

Rapport nr. 90.148		ISSN 0800-3416		Åpen/ <del>For</del> til	
Tittel: Refleksjonsseismiske målinger ved Oppstad på Jæren, Hå, Rogaland					
Forfatter: E. Muring og J.S. Rønning			Oppdragsgiver: Oljedirektoratet - NGU		
Fylke: Rogaland			Kommune: Hå		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Stavanger			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1212 III Nærbø		
Forekomstens navn og koordinater: Oppstad 32V 3072 65049			Sidetall: 16		Pris: kr. 40,-
Feltarbeid utført: 24.-25.09.90		Rapportdato:		Prosjektnr.: 32.2533.01	Seksjonssjef: <i>J.S. Rønning</i>
Sammendrag:  <p>I et samarbeid mellom Oljedirektoratet og NGU er det skutt høyoppløselig refleksjonsseismikk langs Tvihaugbekken sør for Oppstad på Jæren. Hensikten var å studere løsmassestratigrafi, berggrunns-morfologi og eventuell lagdeling i berggrunnen på begge sider av Gandsfjord-forkastningen.</p> <p>Det var opprinnelig planlagt et ca. 2 km langt profil, men målingene måtte avsluttes etter ca. 300 meter på grunn av ugunstige overflateforhold.</p> <p>Målingene har indikert løsmassemektigheter på opptil 120 m. Flere horisontale/subhorisontale reflektorer opptrer i seismisk seksjon. Reflektor på ca. 90 m dyp utgjør muligens overflaten av en bunnmorene, noe som er i samsvar med antakelser fra tidligere utført refraksjonsseismikk i et nærliggende område. Reflektorer i berggrunnen kunne ikke påvises. Ellers er avsetningstypene lite kjent, og det bør foretas boringer i området for å få klarlagt dette.</p>					
Emneord		Løsavsetning			
Geofysikk					
Refleksjonsseismikk				Fagrapport	

**Innhold**

	Side
1. Innledning	4
2. Målemetode	4
2.1 Måleteknikk	4
2.2 Utstyr	4
2.3 Utførelse	4
2.4 Prosessering	5
3. Resultater	5
3.1 Kvantærgeologi, tidligere refraksjonsseismiske undersøkelser	5
3.2 Refleksjonsseismikk	5
4. Konklusjon	7
Referanser	8

**Tekstbilag**

1. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse

**Databilag**

1. Prosesseringsparametre
2. Seismisk tidsseksjon
3. Seismisk dybdeseksjon
4. Hastighetsanalyser

**Kartbilag**

- 90.148-01 Oversiktskart, Oppstad. M 1:5000

## **1. INNLEDNING**

På forespørsel fra Oljedirektoratet har NGU utført refleksjonsseismiske målinger langs Tvihaugbekken sør for Oppstad på Jæren (se kartbilag 90.148-01). Hensikten med målingene var å studere løsmassestratigrafi, berggrunns morfologi og eventuell lagdeling i berggrunnen på begge sider av Gandsfjord-forkastningen. Det er tidligere utført refraksjonsseismiske målinger i området (Andersen m.fl. 1987), men denne teknikken har begrenset oppløsningsevne, og ved tolkningen er det gjort mange antakelser. For å få en mer direkte avtegning av geologien ble det derfor utført høyoppløselig refleksjonsseismikk.

Opprinnelig var det planlagt et ca. 2 km langt profil som ville krysse Gandsfjord-forkastningen. Ved oppstartingen i vest ble det oppnådd middels gode data, men etter ca. 300 meter profilering avtok penetrasjonen for til slutt å forsvinne helt. Årsaken til dette var for mye grove masser i form av stein ved skuddpunktene. Alternative profilplasseringer ble vurdert, men en fant ingen aktuelle steder, og undersøkelsene måtte avsluttes.

## **2. MÅLEMETODE**

### **2.1 Måleteknikk**

Ved utførelsen av de refleksjonsseismiske målingene ble det benyttet en teknikk kalt 'common depth point' (CDP). Denne teknikken er beskrevet i tekstbilag 2. Ved å registrere på 12 kanaler ble det oppnådd 6-fold (600%) dekning.

### **2.2 Utstyr**

Ved målingene ble det som registreringsinstrument benyttet en 24-kanals digital 12-bits seismograf av typen Scintrex S-2 'Echo'. Det ble anvendt geofoner med 50 Hz egenfrekvens. Energiseringskilden var 12 kalibers hagskudd avfyrt fra en spesiallagd bøsse.

### **2.3 Utførelse**

Det ble målt ett profil. Plassering, lengde og retning av dette er vist i kartbilag -01. Lengden av profilet var 335 m. Viktige opptaksparametre er listet i tabellen under.

<u>Parameter</u>	<u>Verdi</u>
Antall kanaler	12
Geofon- og skuddavstand (m)	5
Offset (m)	30
Analogt lavkuttfilter (Hz)	100
Analogt høykuttfilter (Hz)	500
Opptakstid (ms)	200

Datakvaliteten er middels god. Mot enden av profilet avtar signal/støy-forholdet på grunn av steinrik jord i overflaten og dermed dårlig energiforplantning. Datakvaliteten er her dårlig.

## **2.4 Prosessering**

Ved prosesseringen er den PD-baserte programpakken Interpex/Seistrix-2 benyttet. Prosesseringsrekkefølge og -parametre er listet i databilag 1. Ferdig prosessert seismisk tidsseksjon er presentert i databilag 2. Terrenghøyder som er benyttet ved opptegning av dybdeseksjonen (databilag 3) er lest fra topografisk kart i målestokk 1:5000. Hastighetsanalyser er presentert i databilag 4.

## **3. RESULTATER**

### **3.1 Kvartærgeologi, tidligere refraksjonsseismiske undersøkelser**

Kvartærgeologien i området er dominert av tynn, blokkrik morene med leire under denne (Andersen m.fl. 1987, Wangen 1990). Det er tidligere målt et refraksjonsseismisk profil fra Nordsjøen i retning ØNØ over Varhaug til Steinsvatnet (Andersen m.fl. 1987). Profilet er ca. 10 km langt og ligger ca. 1.5 km S for det refraksjonsseismiske profilet. De refraksjonsseismiske målingene indikerte øverst lag med seismisk hastighet i området 700-1500 m/s, som er tolket å representere glasifluviale avsetninger, ablasjonsmorene eller marine avsetninger. Under følger et lag med seismisk hastighet på ca. 2000 m/s, som er antatt å representere morene. De to påfølgende lag kan ikke påvises direkte ved refraksjonsseismikk og må være basert på rene gjetninger. Det øverste av disse er antatt å ha en seismisk hastighet på ca. 1000 m/s og er tolket å representere lagdelte, marine avsetninger. Over fjell i en mektighet på ca. 5-10 m har man antatt at det opptrer et morenelag med seismisk hastighet på ca. 2000 m/s.

### **2.2 Refleksjonsseismikk**

Det refraksjonsseismiske profilet viser flere klare horisontale til subhorisontale reflektorer (databilag 2 og 3). Få av dem er utholdende gjennom hele seksjonen. Dette skyldes først og fremst varierende signal/støy-forhold, men kan også skyldes at reflektorene representerer laggrenser som er lite utholdende eller at de skiller lag med varierende akustisk impedans. Forskjeller i signalenes amplitude og signatur er framhevet ved varierende strektykkelser i dybdeseksjonen (databilag 3).

Det mest framtrædende trekk er at de tydeligste refleksjoner opptrer i områdene 20-70 ms og 110-130 ms. Hastighetsanalyser (databilag 4) viser at gjennomsnittlig seismisk hastighet til en gjennomgående reflektor på 30-40 ms ligger i området 1600-1800 m/s. Denne

hastigheten avtar til 1400-1700 m/s ned til reflektorer på 70-100 ms. Hastigheten øker igjen til reflektorer på 110-130 ms og ligger her i området 1500-1800 m/s. Det sentrale lavhastighetspartiet er også kjennetegnet ved få tydelige refleksjoner. Disse forhold indikerer at man i de sentrale deler av løsmassene har avsetninger som er forskjellige fra de over- og underliggende. Den nederste reflektoren opptrer ved 130-140 ms og antas å representere fjell. Dyp til fjell ligger i området 110-120 m. Det kommer ikke fram klare reflektorer som kan indikere lagdeling i berggrunnen.

En sammenligning med resultater fra den refraksjonsseismiske tolkningen i tilgrensende område viser at de er i samsvar med hensyn på tilstedeværelsen av et lavhastighetslag. Resultater fra refleksjonsseismikk indikerer en mindre mektighet og høyere seismisk intervallhastighet for dette laget. Reflektor på ca. 110 ms kan samsvare med øvre grense av mulig bunnmorenelag som er inntegnet i det refraksjonsseismiske profil. Disse trekk indikerer at antakelsene ved tolkningen av de refraksjonsseismiske målingene til en viss grad er holdbare.

Avsetningstypene er i stor grad ukjente, og tolkningene er basert på geologiske observasjoner og seismiske hastigheter. For å få et klart svar på hvilke avsetningstyper som er representert, bør det foretas boringer i området.

#### 4. KONKLUSJON

Det er målt et 335 m langt refleksjonsseismisk profil sør for Oppstad på Jæren. Målingene har indikert løsmassemektigheter på opptil 120 m. Flere horisontale/subhorisontale reflektorer opptrer i seismisk seksjon. I øvre del av seksjonen (17-60 m dyp) opptrer de tydeligste refleksjonene, og gjennomsnittlig seismisk hastighet til reflektor på 25-35 m dyp ligger på ca. 1700 m/s. Hastigheten avtar til ca. 1600 m/s mot reflektorer på 60-80 m dyp. Den øker igjen til reflektorer på 90-110 m dyp og ligger her på ca. 1700 m/s. Reflektor på 110-120 m dyp antas å representere fjell. Reflektor på ca. 90 m dyp utgjør muligens overflaten av en bunnmorene. Dette er i tilfelle i samsvar med antakelser ved tolkning av tidligere utført refraksjonsseismikk i et nærliggende område. Reflektorer i berggrunnen kunne ikke påvises. Ellers er avsetningstypene lite kjent, og det bør foretas boringer i området for å få klarlagt dette.

Trondheim, 21/11-1990  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Geofysisk avdeling

  
Eirik Mauring  
Forsker

  
Jan S. Rønning  
Forsker

**Referanser**

Andersen, B.G., Wangen, O.P. & Østmo, S.R. 1987: Quaternary geology of Jæren and adjacent areas, southwestern Norway. Norges geologiske undersøkelse, bulletin 411.

INTERPEX 1990: Seistrix user's manual.

Wangen, O.P. 1990: Nærbø 1212 III. Kvartærgeologisk kart M 1:50000. Norges geologiske undersøkelse (under trykking).

## **REFLEKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE**

Refleksjonsseismikk anvendt på løsmasser er tilpasning og modifisering av konvensjonelle refleksjonsseismiske teknikker. I mange tilfeller kan refleksjonsseismikk være et alternativ til refraksjonsseismikk ved undersøkelse av løsmassestratigrafi og fjelltopografi under løsmasser.

### Oppløsning/dybderekkevidde

I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er haglpatroner avfyrt fra en spesiallagd børs. Ytterligere framheving av høye frekvenser oppnås ved anvendelse av geofoner med høy egenfrekvens (50 eller 100 Hz), samt analog og digital frekvensfiltrering. En utvikling av seismografer i retning av økende dynamikkområde bidrar også til høyere oppløsning. Reflektorer kan under 'gunstige forhold' (se under) kartlegges på dyp i området 10 - flere hundre meter ved denne metoden. Ved en frekvens på 300 Hz og seismisk hastighet på 2000 m/s, kan man teoretisk sett skille lag med en mektighet større enn 2 m.

### Anvendelse/Fordeler og ulemper

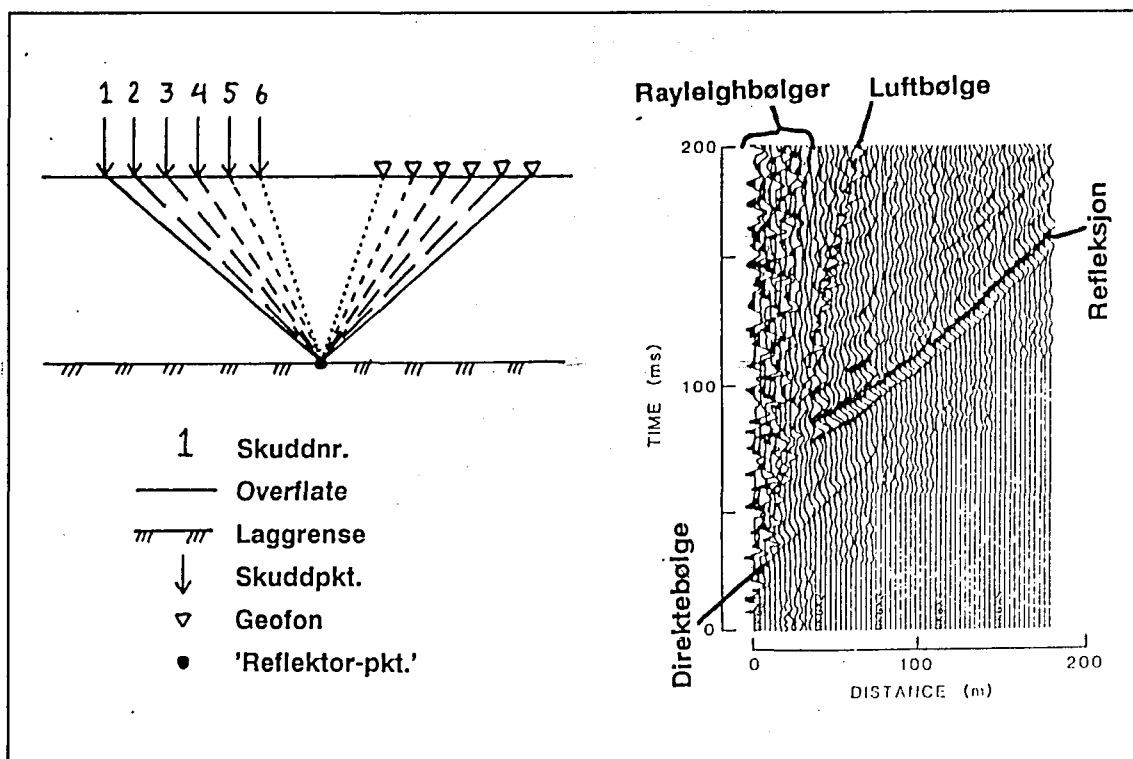
Anvendelsen av refleksjonsseismikk avhenger av god forplantning av høyfrekvent energi. Metoden egner seg derfor best der man ved overflaten har finkornige, vannmettede løsmasser. Dette gir best 'kobling' med bakken for skudd og geofoner. Metoden gir dårlige resultater ved grovkornige, tørre masser og over fyllinger og myr. Ved slike grunnforhold bør refraksjonsseismikk benyttes. I forhold til refraksjonsseismikk gir refleksjonsseismikk en mer direkte og detaljert avtegnning av lag i jorda, og man har ikke de samme problemer med blindsonelag og hastighetsinversjon. Metoden gir derimot dårligere informasjon om lagenes seismiske hastigheter og tykkelser. Ønskes informasjon om lag grunnere enn 10 m, benyttes refraksjonsseismikk.

### 'Common depth point (CDP)'

Ved NGU har man tilpasset programvare og utrustning til en måleteknikk kalt 'common depth point'. Teknikken er skissert i figuren på neste side. Det velges en fast avstand mellom skudd og geofonrekke. Avstanden bør være så stor at overflatebølger (Rayleigh-bølger) og luftbølger, som alle betraktes som støy, ankommer geofonene etter signal fra den dypeste laggrense man vil kartlegge (se figur på neste side). Det registreres på 12 kanaler, som gir 6-fold dekning av hvert 'reflektor-punkt'. Et CDP-opptak oppnås ved at første skudd registreres på geofonene 1-12. Deretter flyttes skuddpunktet fram en avstand som tilsvarer geofonavstanden, og man registrerer på geofonene 2-13. Man 'skyver' altså geofonrekka framover i profilretningen. Som vi ser av figuren, oppnås en 6-fold dekning av hvert



reflektorpunkt fra og med det sjette skuddet. Data fra hvert skudd blir lagret for senere prosessering. En bemanning på 3 personer har vist seg å være optimal ved utførelsen av CDP-målinger. Når man benytter teknikken CDP, kan man under 'normale' forhold profilere 300-400 m pr. dag.



Figuren til venstre viser et opplegg for målinger ved 'common depth point'-teknikken. Figuren til høyre viser et utvalg av seismiske hendelser som er vanlige i et opptak.

### Prosessering

Prosessering av CDP-data er meget tidkrevende, og krever en rask PD med stor lagringskapasitet. De viktigste prosesseringstrinn skal her skisseres:

- 1) Oppbygging av geometrifiler. Her leses inn navn på råopptaksfiler med tilhørende skuddpkt.-plassering. En kan her avgjøre om et opptak skal utelates ved CDP-sorteringen. Data for beregning av statisk korleksjon kan også leses inn (statisk korleksjon utføres for å fjerne effekten av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget). Data om selve oppdraget/profilen leses inn og lagres i en parameterfil.
- 2) Editering av råopptak. Man ser på hvert opptak for å fjerne eventuelle traser (eng.: trace) med dårlig oppløsning eller dårlig signal/støy-forhold. Disse trasene vil da ikke benyttes ved stacking (se under) av data.
- 3) Bestemmelse av filterparametre. Prosesseringsprogrammene som benyttes kan utføre båndpassfiltrering, F-K-filtrering og dekonvolering ved sortering eller stacking. Det er oftest vanlig (og nødvendig) å utføre båndpassfiltrering. Ved båndpassfiltrering konstrueres et filter slik at man fjerner de frekvenser som ligger utenfor frekvensområdet for refleksjoner,

og/eller de frekvenser som er representert i støy. F-K-filtrering og dekonvolvering brukes bare unntaksvis ved prosesseringen, og omtales ikke nærmere.

**4)** Sortering av CDP-data. Ved sorteringen plukker man ut traser med felles midtpunkt og grupperer disse ('CDP gathers'). Filtrering kan utføres under sorteringen.

**5)** Hastighetsanalyse. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til reflektorer bestemmes for enkelte 'CDP gathers'. Disse hastighetene benyttes ved NMO ('Normal Moveout') før stacking (se under). Hastighetsanalyse kan utføres på 3 forskjellige måter, der den vanligste er tilpasning av en hyperbel over tydelige refleksjoner som framtrer i en 'CDP-gather'.

**6)** Muting. Utføres på 'CDP gathers' for å fjerne støy innenfor et tidsvindu som defineres av bruker. Vanlig støy kan være luftbølger fra skuddet, Rayleigh-bølger eller refraksjoner.

**7)** Stacking. Data for hver 'CDP gather' slås sammen etter at NMO-korreksjon er utført. Filtrering (båndpass, F-K eller dekonvolvering) kan utføres før eller etter stacking.

**8)** 'Residual statics'. Fjerner resterende effekt av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget (se pkt. 1). Prosedyren er basert på at en gjennomgående, kraftig reflektor opptrer i den seismiske tidsseksjonen. Ved å legge en linje langs denne reflektoren, vil programmet gå inn på hver 'CDP gather' og justere trasene i tid slik at stackingen langs reflektoren/linjen blir optimal. Deretter må en på nytt utføre hastighetsanalyse og stacking. 'Residual statics' utgjør ofte siste trinn i prosesseringen.

### Plotting

Ved plotting av seismisk seksjon benyttes AGC ('automatic gain control') for å normalisere amplituder og for å framheve svake reflektorer. Grafisk framstilles amplitudeutslag v.h.j.a. en kombinasjon av 'wiggle trace' og 'variable area' (som i figuren). Plottet kan skrives ut i bestemte filformat eller sendes direkte til skriver eller plotter. I tillegg til seismisk seksjon blir detaljer om oppdrag, opptaksparametre og prosessering skrevet ut.

### Tolkning

Tolkning av ferdig prosessert seismisk seksjon baserer seg på gjenkjenning og sammenknytning av refleksjoner. Sammenholdt med opplysninger om seismiske hastigheter avledes en geologisk modell, der man også trekker inn resultater fra eventuelle andre undersøkelser.

**P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER**

Luft		330 m/s
Vann		1400-1500 m/s
Organisk materiale		150-500 m/s
Sand og grus	- over vannmettet sone	200-800 m/s
Sand og grus	- i vannmettet sone	1400-1700 m/s
Morene	- over vannmettet sone	700-1500 m/s
Morene	- i vannmettet sone	1500-1900 m/s
Hardpakket bunnmorene		1900-2800 m/s
Leire		1100-1800 m/s
Oppsprukket fjell		< 4000 m/s
Fast fjell		3500-6000 m/s

LINE: Profil 1

Rogaland

Jaeren

CLIENT: Oljedirektoratet

FOLD: 6

BY: Geological Survey of Norw

RECORDING PARAMETERS

RECORDED BY Jan Steinar Ranning  
 ENERGY SOURCE 12 gauge shot gun  
 INTERVAL GROUP: 5 SOURCE: 5 M  
 TRACES 12 RECORD LENGTH 204. MS.  
 RECORDING FILTER 100 500 HZ  
 INSTRUMENT Scintre  
 SAMPLE RATE .2 MS. DELAY 0 MS.  
 GEOPHONE GROUP LENGTH 0 M  
 SPREAD-Offset 0 - 30 -85  
 DATE RECORDED 9 /25/90  
 DATE PROCESSED 11/21/1990

SEQUENCE

DATUM STATICS  
 TRACE EDITING  
 BANDPASS FILTER  
 CDP SORT  
 VELOCITY ANAL.

CDP	VEL< M/S>	T0<MS.>	CDP	VEL< M/S>	T0<MS.>
19	1750	40	29	1800	32
39	1750	26	49	1639	24
59	1650	23	67	1650	24
79	1750	29	89	1678	28
99	1650	27	109	1600	32
119	1650	35			

TRACE MUTING  
 RESIDUAL STATICS

NORMAL MOVEOUT  
 STACK

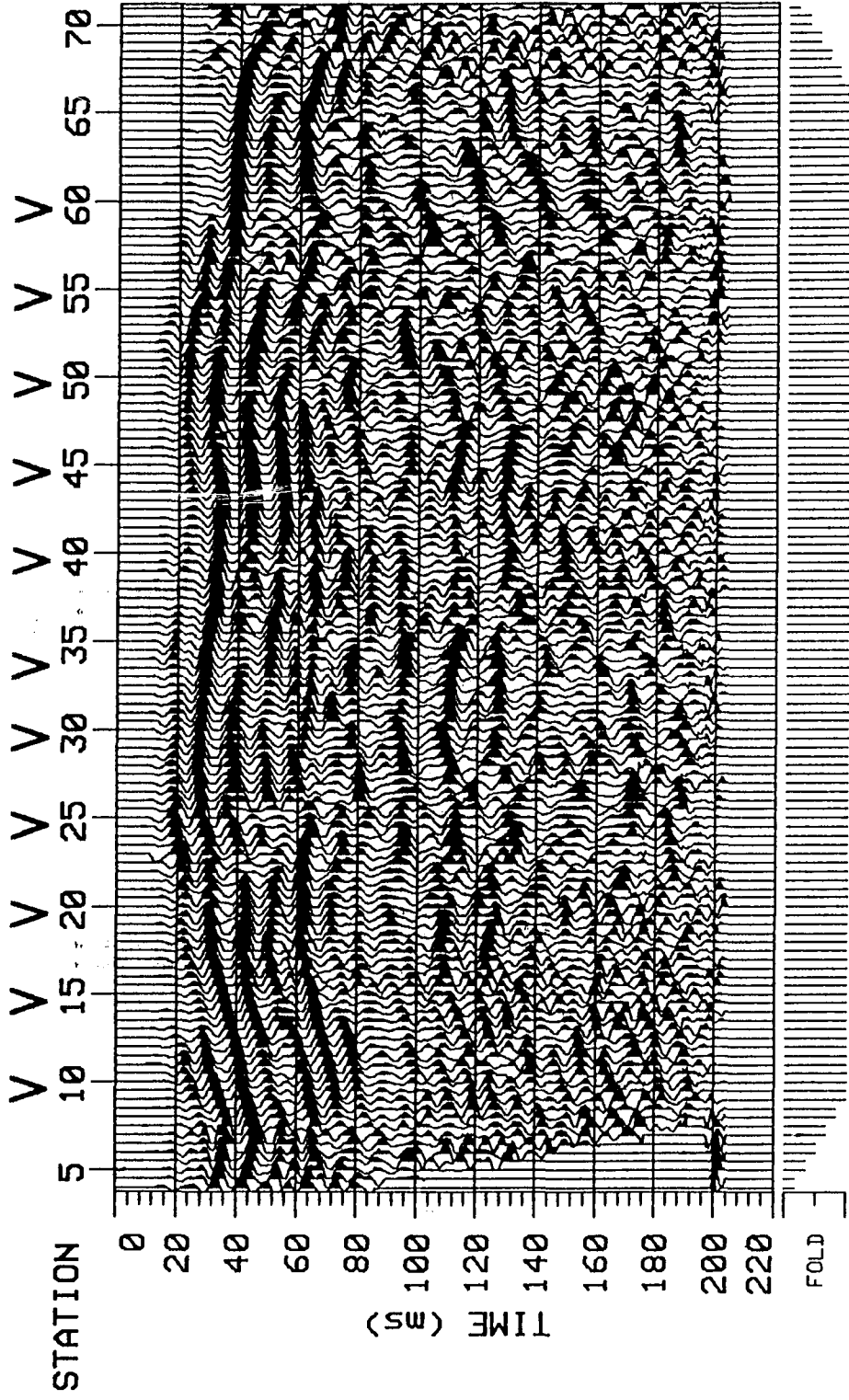
TRACE SCALING

PROCESSING PARAMETERS

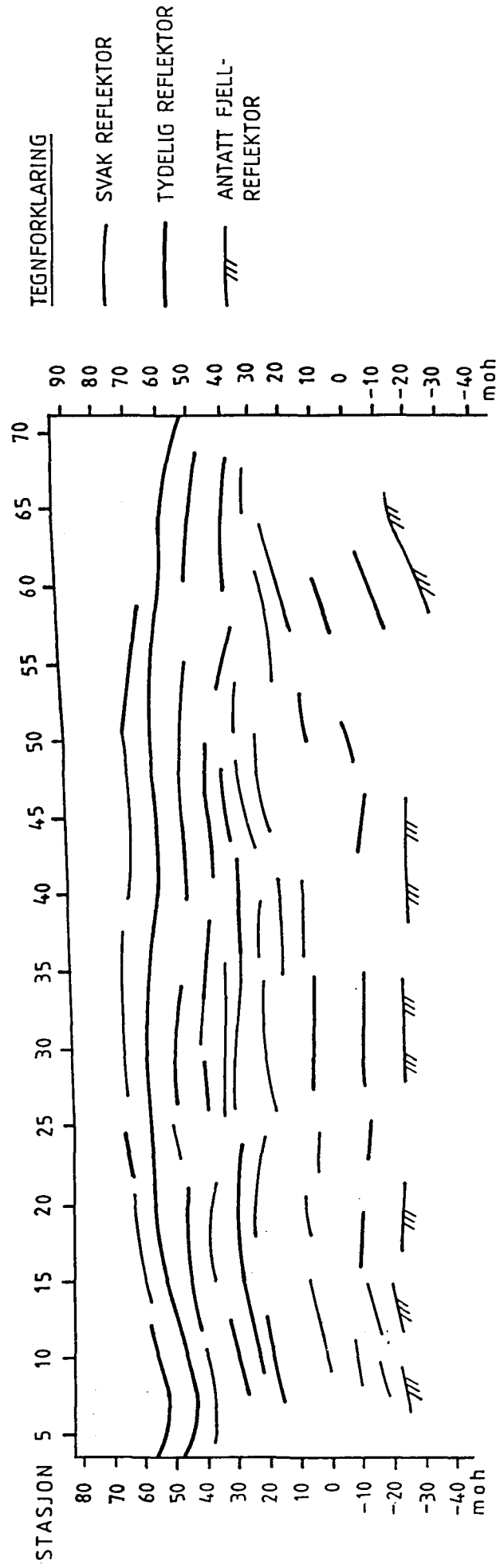
NO CORRECTION APPLIED <SURFACE>

65 TO 200 HZ.

WINDOW 6. MS  
 MAX. SHIFT 3. MS  
 STRETCH .5  
 STRAIGHT STACK  
 SCALAR 1.  
 RMS AMPLITUDE AGC  
 TIME GATE 61 MS  
 AMPLITUDE 2048  
 TRACE BALANCING



DYBDEKONVERTERT SEISMISK SEKSJON



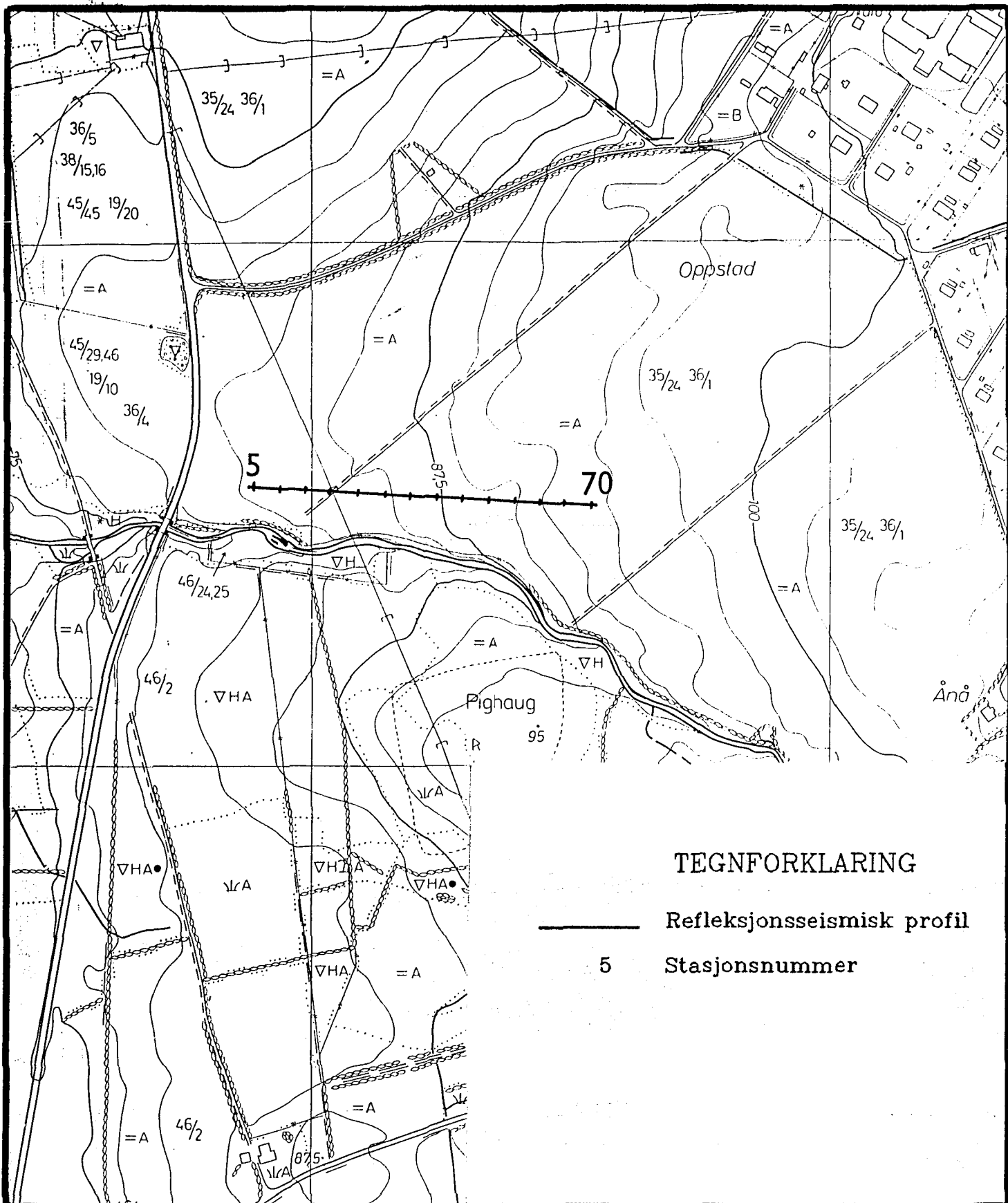
Databilag 4

<u>10</u>		<u>15</u>		<u>20</u>		<u>25</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>
1750	40.7	1800	40.8	1750	31.2	1640	29.2
				1650	58.5	1440	63.3
				1550	85.8	1440	90.6
				1650	113	1440	104.2
				1850	133.5	1540	124.7
<u>30</u>		<u>34</u>		<u>40</u>		<u>45</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>
1650	25.2	1650	27	1750	31	1680	34
1650	93.4	1650	54.3	1650	85.6	1680	102
		1450	74.8				
		1650	102				
		1650	129.4				
<u>50</u>		<u>55</u>		<u>60</u>			
<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t<sub>0</sub>(ms)</u>		
1650	32	1600	41.5	1650	42.8		
1550	73	1800	82.4				
1650	100.2	1700	96.1				
1650	127.5						

v angir gjennomsnittlig seismisk hastighet til reflektor under et skuddpunkt i profilet

t<sub>0</sub> angir toveis gangtid til reflektor

34 angir skuddpunkt for hastighetsanalyse



### TEGNFORKLARING

- Refleksjonsseismisk profil
- 5 Stasjonsnummer

NGU/Oljedirektoratet  
 Oversiktskart  
 OPPSTAD  
 Hå kommune, Rogaland

MÅLESTOKK

1:5000

MÅLT	JSR	Sept. -90
TEGN	EM	Nov. -90
TRAC		
KFR.	EM	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 90.148-01

KARTBLAD NR.  
 1212 III