

**NORSAR**

**MELDING FOR PERIODEN**

**1.7. 1972 – 30.6. 1974**

NORSAR  
NORWEGIAN SEISMIC ARRAY

# MELDING

*for perioden*  
*1/7 1972 – 30/6 1974*

REDAKTØR: DR. PHILOS. HILMAR BUNGUM

*Kjeller*  
*Desember 1974*

## INNHALD

---

FORMÅL-LEIING	5
PERSONELL-ØKONOMI	7
GENERELL BAKGRUNN	9
DAGLEG DRIFT	11
ARPANET	17
FORSKNING OG UTVIKLING	19
INTERNASJONALT SAMARBEID	27
PRØVESTANSAVTALEN AV 1974	29
PUBLIKASJONSLISTE	31
FOREDRAG	35

NTNF/NORSAR  
Postboks 51  
2007 Kjeller

---

Telefonar:  
714570 – 716915

## FORMÅL – LEIING

---

### Formål

NTNF/NORSAR har som formål å drive forskning og eksperimentering på omkverve som har tilknytning til problema med å skilja mellom underjordiske kjernefysiske eksplosjonar og naturlege jordskjelv ved hjelp av seismiske metodar.

### Prosjektkomit 

NORSAR er direkte underlagt sentralstaben i NTNF. Som r dgjevande komit  fungerer

Dosent M. A. Sellevoll, formann  
Forskningssjef H. N dtvedt  
Byr sjef O. V rn  (til 1/7 -74)  
Byr sjef G. Krane (fr  1/7 -74)

### Dagleg leiing

<i>Prosjekteiar:</i>	Siv.ing. N. Mar�s
<i>Gruppeleiarar:</i>	
Administrasjon:	Ing. H. Schatvet
Data- og systemanalyse:	Dr. philos. H. Bungum
Drift:	Siv.ing. P. Tveitane
Forskning:	Fil. dr. E. S. Husebye
Programmering:	Cand. real. D. Rieber-Mohn
Teknisk vedlikehald:	Cand. real. O. Steinert

## PERSONELL – ØKONOMI

---

### Personell pr. 1/7-74

Teknisk personell .....	23
Akademikarar .....	10
Kontorpersonell .....	2
I alt .....	35

### Tilsette:

Berteussen, Karl A.  
Berteussen, Vibeke  
Bungum, Hilmar  
Dahle, Anders  
Engebretsen, Per  
Falch, Kristian  
Fyen, Jan  
Gamal, Ali  
Gjøystdal, Håvar  
Halvorsen, Kåre  
Hansen, Oddmund  
Hoff, Thor  
Hokland, Bernt Kr.  
Husebye, Eystein S.  
Langdalen, Rita  
Larsen, Paul W.  
Lund, Toril  
Marås, Nils

Nilsen, Alf Kr.  
Pedersen, Finn  
Pettersen, Rolf  
Rieber-Mohn, Dag  
Rud, Ragnar  
Schatvet, Hans Kr.  
Skrefsrud, Per Arne  
Skribeland, Stein  
Solbakken, Magne  
Steinert, Ole  
Thorvaldsen, Thorleif  
Tjøstheim, Dag  
Torstveit, Jørgen  
Tronrud, Linda B.  
Tveitane, Per  
Uggerud, Laila  
Vik, Leif Erik

### Stipendiatar:

King, David W.  
Purcaru, George

## Økonomi

Utgifter 1/7 1972–30/6 1974 .....	kr. 9 425 000
Løyving frå NTNf .....	» 200 000
Løyving frå ARPA (Advanced Research Projects Agency, USA) \$	1 508 000

## GENERELL BAKGRUNN

---

I den førre toårsmeldinga (1/7 1970–30/6 1972) vart det i noko detalj gjort greie for den historiske utviklinga som førde fram til at NORSAR vart bygd. Som formålsparagrafen seier er det det politiske ønske om å kunne identifisere underjordiske kjernefysiske eksplosjonar som ligg bak, og dette tok stormaktene til å interessere seg for i 1958. Seinare har mange andre nasjonar også kome med i dette arbeidet, og då først og fremst for å kunne yte press for å få stormaktene til å inngå avtalar også mot underjordiske kjernefysiske prøver. Det viktigaste politiske forumet for dette arbeidet har vore nedrustingsdrøftingane i Genève (Conference of the Committee on Disarmament, forkorta CCD), der Sverige, Canada og i noko grad Japan er dei av ikkje-atommaktene som har vore mest aktive. Det viktigaste resultatet i så måte hittil er den avtalen som i 1974 vart inngått mellom USA og USSR og som medfører noko avgrensing av prøveeksplonasjonane. Denne vil bli kommentert ein annan stad i denne meldinga.

Det som har vore grunnlag for mange av diskusjonane ved CCD i Genève, er dei resultatane som dei einskilde landa har kome fram til kva gjeld seismiske metodar for å skilja mellom naturlege jordskjelv og eksplosjonar. I dette arbeidet har utviklinga av nye og betre tekniske anlegg stått sentralt, og dei land som har vore mest aktive ved CCD har alle lagt vekt på å ha eigne forsknings- og utviklingsprogram på dette området. Dette har ført til at anlegg av vidt varierende type har vorte bygde, og det har òg ført inn eit visst konkurransemoment mellom dei einskilde landa i retning av å få fram dei beste resultatane. Sjølv om nasjonale prestisjeomsyn i noko mon har blanda seg inn her, har dette likevel verka stimulerande på utviklinga på den faglege sida.

Det var Storbritannia og USA som var først ute med å lansere større nasjonale program innafor deteksjonsseismologien, som dette spesielle fagfeltet vert kalla. Seinare har også andre land kome med, mellom dei Canada og Sverige. Felles for alle er at dei har satsa på oppbygging av nasjonale tekniske anlegg som ein del av større program innafor forskning og utvikling. Dei to førstnemnde landa har gjort dette på global basis ved å byggje installasjonar i fleire verdsdelar. På den måten kan ein studere geografiske variasjonar både i seismisitet og i mottakartilhøve for dei seismiske bølgiene. Det kan her nemnast at ein seismisk stasjon best kan ta inn bølger frå den halvparten av jorda som ligg nærast til, frå den andre halvparten vert mykje meir av energien borte på gangen gjennom jordkjernen.

Den viktigaste skilnaden mellom dei britiske og dei amerikanske installasjonane ligg i at ein ved dei siste i større mon har teke i bruk den mest moderne teknologien, med registreringar på digital form slik at dei kan analyserast direkte i datamaskinar, og ved å nytte seg av dataoverføring over store avstander ved hjelp av satellitt. Eit av dei mest moderne anlegga i så måte, og det største som er i drift

i dag er NORSAR, som vart bygd og framleis vert drive for amerikanske midlar. Installasjonane vart gjorde i tida 1968–70, og frå 1/7 1970 tok NTNf over ansvaret for innkøring og drift. I og med at spørsmålet om prøvestansavtalar i alle fall ikkje er blitt mindre aktuelt enn tidlegare, har så dette arbeidet på den tekniske sida halde fram, og ein har no under oppbygging mange nye installasjonar som vel å merke er noko mindre enn NORSAR, men som held den same teknologiske standarden.

Parallelt med det praktiske arbeidet og i nær kontakt med dette har ein så opplevd ein sterk auke i den seismologiske forskningsinnsatsen. Mykje av dette arbeidet har konsentrert seg om å utnytte data frå alle dei nye installasjonane, og då alltid i nær kontakt med forskning innafor meir teoretisk seismologi. Det har vist seg etter kvart at desse kvalitetsdata er blitt nytta til mange andre ting enn akkurat det som sto sentralt då anlegget vart bygd. I realiteten kan ein seie at den sterke innsatsen innan deteksjons-seismologien dei siste femten åra har ført med seg at også den generelle seismologien har teke eit langt steg framover. Såleis kjenner ein i dag den indre oppbygginga av jorda i stor detalj, ein veit mykje meir om dei mekanismane som løyser ut jordskjelv, og ein er i nærleiken av eit gjennombrøt når det gjeld det viktige problemet med å varsle jordskjelv. Deteksjons-seismologien har sjølv sagt ikkje skapt alt dette, men dei store ressursane som på denne måten er blitt førde inn i seismologien har vore sterkt medverkande til framstega.

I denne meldinga frå NTNf/NORSAR vil ein no sjå noko nærare på den daglege driftssituasjonen og eit nytt nettverk for data-samarbeid kalla ARPANET. Forskningsaktiviteten ved NORSAR vert så diskutert, og deretter vil den nye avgrensa prøvestansavtalen bli kommentert. Det neste kapitlet tek føre seg det internasjonale samarbeidet ved NORSAR, og til slutt vert det teke med lister over vitenskaplege publikasjonar og foredrag som NORSAR-personell har produsert i dei to åra som meldinga femner om.

## DAGLEG DRIFT

Formålsparagrafen til NORSAR fører med seg at arbeidet ved denne forskningsinstitusjonen tek utgangspunktet sitt i seismiske data, og då først og fremst dei som vert samla inn ved NORSAR. Til dette har ein eit feltanlegg med i alt 198 seismometer plassert ut rundt Mjøsa i eit sirkulært område med diameter ca. 100 km. Feltanlegget er vist i Fig. 1, der det går fram at instrumenta er grupperte i 22 underanlegg, slik at det i kvart av desse er 9 seismometer. Desse er av to slag, det som er vist i Fig. 2 står på eit betongfundament som er knytt til fast fjell, og det andre, som det finst 6 av i kvart underanlegg, er ein mindre type som står på botnen av 2–3 m djupe hol som er bora i fjellet (Fig. 3). Sentralt for kvart underanlegg har ein så elektronisk utstyr som samlar registreringane, omformar dei frå analog til digital form, og sender dei over spesielle telefonlinjer til datasentret på Kjeller.

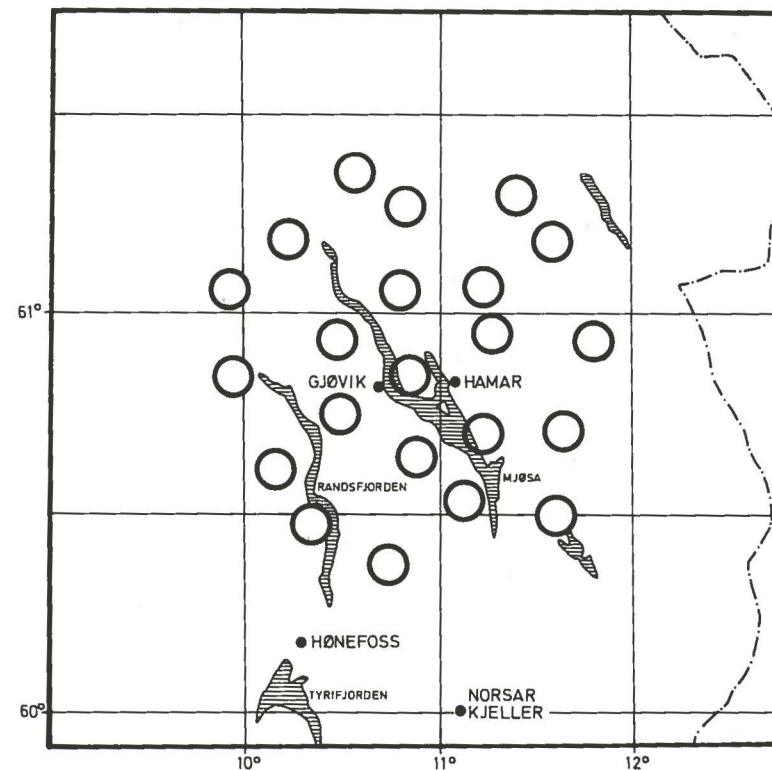


Fig. 1. Den geografiske plasseringa til feltanlegget ved NORSAR. Kvar sirkel står for eit underanlegg, og frå kvart av desse vert registreringane sende over spesielle telefonlinjer inn til datasentret på Kjeller.

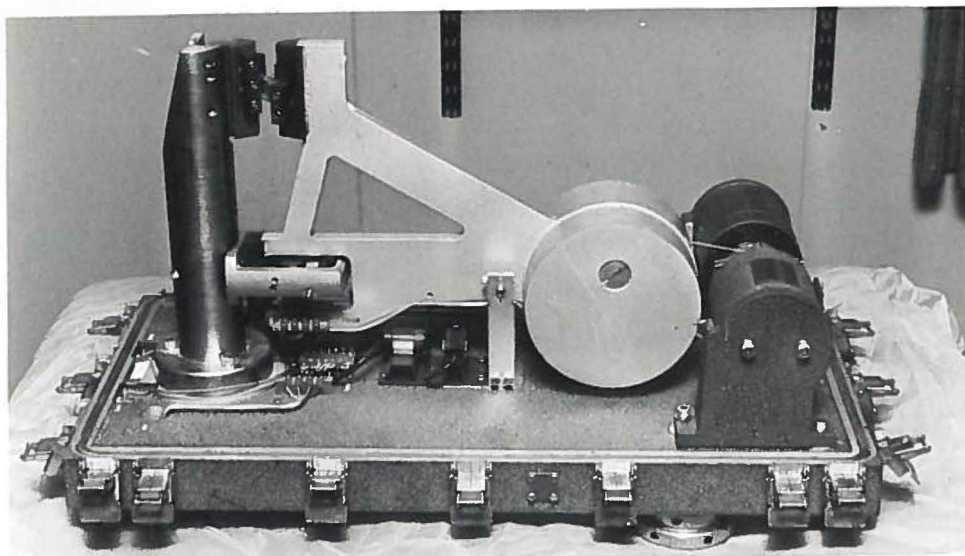


Fig. 2. Seismometer (Geotech model 8700C) for registrering av langperiodiske overflatebølger med svingetid rundt 20 sekund. Instrumentet er ca. 60 cm langt og veg (med eit lok som ikkje er vist) ca. 60 kg. Sjølve svingemassen veg ca. 10 kg.

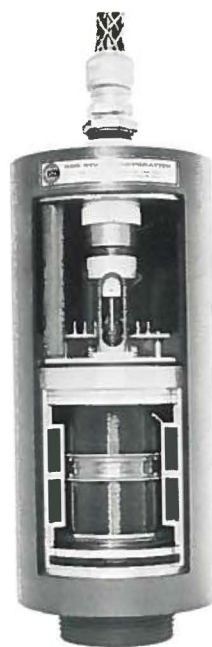


Fig. 3. Seismometer (Hall-Sears HS-10) for registrering av kortperiodiske indre bølger med svingetid rundt 1 sekund. Instrumentet på bildet er gjennomskore av demonstrasjonsomsyn, det er 22,5 cm langt med ein diameter på 11,1 cm, og det veg ca. 4 kg. Sjølve svingemassen veg ca. 0,85 kg.

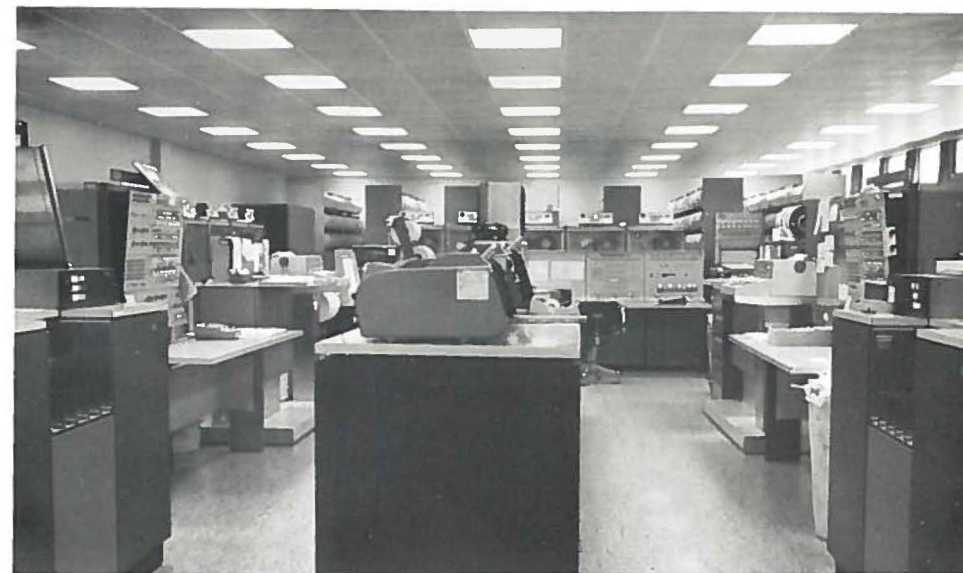


Fig. 4. Utstyr over noko av datasentret ved NORSAR på Kjeller.

Med så mykje og komplisert utstyr som ein har ved NORSAR, og med høge krav til data-kvaliteten, vert det lagt stor vekt på å halde alt utstyret i så god stand som mogeleg. Til dette har ein eit senter i Stange, der 4 mann er opptekne med å reparere og å halde ved like alle dei tekniske installasjonane. Til stor hjelp i dette arbeidet er eit avansert system for elektronisk overvaking og kontroll av anlegget direkte frå datasentret på Kjeller. Der kan ein ved hjelp av to-vegs kommunikasjon oppdage feil ved utstyret, ein kan måle om kvaliteten av dei enskildte komponentane ligg innafor toleransegrensene, og ein kan òg i noko mon korrigere utstyret på denne måten.

Inn til datasentret på Kjeller, som det er vist eit utsnitt av på Fig. 4, kjem dei seismiske registreringane over 22 telefonlinjer som er permanent avsette til dette formålet. Her vert registreringane førde rett inn i datamaskinar, som legg dei over på magnetband samstundes som dei også vert utsette for grundige analysar. Hovedgrunnen til at dette vert gjort i sann tid, som det heiter, er at registreringane er så omfattande at ein elles aldri ville fått høve til å vende attende til alt i fall det ikkje vart gjort med det same. Dessutan gjev dette opplegget den føremonen at viktige resultat er tilgjengelege på Kjeller berre få sekund etter at jordskjelvbølgjene har nådd fram til instrumenta.

Det ein i første omgang er interessert i å finne ut på denne måten er om ein har registrert eit jordskjelv og kvar det i så fall har hendt. Dette er lett nok når det registrerte signalet er sterkt, men vert meir og meir vanskeleg etter som styrken kjem ned mot bakgrunnsstøyen. I denne samanhengen kan det nemnast at ein fundamental eigenskap ved slike anlegg som NORSAR er at styrken av eit signal



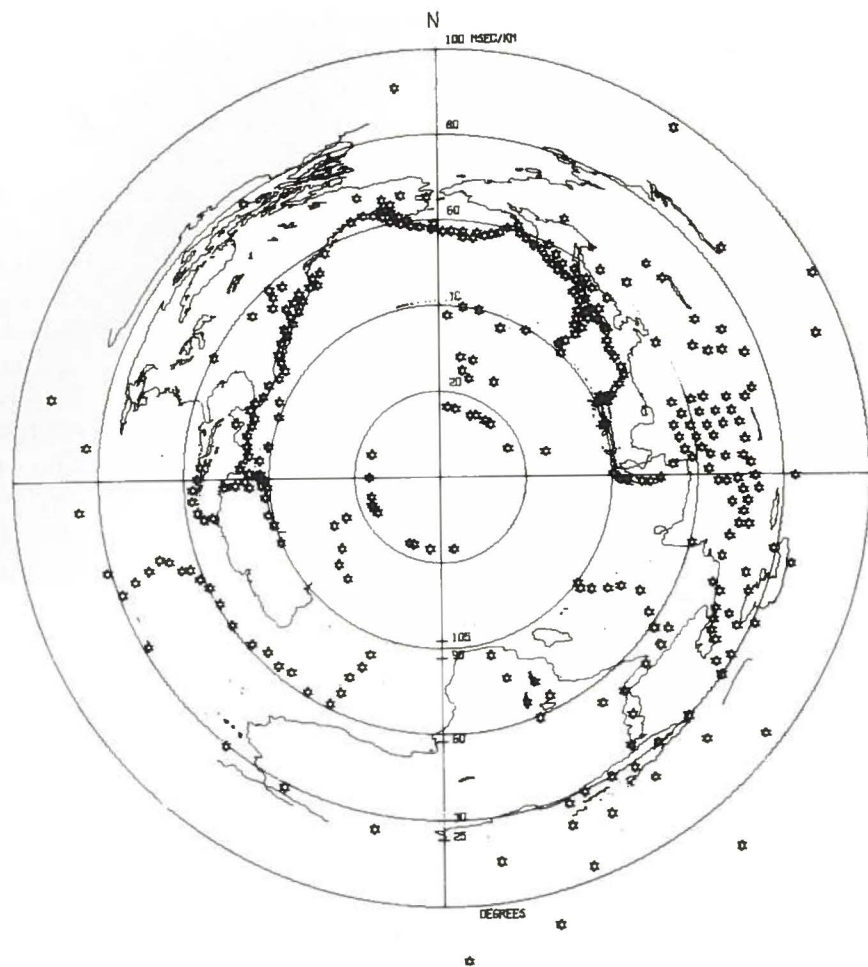


Fig. 5. Verdenskart som viser dei områda (stjerner) som NORSAR rettar sine sanntidsanalysar mot. Projeksjonen er slik at dei stadene som ligg nærast NORSAR kjem lengst ute på kartet og omvendt og sirklane går gjennom punkt med same avstand frå NORSAR. Ein kan sjå Afrika rett sør, Amerika i nordvest og Asia i nordaust. Figuren kan samstundes brukast som eit bilete på kvar på jorda det finst mest jordskjelv.

kan betrast i høve til støyen ved å summere registreringane frå alle instrumenta etter at ein har teke omsyn til at signalet ikkje kjem samstundes inn på alle. Tids-skilnaden her kan vere opp til 10 sekund, og dette er ein annan viktig eigenskap, då ein såleis kan finne ut både i kva retning og kor fort bølgiene går. På basis av dette kan ein lokalisere hendinga, det vil seie finne ut kvar den utløyste energien kjem frå. Dermed er det essensielle ved NORSAR presentert: i høve til ein vanleg seismisk stasjon kan NORSAR registrere svakare og dermed mange fleire seismiske hende, og desse kan lokalisert både i tid og rom.

I den sanntids-analysen som vert gjort ved NORSAR er anlegget på førehand innstilt på å ta inn signal frå mest 400 område på jordoverflata. Dei fleste av desse er vist på Fig. 5, og dei dekkjer først og fremst dei delane av jorda der ein har mange jordskjelv, medan nokre få er lagde til kjende stader for underjordiske kjernefysiske eksplosjonar, i USA, USSR, Kina og India. Analysen i sann tid fører fram til ei førebels og noko usikker liste over moglege seismiske hende, og denne er så utgangspunktet for meir omfattande analysar dei neste par døgera. I dette arbeidet er der også eit vesentleg innslag av manuell kontroll, då det på dette feltet ikkje let seg gjere å kombinere full automatisering med høg kvalitet. Dette er ein vanleg observasjon også innan mange andre omkverve, at ein kan ha stor nytte av nettopp vekselverknaden mellom datamaskinen og mennesket. Det skal elles nemnast at utviklinga av heile dette analysesystemet for seismiske data har vore eit sær komplisert og omfattande arbeid. Det meste vart gjort i åra 1969-71, men etter den tid har det òg gått føre seg stendige endringar til det betre i form av auka evne til både å detektere og lokalisere seismiske hende. Dette er nær knytt til arbeidet med forskning og utvikling, i det resultat der så langt råd er vert nytta i den daglege analysen av seismiske data. Å betre dette systemet har òg vore det direkte utgangspunktet for mykje av forskningsinnsatsen dei siste åra.

NOPC SEISMO BULLETIN FOR 8 APR 1973 (DAY 98/73) FORMAT 5

8 APR 1973

1 21 44	33.9N	73.0E	33C1B	4.4	710	PAKISTAN
1 30 16.9	01A P		4.4	0.6	13.6	47.6 96.0
3 52 17	38.4N	74.9E	33C2B	3.8	719	TADZHIK-SINKIANG BORDER
4 0 28.0	01A P		0.9	0.6	13.7	45.0 91.3
4 0 35.3	01A E		1.5	1.0	13.7	45.0 91.3
4 13 33	43.0N	17.0E	33C2D	3.7	382	ADRIATIC SEA
4 17 42.5	01A P		3.2	0.8	9.2	18.2 164.2
4 49 56	43.0N	146.7E	33C2B	3.8	225	OFF COAST HOKKAIDO, JAPAN
5 1 6.0	01A P		1.1	0.8	17.9	70.5 38.1
6 39 18	51.0N	160.2E	33C2B	4.5	219	OFF EAST COAST KAMCHATKA
6 50 00.0	01A P		3.5	0.7	17.6	65.8 22.7
6 55 36	43.0N	147.0E	33C2B	3.9	225	OFF COAST HOKKAIDO, JAPAN
7 6 47.6	01A P		1.1	0.8	17.9	70.6 37.9
7 7 0.2	01A E		1.0	0.8	17.9	70.6 37.9
9 14 48	39.5N	28.5E	33C3D	3.2	366	TURKEY
9 19 58.2	01A P		0.8	0.8	11.1	24.0 141.4
9 20 4.5	01A E		1.3	1.0	11.1	24.0 141.4
9 58 14	34.7N	136.2E	33C2B	3.8	232	SOUTHERN HONSHU, JAPAN
10 9 50.9	01A P		0.9	0.7	18.5	74.9 50.8
10 47 13	29.7N	139.9E	33G2B	3.8	211	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
10 59 22.4	01A P		0.6	0.6	19.7	80.7 50.5
12 41 9	16.8S	167.5E	100G1B	6.1	186	NEW HEBRIDES ISLANDS
13 0 12.3	01A PKPD		107.1	1.4	42.1	133.0 45.8
12 59 58.2	01A PKPG		7.3	1.3	45.0	133.0 62.3
13 3 36.3	01A SKPB		80.5	1.3	29.3	133.0 37.2
13 10 1.0	01A PKKPD		1.1	0.8	51.0	133.0 182.2

Fig. 6. Utdrag av ein seismisk bulletin frå NORSAR med 10 jordskjelv på 12 timar. Bulletinen har med detaljerte opplysningar om registreringane og om kvar skjelva er blitt lokalisert, og ein ser at fire av dei er frå Japan.

Etter at dei daglege analysane er fullførde, vert resultatane utgjevne i form av ein såkalla seismisk bulletin. Fig. 6 viser ein slik, og det går fram at 10 jordskjelv er blitt detektert og lokalisert i ymse delar av jorda dei første 12 timane den 8. april 1973. Dette stemmer bra med det at ein i gjennomsnitt ved NORSAR rapporterer nær 20 seismiske hende kvar dag, sjølv om variasjonen frå dag til dag kan vere stor. I høve til ein konvensjonell seismisk stasjon er dette ein auke med ein faktor på 5–10, og det fører med seg at mange fleire mindre jordskjelv vert tekne med. Like viktig er det at alle desse vert rapporterte med lokalisering uttrykt i geografisk lengde og breidd. Den seismiske bulletinen som på denne måten vert sendt ut frå NORSAR ein gong i veka er mykje omtykt internasjonalt i og med at det er den mest pålitelege og omfattande lista over jordskjelv som er tilgjengeleg på eit så tidleg tidspunkt. Det skal også nemnast at det kvar dag via telex vert sendt ut ein heil-automatisert dagsbulletin til seismologiske institusjonar i Skandinavia. Denne er noko mindre påliteleg, men har føremønen av å vere enno mykje raskare.

Til den daglege drifta høyrer det eit vidt spektrum av oppgåver i tillegg til dei som alt er nemnde her, og dei fleste av dei tilsette ved NORSAR kjem inn under dette arbeidet. Det er elles uråd å setje noko klart skilje mellom kva som er driftsfunksjonar og kva som er forskningsaktivitet, dette fordi dei to grip mykje inn i kvarandre. Den einskilde oppgåva som krev mest personell er drifta av datasentret, der 10 av dei tilsette er operatørar som tek seg av den viktige funksjonen å halde maskinane i gang 24 timar i døgnet året rundt. Dei skal då mellom anna halde det automatiske systemet i drift, med analysar og lagring av data. Kva omfang dette har kan illustrerast ved at datasentret har eit lager på 13000 magnetband, og mest alle er fulle av seismiske data. Operatørane har elles viktige oppgåver å utføre når det gjeld kontroll av dei tekniske installasjonane både i datasentret og ute i marka, og ikkje minst skal dei så styre bruken av datamaskinane for ei stor mengd oppgåver innafor både drift og forskning. På dagtid har ein så vel 10 tilsette som også direkte er knytt til datasentret og operasjonen av dette på ein eller annan måte, og desse er av praktiske grunnar organiserte i fleire grupper.

## ARPANET

Som nemnt ovafor er NORSAR bygd opp rundt effektiv bruk av moderne datamaskinar og sambandsteknologi. Sentralt her står eit nettverk av datamaskinar kalla ARPANET, som NORSAR no er knytt til. Opplegget er amerikansk, og Fig. 7 viser at utafør USA (inkludert Hawaii) er det berre NORSAR og London som er knytte til. Sambandet over Atlanteren går via satellitt, og i alt er eit sekstital datamaskinar av ulik type med i dette samarbeidet. Dei fleste av desse er å finne på universitet og andre forskningsinstitusjonar. ARPANET er organisert som eit nettverk med mange såkalla knutepunkt, og i kvart av desse er det plassert ein maskin som ordnar trafikken. Til kvart knutepunkt kan ein så kople til både vanlege datamaskinar av ulik type (såkalla vertsmaskinar) og terminalar, og mellom desse går det sambandslinjer med stor overføringskapasitet av data.

Situasjonen ved NORSAR i dag er at det er installert to interaktive terminalar til ARPANET (Fig. 8). Bruken av desse er noko meir avgrensa enn for vertsmaskinar, men dei vert likevel nytta til mange formål. Eit av dei viktigaste bruksområda til no har vore utveksling av seismiske bulletinar. I Boulder, Colorado, ligg det ein institusjon, United States Geological Survey (USGS), som samlar seismiske data frå heile verda og som lokaliserar dei største jordskjelva så nøyaktig som mogeleg. Då USGS berre har terminalar til ARPANET, og difor ikkje kan lagre data, berre sende og ta imot meldingar, har dei fått oppretta ein konto på ein stor maskin i California, og dit sender NORSAR eit par gonger i veka sin eigen seismiske bulletin. Med faste mellomrom ser så USGS etter om det er kome noko på denne kontoen, som faktisk vert kalla ei «postkasse», då den fungerer

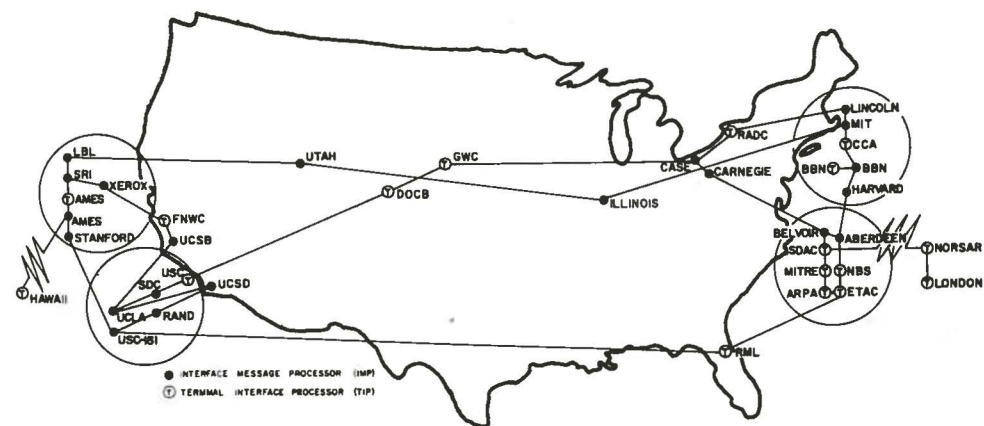


Fig. 7. Skjematisk illustrasjon av datanettverket ARPANET frå byrjinga av 1974. I vest går det eit satellittsamband til Hawaii og i aust eit anna til NORSAR og London. Dei fleste knutepunkta ligg i USA.



Fig. 8. Noko av utstyret som knyter NORSAR til datanettverket ARPANET.

som ein oppsamlingsstad for adresserte meldingar. På ein maskin i nærleiken (Stanford, California), har NORSAR òg ei slik postkasse, og dit kjem det stendig meldingar av ymse slag frå seismologiske institusjonar som det vert samarbeidd med i USA. På eit reint eksperimentnivå har ein også fått i stand køyring av mindre datamaskinprogram ved andre maskinar på ARPANET, og dette er eit bruksområde som ein ventar vil ta seg mykje opp i framtida.

Slik det er i dag sender NORSAR store mengder data i sann tid til eit seismisk datasenter, Seismic Data Analysis Center (SDAC) i USA, og får tilsvarende data tilbake. Dette går over eit spesielt INTELSAT-samband uavhengig av ARPANET, men feilprosenten i denne overføringa er uakseptabel stor, nær 1 %. På grunn av dette, og i og med at NORSAR alt er knytt til ARPANET, er det avgjort at datautvekslinga skal over på dette nettverket. Dette vert gjort ved at datamaskinane ved NORSAR vert knytte til som vertsmaskinar, noko som venteleg vert fullført innan utgangen av 1975. Ved å utveksle data på denne måten ventar ein å koma ned på ein feilrate på ein bit (informasjonseining) pr. år, og betre kan det knapt gjerast.

Ei anna og viktig endring som dette vil føre med seg er at ein då kan få direkte samband mellom datamaskinane ved NORSAR og andre vertsmaskinar på ARPANET. På den måten kan ein nytte den maskinen på nettverket som høver best til å løyse eit spesielt problem, og ein kan nytte seg av programsystem som er utarbeidde ved andre institusjonar. Planane femner også om ein seismisk databank med svært stor lagringskapasitet ( $10^{12}$  bit).

## FORSKNING OG UTVIKLING

Av det som til no er sagt går det fram at det ved NORSAR vert produsert store mengder høgverdige seismiske data. Skal denne aktiviteten ha nokon verdi må desse data nyttast så godt som mogeleg til seismologisk forskning, og formålsparagrafen går då også akkurat på dette. Data frå NORSAR vert no nytta av seismologar i mange land, men hovudaktiviteten er likevel knytt til datasentret på Kjeller. På den andre sida nyttar seismologane der også data frå mange andre anlegg, men utgangspunktet er likevel det som vert produsert på staden.

Som formålsparagrafen seier skal ein konsentrere seg om emne som har tilknytning til problema med å identifisere underjordiske kjernefysiske prøver. Dette kan kanskje høyrast noko avgrensa ut, medan det i realiteten fører med seg eit vidt spektrum av problem som er svært sentrale innan geofysikken. Det er vanskeleg i ein samanheng som dette å gje ei fullgod oversikt over to års forskningsarbeid, og av den grunn vil det heller bli presentert nokre generelle problemområde i staden for spesielle forskningsobjekt. Både typen og omfanget av forskninga vil elles i noko mon gå fram av listene over dei meir enn 50 vitenskaplege publikasjonane og like mange foredraga som denne aktiviteten har ført med seg i dei to åra meldinga femner om.

Det går fram av tidlegare kapittel at det ved NORSAR er bygd opp eit større system for prosessering av seismiske data i sann tid. Målet med dette er å kunne rapportere så mange seismiske hende som mogeleg, og med best mogeleg lokalisering. Sjølv om ramma om dette vart fullført alt i 1971, har denne driftsoppgåva likevel vore utgangspunktet for svært mykje av den etterfølgjande forskningsaktiviteten. Det er to hovedgrunnar for dette. For det første må analysane for å vera effektive ta omsyn til korleis seismiske data endrar seg reint geografisk, og dette har ført med seg eit stort og omfattande kartleggingsarbeid. Det som ligg bak dette er at det indre av jorda er svært komplisert, og det same gjeld dei seismiske mekanismane, slik at det knapt er to jordskjelv som ikkje er utløyste på same staden som ser heilt like ut. Denne akkumulerte kunnskapen vert så ført tilbake i systemet og bygd inn i analysane. Utan at ein kan kome nærare inn på dei einkilde detaljane har kan ein likevel slå fast at dette har auka kvaliteten av anlegget monaleg. Den andre måten som drift og forskning vert knytt saman på er ved alltid å passe på å gjere seg nytte av forskningsresultata i praksis ved om mogeleg å innarbeide dei i dei daglege analysane. Svært ofte fell dette naturleg i og med at det kan vere problem i samband med dei daglege analysane som fører til at eit forskningsarbeid vert teke opp.

Alle forskningsinstitusjonar treng eit godt bibliotek, og ved NORSAR er den delen som inneheld data og datamaskinprogram noko av det viktigaste. Dei fleste av dei 13000 magnetbanda ein har ved NORSAR, med plass til over 50 milliardar

karakterar, vert brukte til å samle på data frå dette anlegget. I tillegg har ein så mykje data frå tilsvarende anlegg i USA, motteke over det transatlantiske sambandet. Dette er hovudkjeldene for seismiske data ved NORSAR, men i tillegg har ein også samla mange vanlege seismogram, på papir og film, frå ymse konvensjonelle stasjonar i alle delar av verda. Av andre sortar av data skal nemnast dei seismiske bulletinane, som er lister over seismiske hende som er registrert ved dei einskilde stasjonane. Dei mest verdfulle av desse er slike som lokaliserar jord-skjelva basert på eit verdsomspennande nettverk av stasjonar. Det finns to kjende institusjonar som driv dette arbeidet, ein i USA (den tidlegare nemnde USGS) og ein i England (International Seismological Centre, ISC), og resultatane desse produserer vert mykje brukt i seismologisk forskning. I biblioteket ved NORSAR finn ein også ei stor mengd datamaskinprogram, som er bindeleddet mellom ein idé og den praktiske løysinga. Desse er minst like viktige som den vanlege litteraturen, og tek gjerne ein større innsats for å byggje opp, då mykje av det kan skapast berre gjennom aktiv forskningsinnsats.

Mykje av det som hittil er omtala i dette kapitlet tener godt til å illustrere kva for eit omfattande arbeid det kan vere å byggje opp ein ny forskningsinstitusjon. Det reinte vitenskaplege miljøet er heller ikkje skapt berre ved å samle ei gruppe og gje dei ei problemstilling fil å forske rundt. Sjølv om ein ved NORSAR hadde ein viss vitenskapleg produksjon alt frå starten, er det såleis dei siste 2–3 åra som har gjeve dei beste vitenskaplege resultatane, noko ein òg ser på den aukande internasjonale interessa institusjonen er blitt til del.

Når ein no skal koma noko nærare inn på det aktuelle forskningsarbeidet i denne perioden, er det grunn til å ta utgangspunkt i det som alt er nemnt om statistisk kartlegging av registreringane. Mange av desse resultatane kan førast rett tilbake i systemet og koma til nytte der, men reinte vitenskapleg sett er det alltid mest interessant å kunne lære å forstå dei fysiske og dynamiske prosessane som ligg attom. Det er alltid slik at ei registrering av eit seismisk hende er eit produkt av det som skjer i kjelda og det som skjer med bølgiene på vegen gjennom jorda fram til seismografen. På denne måten får kvar kombinasjon av kjelde og stasjon sin spesielle «signatur», og det er ei klassisk problemstilling innafor seismologien å kunne finne ut kva som skriv seg frå kjelda og kva som vert pålagt seinare. Dette er også nøkkelen til svært mykje av det ein i dag veit om det indre av jorda, og utgangspunktet for mest all seismologisk forskning, også ved NORSAR. At det nettopp er seismologien som er viktig her kjem av at den nyttar seg av dei kortaste bølglengdene som er i stand til å gå gjennom det indre av jorda utan å bli altfor mykje endra eller øydelagde, og dess kortare bølglengder, dess finare detaljar kan ein «sjå». Det er her tale om bølglengder av storleiken 10 km, som då òg vert oppløysningsevna ved slike studier. I andre høve kan seismologien nytte seg av bølglengder som er både 1000 gonger større eller like mykje mindre enn dette.

Dei tradisjonelle modellane som seismologane i alle år har nytta seg av har stort sett blitt baserte på ei kule-symmetrisk jord der dei fysiske eigenskapane berre

endrar seg vertikalt, og gjerne med ei form for lagdeling. Dette er framleis nyttige modellar når det gjeld å kartleggje gjennomsnittsegenskapar, og Fig. 9 viser skjematisk korleis jorda er bygd opp. Som ein ser er der først ei tunn skorpe, deretter ein mantel, og så den ytre kjernen som er rekna for å vera flytande (vulkansk lava kjem ikkje frå «det store flytande indre», men frå små lokale bobler av smelta materiale). No er det slik at avvika frå desse gjennomsnittmodellane ofte kan vera store, og i det siste har ein konsentrert seg mykje om å kartleggje desse avvika, og om mogeleg få dei med i meir generelle modellar. Dette gjeld særleg i skorpa og den øvre delen av mantelen, medan dei modellane der eigenskapane endrar seg berre i vertikalretning stort sett passar betre lenger nede.

Ein interessant alternativ modell som det er blitt arbeidd mykje med ved NORSAR er å sjå på ein viss del av jorda som eit medium der dei fysiske eigenskapane varierar vilkårleg rundt ein middelværdi, men der eigenskapane likevel korrelerer over ein viss avstand. Ein har funne for skorpa og den øvre mantelen under NORSAR at desse variasjonane ofte er ca. 2% med ein korrelasjonsavstand på 15–30 km, noko som tyder at der eigenleg ligg tett av «klumpar» av denne storleiken, der dei fysiske eigenskapane avvik opp til 2% frå gjennomsnittet. Dette fører til at dei elastiske bølgiene her og der går litt fortare eller litt seinare enn gjennomsnittet, noko som gjev ei viss spreiding av bølgiene, med tap av energi.

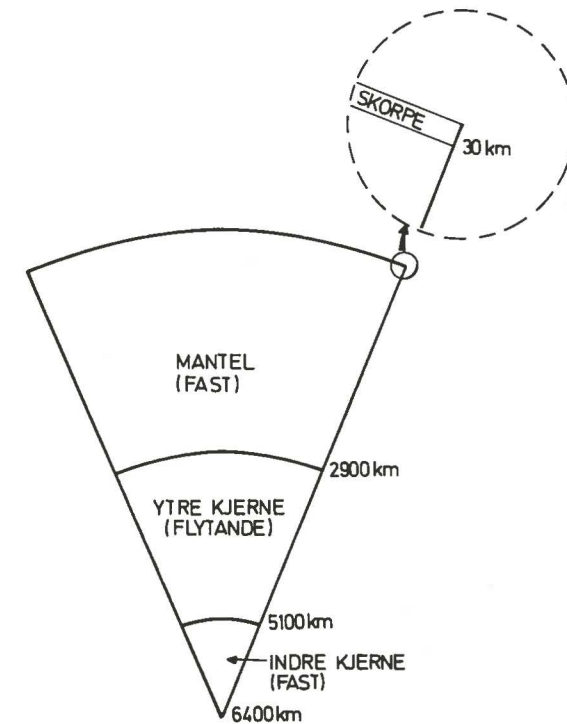


Fig. 9. Eit snitt frå det indre av jorda som viser at den er sett saman av skorpe, mantel og kjerne. Jorda er ikkje jamt flytande før ein er nede på eit djup av 2900 km, og den indre kjernen er også fast.

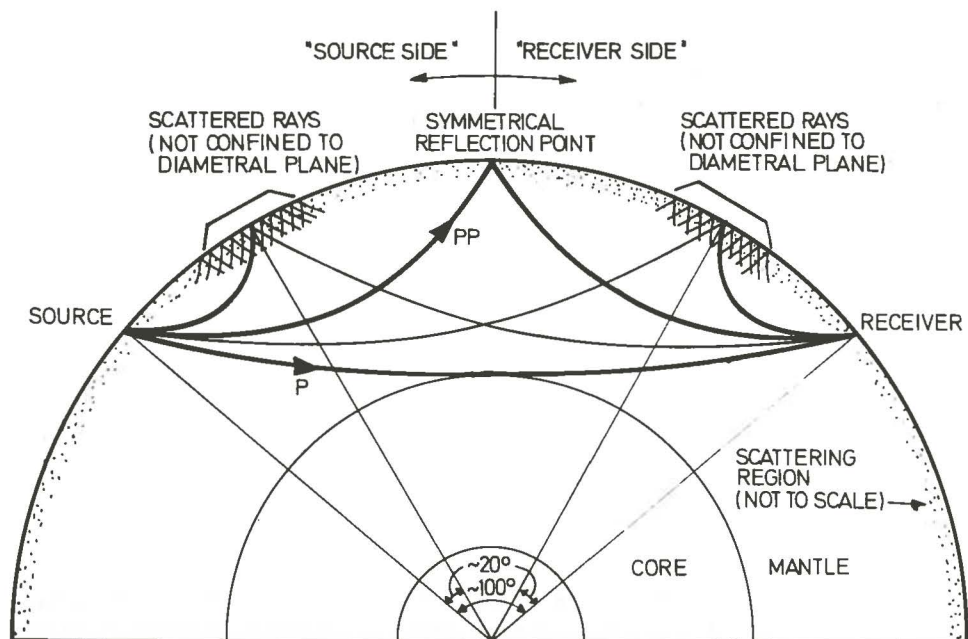


Fig. 10. På denne figuren ser ein ei direkte bølge (P) som har gått gjennom mantelen, og ei bølge (PP) som er reflektert frå undersida av jordoverflata. Det er også vist korleis spreining av bølgjene i skorpa og den øvste delen av mantelen kan skapa refleksjonar som ikkje er symmetriske, og som difor kan forklarast teoretisk berre ved hjelp av meir kompliserte jordmodellar.

Når ein så registrerar ein slik bølgefrent med over 100 seismometer som ved NORSAR vil ein få eit særst komplisert mønster, med signal som er vanskelege å tolke (Fig. 10). Forskarar ved NORSAR har i det siste produsert ei rekke avhandlingar rundt dette problemet, og det er vist at ein på denne måten kan utnytte mykje meir av informasjonen i registreringane enn det ein kan med meir konvensjonelle jordmodellar. Men dei siste er ikkje blitt mindre nyttige av den grunn, dei ymse modellane vil som oftast utfylle kvarandre.

Men av og til vil også det nye direkte erstatte gamle teoriar, og ein har også døme på at NORSAR har spela ei viktig rolle i så måte. For eksempel er det nokre bølger som ein tidlegare trudde måtte skrive seg frå ei komplisert overgangssone mellom den ytre og den indre kjernen (Fig. 9). Desse er no blitt tolka som å ha årsaka si i spreining av energien nær overgangen mellom mantelen og kjernen, og dermed har ein ikkje lenger bruk for å postulere ein så komplisert kjerne. Noko tilsvarande har ein i den øvre delen av mantelen, der ein tidlegare måtte leggje inn fleire diskontinuitetsflater som no er mindre aktuelle i det observasjonane kan forklarast å skrive seg frå tilsvarande energispreiing. På denne måten ser ein faktisk at jordmodellane vert meir og meir enkle etter som teoriane vert stendig meir kompliserte.

Eit anna døme på at energien kan ta mange vegar frå kjelda til seismometret kan hentast frå studier av overflatebølger. Som det går fram av namnet er dette

bølger som går langs overflata av jorda i staden for å gå rett gjennom, og er dei sterke nok, kan dei godt gå mange gonger rundt jorda. Fig. 11 viser at energien ikkje alltid tek beinvegen no heller, bølgjene vert brotne når dei går frå den eine typen jordskorpe til den andre på same måten som ein lysstråle vert broten når den går frå luft til vatn. Dette er ein sort studier som anlegg som NORSAR ligg svært godt til rette for, og ved sida av at det gjev mykje god informasjon om jorda er det og viktig å kjenne til dette når ein skal identifisere energikjeldene.

Som det alt er nemnt ovafor er energikjeldene det andre hovudproblemet i seismologien ved sida av å finne ut kva som hender på vegen fram til seismometret. Det siste gjev, som det alt er vist, informasjon om korleis jorda er bygd opp, og kjende ein dette godt nok kunne ein teoretisk rekne seg nóggrant fram til kva slags mekanisme det var som løyste ut energien. I praksis må ein arbeide seg fram gjennom ein siksak-prosess der ein lærer litt meir om jorda og nyttar dette til å betre kjennskapet til dei seismiske kjeldene, som ein igjen nyttar til å lære meir om jorda, og så vidare utan stopp. Og heile tida må ein slite med det fundamentale

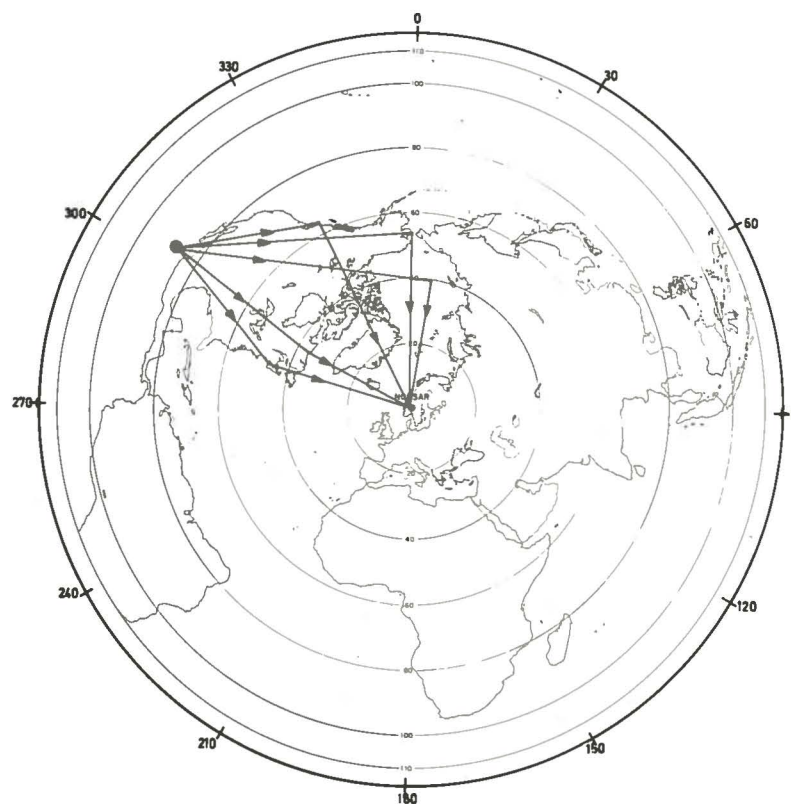


Fig. 11. Denne figuren viser at overflatebølger frå eit jordskjelv i California kan ta mange slags vegar fram til NORSAR. Bølgjene vert ofte brotne når dei går frå ei kontinental til ei oseaansk jordskorpe, på grunn av at desse gjerne avvik mykje frå kvarandre i fysisk samansetnad.

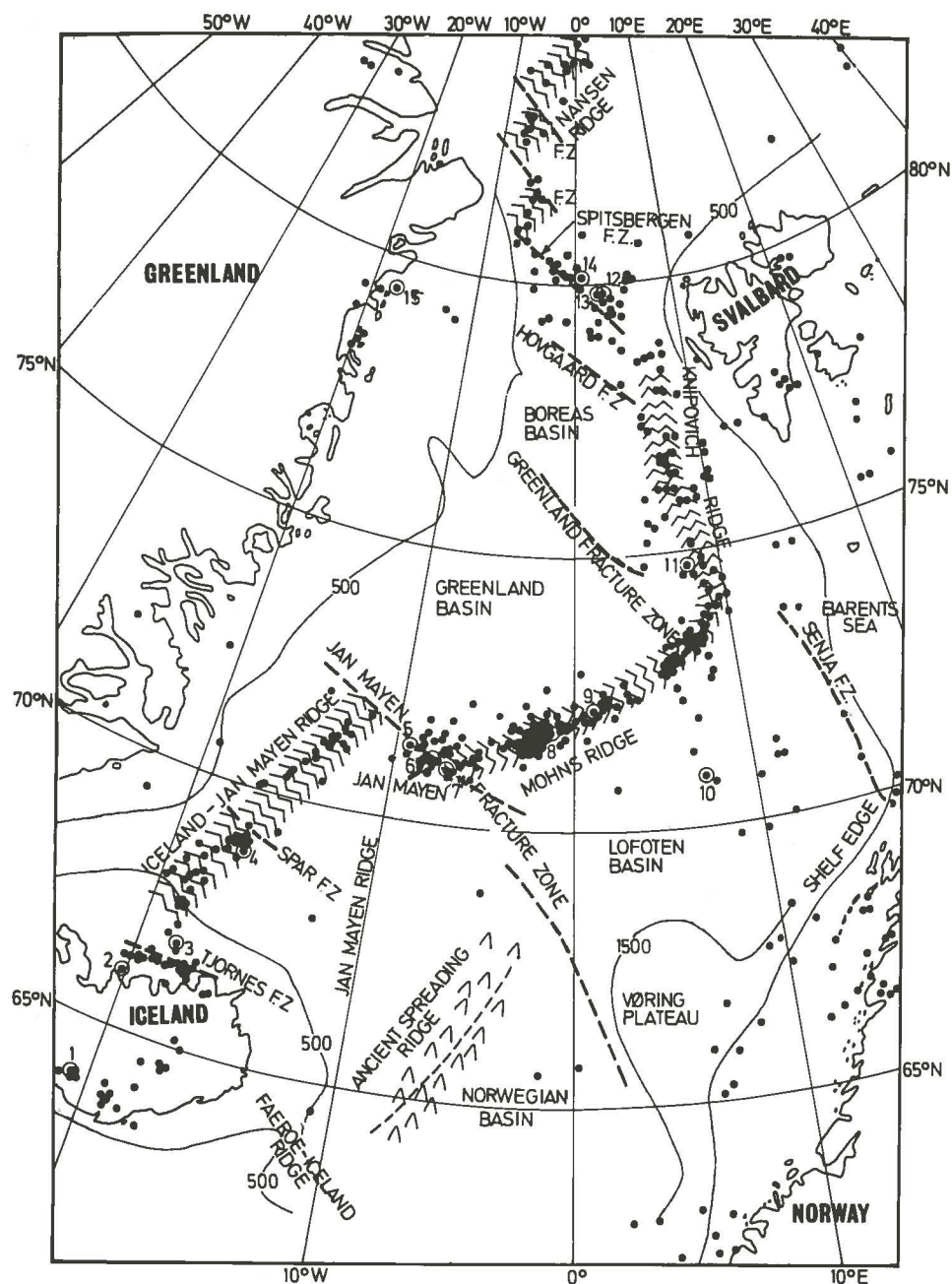


Fig. 12. Jordskjelv i Nord-Atlanteren og innover mot kontinentalsokkelen utafor Norge. Dei fleste skjelva finn ein langs ein underjordisk rygg midt i Atlanteren, som saman med mange brotsoner (fracture zones) gjev viktige opplysningar om korleis heile dette havområdet er blitt skapt. I denne samanhengen er fordelinga av jordskjelva viktig, då dei viser i kva område i jordskorpa det byggjer seg opp spenningar.

problemet at to feil kan oppvege kvarandre på ein slik måte at reknestykket likevel ser ut til å gå opp. Når det gjeld å takle slike problem, som har samband med mangelen på unike løysingar, har seismologien teke eit langt steg framover dei siste 10 åra.

Ved NORSAR har kjeldestudiene hittil konsentrert seg om nokre nye metodar for å studere jordskjelv-mekanismar. For å prøve dette ut har ein valt ut eit område i Nord-Atlanteren der forskarar frå NORSAR tidlegare har gjort ein detaljert seismisitetsstudie (Fig. 12). Av særleg interesse her er jordskjelv som ligg i ei sone som strekkjer seg inn mot Norge, då dette er viktig for å kunne laga seg eit best mogeleg bilete av korleis desse havområda og kontinentalsokkelen utafor Norge har utvikla seg oppover i geologisk tid. Målet er også å kunne finne fram til utløysingsmekanismane for skandinaviske jordskjelv, då dette er nøkkelen til forklaring av seismisiteten i dette området. I ein annan, og svært viktig samanheng for NORSAR, har ein så at desse problema også er heilt sentrale i høve til problemet med å skilja mellom jordskjelv og eksplosjonar, då dette berre kan gjerast basert på noko som er avleia frå skilnadene i utløysingsmekanismane.

I dette kapitlet vart det teke utgangspunkt i driftssituasjonen ved NORSAR og det nære sambandet mellom den og forskningsaktiviteten. Det er grunn no til å vende litt tilbake til dette etter å ha diskutert nokre meir generelle seismologiske problemstillingar. Som det alt er gjort klart er deteksjonsproblemet heilt sentralt her, då eit seismisk hende naturleg nok først må påvisast før ein kan seia noko meir om kvar det ligg og korleis energien er utløyst. Det som i praksis er den største hindringa for å kunne finne fram til eit svakt signal er at registreringane er fulle av seismisk støy. Denne støyen er då også blitt utsett for stor forskningsinnsats, med det mål å kunne redusere den negative effekten av den. Ofte tek ein då utgangspunkt i å finne fram til karakteristiske eigenskapar i støyen for på den måten å kunne oppdage viktige årsakssamanhengar. Ved hjelp av dette kan ein utvikle metodar for å finne fram til signal som ofte kan vere ein god del svakare enn støyen, og dette må vegast opp mot risikoen for å ta som eit signal det som eigenleg er støy. Dette er ei klassisk problemstilling som det har vore arbeidd mykje med ved NORSAR, og det er oppnådd mange resultat som har hatt stor positiv verknad på kvaliteten av anlegget. Til dømes går alltid ein del av sanntidsanalysene med til kontinuerleg å måle eigenskapane i støyen, og når desse endrar seg, endrar ein også like kontinuerleg (og automatisk) på dei analysane som går ut på å finne seismiske signal. Eit slikt fleksibelt system er spesielt viktig ved NORSAR der det har vist seg at bakgrunnsstøyen varierar sterkare i styrke og karakter enn det ein ofte finn mange andre stader. Dette kjem av at mykje av energien i den seismiske støyen ofte skriv seg frå meteorologiske stormar idet energien i havbølgjene vert overført til havbotnen og der kopla over til seismiske overflatebølgjer. Då det er mange slike stormar i norske farvatn, vert det også mykje støy ved NORSAR, spesielt om vinteren. Ved sida av denne årlege variasjonen har ein og funne ein dagleg variasjon, dette siste er ei slag «seismisk forureining» i og med at all den

larmen menneska steller i stand (industri, trafikk, osv.) fører til at den seismiske støyen stig om dagen, og dermed fell deteksjonsevna. Ei anna kunstig energikjelde har vist seg å liggje i dei norske kraftverka, der ein på grunn av upresis rotasjon i aggregata ofte får overført ein god del energi til monokromatiske seismiske bølger. Men frå eit seismologisk synspunkt er ikkje dette berre negativt, då det faktisk har ført til eit viktig internasjonalt prosjekt der ein nyttar den seismiske energien frå Hunderfossen kraftstasjon i Gudbrandsdalen til å måle små spenningsvariasjonar i jordskorpa. Dette i sin tur er viktig i høve til problemet med å prediktere jordskjelv.

I høve til formålsparagrafen er det sjølvsagt sentralt å kunne finne fram til analyseteknikkar som brukt på registreringane frå eit seismisk hende positivt kan seia om ein har å gjere med eit naturleg jordskjelv eller ein eksplosjon. Talet på registreringar ved NORSAR som ein har grunn til å tru skriv seg frå kjernefysiske eksplosjonar er no godt over 100, slik at ein har fått eit visst grunnlag for å analysere dette materialet statistisk. Fig. 13 viser resultatet av den testen som ofte har vist seg å skilja best mellom eksplosjonar og jordskjelv, der data både frå USA og Sovjetunionen er tekne med samstundes. Denne og andre tilsvarande testar er blitt grundig utprøvde ved NORSAR, og nye er blitt utvikla. Likevel er det meste av forskningsinnsatsen ikkje blitt konsentrert direkte om dette «sluttproduktet», då det bak dette ligg så mange problem som må løysast først. Det er dette arbeidet det er blitt vist nokre glimt frå i dette kapitlet.

## INTERNASJONALT SAMARBEID

---

I pakt med vedtaket A/RES/2934 (XXCII) i den 27. Generalforsamlinga til Dei sameinte nasjonane (SN), der SN oppmodar medlemslanda til å utvikle den deteksjonsseismologiske kapasiteten sin vidare og å auke det internasjonale samarbeidet på dette omkvervet, har NTN/NORSAR søkt å leggje tilhøva til rette for ei slik utvikling i den siste 2-års bolken.

Etter oppdrag frå Utanriksdepartementet var NORSAR 30.–31. januar 1973 vert for eit møte der nordiske seismologar kom fram til eit felles handlingsprogram for nordisk deteksjons-seismologisk forskning. Programmet er sidan godkjent av alle nordiske utanriksdepartement og tener som grunnlag for det nordiske samarbeidet innan dette feltet. Dette samarbeidet ytrar seg på ymse vis. NORSAR sender kvar dag over telex ein automatisk produsert seismisk bulletin til seismologiske institutt i alle skandinaviske land og utvekslar dessutan bulletinar med alle skandinaviske institutt kvar veke. Forskarar, særleg frå Danmark og Finland, har besøkt NORSAR kortare og lengre periodar kvart år for å utnytte data og analyseprogram ved instituttet og for å gjera bruk av den raske servicen ein kan få ved datasentret på Kjeller. Røynsler og resultat frå det nordiske forskningsarbeidet blir gjort greie for på eit årvisst nordisk deteksjonsseismologisk seminar som går på omgang mellom dei landa som er med.

I månadsskiftet april–mai 1974 sto NORSAR saman med Cranfield Institute of Technology, Storbritannia, ansvarleg for ein konferanse (International Advanced Study Institute) som vart arrangert i Sandefjord. Emnet for dette studiekurset var «Utnytting av seismografiske nettverk», og føremålet med kurset var at folk med røynsle frå fagområda datanett, datahandsaming og seismologi skulle koma saman for å diskutere korleis ein kan utnytte datateknologi og moderne anlegg som NORSAR til å løyse viktige seismologiske forskningsoppgåver. Det møtte 77 deltakarar frå 18 ulike land til kurset som i hovudsak var finansiert av NATO Scientific Research Division. Forskarar frå NORSAR framførte 19 foredrag under kurset og i tillegg vart det vist ei utstilling om NORSAR. Informasjon om miljøet og forskningsarbeidet ved NORSAR blei derfor spreidd til ei lang rekkje internasjonale seismologiske institutt og har ført til auka interesse for bruk av NORSAR-data og for forskningsopphald ved NORSAR.

Våren 1974 hadde NORSAR også gleder av å kunne ta imot dei første NTN-stipendiatane ved instituttet. I alt fire stipendiatar, frå Australia, Italia, Canada og Romania, tok til med stipendopphald ved NORSAR i 1974. I tillegg er det kvart år 10–12 utanlandske forskarar som har opphald på frå ei veke til tre månader ved instituttet.

Jamvel om forskningsmiljøet ved NORSAR får inspirasjon og nye impulsar frå gjesteforskararne, er ikkje dette nok dersom ein skal halde seg på eit høgt inter-

nasjonalt nivå når det gjeld seismologisk forskning. NORSAR har derfor hvert år sendt forskarar på arbeids- og studieopphald til Massachusetts Institute of Technology i USA, der ei tilsvarende amerikansk forskargruppe arbeider. I tillegg til dette tek NORSAR-forskarane ofte del i internasjonale fagmøter av ymse slag der ein møter kollegaer for å presentere og diskutere dei siste forskningsresultata.

## PRØVESTANSAVTALEN AV 1974

I juli 1974 vart det i Moskva inngått ein avtale mellom USSR og USA om, frå 31. mars 1976, å slutte å sprengje underjordiske kjernefysiske ladningar større enn det som tilsvare 150 kilotonn TNT. I motsetning til avtalane som totalt forbyr sprengingar i atmosfæren, det ytre rom og i havet, er denne reint bilateral og kan ikkje seinare utvidast til å inkludere andre land. Den våpentekniske verknaden av denne avtalen skal det ikkje seiast noko om her, men ein skal heller koma med nokre refleksjonar frå eit seismologisk synspunkt med utgangspunkt i NORSAR.

Det har alltid vore eit vanskeleg spørsmål å vurdere samanhengen mellom storleiken på ladningane (i kilotonn) og den storleiken ein kan rekne seg fram til basert på dei seismiske registreringane, altså magnituden eller Richter-talet. Dette kjem av to ting, det er svært variabelt kor mykje energi det er som går over i seismiske bølger, og dessutan er det svært sjeldan at det blir gitt ut noko informasjon om storleiken av ladningane (nokre få hittil frå USA og ingen frå USSR). Etter det magre grunnlaget ein såleis har hatt for å vurdere dette, er ein komen til at resul-

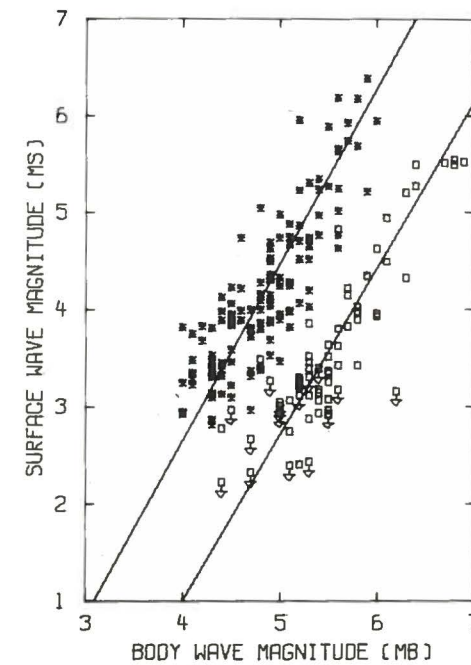


Fig. 13. Ser ein på den korperiodiske magnituden av eit seismisk hende (MB) mot den langperiodiske (MS) finn ein at jordskjelva (stjerner) gjerne legg seg på ein stad i diagrammet og dei underjordiske eksplosjonane (firkantar) på ein annan. Dette set ein ofte i stand til å identifisere eit hende enten som eit jordskjelv eller som ein eksplosjon. Denne figuren viser data frå ein periode på over 3 år, og har med eksplosjonar frå 4 atommakter.



tata vert mest stabile om ein baserar seg på den magnituden ein får frå overflatebølgjene (MS på Fig. 13). Ein vanleg formel for omrekning frå kilotonn til magnitudo gjev då at 150 kilotonn svarar til 4,2 på MS-skalaen. Over ein periode på mest fire år har ein ved NORSAR registrert 13 eksplosjonar (av dei 6 frå Novaya Zemlya) over denne grensa, og det er berre litt over 10 % av alle dei registreringane som ein har rimeleg grunn for å tru skriv seg frå kjernefysiske eksplosjonar. Når ein så også tek omsyn til at det ikkje er nokon grunn for å tru at NORSAR har registrert alle eksplosjonane korkje frå USSR eller USA, kan ein trygt seia at denne avtalen i alle fall ikkje reint kvantitativt treng føre med seg særlege endringar i prøveprogrammet for dei to landa. Vel å merke har partane lova å avgrense talet på prøver «til eit minimum», men kva som er eit minimum er opp til dei sjølve å avgjere.

Når det så gjeld spørsmålet om kontroll av avtalen, seier denne berre at ein skal basere seg på «nasjonale tekniske hjelperåder». Grensa på 150 kilotonn er elles så høg at det skulle ikkje vera noko problem for nokon av partane å kontrollere den andre, og spesielt ikkje når ein tek omsyn til at registreringar alltid vil vera tilgjengelege frå tredjeland. Norge vil i samband med denne avtalen eventuelt koma inn berre som eit slikt tredjeland, sjølv om NORSAR er finansiert frå USA. I avtalen om bygging av NORSAR går det fram at Norge har full råderett over data, som er opne og tilgjengelege for alle, og det vil seia tilgjengelege gjennom aktiv medverknad frå norsk side. Dette prinsippet vil ikkje bli endra, og det kan vera grunn for å presisere at NORSAR, som det går fram av formålsparagrafen, skal drive forskning og ikkje overvaking. I den siste rollen kan anlegget koma inn berre om det kjem til ein internasjonal avtale, og då berre som eit ledd i eit eventuelt internasjonalt kontrollsystem. Det er grunn for å notere seg at avtalen av 1974 har ein paragraf om at dei to partane skal halde fram med tingingar om å nå fram til ein avtale som set forbod mot alle kjernefysiske våpenprøver. Formuleringa *våpenprøver* er viktig her, for det tyder at det er gjort eit unnatak for såkalla «freldelege» prøver, som også er haldne utafor avtalen av 1974.

Til slutt skal det nemnast at i ein protokoll til avtalen går det fram at det mellom dei to landa skal utvekslast mykje og detaljrik informasjon som skal vera til hjelp i kontrollarbeidet. Dette gjeld geografisk plassering av prøveområda, geologiske og andre data om berggrunnen på desse stadene, lokalisering av alle våpenprøver etter at dei er utførde, og data som styrke (i kilotonn), tidspunkt, djup og koordinatar for to eksplosjonar frå kvart prøveområde. Dette er alt saman vitskapleg sett særst interessante data, og spesielt i ein seismologisk samanheng. Dei ville kunne gje eit nytt utgangspunkt for studier av det indre av jorda, men først og fremst ville dei kunne gje eit betre grunnlag for å vurdere kor godt ein i dag eventuelt kunne, med internasjonal innsats, kontrollere ein avtale mot alle kjernefysiske prøver. Den hypotetiske formuleringa er vald då det ser ut til at det er høgst usikkert om desse data vil bli gjorde tilgjengelege for andre enn dei to avtalepartane.

## PUBLIKASJONSLISTE

*Aki, K., og E. S. Husebye:* Preliminary report on and proposal for focal mechanism study of North Atlantic earthquakes by the surface wave method, NORSAR Scientific Report nr 2-74/75, NTNf/NORSAR, 1974.

*Berteussen, K. A.:* Array data in crustal structure research, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord 1974, til trykking.

*Berteussen, K. A.:* Crustal structure and P-wave travel time anomalies at NORSAR, J. of Geophysics, til trykking.

*Berteussen, K. A.:* NORSAR location calibrations and time delay corrections, NORSAR Scientific Report nr 2-73/74, NTNf/NORSAR, 1974.

*Berteussen, K. A.:* Seismic event detection with special reference to the NORSAR array, Hovedfagsoppgåve, Bergen Universitet, 1972.

*Berteussen, K. A., A. Christoffersson, A. Dahle og E. S. Husebye:* Modelling the geological structures beneath the NORSAR array as a Chernov medium, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord 1973, til trykking.

*Berteussen, K. A., A. Christoffersson, E. S. Husebye og A. Dahle:* Wave scattering theory in analysis of P-wave anomalies at NORSAR and LASA, Geophys. J. R. Astr. Soc., til trykking.

*Berteussen, K. A., A. Dahle og E. S. Husebye:* Wave scattering effects in modelling intrinsic time and amplitude anomalies observed at the NORSAR array, Proceedings, International Symposium on Seismology and Physics of Solids of the Earth's Interior, til trykking.

*Berteussen, K. A., og E. S. Husebye:* Predicted and observed seismic event detectability of the NORSAR array, NORSAR Technical Report Nr. 42, NTNf/NORSAR, 1972.

*Berteussen, K. A., og E. S. Husebye:* Seismicity in terms of event detection thresholds, Proceedings, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Bucharest 1974.

*Bungum, H.:* Analysis of multipath propagation of Rayleigh waves, Proceedings NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord 1974, til trykking.

*Bungum, H.:* An evaluation of the routine processing of events at NORSAR, Proceedings, Seminar on Seismology and Seismic Arrays, NTNf/NORSAR 1972.

*Bungum, H.:* Array stations as a tool for microseismic research, NORSAR Technical Report nr 46, NTNf/NORSAR, 1972.

*Bungum, H. (red.):* Beretning for perioden 1/7-70-30/6-72, NTNf/NORSAR, 1972.

*Bungum, H.:* Detection, location and identification of seismic events using the Norwegian Seismic Array, Doktoravhandling, Bergen Universitet, 1974.

*Bungum, H.:* Event detection and location capabilities at NORSAR, NORSAR Technical Report nr 49, NTNf/NORSAR, 1973.

*Bungum, H.:* Seismic array data handling, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord 1974, til trykking.

*Bungum, H. (red.):* Semiannual Technical Report 1 July–31 December 1973, Scientific Report No. 4–73/74, NTNf/NORSAR, 1973.

*Bungum, H. (red.):* Semiannual Technical Report 1 January–30 June 1974, Scientific Report No. 6–73/74, NTNf/NORSAR, 1974.

*Bungum, H., og J. Capon:* Analysis of coda and multipath propagation of Rayleigh waves at NORSAR, NORSAR Scientific Report nr 3–73/74, NTHN/NORSAR, 1974.

*Bungum, H., og J. Capon:* Coda pattern and multipath propagation of Rayleigh waves at NORSAR, NORSAR Scientific Report nr 3–73/74, NTNf/NORSAR, 1974.

*Bungum, H., og E. S. Husebye:* Analysis of the operational capabilities for detection and location of seismic events at NORSAR, Bull. Seism. Soc. Am., 64, 637–656, 1974.

*Bungum, H., og F. Ringdal:* Diurnal variations of seismic noise and its effect on detectability, NORSAR Scientific Report nr 5–73/74, NTNf/NORSAR, 1974.

*Capon, J., og K. A. Berteussen:* A random medium analysis of crust and upper mantle under NORSAR, Seismic Discrimination, Semiannual Technical Summary, 31 December 1973, M.I.T. Lincoln Laboratory, 1974.

*Capon, J., og H. Bungum:* Detection of interfering Rayleigh waves at NORSAR, Seismic Discrimination, Semiannual Technical Summary, 31 December 1973, M.I.T. Lincoln Laboratory, 1974.

*Christoffersson, A., og E. S. Husebye:* Least squares estimation techniques in analysis of seismic array recorded P-waves, Geophys. J. R. Astr. Soc., 38, 525–552, 1974.

*Christoffersson, A., og B. Jansson:* Estimation of signals in multiple noise. A unified approach, NORSAR Scientific Report nr 1–73/74, NTNf/NORSAR, 1974.

*Dahle, A.:* Wave scattering theory applied in the analysis of P-wave travel time and amplitude anomalies at NORSAR, Hovedfagsoppgåve, Oslo Universitet, 1974.

*Dahle, A., E. S. Husebye, K. A. Berteussen og A. Christoffersson:* Wave scattering effects and seismic velocity measurements, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.

*Doornbos, D., og E. S. Husebye:* Array analysis of core precursor waves, Proceedings, Seminar on Seismology and Seismic Arrays, NTNf/NORSAR, 1972.

*Doornbos, D., og E. S. Husebye:* Array processing of core waves and their precursors, Phys. Earth and Plan. Int., 5, 387–399, 1972.

*Doornbos, D., og N. J. Vlaar:* Regions of seismic wave scattering in the earth's

mantle and precursors to PKP, NORSAR Technical Report nr 57, NTNf/NORSAR, 1973.

*Filson, J., og H. Bungum:* Initial discrimination results from the Norwegian Seismic Array, Proceedings, Seminar on Seismology and Seismic Arrays, NTNf/NORSAR, 1972.

*Filson, J., og H. Bungum:* Initial discrimination results from the Norwegian Seismic Array, Geophys. J. R. Astr. Soc., 31, 315–328, 1972.

*Fyen, J., E. S. Husebye og A. Christoffersson:* Signal-noise classification, innsendt for publisering.

*Gjøystdal, H.:* Methods of epicenter location using data from the two seismic arrays NORSAR and LASA, Hovedfagsoppgåve, Oslo Universitet, 1973.

*Gjøystdal, H., og E. S. Husebye:* A comparison of performance between prediction error and bandpass filters, NORSAR Technical Report nr 48, NTNf/NORSAR, 1972.

*Gjøystdal, H., E. S. Husebye og D. Rieber-Mohn:* One-array and two-array location capabilities, Bull. Seism. Soc. Am., 63, 549–569, 1973.

*Gjøystdal, H., E. S. Husebye og D. Rieber-Mohn:* Simulating array event location capabilities, Proceedings, Seminar on Seismology and Seismic Arrays, NTNf/NORSAR, 1972.

*Husebye, E. S., A. Christoffersson og C. W. Frasier:* Orthogonal representation of array-recorded short period P-waves, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.

*Husebye, E. S., A. Dahle og K. A. Berteussen:* Bias analysis of NORSAR and ISC reported seismic event  $m_b$  magnitudes, J. Geophys. Res., 79, 2967–2978, 1974.

*Husebye, E. S., H. Gjøystdal, H. Bungum og O. Eldholm:* Seismicity of the Norwegian and Greenland Seas and adjacent continental shelf areas, Tectonophysics, til trykking.

*Husebye, E. S., F. Ringdal og J. Fyen:* On-line event detection using a global seismological network, NORSAR Technical Report nr 43, NTNf/NORSAR, 1972.

*King, D.:* The use of seismograph arrays in investigating the earth's deep interior, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.

*Landers, T., og H. Bungum:* Phase velocity and azimuth deviations across LASA and NORSAR for local events, Seismic Discrimination, Semiannual Technical Summary, 31 December 1973, M.I.T. Lincoln Laboratory, 1974.

*Noponen, I., E. S. Husebye og D. Rieber-Mohn:* Extraction of P-wave spectra using the NORSAR array, Proceedings, Seminar on Seismology and Seismic Arrays, NTNf/NORSAR, 1972.

*Rieber-Mohn, D.:* Aspects of ARPANET usage at NORSAR, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.

*Rieber-Mohn, D.:* Introduction to the use of terminals on the ARPA Network, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.

- Ringdal, F., E. S. Husebye og A. Dahle:* Event detection problems using a partially coherent array, NORSAR Technical Report nr 45, NTN/NORSAR, 1972.
- Ringdal, F., E. S. Husebye og A. Dahle:* P-wave envelope representation in event detection using array data, Proceedings, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, til trykking.
- Steinert, O., E. S. Husebye og H. Gjøystdal:* Seasonal and diurnal noise variance fluctuations and earthquake detectability using the NORSAR array, J. of Geophysics, til trykking.
- Steinert, O., og A. Kr. Nilsen:* Array Monitoring and Field Maintenance Report 1 July–31 December 1972, NORSAR Technical Report No. 51, NTN/NORSAR, 1973.
- Steinert, O., og A. Kr. Nilsen:* Array Monitoring and Field Maintenance Report 1 January–30 June 1973, NORSAR Technical Report No. 60, NTN/NORSAR, 1973.
- Tjøstheim, D.:* A commutation relation for wide sense stationary processes, SIAM j. on Appl. Math., til trykking.
- Tjøstheim, D.:* A note on the unified Dirac-Von Neumann formulation of quantum Mechanics, J. Math. Phys., til trykking.
- Tjøstheim, D.:* On the problem of defining a spectral representation for a non-stationary process, innsendt for publisering.
- Tjøstheim, D.:* Some autoregressive models for short-periodic seismic noise, Bull. Seism. Soc. Am., til trykking.
- Tjøstheim, D.:* Spectral generating operators for nonstationary processes, innsendt for publisering.
- Tveitane, P. (red.):* System Operations Report 1 July-31 December 1972, NORSAR Technical Report No. 56, NTN/NORSAR, 1973.
- Tveitane, P. (red.):* System Operations Report 1 January–30 June 1973, NORSAR Technical Report No. 62, NTN/NORSAR, 1973.

## FOREDRAG (\* = foredragshaldar)

- Berteussen, K. A.:* Array data in crustal structure research, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.
- Berteussen, K. A.:* Inhomogeniteter i jordens skorpe og deres innflytelse på seismiske signaler, Norsk Geotraversmøte, Bergen, 4 mai 1974.
- Berteussen, K. A.:* P-wave travel time anomalies and local structure at NORSAR, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.
- Berteussen, K. A.:* Structural analysis in view of random wave scattering, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.
- Berteussen\*, K. A., og E. S. Husebye:* Seismicity in terms of event detection thresholds, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.
- Berteussen\*, K. A., A. S. Husebye og V. Berteussen:* Amplitude weighting in seismic event detection, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.
- Berteussen\*, K. A., E. S. Husebye og A. Dahle:* Bias analysis of NORSAR and ISC reported P-wave magnitudes, Fifty-fourth annual meeting of the American Geophysical Union, Washington, D.C., 16–20 april 1973.
- Bungum, H.:* Analysis of multipath propagation of Reyleigh waves, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.
- Bungum, H.:* Array stations as a tool for microseismic research, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.
- Bungum, H.:* Event detection and location capabilities at NORSAR, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.
- Bungum, H.:* Seismic array data handling, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.
- Bungum\*, H., og F. Ringdal:* Diurnal noise variation and its effect on detectability, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.
- Capon, J.\*, og H. Bungum:* Analysis of 40 sec period Rayleigh wave coda at NORSAR, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.
- Christoffersson, A., K. A. Berteussen\*, E. S. Husebye og A. Dahle:* P-wave travel time and amplitude anomalies explained as a random medium scattering effect, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Christoffersson, A., K. A. Berteussen\*, E. S. Husebye og A. Dahle:* Random medium effects in P-wave analysis, Tenth Symposium on Mathematical Geophysics, Cambridge, England, 25 juni–5 juli 1974.

*Christoffersson, A., og E. S. Husebye\*:* Amplitude weighting for optimal gain in SNR during array beamforming, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Christoffersson, A., og E. S. Husebye\*:* Least squares signal estimation techniques in NORSAR and LASA data processing, Sixty-ninth Annual Meeting of the Seismological Society of America, Las Vegas, USA, 29–31 mars 1974.

*Dahle, A.:* Envelope representation of seismic signals, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Dahle, A.:* Fluctuations of amplitude and phase in a medium with random inhomogeneities, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Dahle, A.:* P-signal variations within NORSAR subarrays, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Dahle, A.\*, K. A. Berteussen og E. S. Husebye:* P-wave parameter variations across large aperture seismic arrays related to crust and upper mantle structures, First Meeting of the European Geophysical Society, Zürich, Sveits, 24–28 september 1973.

*Dahle, A., K. A. Berteussen\* og E. S. Husebye:* Wave scattering effects in modelling intrinsic time and amplitude anomalies observed across the NORSAR array, International Symposium on Seismology and Physics of Solids of the Earth's Interior, Jena, DDR, 1–6 april 1974.

*Dahle, A., K. A. Berteussen, E. S. Husebye\* og A. Christoffersson:* Wave scattering effects and seismic velocity measurements, Fifty-fifth annual meeting of the American Geophysical Union, Washington, D.C., 8–12 april 1974.

*Dahle, A., K. A. Berteussen, A. S. Husebye\* og A. Christoffersson:* Wave scattering effects and seismic velocity measurements, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Fyen, J.\*, E. S. Husebye og A. Christoffersson:* Seismic discriminations between weak signals and noise, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Gjøystdal, H., og E. S. Husebye\*:* Noise suppression problems, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.

*Gjøystdal, H.\*, E. S. Husebye og D. Rieber-Mohn:* One-array and two-array location capabilities, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.

*Husebye, E. S.:* Least squares seismic signal estimation techniques with special

reference to the NORSAR and LASA arrays, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Husebye, E. S.:* Seismic event detection and signal-noise classification, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Husebye, E. S.:* Seismisk forskning ved NORSAR, Årsmøte i Norsk Geofysisk Forening, Nesbyen, 5–8 oktober 1972.

*Husebye, E. S.:* Wave scattering effects and seismic velocity measurements, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Husebye, E. S.\*, A. Dahle og K. A. Berteussen:* Analysis of possible non-random errors in NORSAR event magnitude estimates, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Husebye, E. S., A. Dahle og K. A. Berteussen\*:* Bias analysis of NORSAR and ISC reported P-wave magnitudes, First Meeting of the European Geophysical Society, Zürich, Sveits, 24–28 september 1973.

*Husebye, E. S.\*, H. Gjøystdal og H. Bungum:* Seismisitetkart for Norskehavet basert på 1961–1972 NOAA data, Norsk Geotravers-møte, Bergen, 4 mai 1973.

*Husebye, E. S.\*, H. Gjøystdal og H. Bungum:* Seismicity of the Norwegian Sea, First meeting of the European Geophysical Society, Zürich, Sveits, 24–28 september 1973.

*Husebye, E. S.\*, H. Gjøystdal, H. Bungum og O. Eldholm:* The seismicity of the Norwegian and Greenland seas and adjacent continental shelf areas, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Husebye, E. S.\*, og F. Ringdal:* Multiarray processing problems, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.

*Husebye, E. S.\*, F. Ringdal og J. Fyen:* On-line event detection seismology using a global seismological network, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*King, D. W.:* The use of seismograph arrays in investigating the earth's deep interior, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*King, D. W.:* Precursors to the PP and the seismic P coda, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Marås, N.:* A brief survey of present and future work at NORSAR, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Pirhonen, S.\*, K. A. Berteussen og E. S. Husebye:* Seismic event detectability and noise variations at some Fennoscandian stations, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Purcaru, G.:* Informational energy and entropy, seismic moment and frequency law of earthquakes, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Purcaru, G.:* Informational energy and entropy, seismic moment and frequency law of earthquakes, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Purcary, G.:* The time-magnitude gaps, quasi- and supercyclicity of earthquakes and their prediction: A prediction of destructive intermediate earthquakes, Tenth Symposium on Mathematical Geophysics, Cambridge, England, 25 juni–5 juli 1974.

*Rieber-Mohn, D.:* Aspects of ARPANET usage at NORSAR, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Rieber-Mohn, D.:* Introduction to the use of terminals on the ARPA Network, NATO Advanced Study Institute on Exploitation of Seismograph Networks, Sandefjord, 22 april–3 mai 1974.

*Rieber-Mohn, D.:* The use of ARPANET as a tool for seismic research at NORSAR, Fifth Nordic Seminar on Detection Seismology, Bergen, 20–22 mai 1974.

*Rieber-Mohn, D., og I. Nojonen:* New short-period discrimination criteria used on NORSAR events, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Ringdal, F., og E. S. Husebye\*:* Event detection problems using a partially coherent array, Thirteenth General Assembly of the European Seismological Commission, Brasov, Romania, 30 august–5 september 1972.

*Ringdal, F., E. S. Husebye og A. Dahle\*:* Event detection problems using a partially coherent seismic array, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Steinert, O.:* Stability of array performance, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.

*Steinert, O.\*, E. S. Husebye og H. Gjøystdal:* Noise stability and false alarm rate at NORSAR, Fourth Nordic Seminar on Detection Seismology, Helsinki, Finland, 12–14 juni 1973.