF 84, 539-541.
- 1963b: Kloedenia and related ostracode genera in the Silurian and Devonian of the Baltic area and Britain. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 42(1), 1-63.
- 1966: Från forntid till forntid.- Svenska turistfören. årsskrift 1966, 115-130.
- 1968: Cambrian palaeontology of Fennoscandian basement fissures. - Lethaia 1, 137-155.
- 1979: The Quaternary History of the Baltic. The Pre- Quaternary Substratum of the Baltic. I V. Gudelis & L.-K. Königsson (Eds.): The Quaternary History of the Baltic. - Acta Univ. Ups. Symp. Univ. Ups. Annum Quingentesimum Celebrantis 1, 77-86. Uppsala.
- Martna, J., 1955: Studies on the Macrourus and Slandrom formations. I. Shell fragment frequencies of the Macrourus Formation and adjacent strata at Fjäcka, Gräsgård, and File Haidar. - GFF 77, 229-256.
- Merrill, G.K., 1980: Ordovician conodonts from the Åland Islands, Finland. - GFF 101(4), 329-341.
- Mezhdunarodnaya tektonicheskaya karta Evropy i smezhnykh obdastej. - Akademia Nauk SSSR, Yunesko, Kgnm, Gugk, 1981.
- Michelsen, O., 1975: Lower Jurassic biostratigraphy and ostracods of the Danish Embayment. - DGU. II. Række 104, 287 sid.
- 1978: Stratigraphy and distribution of Jurassic deposits of the Norwegian-Danish Basin. - DGU B 2, 25 sid.

- Michelsen, O. (red.), 1981: Kortlægning af potentielle geotermiske reservoirer i Danmark. - DGU Serie B 5, 96 sid.
- Michelsen, O. & Andersen, C., 1981: Überblick über die regionale Geologi und Tektonik Dänemarks. - Z. Ang. Geol. 27(4), 171-176.
- Mlynarski, S., 1976: Badania geofizyczne w polskiej czesci akwenu Baltyku. - Instytut Geologiczny 285, 51-63. Warszawa.
- Mohrén, E., 1962: Berggrunden under Öresund. - Skånes Natur, Årsskr. 1962, 11-30.
- Mundt, W., 1985: On the interpretation of the regional anomaly of the geomagnetic secular variation in Scandinavia. - Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig 94, 483-490.
- Mörner, N.-A., 1969: The Late Quaternary history of the Kattegatt Sea and the Swedish west coast. Deglaciation, shorelevel displacement, chronology, isostasy and eustasy. - SGU C 640, 487 sid.
- 1973: Submarin kvartärgeologi i Östersjön; några preliminära resultat och framtidsutsikter. - Ymer, årsbok 1973, 91-98.
- Mörner, N.-A., Flodén, T., Beskow, B., Elhammer, A. & Haxner, H., 1977: Late Weichselian deglaciation of the Baltic. - Baltica 6, 33-51.
- Nielsen, E.B., 1979: Lithofacies of the Danian limestone in the Öresund area. I W.K, Christensen & T. Birkelund (red.): Cretaceous-Tertiary Boundary Events Symposium: II. Proceedings, 131-136. University of Copenhagen.
- Nielsen, P. E. & Nielsen, E.M., 1985: Hvad sjuler Kattegatt. - VARV nr 1 1985, 3-7.
- Norling, E., 1966: On the genus Ichtyolaria Wedekind 1937. - SGU C 613, 24 sid.
- 1968: On Liassic nodosariid foraminifera and their wall structures. - SGU C 623, 75 sid.
- 1972: Jurassic stratigraphy and foraminifera of western Scania, southern Sweden. - SGU Ca 47, 120 sid.
- 1976: Berggrunden. I B. Ringberg: Beskrivning till jordartskartan Malmö NV. - SGU Ae 27, 20-28.
- 1981: Upper Jurassic and Lower Cretaceous geology of Sweden. - GFF 103(2), 253-269.
- Norling, E. & Bergström, J., 1986: Mesozoic and Tertiary tectonic evolution of Scania, southern Sweden. - Tectonophysics.
- Norling, E. & Skoglund, R., 1977: Der südwestrand der Osteuropäischen Tafel im Bereich Schwedens. - Z. Angew. Geol. 23, 449-458.
- Nöldeke, W. & Schwab, G., 1977: Zur tektonischen Entwicklung des Tafeldeckgebirges der Norddeutsch-Polnischen Senke unter besonderer Berücksichtigung des Nordteils der DDR. - Z. Angew. Geol. 23(8), 369-379.
- Pegrum, R.M., 1984: The extension of the Tornquist Zone in the Norwegian North Sea. - Norsk Geol. Tidsskr. 64, 39-68.
- 1985: The extension of the Tornquist Zone in the Norwegian North Sea. - GFF 106 [för 1984], 394-395.
- Post, L. von, 1940: Kalkens och solens ö. - Svenska Turistfören. Årsskrift 1940, 29-54.
- Pozaryski, W., 1979: Geological map of Poland and adjoining countries without Cenozoic formations (without Quaternary in the Carpathians). Scale 1:1 000 000. - Geological Institute Warsaw.
- Pozaryski, W., Brochwicz-Lewinski, W. & Jaskowiak-Schoeneich, M., 1978: Geologiczna mapa Baltyku. - Przegląd Geologiczny 26(1), 1-5.
- 1979: The geology of southern Baltic: some remarks. - Bull. l'Acad. Polonaise Sci., Ser. Sci. Terre 26(2), 119-225.
- Pozaryski, W. & Dembowski, Z. (red.), 1984: Geological map of Poland and adjoining countries without Cenozoic, Mesozoic and Permian formations. Scale 1:1 000 000. - Geological Institute Warsaw.
- Regional geology of north-west, central, and south-east Europe. On

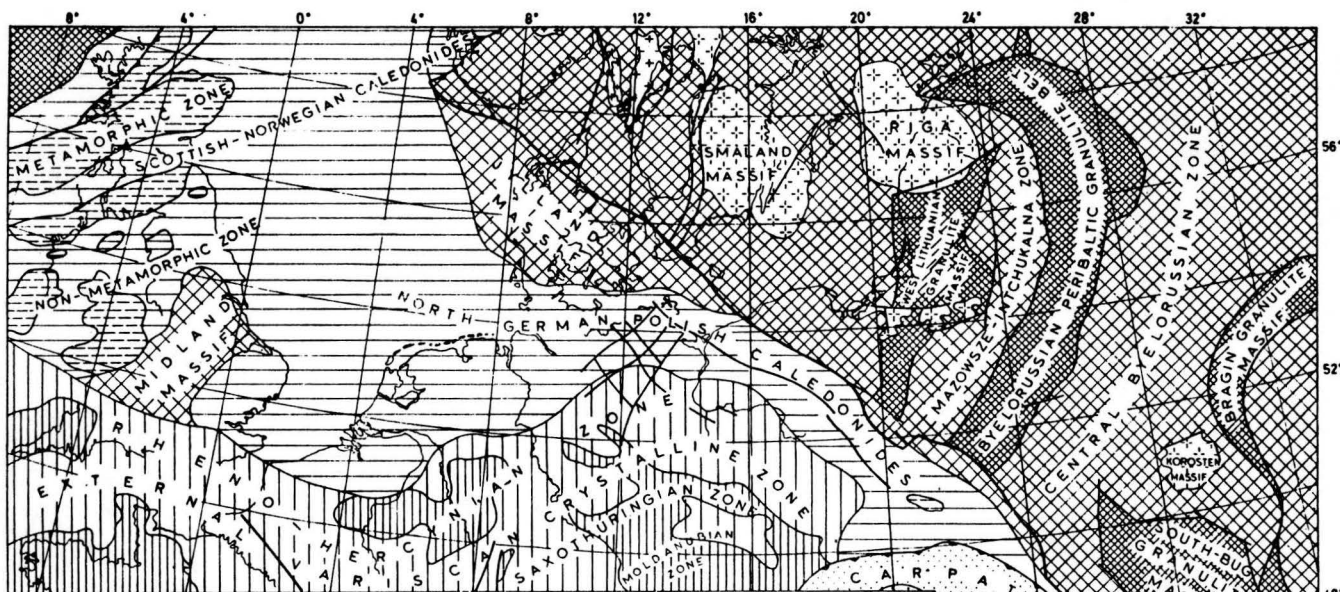
- lithologic-palaeogeographical and tectonical maps in a scale of 1:1 500 000. International Geological Correlation Programme (IGCP) Project No. 86: East European Platform (S.W. Border). - Zentrales Geologisches Institut, Berlin, Östtyskland 1985-.
- Samuelsson, L., 1971: The relationship between Permian dikes of dolerite and rhomb porphyry along the Swedish Skagerakk coast. - SGU C 663, 51 sid.
- Schmidt, F., 1881: Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebietes. - Mém. Acad. Impér. Sci. St.-Pétersbourg 7:30.1. St. Petersburg.
- 1882: On the Silurian (and Cambrian) strata of the Baltic provinces of Russia, as compared with those of Scandinavia and the British Isles. - Quart. J. Geol. Soc. London 38, 514-536.
- 1891: Einige Bemerkungen über das Baltische Obersilur in Verlesung der Arbeit des Prof. Dames über die Schichtenfolge der Silurbildungen Gotlands. - Bull. Acad. Imp. Sci. St.-Pétersbourg, 119-138.
- Sellevall, M. & Aalstad, I., 1971: Magnetic measurements and seismic profiling in the Skagerrak. - Marine Geophys. Res. 1, 284-302.
- Shelton, J.W., 1984: Listric normal faults: an illustrated summary. - American Ass. Petroleum Geol. Bull. 68(7), 801-815.
- Simonen, A., 1980: The Precambrian in Finland. - Geol. Survey Finland, Bull. 304, 58 sid.
- Sivhed, U., 1980: Lower Jurassic ostracodes and stratigraphy of western Skåne, southern Sweden. - SGU Ca 50, 85 sid.
- 1984: Litho- and biostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic in Scania, southern Sweden. - SGU C 806, 31 sid.
- Sivhed, U. & Wikman, H., 1986: Berggrundskartan Helsingborg SV. - SGU Af 149.
- Sjögren, A., 1871: Bidrag till Ölands geologi. - Öfversigt Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förh. 6, 673-681.
- Snäll, S., 1977: Silurian and Ordovician bentonites of Gotland (Sweden). - Stockholm Contr. Geol. 31, 1-80.
- SOU, 1965:66: Kontinentalsockeln. Betänkande avgivet av kontinentalsockelutredningen. - Statens offentliga utredningar 1965:66, 145 sid. Stockholm.
- Stenestad, E., 1972: Træk af det danske bassins udvikling i Ovre Kridt. - Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1971, 63-69.
- Sveriges relief, skala 1:2 000 000. - Lantmåteriverket, Gävle 1986. Reliefkartan tolkad av Karna Lidmar-Bergström, Naturgeografiska institutionen, Lund.
- Thorslund, P., 1958: Djupborrningen på Gotska Sandön. - GFF 80, 190-197.
- 1968: The Ordovician-Silurian boundary below Gotland. - GFF 90, 443-451.
- 1979: Preliminary report on the stratigraphy and lithology of Cambrian and Tremadocian beds of the Finngrundens banks. I P. Thorslund & S. Axberg: Geology of the southern Bothnian Sea. Part I. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, N.S. 8, 36-48.
- Thorslund, P. & Axberg, S., 1979: Geology of the southern Bothnian Sea. Part I. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, N.S. 8, 35-62.
- Thorslund, P. & Westergård, A.H., 1938: Deep boring through the Cambro-Silurian at File Haidar, Gotland. - SGU C 415, 57 sid.
- Tjernvik, T., 1956: On the Early Ordovician of Sweden. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 36, 107-284.
- Tjernvik, T.E. & Johansson, J.V., 1980: Description of the upper portion of the drill-core from Finngrundet in the South Bothnian Bay. (Geology of the southern Bothnian Sea. Part II.) - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, N.S. 8, 173-204.
- Tomczyk, H. & Tomczykowa, E., 1979: The development of the Prototethys ocean and its influence on the differentiation of Paleozoic deposits in Poland. - Bull. l'Acad. Polonaise Sci., Ser. Sci. Terre 26(2), 103-118.

- Tulkki, P., 1977: The bottom of the Bothnian Bay geomorphology and sediments. - Merentutkimuslaitos julk./Havsforskningsinstitutets skrift 241, 5-89.
- Tynni, R., 1982: New results of studies on the fossils in the Lower Cambrian sediment deposit of the Söderfjärden Basin. - Bull Geol. Soc. Finland 54, 57-68.
- Tynni, R. & Donner, J., 1980: A microfossil and sedimentation study of the Late Precambrian formation of Hailuoto, Finland. - Geol. Survey Finland, Bull. 311, 27 sid.
- Tynni, R. & Uutela, A., 1984: Microfossils from the Precambrian Muhos Formation in western Finland. - Geol. Survey Finland, Bull. 330, 38 sid.
- Wannäs, K., 1979: Tectonic structures in the Bornholm Gat, southern Baltic. - Stockholm Contr. Geol. 34(1), 1-13.
- Vejbæk, O.E., 1985a: Tectonic development of sedimentary basins offshore Bornholm. - GFF 106 [för 1984], 396-397.
- 1985b: Seismic stratigraphy and tectonics of sedimentary basins around Bornholm, southern Baltic. - DGU A 8, 30 sid.
- Veltheim, V., 1962: On the pre-Quaternary geology of the bottom of the Bothnian Sea. - Bull. Comm. Géol. Finlande 200, 166 sid.
- 1969: On the pre-Quaternary geology of the Bothnian Bay area in the Baltic Sea. - Bull. Comm. Géol. Finlande 239, 56 sid.
- Westergård, A.H., 1929: A deep boring through Middle and Lower Cambrian strata at Borgholm, Isle of Öland. - SGU C 355, 19 sid.
- 1936: Paradoxides oelandicus beds of Öland with the account of a diamond boring through the Cambrian at Mossberga. - SGU C 394, 66 sid.
- 1939: Beskrivning till kartbladet Gävle (tillsammans med R. Sandegren och B. Asklund). - SGU Aa 178, 143 sid.
- 1944: Borrningar genom alunskifferlagret på Öland och i Östergötland 1943. - SGU C 463, 22 sid.
- 1947: Nya data rörande alunskifferlagret på Öland. - SGU C 483, 12 sid.
- Wickman, F.E., 1973: The origin of the Landsort Trench in the Baltic. - GFF 95, 339-341.
- Wiman, C., 1893: Über das Silurgebiet des Bottnischen Meeres. - Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala 1, 65-75.
- 1901: Über die Borkholmer Schicht im Mittelbaltischen Silurgebiet. - Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala 5, (OBS sid).
- 1903: Studien über das Nordbaltische Silurgebiet. I. - Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala 6, 12-79.
- 1906: Studien über das Nordbaltische Silugebiet. II. - Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala 8, 73-168.
- 1912: Om flintan i Bohuslän. - GFF 34(5), 475-489.
- Winterhalter, B., 1967: The Sylen and Solovjeva shoals as observed by a diving geologist. - GFF 89, 205-217.
- 1972: On the geology of the Bothnian Sea, an epeiric sea that has undergone Pleistocene glaciation. - Bull. Geol. Survey Finl. 258. 66 sid.
- 1976: De sedimentära bergarterna inom Bottniska viken. - XII Nordiska geologvintermötet, abstracts, 63. Göteborg.
- 1980: Ferromanganese concretions in the Baltic Sea. I I.M. Varenkov (red.): International monograph on the geology and geochemistry of manganese. - Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 3, 227-254.
- Winterhalter, B., Flodén, T., Ignatius, H., Axberg, S. & Niemistö, L., 1981: Geology of the Baltic Sea. I A. Voipio (red.): The Baltic Sea. - Elsevier Oceanography Series 30, 1-121.
- Voipio, A. & Leinonen, M. (red.), 1984: Östersjön - vårt hav. - LTs förlag, Stockholm. 180 sid.
- Wærn, B., 1952: Palaeontology and stratigraphy of the Cambrian and lowermost Ordovician of the Bödahamn core. - Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 34, 223-250.

- Ziegler, P.A., 1982: Geological atlas of western and central Europe.
- Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V., 130 sid.
- 1984: Caledonian and Hercynian crustal consolidation of western and central Europe. - Geol. Mijnbouw 63, 93-108.
 - 1985a: Late Caledonian framework of western and central Europe. I D.G. Gee & B.A. Sturt (red.): The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas. - Chichester, John Wiley & Sons, 3-18.
 - 1985b: Caledonian, Acadian-Ligerian, Bretonian, and Variscan orogens - is a clear distinction justified?. I D.G. Gee & B.A. Sturt (red.): The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas. - Chichester, John Wiley & Sons, 1241-1248.
- Åm, K., 1973: Geophysical indications of Permian and Tertiary igneous activity in the Skagerrak. - Norges geol. Unders. 287, 1-25.
- Ødum, H., 1953: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. Del V. The macro-fossils of the Upper Cretaceous. - SGU C 527, 37 sid.

**REGIONAL GEOLOGY
OF NORTH-WEST, CENTRAL, AND SOUTH-EAST EUROPE**

On lithologic-palaeogeographical and tectonical maps in a scale of 1:1,500,000



1:1,500,000	1:10,000,000	1:1,500,000	1:10,000,000
Eocene	Pliocene Miocene Oligocene Eocene Paleocene	Saxonian	Saxonian Autunian Stephanian
Turonian	Maastrichtian Campanian Coniacian/Santonian Turonian Cenomanian	Westphalian A + B	Westphalian D Westphalian C Westphalian A + B Namurian B + C
Albian	Albian Aptian/Barremian Hauterivian Valangian/Wealden	Late Viséan	Namurian A Late Viséan Middle Viséan Early Viséan Tournaisian
Oxfordian	Portlandian Kimmeridgian Oxfordian	Givetian	Famennian Frasnian Givetian Eifelian Emsian Siegenian/Gedinnean
Pliensbachian	Bathonian Bajocian Aalenian Toarcian Pliensbachian Sinemourian/Hettangian	Ludlowian	Post-Ludlowian Ludlowian Wenlockian Llandoveryan
Muschelkalk	Rhaetian Early and Middle Keuper Muschelkalk	Llanvirnian	Ashgillian Caradocian Llandeilian Llanvirnian Arenigian
Middle Bunter	Late Bunter Middle Bunter Early Bunter	Middle Cambrian	Tremadocian Late Cambrian Middle Cambrian Early Cambrian Waldaiian Wolhynian Wilchanskian
Stassfurt series	Ohre/Aller series Leine series Stassfurt series Werra series		
		Tectonical Map	



**IGCP PROJECT NO. 86
EAST EUROPEAN PLATFORM
(S.W. BORDER)**

Regional Geology * Tectonics * Lithology * Palaeogeography * Thicknesses * Environment * Structural Development

in an area on both sides of the TORNQUIST-TEISSEYRE-ZONE between North Sea and Black Sea

- A modern lithologic-palaeogeographical and tectonical analysis of the geological evolution
- The result of an intense scientific co-operation of 10 European countries: 15 lithologic-palaeogeographical maps and 1 tectonic map in a scale of 1:1,500,000 incl. inset maps 1:10,000,000 and explanatory brochures
- A scientific support of geological surveys, oil and gas industry, mineral exploration offices, universities, academies and other geoscientific institutions
- An aid to improved basic and detailed geological research, to projecting, prospecting, and exploration of mineral resources, to teaching and post-graduate training courses, to elaboration of regional exploration programs and conceptual geological planning

The maps will be published from 1985 onwards

Orders are to be directed to the IGCP National Committee of the German Democratic Republic, DDR-1040 Berlin, Invalidenstrasse 44

The price of one map (2 sheets in a size of 118 x 84 cm incl. explanatory brochure) will be about DM 40,00-45,00/\$ US 15.00-17.00/Rbl. 12.00-14.00

Appendix B av Per Söderberg

Förteckning över ingenjörsgelogiska uppdrag och rapporter utförda vid Maringeologiska avdelningen, Stockholms Universitet, i samarbete med Scandiaconsult AB, under perioden 1970-1984.

Av Per Söderberg

Uppdrag

- 1970: Marinseismiska undersökningar för inseglingssäkerhet till Marvikens kärnkraftverk.
- 1971: Marinseismiska undersökningar för avloppstunnlar till Ringhals kärnkraftsstation.
- 1971: Utredning av förutsättningarna för bergborrning i fyrkassunen V:a Banken i Gävlebukten.
- 1972: Maringeologiska undersökningar för utbyggnad av Skutskärs hamn.
- 1972: Sammanställning av bedömningsunderlag för rekommendation av förundersökningsprogram inför utläggning av naturgasledning mellan Sverige och Finland.
- 1973: Maringeologiska undersökningar, reflektionsseismik och provtagningar samt fotodokumentation vid förprojekteringen av naturgasledning mellan Sverige och Finland.
- 1973: Maringeologisk undersökning för utläggningen av avloppsledning vid Sandhamn i Stockholms skärgård.
- 1974: Maringeologiska undersökningar, ekolodningar och reflektionsseismisk profilering för farleder, hamnanläggning och industriområde vid Oxelösund.
- 1974: Batymetrisk undersökning och bottenbedömning för broförbindelse vid Sundsvall.
- 1974: Maringeologiska undersökningar för läget av ny inseglingssäkerhet till Sundshamnen, Landskrona. Ekolodning, reflektionsseismik och sedimentbedömning.
- 1974: Kartläggning av muddringsområde utanför Luleå för projektet Stålverk-80.
- 1975: Undersökning av batymetri och bergläge i inseglingssäkerheten till Wallhamn, Tjörn.
- 1975: Batymetri och sedimentundersökningar för industriområde vid Landskrona.
- 1975: Bestämning av bottenbeskaffenhet för broförbindelse vid Iggesund.
- 1975: Undersökning av ankarplatser för oljeborrtorn, batymetri, seismisk profilering och sedimentprovtagning.
- 1975: Bestämning av inseglingssäkerhet för oljeborrtorn.
- 1975: Batymetri och sedimentbedömning för broförbindelse i Umeå.
- 1975: Bottenundersökning för utbyggnaden av oljehamnen i Helsingborg.
- 1976: Bestämning av botten och sedimentnivåer i samband med projektering av hamnutbyggnad i Malmö.
- 1976: Prospektering för submarin sandtäkt i Gävlebukten vid Petres Bank. Ekolodning, akustisk profilering och provtagning samt sedimentbestämningar.
- 1976: Prospektering för submarin grustäkt vid Sandhammaren, ekolodning, seismisk profilering och sedimentprovtagning.
- 1976: Utredning och förundersökning för submarint täktområde vid norra Gotland.
- 1976: Granskning av förslag till sandtäkt vid Gotska Sandön.
- 1977: Berglägesbestämningar för en eventuell trafikunnel mellan Tjörn och fastlandet.

- 1977: Undersökning av förutsättningarna för geotermisk energiutvinning i Skåne.
- 1977: Bestämning av bottennivåer och sedimentbedömning för industriområde vid Landskrona.
- 1977: Undersökningar för ny inseglingsränna till Malmö oljehamn.
- 1977: Undersökningar för en eventuell trafikunnel mellan Tjörn och fastlandet. Bestämning av bottenläge och bergläge.
- 1977: Undersökningar för muddring av farled och utbyggnad av hamnområde i Slite, Gotland.
- 1977: Undersökning av submarint belägen sand och eventuella möjligheter för täkt.
- 1978: Undersökning av bottenförhållanden och bergläge inom utfyllnadsområde vid Nynäshamn.
- 1978: Bottenundersökningar för utfyllnadsområde och hamnanläggning i Brofjorden.
- 1978: Bottenundersökning för fyrplatser i Kalmarsund.
- 1978: Översiktlig geologisk undersökning av västra Bottenviken som grund för en eventuell framtida malmprospektering.
- 1979: Förundersökning för utbyggnad av hamnområde vid Kappelskär i Stockholms skärgård.
- 1979: Geologisk undersökning för utbyggnad av hamnanläggning och farled i Malmö, seismisk profilering för bestämning av botten- och bergläge.
- 1979: Projektering av broförbindelse, bestämning av bottenförhållanden och bergläge.
- 1980: Geologisk undersökning av bottenförhållanden i hamn och farled för ett projekterat kolkraftverk vid Oxelösund.
- 1980: Bottenundersökning för ny småbåtshamn i Stocksundet, Stockholm.
- 1981: Förprojektering av kraftkabel mellan Västervik och Gotland; geologisk och morfologisk undersökning av bottenförhållanden genom sedimentekolodning och provtagningar av bottensedimentet.
- 1981: Undersökning av möjligheten av att utvinna geotermisk energi ur berggrunden på Gotland.
- 1983: Förundersökning av möjligheterna till projektering av gasledning Finland-Sverige genom norra Östersjön.
- 1983: Bottenundersökning för muddring av farled till Oskarshamn.
- 1983: Undersökning av bottenförhållandena i Värtan för inloppsledning till värmeväxlare.
- 1983: Bottenundersökning för anläggning av ny inseglingsränna till Malmö oljehamn.
- 1983: Bottenundersökning för muddring av farleden till Wallhamn, Tjörn.
- 1984: Undersökning av bottenförhållanden i Ålands hav; geofysisk uppmätning med ekolod, sedimentekolod, seismisk profilering och refraktionsseismisk uppmätning. Provtagningar med kullenbergslod.
- 1984: Marinseismisk och magnetometrisk undersökning av en cirkulär berggrundsstruktur vid fjärden Tvären, belägen inom skärgårdsområdet söder om Trosa.
- 1984: Förundersökning av möjligheterna till projektering av gasledning Finland-Sverige genom södra Bottenhavet.
- 1984: Undersökning av bottenförhållandena vid Oaxen i Himmerfjärden som underlag för projektering av broförbindelse mellan Oaxen och Mörkö.
- 1984: Undersökning av bottenförhållanden i Södertäljefjärden för anläggning av ny järnvägsbro.

Rapporter

- 1 Flodén, T., 1970: Rapport över akustiska undersökningar vid Marviken. Statens Vattenfallsverk. Rapport: 1-5, 14 bilagor.
- 2 Flodén, T., 1971: Rapport över akustiska undersökningar vid Ringhals. Statens Vattenfallsverk. Rapport: 1-3, 4 bilagor.
- 3 Flodén, T., 1971: Rapport över seismisk uppmätning av jorddjup vid V:a Banken. Geologiska Institutionen, Uppsala. Rapport: 1-4, 1 bilaga.
- 4 Axberg, S., 1972: Rapport över uppmätning av jorddjup i Skutskärs hamn. Rapport: 1-4, 7 bilagor.
- 5 Pipeline Consult, 1972: Naturgastransport Finland-Sverige, förslag till förprojektering. Svenska Gasföreningen. Rapport.
- 6 Pipeline Consult, 1972: Naturgastransport Finland-Sverige, alternativa sträckningar. Svenska Gasföreningen. Rapport.
- 7 Pipeline Consult, 1973: Förprojektering av gasledning Finland-Sverige. Östgas AB. Rapport.
- 8 Axberg, S., 1973: Rapport över uppmätning av jorddjup vid Telegrafholmen. Rapport: 1-4, 4 bilagor.
- 9 Axberg, S., 1974: Akustisk profilering vid Bjurhalsen, Oxelösund. Oxelösunds Järnverk. Rapport: 1-6, 16 bilagor.
- 10 Axberg, S., 1974: Batymetrisk undersökning av sex platser längs inseglingen till Oxelösund jämte vissa jorddjupsbestämningar. Oxelösunds Järnverk. Rapport: 1-4, 6 bilagor.
- 11 Axberg, S., 1974: Reflektionsseismisk uppmätning av jorddjup vid Brannäshalvön, Oxelösund. Oxelösunds Järnverk. Rapport: 1-5, 28 bilagor.
- 12 Axberg, S., 1974: Ekolodning kring Klampenborg, Sundsvall. Sundsvalls kommun. Rapport: 1-4, 13 bilagor.
- 13 Orrje & Co., 1975: Utredning för ny inseglingrännna, Landskrona Hamn. Landskrona Hamn. Rapport: 1-5, 22 bilagor.
- 14 Axberg, S., 1975: Ekolodning söder om Landskrona hamn. Landskrona Hamn. Rapport: 1-2, 1 bilaga.
- 15 Axberg, S., Flodén, T. & Kumpas, M., 1974: Akustisk profilering vid Sandöfjärden och Sandöklubben, Luleå. Luleå Hamn. Rapport: 1-5, 25 bilagor.
- 16 Axberg, S. & Kumpas, M., 1975: Akustisk profilering vid Wallhamn, Tjörn. Rapport: 1-4, 11 bilagor.
- 17 Axberg, S., 1975: Akustisk profilering i norra Lundåkrabukten. Landskrona Hamn. Rapport: 1-4, 8 bilagor.
- 18 Axberg, S., 1975: Ekolodning vid Iggesund. AB Iggesunds Bruk. Rapport: 1-2, 3 bilagor.
- 19 Axberg, S., 1975: Akustisk profilering och bottenprovtagning vid Kolvik, Strömstad. SCG. Rapport: 1-6, 7 bilagor.
- 20 Axberg, S., 1975: Side Scan Sonar recording at Kebalviken-Holmen Grå, near Strömstad, Sweden. Skanska Doris. Rapport: 1-4, 2 bilagor.
- 21 Axberg, S., 1976: Akustisk profilering vid Holmsund, Umeå. Umeå kommun. Rapport: 1-6, 10 bilagor.
- 22 Axberg, S., 1976: Akustisk profilering väster om oljehamnen, Helsingborg. Helsingborgs Hamn. Rapport: 1-5, 6 bilagor.
- 23 Orrje & Co., 1976: Delrapport över geoteknisk undersökning av område för hamnindustri och hamnbassäng. Malmö Hamnförvaltning. Rapport: 1-4, 10 bilagor.
- 24 Axberg, S., Brorson, I. & Flodén, T., 1976: Undersökning av marin sand- och grustäkt i Gävlebukten. BPA Byggproduktion AB. Rapport: 1-4, 13 bilagor.
- 25 Axberg, S., 1976: Förundersökning för eventuell marin sandtäkt vid Sandhammaren. Ahlsell & Ågren. Rapport: 1-5, 8 bilagor.
- 26 Axberg, S., Flodén, T. & Wickman, L., 1976: Förundersökning av eventuellt täktområde öster om Fårö. Cementa AB. Rapport: 1-3, 3 bilagor.
- 27 Axberg, S. & Wickman, L., 1977: Redogörelse för provsugning öster om Fårö. Cementa AB. Rapport: 1-3, 4 bilagor.

- 28 Flodén, T., 1977: Undersökning av eventuellt täktområde öster om Fårö. Cementa AB. Rapport: 1-3, 6 bilagor.
- 29 Flodén, T., 1976: Synpunkter på och kommentarer i samband med den företagna geologiska undersökningen för sandtäkt vid Gotska Sandön. Länsstyrelsen i Visby. Granskningsrapport: 1-13.
- 30 Axberg, S., Callander, M. & Lowell, K., 1977: Akustisk profilering i Hakefjorden. AVB-vägförbättringar AB. Rapport: 1-3, 4 bilagor.
- 31 Bjelm, L., Hartlen, J., Röshoff, K., Bennet, J., Bruch, H., Persson, P.-G. & Wadstein, P., 1977: Geotermisk energiutvinning i Skåne: Förutsättningarna för utvinning i Skåne. Nämnden för energiproduktionsforskning, Slutrapport Etapp 1 av projekt 4560-040: 1-48, 25 bilagor.
- 32 Callander, M., 1977: Batymetrisk undersökning vid Landskrona. Landskrona kommun. Rapport: 1-2, 3 bilagor.
- 33 Callander, M., 1977: Undersökning av bottenförhållanden NV om Malmö oljehamn. Malmö Hamn. Rapport: 1-2, 2 bilagor.
- 34 Flodén, T., 1977: Maringeologisk informationsbehandling; applikationsexempel - datorberäkning och uppritning av batymetri och sedimentnivåer i Öresund (Malmö oljehamn och Landskrona). Forskningsrapport: 1-36.
- 35 Flodén, T., 1977: Akustisk profilering Bärby Holme-Höviksnäs. Johanssongruppen Skärhamn. Rapport: 1-3, 16 bilagor.
- 36 Axberg, S. & Flodén, T., 1977: Utredning för utbyggnad av farled och hamnområde. Orrje & Co. AB. Rapport till Cementa AB: 1-3, 4 bilagor.
- 37 Flodén, T., 1977: Undersökning av eventuellt täktområde öster om Fårö. Cementa AB. Rapport: 1-3, 5 bilagor.
- 38 Flodén, T. & Lundström, R., 1978: Akustisk profilering, Norviksude-Norviksholme. Svenska Vägaktiebolaget. Rapport: 1-7, 19 bilagor.
- 39 Flodén, T. & Lundström, R., 1978: Akustisk profilering vid Ramsvik, Brofjorden. John Mattson Byggnads AB. Rapport: 1-4, 12 bilagor.
- 40 Flodén, T., 1978: Akustisk profilering; Stötbotten och Trädgårdsgrund. Sjöfartsverket. Rapport: 1-5, 6 bilagor.
- 41 Flodén, T. & Kumpas, M., 1978: Maringeofysiska mätningar i Bottenviken-Fältmätningen. Boliden Metall AB. Delrapport: 1-3, 1 bilaga.
- 42 Flodén, T., Kumpas, M., Wadstein, P. & Wannäs, K., 1979: Maringeofysiska mätningar i Bottenviken. Boliden Metall AB. Slutrapport: 1-42, 2 bilagor, 70 ritningar.
- 43 Flodén, T., 1979: Batymetrisk undersökning vid Kappelskär. Stockholms Läns Landsting. Rapport: 1-2, 2 bilagor.
- 44 Wadstein, P., 1979: Akustisk profilering och ekolodning i Malmö Hamn. Hamnförvaltningen i Malmö Hamn. Rapport: 1-4, 6 bilagor.
- 45 Flodén, T., 1979: Massberäkningar i Malmö Hamn. Hamnförvaltningen i Malmö Hamn. Rapport: 1-2, 3 tabeller och 5 bilagor.
- 46 Wadstein, P. & Lundström, E., 1979: Akustisk profilering, Svanesund. Statens Vägverk - Vägförvaltningen i Göteborgs och Bohus Län. Rapport: 1-4, 21 bilagor.
- 47 Flodén, T. & Nordstrand, G., 1980: Akustisk profilering vid Branäshalvön, Oxelösund. Statens Vattenfallsverk. Rapport: 1-3, 58 bilagor.
- 48 Wannäs, K., 1980: Batymetrisk undersökning i Stocksundet samt Stocksunds hamn. Danderyds kommun. Rapport: 1-2, 8 bilagor.
- 49 Wadstein, P. & Lundström, E., 1981: HVDC Submarin Kabel II: Fastlandet-Gotland - redogörelse över bottenundersökning för lägesprojektering. ASEA KABEL AB. Rapport: 1-5, 22 bilagor.
- 50 Tunander, P. & Wannäs, K., 1983: Fastlandet-Gotland, HVDC Submarin Kabel II: Marinseismisk undersökning för lägesprojektering av kraftkabel. Scandiaconsult. Kompletterande rapport: 1-2, 2 kartor, 23 sektioner.

- 51 Wesslén, A., Andersson, O., Eriksson, A., Flodén, T., Hagenfeldt, S. & Wadstein, P., 1981: Geotermisk energi: Undersökning av möjligheterna att utvinna geotermisk energi på Gotland. Nämnden för energiproduktionsforskning, rapport över projekt 4560-251: 1-28, 29 bilagor.
- 52 Söderberg, P., 1983: Akustisk profil längs en linje mellan Sverige och Finland genom södra Ålands hav. Scandiaconsult. Rapport: 1-3, 10 bilagor.
- 53 Flodén, T., Wannäs, K. & Lundström, E., 1983: Marinseismisk undersökning för muddring av farleden till Oskarshamn. Sjöfartsverket. Rapport: 1-3, 13 bilagor.
- 54 Flodén, T., Tunander, P., Wannäs, K. & Lundström, E., 1983: Ekolodning och provtagning i Värtan, Stockholm. Rapport: 1-2, 2 bilagor.
- 55 Flodén, T., Tunander, P. & Lundström, E., 1983: Marinseismisk undersökning av bottenförhållandena NV om Malmö oljehamn. Malmö Hamn. Rapport: 1-4, 1 bilaga, 8 ritningar.
- 56 Flodén, T. & Tunander, P., 1983: Ekolodning i inseglingen till Wallhamn, Tjörn. Hamnstyrelsen Wallhamn. Rapport: 1-2, 1 bilaga, 11 ritningar.
- 57 Flodén, T. & Söderberg, P., 1984: Investigation of the Åland Sea, northern part. Bathymetry, soil and bedrock survey. Part 1: Bathymetry and geophysical survey. FOA-3. Rapport: 1-39, 5 bilagor, 19 ritningar.
- 58 Flodén, T. & Tunander, P., 1984: Investigation of the Tvären Bay in the Baltic Proper. Survey report: Bathymetry and bedrock: 1-14, 1 bilaga, 4 ritningar.
- 59 Wannäs, K., 1984: Sediments and bedrock in two seismic profiles from the Gävle Bay (Project: Routing for gas pipeline between Sweden and Finland). Jacobson & Widmark. Rapport: 1-5, 2 ritningar.
- 60 Flodén, T., Tunander, P. & Lundström, E., 1984: Marinseismisk undersökning för lägesprojektering av bro till Oaxen, Himmerfjärden. Intresseföreningen Oaxenfärjan. Rapport: 1-6, 1 bilaga, 8 ritningar.
- 61 Flodén, T., Tunander, P. & Lundström, E., 1984: Marinseismisk undersökning för lägesprojektering av järnvägsbro vid Fläsklösa i Hallsfjärden, södra farleden till Södertälje. Statens Järnvägar. Rapport: 1-6, 26 ritningar.

Rapport samt 2 kartblad: Prisklass E (1986 SEK 62:-)
Enbart rapport: Prisklass B (1986 SEK 30:-)
Enbart kartbladen: Prisklass C (1986 SEK 37:-)

SGUs kartor och publikationer
beställer Du från vår distributör,
som gärna också skickar Dig våra
gratiskataloger.

Liber Distribution
162 89 Stockholm
tel. 08-739 91 30



Huvudkontor

Box 670
751 28 Uppsala
018-17 90 00

Filialkontor

Kungsgatan 4
411 19 Göteborg
031-17 68 80

Kiliansgatan 10
223 50 Lund
046-14 01 05

ISBN 91-7158-396-3
ISSN 0349-2176