

NGU Rapport 92.318

Georadarmålinger på Haslemoen,  
Våler kommune, Hedmark

Rapport nr. 92.318		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger på Haslemoen, Våler kommune, Hedmark.				
Forfatter: Eirik Mauring Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: NGU/NVE/NTNF		
Fylke: Hedmark		Kommune: Våler		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2016 II Flisa		
Forekomstens navn og koordinater: Haslemoen 32V 6570 67275		Sidetall: 13	Pris: 175,-	
Feltarbeid utført: 8/9-11/9-1992		Rapportdato: 6/1-1993	Prosjektnr.: 63.2586.00	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Som en del av et samarbeidsprosjekt mellom NGU, NTNF og NVE er det utført georadarmålinger på Haslemoen. Formålet med undersøkelsen var å få en økt forståelse for oppbygging av løsmasseavsetningene i området, til bruk ved modellering av grunnvannsstrømning. Bakgrunnen for denne interessen skyldes påvisning av en nitratplum som er dannet ved 'overdreven' gjødsling. Det er også tidligere utført georadarmålinger i området, men supplerende målinger er utført for å skaffe bedre datagrunnlag, samt for å undersøke metodiske forhold med georadaren i dette området.</p> <p>Målingene har i de fleste profiler gitt et detaljert bilde av strukturer og lagdeling i løsmassene. Fjelloverflaten sees der denne ligger grunt (&lt;25 m). Det mest markante trekk i opptakene er en reflektor ved ca. 500 ns og som markerer toppen av en sekvens av parallelle reflektorer som trolig representerer laminasjoner/tynne lag av finsand/silt. Over denne sekvensen er refleksjonsmønsteret kaotisk med stedvis kraftig reflektivitet. Dette indikerer sandige avsetninger med mulig kryss-sjiktning. Mot nordøst blir refleksjonsmønsteret mer lagdelt, noe som trolig indikerer avtakende kornstørrelse i dette området. Nitratplumen er indikert langs ett profil som et område med sterkt redusert penetrasjon.</p> <p>Årsaken til problemer med stedvis kraftig reflektivitet er ukjent, men kan muligens skyldes 'ringing' fra grunne, kraftige reflektorer. Skrå hendelser i opptakene som skyldes refleksjoner gjennom luft, sees i et par profiler. Bortsett fra at kilden til refleksjonene ser ut til å være åpne områder i skogen, er årsaken til fenomenet ikke kjent.</p>				
Emneord:		Løsmasse		
Geofysikk		Grunnvann		
Georadar		Forurensning		Fagrapport

## **INNHold**

1 INNLEDNING .....	4
2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER .....	4
3 UTFØRELSE .....	4
4 RESULTATER .....	6
5 SLUTTBEMERKNINGER .....	10
6 REFERANSER .....	11

### Tekstbilag

Georadar - metodebeskrivelse

### Kartbilag

92.318-01	Oversiktskart
92.318-02	Georadar, profil 19+20
92.318-03	Georadar, profil 21+22
92.318-04	Georadar, profil 23
92.318-05	Georadar, profil 24
92.318-06	Georadar, profil 25
92.318-07	Georadar, profil 26
92.318-08	Georadar, profil 28

## 1 INNLEDNING

Som en del av et samarbeidsprosjekt mellom NGU, NTNF og NVE er det utført georadarmålinger på Haslemoen, Våler kommune, Hedmark. Formålet med undersøkelsen var å få en økt forståelse for oppbygging av løsmasseavsetningene i området, til bruk ved modellering av grunnvannsstrømning. Bakgrunnen for denne interessen skyldes påvisning av en nitratplum i grunnvannet som er dannet ved 'overdreven' gjødsling. Det har også vært av interesse å forsøke å påvise denne ved bruk av georadar. Området har i lengre tid vært gjenstand for omfattende undersøkelser (se under). Det er også tidligere utført georadarmålinger i området, men supplerende målinger er utført for å skaffe bedre datagrunnlag, samt for å undersøke metodiske forhold med georadaren i dette området.

I denne rapporten presenteres kun en kortfattet beskrivelse av georadaropptak. Tolkning er overlatt til andre prosjektdeltakere. Målingene ble utført av Jomar Gellein og Jan S. Rønning i perioden 8/9-11/9-1992.

## 2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Området som er undersøkt ligger like øst for elva Glomma og avsetningene er dominert av elveavsatt materiale. Som nevnt i innledningen, var det først og fremst påvisning av en nitratplum i området som påkalte interesse og omfattende undersøkelser i området. Dette har hovedsaklig vært i form av kvartærgeologiske og hydrogeologiske undersøkelser (Einan 1989, Englund m.fl. 1985, Englund & Haldorsen 1986, Englund m.fl. 1990, GREGR 1989, Haldorsen m.fl. 1986, Jakobsen 1987, Jakobsen m.fl. 1987, Jakobsen m.fl. 1990, Nordal 1986, Sæland 1987), men også geofysiske undersøkelser (Høye & Sand 1983, Rønning & Mauring 1991, Morris m.fl. 1992). Området blir også for tiden undersøkt som en del av et dr.ing.-arbeid ved NTH innen miljøgeofysikk.

## 3 UTFØRELSE

En generell beskrivelse av målinger med georadar er presentert i tekstbilag. Det ble i alt målt ca. 10.5 km fordelt på 9 profiler. Lokaliseringen av disse framgår av kartbilag -01. Georadaren som ble benyttet var av typen pulseEKKO IV (produsert av Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 400V sender, og senterfrekvensen på antennene var 50 MHz. Antenneavstanden var 1 m og opptakstiden var 1024 ns. Øvrige opptaksparametre er listet i tabellen på neste side.

**Tabell. Oversikt over enkelte opptaksparametre, georadar.**

<u>Profil</u>	<u>Lengde (m)</u>	<u>Samplings- intervall (ns)</u>	<u>Flyttavstand (m)</u>	<u>Stacks</u>
19	228	1.6	1	64
20	2016	1.6	1.8	64
21	779	1.6	1.8	64
22	655	1.6	1.8	64
23	1283	1.6	1.8	64
24	1973	1.6	1.8	64
25	1001	0.8	1.8	32
26	300	1.6	1	64
26b	601	1.6	1.8	64
28	1608	1.6	3	64

## 4 RESULTATER

Ved dybdekonvertering er det benyttet resultater fra hastighetsanalyser utført ved georadarmålinger tidligere (Rønning & Maurant 1991). Det ble funnet at hastigheten 0.07 m/ns var mest representativ for området som helhet. Dette indikerer høyt grunnvannsspeil.

Ved beskrivelse av georadaropptakene er refleksjonsmønster klassifisert etter en standard foreslått av Beres & Haeni (1991). En skjematisk og grov tolkning av opptakene er basert på denne klassifikasjonen.

Generelt opptrer en del instrument-generert støy i de fleste opptak. Horisontale hendelser som opptrer etter 800 ns kan i de fleste tilfeller betraktes som støy. Støyen varierer i styrke, stort sett pga. varierende forsterkning ved utskrift.

### Profil 19

Opptaket er vist i kartbilag -02. Profilet starter på øst-vestgående veg (Nybrottsvegen) og følger trasé mot testområde (pkt. 73). Tre 'blanke' tracer representerer nær vinkelrett avbøyning mot høyre. Selve testområdet omslutes av tracene 85 til 183. Manglende data fra posisjon 183 og ut profilet skyldes georadar-svikt. Opptaket er kjennetegnet ved kraftig refleksivitet med et hauget/kaotisk refleksjonsmønster, som i en fluvial avsetning ofte representerer kryss-sjiktet sand. Grunnvannsspeil sees stedvis som en horisontal reflektor i området 50-100 ns. Energiinnholdet avtar gradvis langs profilet, noe som kan ha sammenheng med dårligere kobling mot bakken eller økende elektrisk ledningsevne på overflaten utenfor veitrasé. Penetrasjonsdypet er lokalt større enn 30 m.

### Profil 20

Opptaket er vist i kartbilag -02. På grunn av program-/diskettfeil gikk opptaket mellom posisjon 463 og 784 tapt. Det mest dominerende trekk ved opptaket er en reflektor som opptrer ved ca. 500 ns. Denne framtrer tydeligst fra starten av profilet og til posisjon 800 og svekkes deretter. Dette er samme effekt som langs profil G ved tidligere georadarundersøkelser (Rønning & Maurant 1991) og kan være forårsaket av økende ledningsevne i bakken på grunn av gjødsling. Signalstyrken er betraktelig svekket under den ovennevnte reflektor, som utgjør toppen av en sekvens av mindre tydelige, parallelle reflektorer. Sekvensen representerer trolig laminasjoner eller tynne lag av finsand/silt. Over den markante reflektoren er refleksjonsmønsteret nærmest kaotisk. Det er vanskelig å se sammenhengende reflektorer her. Refleksjoner fra grunnvannsspeilet er stedvis framtrede mellom 50 og 100 ns, som mellom posisjon 180 og 225 og mellom 1385 og 2015. Penetrasjonsdypet er ca. 20 m.

### Profil 21

Opptaket er vist i kartbilag -03. Fjelloverflaten vises tydelig mellom posisjon 0 (450 ns) og 65 (700 ns). Området mellom posisjon 45 og 150 viser likhetstrekk med profil 20, ved at en også her har en markert reflektor ved ca. 500 ns, med flere horisontale reflektorer under

denne. Denne sekvensen utgjøres trolig av laminerte finsand/silt-sedimenter. Øst for posisjon 150 sees stort sett et kaotisk refleksjonsmønster fram til posisjon 690. Plottet er meget kraftig forsterket, og reflektorer i antatt finsand/silt-sekvens er i realiteten meget svake. I området mellom posisjon 150 og 690 kan det hende at multipler ('ringing') av grunne, kraftige reflektorer overskygger reflektorene i finsand/silt-sekvensen. Fra posisjon 690 sees igjen en reflektor ved ca. 500 ns. Mulig grunnvannsspeil sees ved ca. 100 ns mellom posisjon 150 og 675. Penetrasjonsdypet i området 0-150 og 690-779 er 25-30 m.

### Profil 22

Opptaket er vist i kartbilag -03. Fra posisjon 0 (100 ns) til posisjon ca. 150 (550 ns) vises fjelloverflaten som en uregelmessig, kraftig reflektor. En mer eller mindre sammenhengende reflektor sees fra posisjon ca. 110 ved 450 ns (støter her mot fjellreflektoren) og til posisjon 590 ved ca. 550 ns. Stedvis er reflektoren 'skjult' av antatt 'ringing' fra grunne reflektorer (posisjon 140-250, 430-540, 590-enden av profilet). Under reflektoren ser en i dette området svake, parallelle reflektorer som muligens utgjør laminasjoner eller tynne lag av finsand/silt. Over denne sekvensen opptrer et kaotisk refleksjonsmønster med stedvis kraftig reflektivitet (skaper trolig stedvis 'ringing') som trolig representerer sandige avsetninger. Antydning til skråsiktning sees i området mellom posisjon 350 og 430. Antatt grunnvannsspeil sees ved ca. 100 ns i områdene 50-250 og 500-610. Penetrasjonsdypet ligger i området 20-25 m.

### Profil 23

Opptaket er vist i kartbilag -04. Kommentarer under opptakene (bnst, STBTT osv.) refererer til militært 'øvingskart FASØ'. En markert reflektor sees fra posisjon ca. 100 (300 ns) til posisjon 900 (400 ns). Denne utgjør toppen av en sekvens av parallelle reflektorer. Denne sekvensen tolkes, som for de andre profilene, å utgjøre laminasjoner og tynne lag av finsand/silt. Mellom posisjon 900 og 1100 er det vanskelig å se toppen av sekvensen pga. redusert penetrasjon i dette området. Fra posisjon 1100 sees øvre grense på ca. 470 ns, og den faller svakt nedover langs profilretningen til ca. 525 ns ved enden av profilet. En uregelmessig reflektor på ca. 600 ns mellom posisjon 495 og 540 kan representere fjell.

Reflektorer over den nevnte finstoffsekvensen viser fra posisjon 180 et lagdelt, parallelt refleksjonsmønster som mot enden av profilet i sør går over til å bli mer haugget og kaotisk. Dette er en indikasjon på at avsetningene innen denne sekvensen blir mer grovkornet og mindre lagdelt mot sør. Horisontale reflektorer opptrer mer eller mindre sammenhengende ned til 125 ns, der den kraftigste av dem trolig representerer grunnvannsspeil. Spesielt tydelig er dette mellom posisjon 810 og 1080 ved ca. 110 ns.

Et karakteristisk trekk ved profilet er opptreden av skrå, lineære hendelser som krysser opptakene flere steder. Hendelsene er best synlige mellom posisjon 270 og 360. Helningen på hendelsene angir en EM-bølgehastighet på rundt 0.3 m/ns, som tilsvarer bølgehastighet i luft. Ved å følge hendelsene til overflaten, ser en at de stammer fra åpent område med små betongbelagte stikkveier. Hendelsene representerer siderefleksjoner fra disse åpne områdene.

Det er uklart om disse refleksjonene skyldes betongdekket på bakken eller rett og slett forskjellige dielektrisitetsforhold i skog kontra åpne områder. Penetrasjonsdypet øker fra ca. 15 m ved starten av profilet til ca. 20 m ved enden av profilet, men er stedvis oppe i ca. 25 m.

#### Profil 24

Opptaket er vist i kartbilag -05. Også i dette profilet sees en meget klar, gjennomgående reflektor som i gjennomsnitt opptrer ved 500 ns, etterfulgt av flere parallelle reflektorer i en sekvens som sannsynligvis representerer finsand/silt-laminasjoner. Mot enden av profilet stiger reflektoren jevnt oppover i profilretningen og blir mindre tydelig. Den forsvinner helt ved posisjon 1690 pga. plutselig redusert penetrasjon som trolig skyldes godt ledende materiale nær overflaten (armert betong i vegdekket). Over den nevnte sekvensen har vi noe varierende forhold når det gjelder reflektivitet og refleksjonsmønster. Ved starten av profilet i sørvest har vi kraftig reflektivitet og et noe kaotisk refleksjonsmønster. Stedvis kan skrå eller horisontale reflektorer sees. Langs profilretningen mot nordøst blir reflektiviteten mindre kraftig og refleksjonsmønsteret blir svakt bølget eller parallelt. Denne overgangen representerer trolig en tilsvarende overgang fra sandige, kryss-sjiktete sedimenter til mer finkornige (finsand/silt) og lagdelte eller laminerte sedimenter. De sistnevnte sedimenter er trolig avsatt et stykke fra et gammelt elveløp i forbindelse med høy vannstand eller flom. Penetrasjonsdypet er 15-20 m fram til posisjon 1690 der det brått blir ca. 5 m.

#### Profil 25

Opptaket er vist i kartbilag -06. Fra posisjon 540 og østover til enden av profilet inntreffer trolig det samme forhold som i profil 21, men i langt sterkere grad, med mye energi, kraftig reflektivitet og et kaotisk mønster. Dette skjer ved overgang fra profilering langs asfaltvei til profilering langs gressbevokst veg. Årsaken til dette fenomenet er ellers uklart, og skyldes trolig ikke rent geologiske forhold. 'Ringing' fra grunne, kraftige reflektorer er tidligere nevnt som en mulig årsak, men må ikke betraktes som den eneste mulige. I dette området er opptaket ikke tolkbart. Forsterkningen av denne del av profilet er åpenbart for kraftig, men det kommer ikke fram mer informasjon ved svakere forsterkning.

Opptaket fram til posisjon 540 viser mange fellestrekk med de profiler som allerede er omtalt. Overflaten av antatt finstoffsekvens opptrer her som en reflektor i området 500-600 ns. Ca. 100 ns over denne har vi en reflektor som er subparallell og som muligens representerer en overgangssone mellom finstoffsekvens og de antatt mer sandige avsetninger over (representert ved uregelmessig eller kaotisk refleksjonsmønster med kraftig reflektivitet). Øverst har vi en sekvens av kraftige, parallelle reflektorer som antas å være reelle. Tykkelsen øker fra posisjon 0 (100 ns) til 540 (200 ns). Sekvensen kan delvis sees også i det østlige, kaotiske området. Sekvensen representerer muligens flomsedimenter. Plutselig reduksjon i penetrasjonsdyp helt ved østenden av profilet skyldes at en her kommer ut på vei som trolig er blitt saltet. Penetrasjonsdypet fram til posisjon 540 er i størrelsesorden 20 m.



### Profil 26

Profilen er oppdelt i to, profil 26 og 26b pga. bruk av to forskjellige flyttavstander. Opptakene er vist i kartbilag -07. Profilen er en del av tidligere målt profil C (1340-2315, Rønning & Mauring 1991). De første 300 m av profilen er målt med flyttavstand 1 m for å se om dette hadde en effekt på det kaotiske refleksjonsmønsteret som ble observert i tilsvarende område ved de tidligere målingene. Det synes åpenbart at kvaliteten på opptaket med 1 m flyttavstand ikke er vesentlig bedre enn tidligere målinger (med 1.8 m flyttavstand). Opptaket viser stort sett et kaotisk refleksjonsmønster. Redusert penetrasjon mellom posisjon 190 og 750 skyldes passering av jorde med mulig nitratforurensning grunnvann som øker ledningsevnen i bakken, noe som er i overensstemmelse med tidligere målinger. Ellers sees et par skrå, lineære hendelser (posisjon 45-65 og 130-150) som har en hastighet på ca. 0.3 m/ns og som altså representerer reflektert energi som har gått gjennom lufta. Energien ser ut til å bli reflektert fra et åpent område i skogen, og i dette området kan en se bort fra betongdekke som årsak til reflektor (jfr. profil 23). Det gjennomgående kaotiske refleksjonsmønsteret bidrar ellers ikke til forståelsen av løsmassenes oppbygning i dette området.

### Profil 28

Opptaket er vist i kartbilag -08. Det er dominert av et kaotisk refleksjonsmønster med høy refleksivitet, spesielt i området 0-400 ns. Profilen er målt ikke langt fra elva Glomma, og det forventes at avsetningene her for det meste består av kryss-sjiktet sand, som eventuelt kan forklare det kaotiske refleksjonsmønsteret. Øvre grense av antatt finstoffsekvens som en kan se på de andre profilene, kan ikke sees her, og kan heller ikke sees på de andre profilene målt vest for fjellterskel blottet i Spulsåsen. Penetrasjonsdypet er større enn 30 m.

## 5 SLUTTBEMERKNINGER

Georadarmålingene har i de fleste profiler gitt et detaljert bilde av strukturer og lagdeling i løsmassene. Fjelloverflaten sees der denne ligger grunt (< 25 m). Det mest markante trekk i opptakene er en reflektor som i gjennomsnitt ligger på 500 ns (15-20 m dyp) og som markerer toppen av en sekvens av parallelle reflektorer som trolig representerer laminasjoner/tynne lag av finsand/silt. Over denne sekvensen er refleksjonsmønsteret kaotisk med stedvis kraftig reflektivitet. Dette indikerer sandige avsetninger med mulig kryss-sjiktning. Mot nordøst langs profil 23 og 24 blir refleksjonsmønsteret gradvis mer lagdelt, noe som trolig indikerer avtakende kornstørrelse i dette området. Øverst i opptakene sees stedvis kraftige, parallelle reflektorer som muligens representerer laminasjoner i flomsedimenter. Grunnvannspeil ligger grunt i området; 50-100 ns (3-6 m dyp ved hastighet 0.13 m/ns). Nitratplumen er indikert langs profil 26 som et område med sterkt redusert penetrasjon. Penetrasjonsdypet ligger i gjennomsnitt på ca. 20 m og er stort sett kontrollert av finstofflag på dette dypet.

Årsaken til problemer med stedvis kraftig reflektivitet (som for profil 5, 540-980), er ikke kjent men må betraktes som støy. Det ble også fokusert på dette problemet ved tidligere georadarmålinger. Fenomenet kan muligens skyldes 'ringing' fra grunne, kraftige reflektorer. Langs to profiler ble det observert lineære, skrå hendelser som skyldes energi reflektert gjennom luft. Kilden til refleksjonene ser ut til å være åpne områder i et ellers skogbevokst terreng. Årsaken til dette fenomenet er heller ikke kjent, men kan i profil 23 skyldes betongbelagte stikkveier.

## 6 REFERANSER

- Beres, M. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water, Vol. 29, No. 3, pp 375-386.*
- Einan, B.S. 1989: En modellering av grunnvannets bevegelse på Haslemoen ved endelige elementers metode. *Hovedoppgave ved Institutt for Geofysikk. Universitetet i Oslo.*
- Englund, J.O., Bjerklund, E. & Meyer, K.F. 1985: Nitrogen i grunnvann fra endel områder i sydøst-Norge. *Institutt for geologi, Norges landbrukshøgskole, rapport nr. 23, 4 pp.*
- Englund, J.O., & Haldorsen, S. 1986: Profiles of nitrogen species in a sand-silt aquifer at Haslemoen, Solør, South Norway. *Nordic Hydrology 17, pp. 295-304.*
- Englund, J.O., Hongve, D. & Sæland, S. 1990: Areal use - groundwater quality, particularly with respect to nitrate. Case studies from southeastern Norway. *Norwegian national institute of public health. SIFF Rapport nr. 78 (ISSN 0801-3519).*
- GREGR 1989: Groundwater REsearch Group, Oslo, Norway. *Annual report 1989.*
- Haldorsen, S., Deinboll Jenssen, P. & Samuelsen, J.M. 1986: Hydrogeological properties of the fine sand-coarse silt ('Koppjord') in Solør, Southeastern Norway. *Norsk geologisk tidsskrift 66, pp. 223-233.*
- Høye, T. & Sand, M. 1983: Geofysiske undersøkelser av kvartære sedimenter ved Haslemoen og Flisa, Hedmark. *Hovedoppgave ved institutt for geologi, Universitetet i Oslo, 123 pp.*
- Jakobsen, B. 1987: Grunnvannsdannelse, Haslemoen. Et modellstudium. *Hovedoppgave ved institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo, 67 pp.*
- Jakobsen, B., Gottschalk, L., Haldorsen, S & Høstmark, A.K.S. 1990: Groundwater recharge studies of fluvial deposits at Haslemoen, Solør, Southeastern Norway. *Norsk geologisk tidsskrift vol. 70 nr. 1.*
- Morris, M., Kitterød, N.O., Lile, O.B. & Rønning, J.S. 1992: Monitoring of groundwater flow with electrical resistivity at Haslemoen, Hedmark County. *NGU Report in preparation.*
- Nordal, O. 1986: Grunnvannsbalanse - en modellstudie fra Haslemoen. *Hovedoppgave ved institutt for geologi, Norges landbrukshøgskole.*
- Rønning, J.S. & Muring, E. 1991: Georadar og refleksjonsseismiske målinger på Haslemoen, Våler kommune, Hedmark. *NGU Rapport 91.270.*
- Sæland, S. 1987: Arealbruk - nitratbelastning på grunnvatn. *Hovedoppgave ved institutt for jordfag, Norges landbrukshøgskole, 100 pp.*

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{v t_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

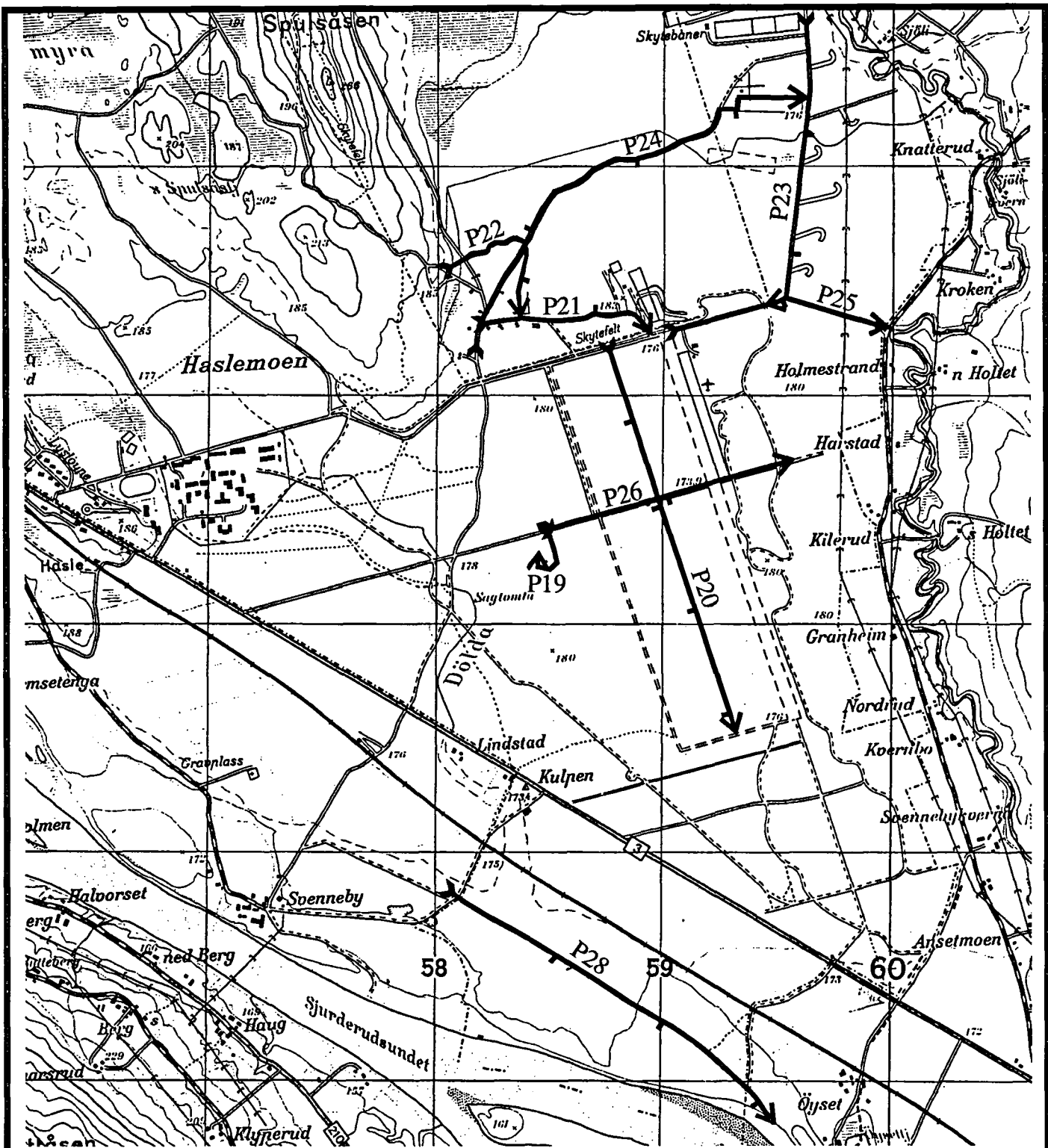
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

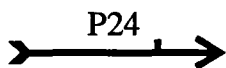
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



**TEGNFORKLARING**



Georadarprofil med profilnummer og markering for hver 500 meter

NGU/NVE/NTNF  
OVERSIKTSKART

**HASLEMOEN**

VÅLER KOMMUNE, HEDMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:25000

MÅLT JSR

TEGN EM

TRAC

KFR

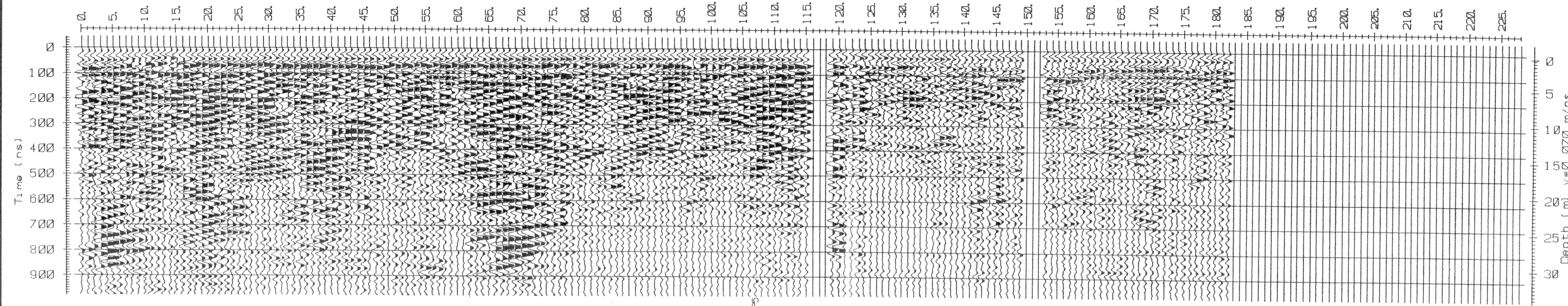
Sept. -92

Des. -92

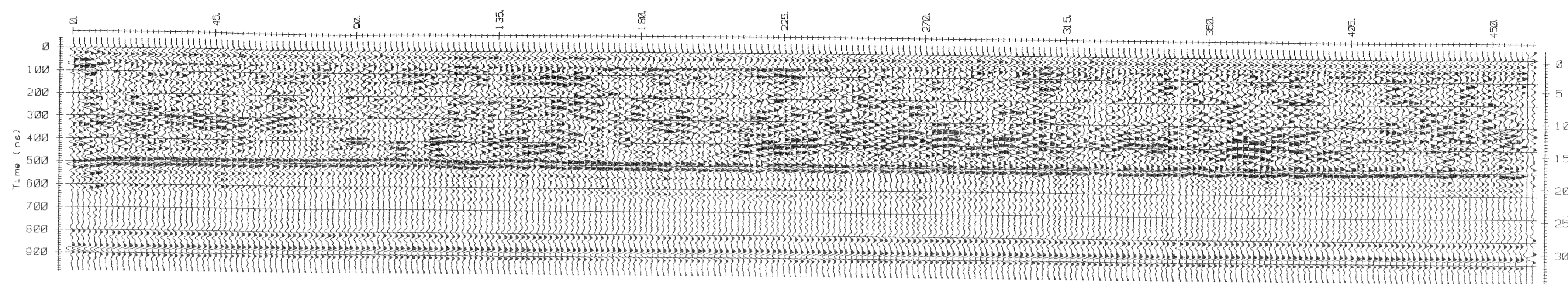
TEGNING NR  
92.318-01

KARTBLAD NR  
2016 II

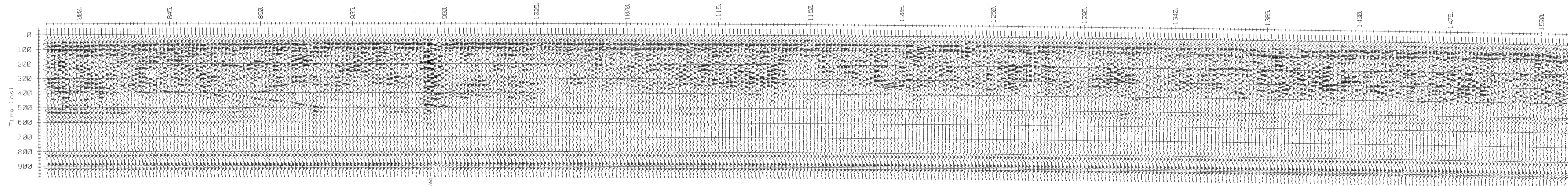
PROFIL 19



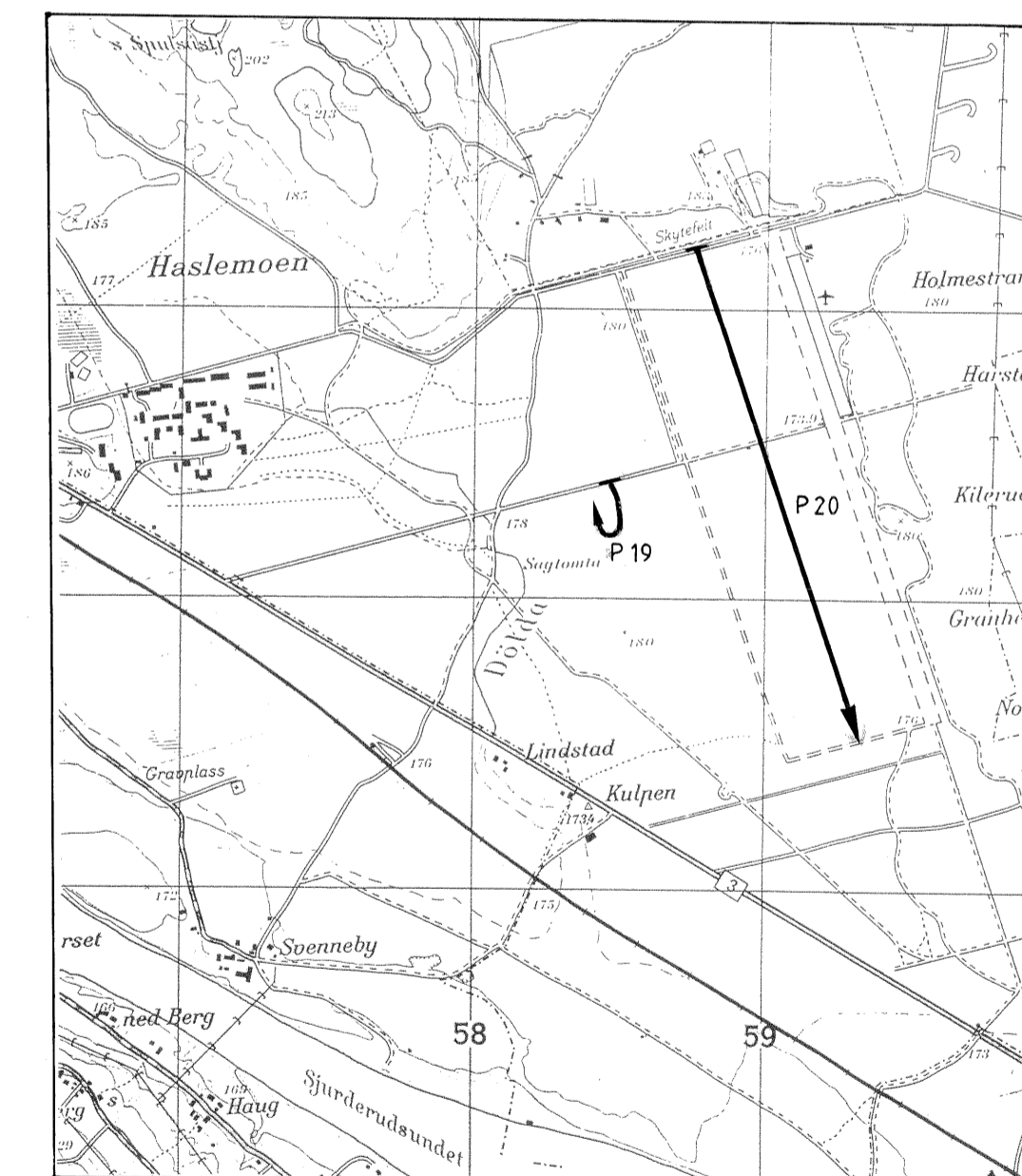
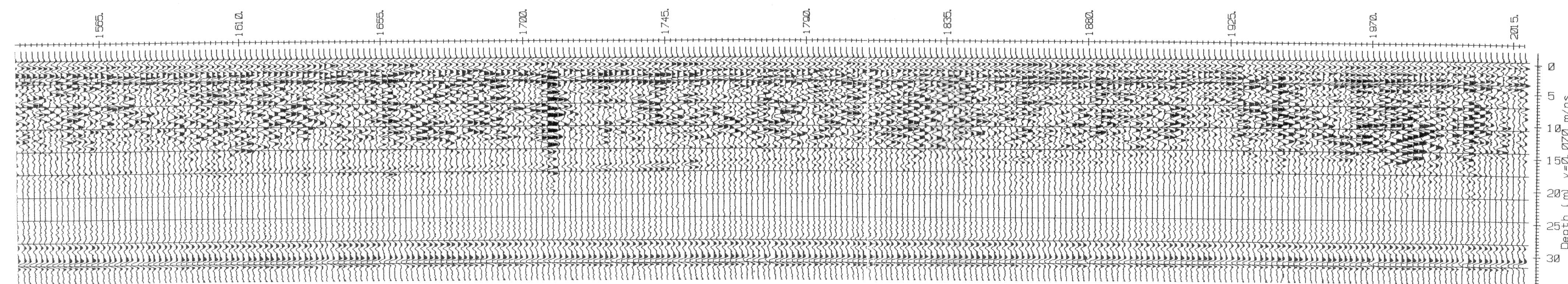
PROFIL 20



PROFIL 20 ( FORTS. )



PROFIL 20 ( FORTS. )



P 20 GEORADARPROFIL N/PROFILNUMMER

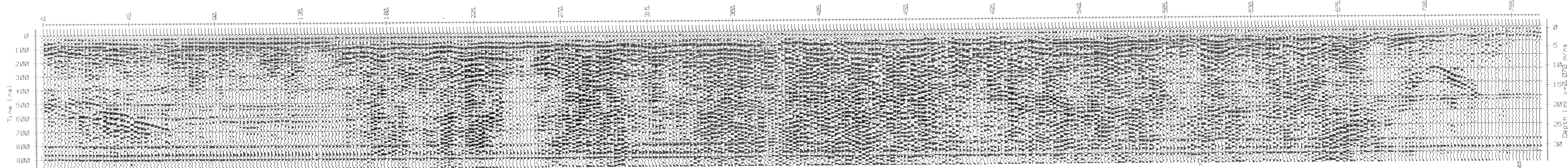
NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 19+20 <b>HASLEMOEN</b> VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK KART: 1:25000	MÅLT J.S.R. TEGN E.M. TRAC T.H. KFR	SEPT.-92 DES.-92 — II — — II —
	TEGNING NR 92.318-02	KARTBLAD NR 2016 II	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR  
92.318-02

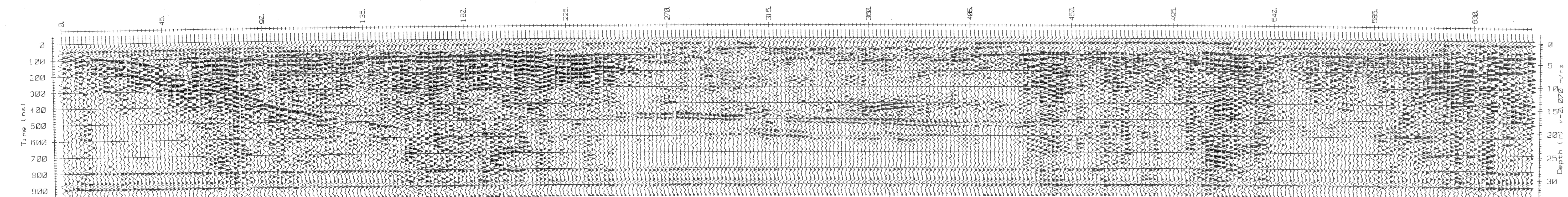
KARTBLAD NR  
2016 II

PROFIL 21

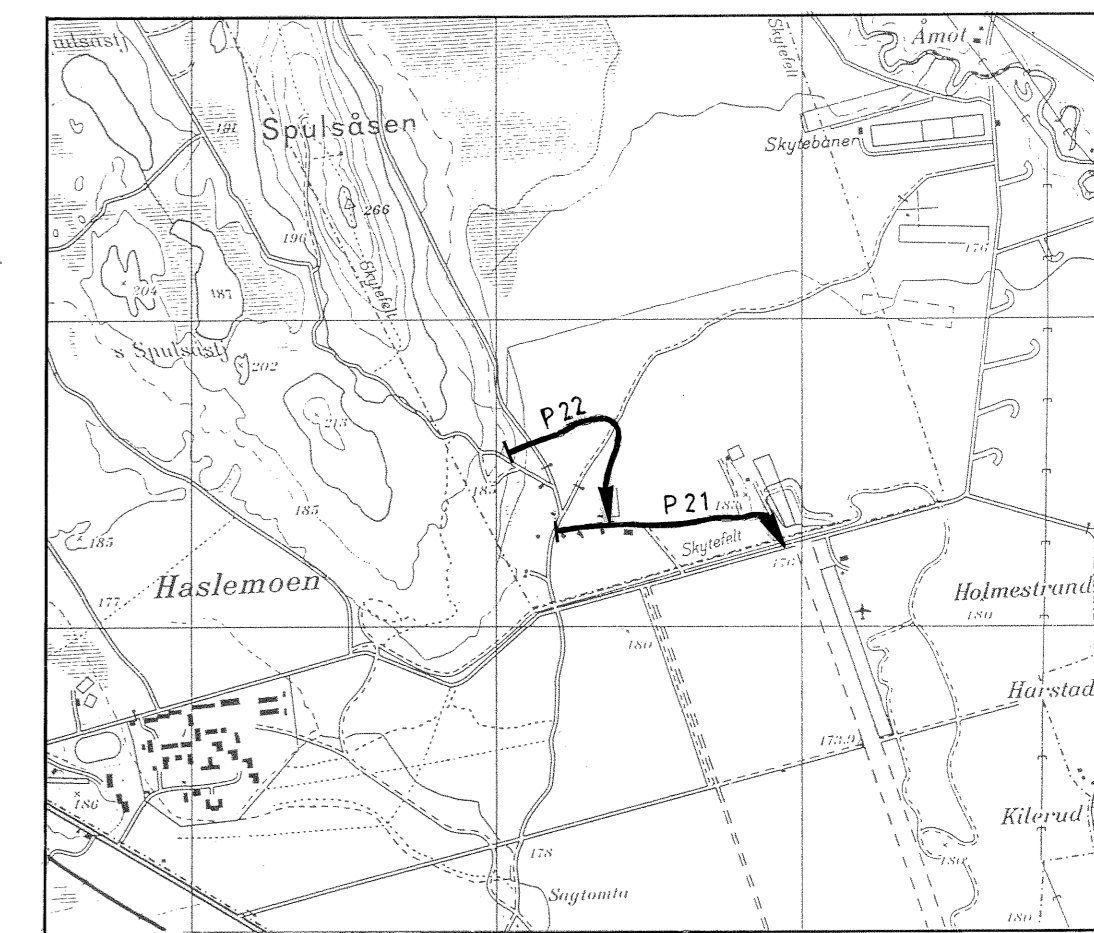


Depth (m) v=0.070 m/ns

PROFIL 22



Depth (m) v=0.070 m/ns



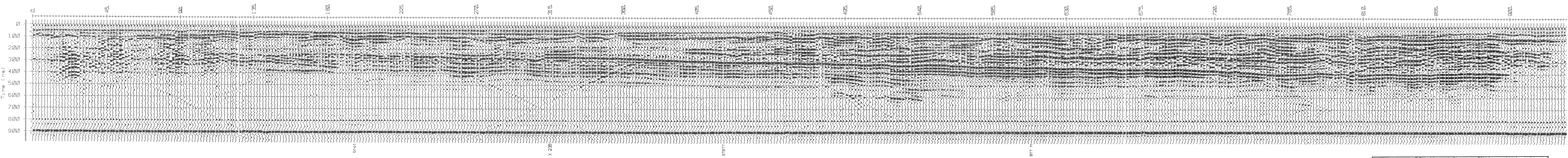
P21 → GEORADARPROFIL M/PROFILNUMMER

NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 21+22 <b>HASLEMOEN</b> VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK <b>KART:</b> 1:25000	MÅLT J.S.R. SEPT.-92 TEGN. E.M. DES.-92 TRAC T.H. — II — KFR. — II —
	TEGNING NR. 92.318-03	KARTBLAD NR. 2016 II

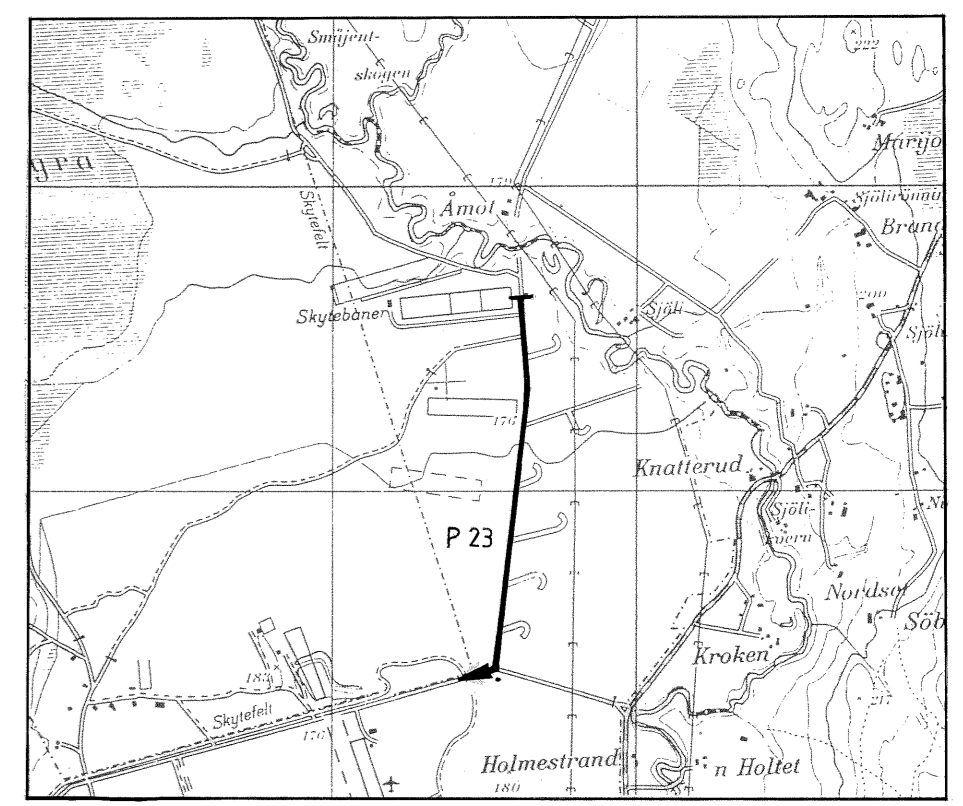
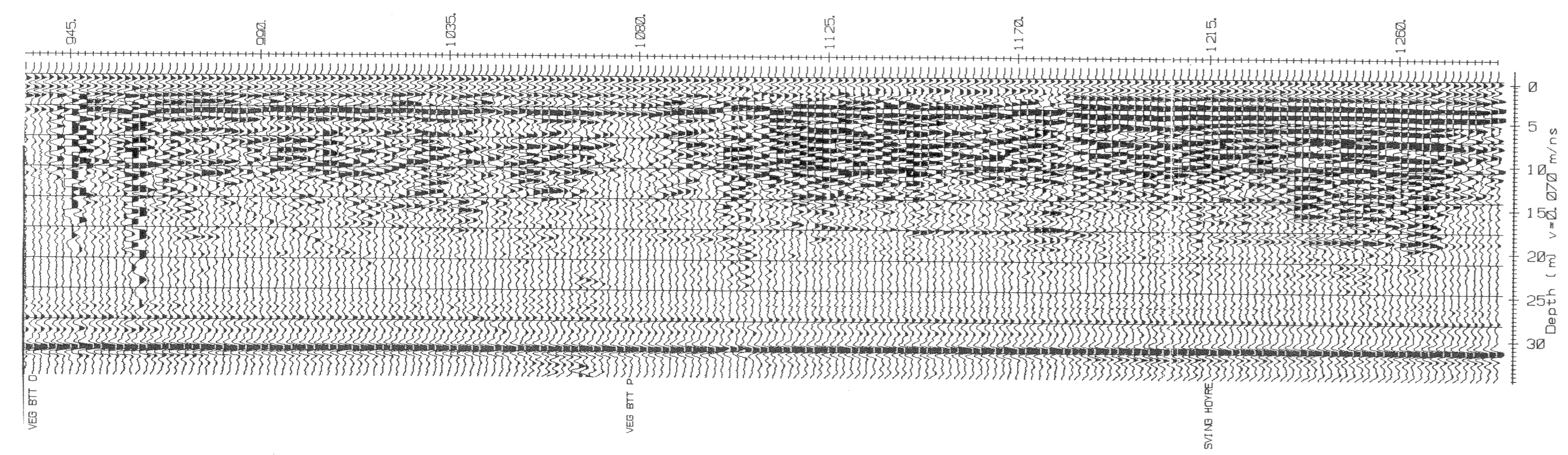
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM



PROFIL 23



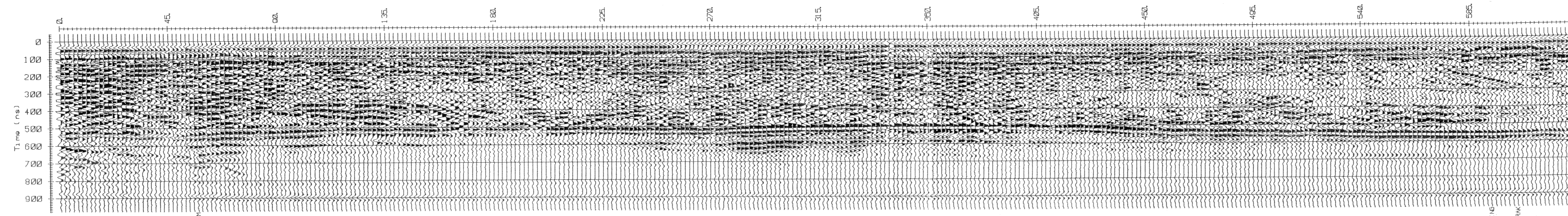
PROFIL 23 ( FORTS. )



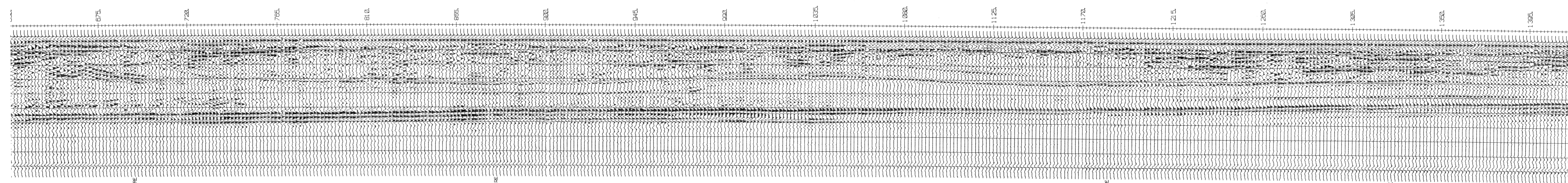
P 23 → GEORADARPROFIL M / PROFILNUMMER

NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 23 <b>HASLEMOEN</b> VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLSTOKK <b>KART:</b> 1:25000	MÅLT J.S.R. SEPT.-92 TEGN. E.M. DES. -92 TRAC T.H. — II — KFR. — II —
	TEGNING NR. 92.318-04	KARTBLAD NR. 2016 II
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		

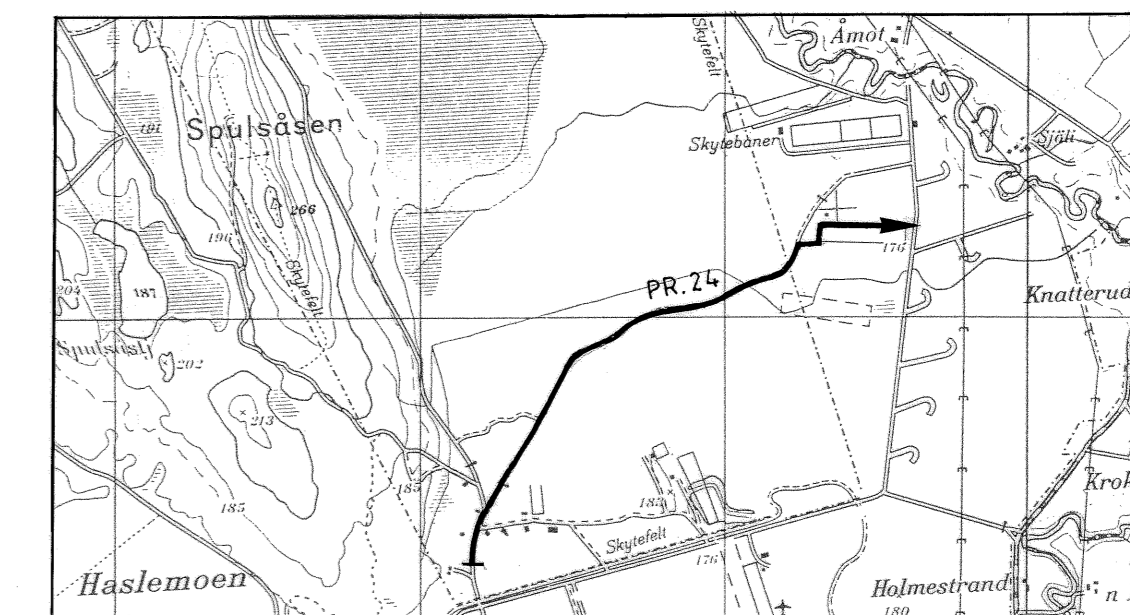
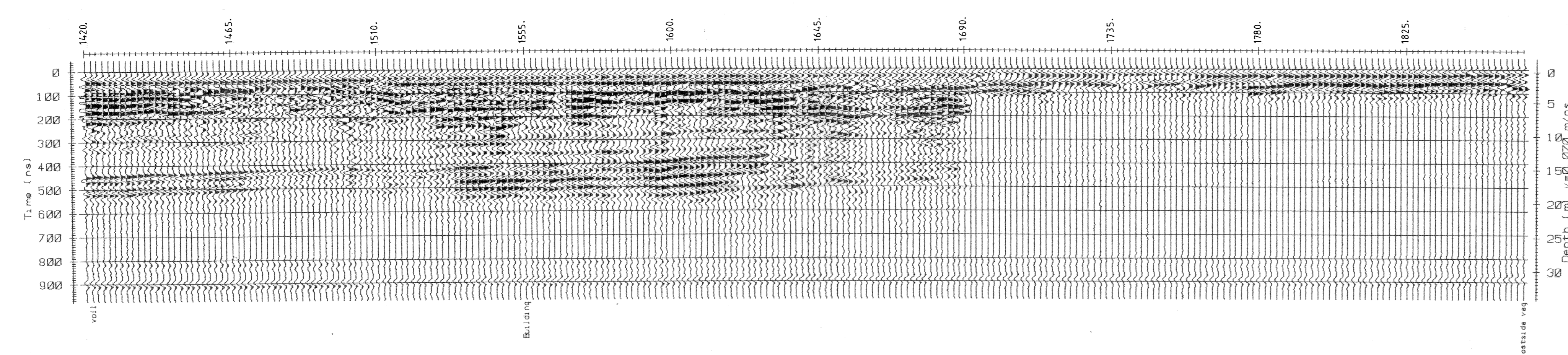
PROFIL 24



PROFIL 24 (FORTS.)



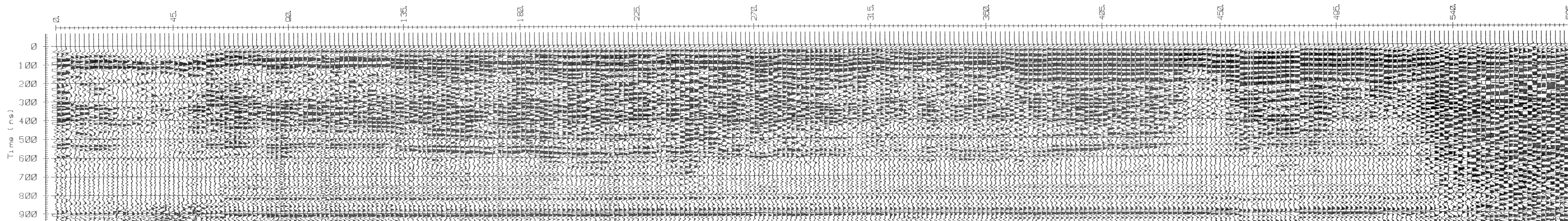
PROFIL 24 (FORTS.)



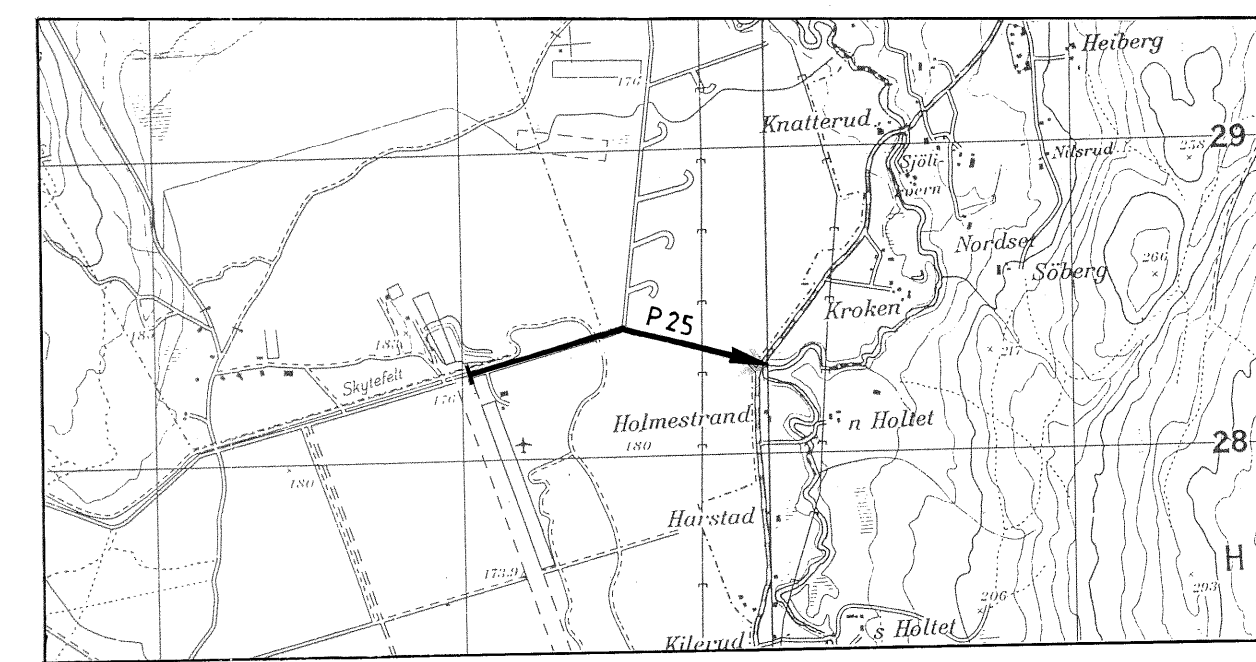
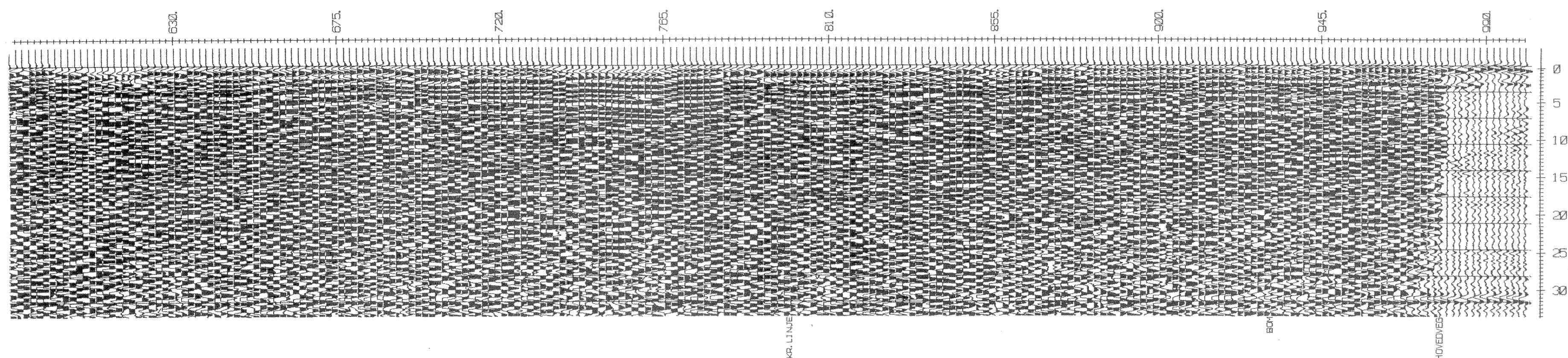
P24 → GEORADARPROFIL N/PROFILNUMMER

NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 24 HASLEMOEN VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK	MÅLT J.S.R.	SEPT.-92
	KART:	TEGN E.M.	DES. -92
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	92.318-05	2016 II	

PROFIL 25

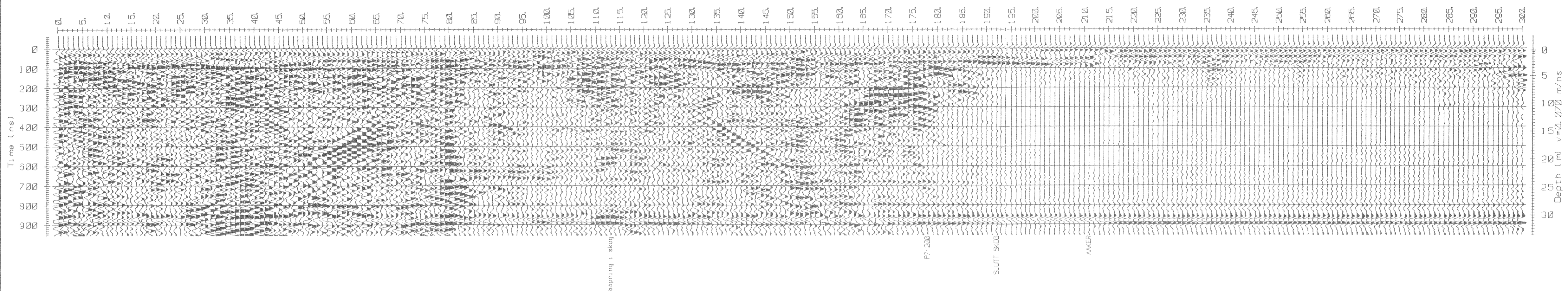


PROFIL 25 ( FORTS. )

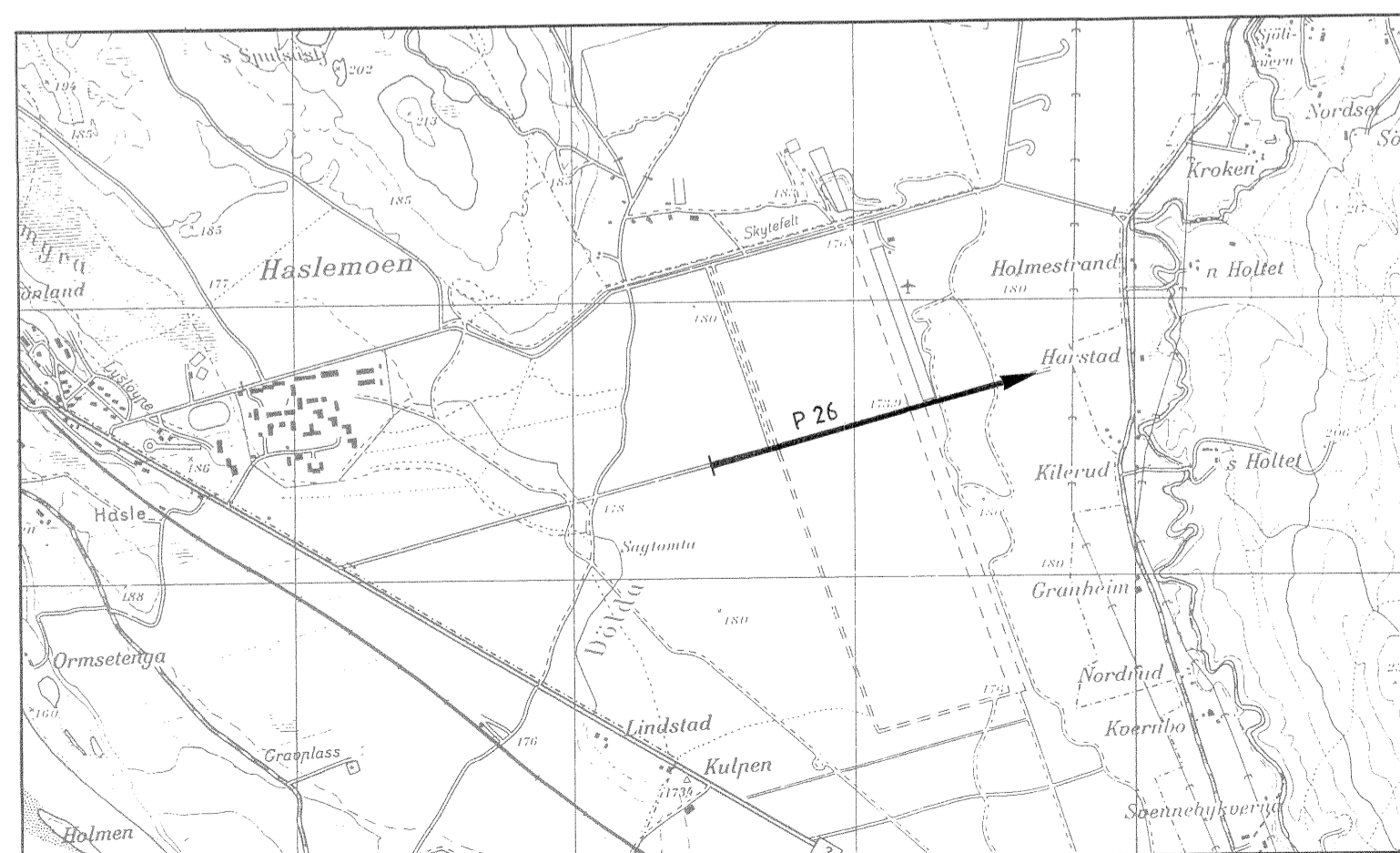
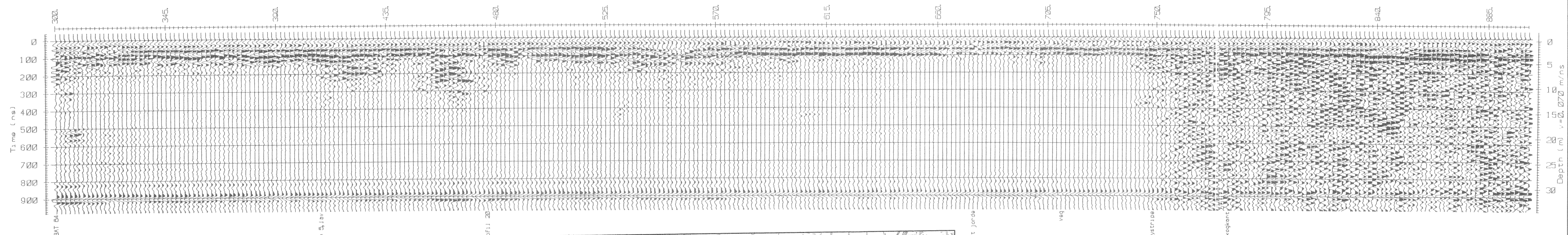


NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 25 <b>HASLEMOEN</b> VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK <b>KART: 1:25000</b>	MÅLT J.S.R. SEPT.-92 TEGN. E.M. DES.-92 TRAC. T.H. —II— KFR. —II—
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. <b>92.318-06</b>

PROFIL 26



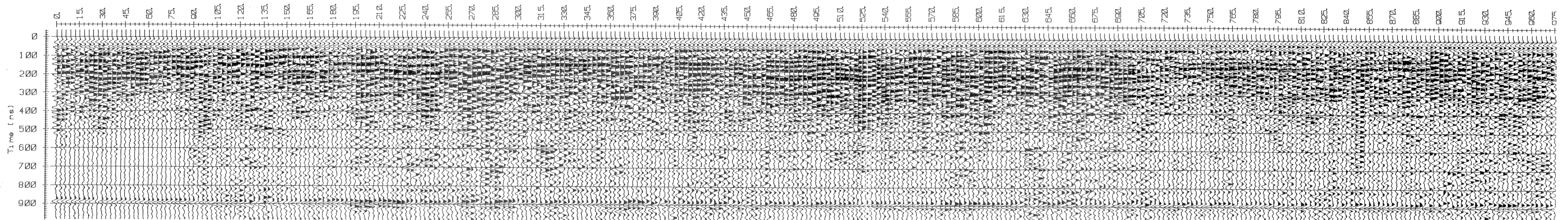
PROFIL 26 B



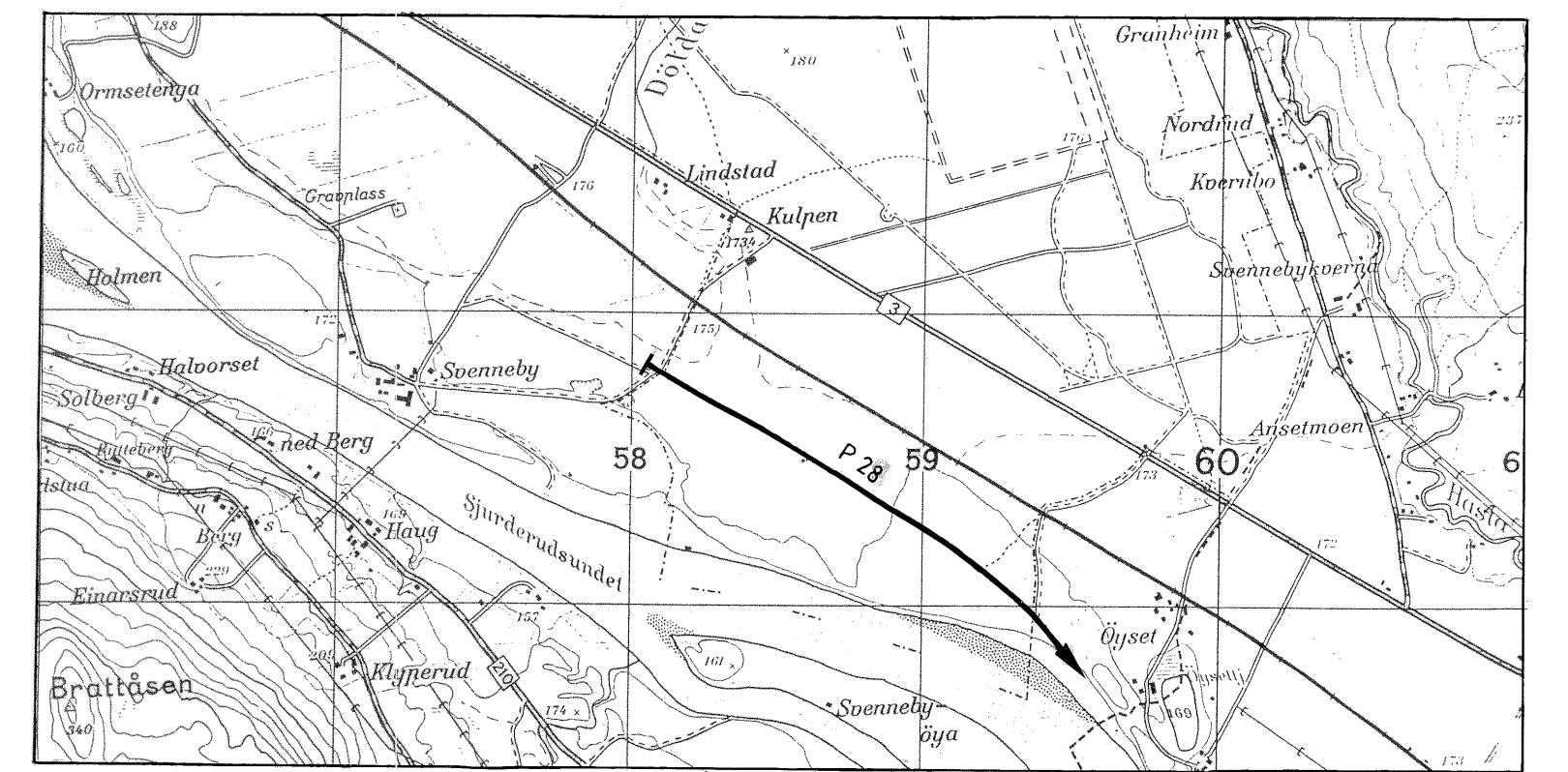
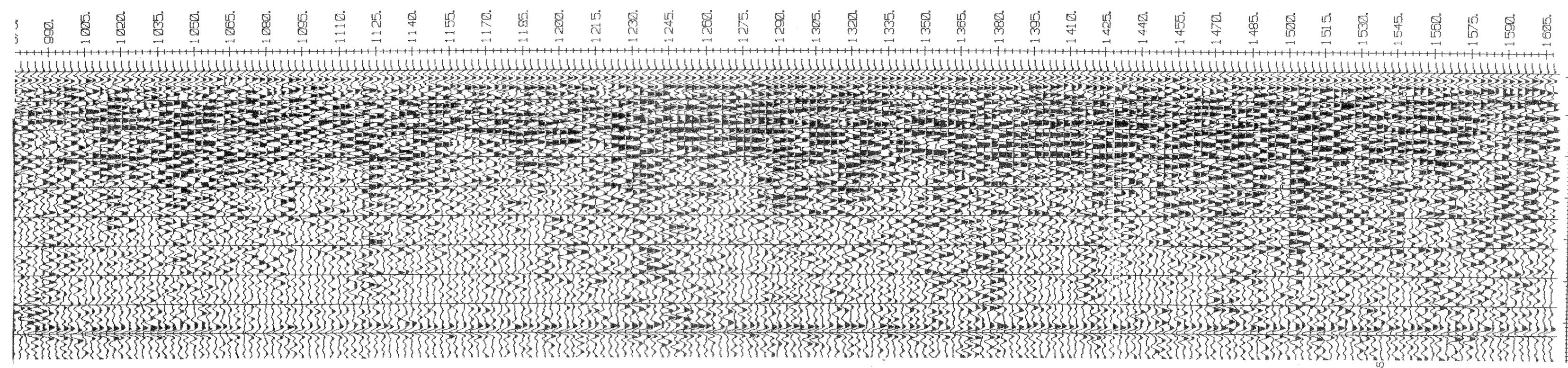
P 26 → GEORADARPROFIL M/PROFILNUMMER

NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 26 HASLEMOEN VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK KART: 1:25000	MÅLT J.S.R. TEGN E.M. TRAC T.H. KFR.	SEPT.-92 DES.-92 —  — —  —
	TEGNING NR. 92.318-07	KARTBLAD (AMS) 2016 II	

PROFIL 28



PROFIL 28 ( FORTS. )



NGU/NVE/NTNF GEORADARPROFIL 28 <b>HASLEMOEN</b> VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK <b>KART:</b> 1: 25000		MÅLT J.S.R. SEPT. - 92 TEGN. E.M. DES. - 92 TRAC. T.H. — II — KFR. — II —
	TEGNING NR. 92.318-08	KARTBLAD NR. 2016 II	