



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 322	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv Østlandske	Ekstern rapport nr NGU 1838/1	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel EM differansemålinger Tverrfjellet, Dovre				
Forfatter Lile, Ole Bernt		Dato 1981	Bedrift NGU	
Kommune Dovre	Fylke Oppland	Bergdistrikt Østlandske	1: 50 000 kartblad 15193	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type	Forekomster Tverrfjellet		
Råstofftype Malm/metall	Emneord			
Sammendrag				

Avsender

Norges geologiske undersøkelse

Geofysisk avdeling

Saksbehandler - telefon

OVERSENDELSE

Vår dato

17. 12. 82

Deres dato

Vår referanse

Jøse Aune

Deres referanse

Jnr 1749/82 60
-Bek. 332

Mottaker

... Østlandske bergdistrikt
Postboks 7581, Skillebekk
... 0560 2

☐ Til orientering

☐ Etter avtale

☐ Til uttalelse

☐ Til utlån

☐ Til behandling

☐ Retur av dokumenter

☐ Jeg kontakter Dem

☐ Vennligst kontakt meg

Sak

EM differansemaal. Tverfjellet, Doore, Oppland

Antall vedlegg

1

1 ekspl. av NGU- Rapport nr. 1838/1

EM differansemaalinger Tverfjellet, Doore,
Oppland.

500 000 1 80 A/S KAARE GRITTING ORKANGER

BV 322

NGU-Rapport nr. 1838/1

EM differansemålinger

TVERRFJELLET,
Dovre, Oppland

1981



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39 Postboks 3006
Tlf. (075) 15 860 7001 Trondheim

Postgironr. 5 16 82 32
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr.	1838/1	Åpen for offentlig Åpen
Tittel: EM DIFFERANSEMÅLINGER		
Oppdragsgiver: NGU / NTH / BVLI	Forfatter: Ole Bernt Lile	
Forekomstens navn og koordinater: Tverrfjellet	Kommune: Dovre	
Fylke: Oppland	Kartbladnr. og -navn (1:50000): 1519 III Hjerkin	
Utført: 1981	Sidetall: 22 Tekstbilag: 28 Kartbilag:	
Prosjektnummer og -navn: 1838 / 1 EM differansemålinger		
Prosjektleder: Ole Bernt Lile		
Sammendrag: I tiden 31.03. - 06.04. 1981 ble det utført EM differansemålinger på Hjerkin. Det ble lagt ut en energiseringskabel langs strøket med jording i begge ender. En jording lå fast langt øst for måleområdet. Jordingen vest for måleområdet ble variert. Jording I var plassert ca. 3 km vest for Tverrfjellet gruve, jording II ble satt i en kisstripe øst for stor-forkastningen på nivå 7 i gruva, og jording III ble satt i kompakt kismalm vest for samme forkastning på nivå 7. Det ble målt langs tre profiler. Et referansefelt ble tatt fra en to-leder som ble lagt fra energiseringskabelen og langs måleprofilene. Ved å variere energiseringen mellom elektrodene I, II og III, ble forskjellige avlesninger av både vertikalfelt og horisontalfelt i samme målepunkt foretatt. Både reell og imaginær komponent ble målt. Ved å bearbeide måledataene på forskjellige måter, dels ved å ta differanser mellom samme komponent ved forskjellige jordinger og dels ved å bruke feltet ved én jording som referansefelt som de andre målingene ble normalisert mot, fremkom det forskjellige anomalikurver. Tolkning av disse kurvene er diskutert. Det viser seg at det fremkommer en strømkonsentrasjon østover i strøkforlengelsen av jording II når jording II er brukt. Ved jording III går mye strøm inn i en kjent kisplate som strekker seg flere mil østover. Det er sannsynlig at strømkonsentrasjonen fra jording II skyldes en bedre ledende sone i dette strøket, men neppe noen malmsone.		
Nøkkelord	EM målinger	Geofysikk
	Turam målinger	Tverrfjellet gruve
	Dypmalmleting	1519 III Hjerkin

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

EM DIFFERANSEMÅLINGER

av

Ole Bernt Lile

Rapport om forprosjekt ved NTH og NGU støttet av
Bergforskningen ved NTH.

NTH, Trondheim 1982

INNHold

SAMMENDRAG	side	I
1. EM DIFFERANSEMÅLINGER	"	1
2. FELTEKSPERIMENTER PÅ HJERKINN	"	1
2.1 Energiseringsopplegg	"	2
2.2 Måleopplegg	"	3
3. MÅLERESULTATER	"	4
3.1 Måleresultater fra profil 2	"	7
3.2 Måleresultater fra profil 3	"	11
3.3 Måleresultater fra profil 1	"	12
4. KONKLUSJON	"	13
APPENDIKS	"	15

SAMMENDRAG

I tiden 31.03 - 06.04 1981 ble det gjort eksperimentmålinger på Hjerkinns med elektromagnetisk Turamutstyr. Det ble lagt ut en energiseringskabel langs strøket med jording i begge ender. En jording lå fast langt øst for måleområdet. Jordingen vest for målefeltet ble variert. Jording 1 (E I) var plassert ca. 3 km vest for Tverrfjellet gruve, jording 2 (E II) ble satt i en kisstripe øst for forkastningen på nivå 7 i gruva, og jording 3 (E III) ble satt i kompakt kis vest for forkastningen på nivå 7.

Det ble målt langs tre profiler. Et referansefelt for målingene ble tatt fra en to-leder som ble lagt fra energiseringskabelen og langs måleprofilene.

Ved å variere energiseringen mellom E I, E II og E III, ble forskjellige avlesninger av både horisontalfelt og vertikalfelt i samme målepunkt foretatt. Det ble målt både reell og imaginær komponent.

Ved å bearbeide måledataene på forskjellige måter, dels ved å ta differanser mellom samme komponent ved to forskjellige jordinger og dels ved å bruke feltet ved én jording som normalfelt som de andre målingene ble normalisert imot, kom det fram forskjellige kurver.

Tolkning av disse kurvene er diskutert. Det viser seg at det fremkommer en strømkonsentrasjon østover i strøkforlengelsen av jordingpunkt 2 (E II) når jording E II var brukt. Ved jording E III (malm), går mye strøm inn i en vasskissone (lang tynn kisplate) som strekker seg flere mil østover. Det er sannsynlig at strømkonsentrasjonen østover fra E II skyldes en bedre ledende sone i dette strøket, uten at det behøver å være en kompakt leder som en malmsone.

Selve teknikken med å bruke to eller flere jordingspunkter for energiseringskabelen, viser seg å være en vellykket metodikk for å kartlegge ledende soner. Instrumenteringen som ble brukt var imidlertid ikke egnet til formålet, ved at referansekabel måtte brukes.

EM differansemålinger vil imidlertid fortsette med bruk av andre måleinstrumenter for å finne den beste kombinasjon av måleinstrumenter og energisering for en slik måleteknikk.

1 EM DIFFERANSEMÅLINGER

Med EM differansemålinger menes en måleteknikk hvor vekselmagnetfeltet måles to ganger med forskjellige energisering og hvor måleresultatet tegnes opp som differansen mellom de to målingene.

På Løkken ble slike EM differansemålinger gjort i 1959 over den såkalte vestmalmen. Vestmalmen var i 1957 påtruffet i et borhull på 650 m dyp, men hvordan malmen fortsatte vestover var ikke klarlagt. Det var vanskelig å kartlegge forløpet fra dagen pga. malmens dyp og forstyrrelser både fra geologi og tekniske installasjoner. Etter ide fra Breen og Singsaas, GM(NGU), ble det gjort EM målinger med Turam apparatur og jordet kabelutlegg som energisering. Den ene jordingselektroden (fjernelektroden) var fast mens den andre ble jordet skiftvis i malm i borhullet og i dagen nær borhullet. /Ref. 2/.

Differansen mellom måleresultatene med de to jordingene ga klare indikasjoner på vestmalmens fortsettelse vestover.

Siden har det ikke vært gjort slike målinger i Norge og jeg kjenner heller ikke til at det er rapportert lignende målinger fra utlandet.

Den første som offentliggjorde noe om målingene på Løkken, var Haakon Brækken: "Deep Ore Exploration by Electrical Methods", i Geophysical Prospecting, Vol. 9, 1961 nr. 1, s. 144-162. /Ref. 1/. Siden ble detaljer fra disse undersøkelser publisert av Per Singsaas i "Teknisk rapport nr. 45. Geofysikk i malmleting", BVLI's Bergforskning ved NTH. /Ref. 2/.

2 FELTEKSPERIMENTER PÅ HJERKINN I 1981

Med støtte fra NTH, NGU, Folldal Verk a/s og Bergforskningen ble det i tiden 31.03 - 06.04.81 gjort EM differansemålinger på Hjerkinns som et eksperiment. Hensikten med disse målingene var å undersøke metodens brukbarhet i et område med mye

kulturstøy som elektrisk jernbane, nedgravde kabler, høyspent-
ledning o.l.. Dessuten ville man undersøke om det var mulig
å få noen indikasjon på en eventuell fortsettelse av
Tverrfjellmalmen mot øst.

2.1 Energiseringsopplegg

Høsten 1980 ble det laget to jordingspunkter i myr. Det ene
jordingspunktet (EO) ble lagt ca. 7 km øst for Tverrfjellet
gruve, nær den ledende vasskissonen som strekker seg fra
jernbanen og mer eller mindre sammenhengende flere mil østover.
Den andre jordinglektroden (EI) ble gravd ned ca. 3 km vest for
Tverrfjellet gruve, i nærheten av Vesleknatten.

Det ble lagt ut kabel, $2,5 \text{ mm}^2$ plastisolert PN og lisse, fra
elektrode EO til gruva og fra EI til gruva. (Fig. 1). Videre
ble det lagt kabel fra dagen ved gruva og ned gjennom en
vertikal ventilasjonssjakt til nivå 6 i gruva, ca. 360 m under
dagen. Derfra ble kabelen lagt i skråsynken ("spiralen") fra
nivå 6 til nivå 7. På nivå 7 ble det laget to forskjellige
jordingspunkter. Det ene jordingspunktet (EII) ble satt i en
kisstripe som var truffet i et horisontalt borhull fra en
søkeort øst for forkastningen. Kisstripen gjorde det mulig
å få strøm ut i bergartene. Det andre jordingspunktet i gruva
(EIII) var i kompakt malm like vest for forkastningen på nivå 7.

Som strømkilde ble benyttet NGU's aggregat på 500 Hz som brukes
ved Turam målinger. Generatoren ble plassert i dagen ved
gruva og koblet til fjernelektroden i øst, EO. Den andre polen
på generatoren ble skiftesvis koblet til fjernelektroden i
vest, EI og en av elektrodene i gruva, EII eller EIII. Denne
omkoblingen ble gjort automatisk ved hjelp av en tystorstyrt
vender. Sekvensen for omkoblingen var slik: EI - kort pause -
EII - lang pause - EI - kort pause - etc.. På denne måten
kunne man ute i felten under målingene vite når EII (eller EIII)
og EI var innkoblet. Ved pause var ingen strøm tilkoblet og
dette kunne registreres under målingene ved at det ikke var noe
signal.

2.2 Måleopplegg

Til målingene ble NGU's apparatur benyttet. Denne apparaturen benytter seg av et referansesignal som går inn på en målebro. Signalet fra målespolen går inn på samme målebro og blir kompensert av referansesignalet både i styrke og fase. Målesignalet blir registrert i prosentdel av referansesignalet som en reell komponent i fase med referansesignalet og en imaginær komponent, 90° ut av fase med referansesignalet. Utgangssignalet fra målebroen forsterkes og kan høres i øretelefoner. Når målesignalet er kompensert, skal null signal høres. Selve registreringen foregår altså ved at man skrur på målebroen til minimum eller null signal oppnås.

Vanligvis, ved ordinære Turam målinger, tas også referansesignalet fra en spole på samme måte som målesignalet. Når målespolen flyttes, flyttes også referansespolen slik at den blir stående der målespolen var. Dette systemet antok vi ikke kunne benyttes ved EM differanse-målingene på Hjerkinns fordi referansesignalet ville bli for svakt i stor avstand fra kabelen. Vi la derfor ut en såkalt bifilar, en toleder, fra energiseringskabelen og langs måleprofilet. Denne tolederen var koblet over en innskutt motstand i energiseringskabelen og tok altså ut en del strøm fra den. (Fig. 2). På grunn av at de to ledningene lå tett sammen langs profilet, blir magnetfeltet fra denne strømmen ubetydelig og vi regnet med at dette magnetfeltet ikke forårsaket vesentlige forstyrrelser i form av induerte strømmen langs måleprofilet. Til tolederen ble det så koblet en transformator som referansesignalet ble tatt fra og tilkoblet målebroen.

Målespolen ble plassert ca. 40 m til siden for tolederen. Det ble målt tre profiler ialt. Profil 1 var 40 m vest for tolederutlegg 1 og profil 2 var 40 m øst for tolederutlegg 1. Profil 3 var 40 m øst for tolederutlegg 2 og ca. 600 m øst for profil 2. (Fig. 3).

Når målingene i et punkt var ferdige, ble transformatoren,

målebro og målespole flyttet 50 m langs tolederen til neste punkt.

Systemet med referansesignal fra tolederen viste seg å fungere fint, men var tungvint i bruk pga. flyttingen. Men for dette eksperimentet sin del, tok vi de ulempene måleopplegget førte med seg. Den største ulempen var at flyttingen av kabelen mellom referansetransformatoren og målebroen og mellom målebroen og målespolen måtte foregå på tvers av utlegget, som det fremgår av fig. 2.

Teknikken med å føre et referansesignal frem langs måleprofilen ved hjelp av en toleder, fungerte som nevnt utmerket. Men det referansesignalet man tar ut langs tolederen, er ikke det samme overalt. Strømmen lekker nemlig over til jord via kondensatorvirkningen mellom tolederen og jord. Dessuten forskyves fasen på den resterende strømmen i tolederen. Det ble gjort endel målinger av strømstyrke i tolederen på forskjellige steder langs referansekabelen. Resultatene er rapportert i vedlegg I. Det ser ikke ut til at forandringen av referansesignalet langs profilet har hatt noe vesentlig å si for måleresultatene.

3 MÅLERESULTATER

Målingene i et punkt ga som resultat reell komponent og imaginær komponent med ett jordingspunkt (EI) og tilsvarende for et annet jordingspunkt (EII eller EIII). Det ble målt både vertikal og horisontal komponent i punktet. Man fikk således 8 avlesninger i hvert punkt: $V_{II}(Re)$, $V_{II}(Im)$, $V_I(Re)$, $V_I(Im)$, $H_{II}(Re)$, $H_{II}(Im)$, $H_I(Re)$, $H_I(Im)$.

Indeksene står for følgende: V = Vertikalfelt, H = Horisontalfelt, II = Jordingspunkt II, I = Jordingspunkt I, Re = Reel komponent, Im = Imaginær komponent,

Dette gir oss anledning til forskjellig bearbeidelse av måleresultatene.

For det første kan absoluttverdien av feltet regnes ut i punktet:

$$V_{II}(\text{abs}) = (V_{II}^2(\text{Re}) + V_{II}^2(\text{Im}))^{\frac{1}{2}},$$

$$H_{II}(\text{abs}) = (H_{II}^2(\text{Re}) + H_{II}^2(\text{Im}))^{\frac{1}{2}}$$

og $V_I(\text{abs}) = (V_I^2(\text{Re}) + V_I^2(\text{Im}))^{\frac{1}{2}}$

$$H_I(\text{abs}) = (H_I^2(\text{Re}) + H_I^2(\text{Im}))^{\frac{1}{2}}$$

Videre kan differansen mellom absoluttverdiene regnes ut:

$$\Delta V(\text{abs}) = V_{II}(\text{abs}) - V_I(\text{abs}), \quad \Delta H(\text{abs}) = H_{II}(\text{abs}) - H_I(\text{abs})$$

Absoluttfeltet kunne vært målt direkte ved hjelp av en spole og et voltmeter, uten referanse til strømmen i energiseringskabelen eller noen referansespole. Dette ville gitt et mye enklere måleopplegg. Men et slikt måleopplegg forutsetter at strømmen i kabelen er stabil slik at feltstyrken i forskjellige målepunkter kan sammenlignes.

En annen måte å bearbeide måleresultatene på er å regne ut differansen mellom fasekomponentene. Differansen av feltstyrken med to jordinger blir da:

$$\Delta V_{\text{Re}} = V_{II}(\text{Re}) - V_I(\text{Re}), \quad \Delta V_{\text{Im}} = V_{II}(\text{Im}) - V_I(\text{Im})$$

$$\Delta V = (\Delta V_{\text{Re}}^2 + \Delta V_{\text{Im}}^2)^{\frac{1}{2}}$$

og $\Delta H_{\text{Re}} = H_{II}(\text{Re}) - H_I(\text{Re}), \quad \Delta H_{\text{Im}} = H_{II}(\text{Im}) - H_I(\text{Im})$

$$\Delta H = (\Delta H_{\text{Re}}^2 + \Delta H_{\text{Im}}^2)^{\frac{1}{2}}$$

I steden for å regne ut differansen i feltstyrke, kan også den ene feltstyrken brukes som normalfelt som den andre normaliseres mot. Ved Turam målinger pleier man jo vanligvis regne ut et normalfelt teoretisk for et bestemt energiseringsutlegg. Dette gjøres for å bli kvitt effekten av kabelen og primærfeltet fra kabelen.

$$V_N(\text{abs}) = 100 \cdot V_{II}(\text{abs}) / V_I(\text{abs}) \quad , \quad H_N(\text{abs}) = 100 \cdot H_{II}(\text{abs}) / H_I(\text{abs})$$

V_N = Normalisert vertikalfelt

H_N = Normalisert horisontalfelt

Videre kan også en fasevinkel regnes ut i hvert punkt for hvert jordingspunkt.

$$\phi_V(II) = \arctg (V_{II}(\text{Im}) / V_{II}(\text{Re}))$$

$$\phi_H(II) = \arctg (H_{II}(\text{Im}) / H_{II}(\text{Re}))$$

$$\phi_V(I) = \arctg (V_I(\text{Im}) / V_I(\text{Re}))$$

$$\phi_H(I) = \arctg (H_I(\text{Im}) / H_I(\text{Re}))$$

Differansen i fasevinkel for to forskjellige jordingspunkter blir:

$$\Delta\phi_V = \phi_V(II) - \phi_V(I) \quad , \quad \Delta\phi_H = \phi_H(II) - \phi_H(I)$$

3.1 Måleresultater fra profil 2

De fleste målingene ble gjort på profil 2. Derfor skal dette profilet brukes som eksempel for å vise hvordan de forskjellige parametrene varierer.

I Pl. 1 er vist hvordan vertikalkomponenten, $V(\text{abs})$, varierer langs profilet for jordingspunkt I = myr ved Vesleknatten og jordingspunkt II = borhull nivå 7, Tverrfjellet. Som man ser, stiger feltet mot nord hvor kabelen ligger. Energiseringskabelen ligger på ca. 2400 N, men det er vanskelig å beregne normalfeltet fra kabelen fordi den ligger ikke langs en rett linje. Etter at kabelen har krysset E6 og jernbanen, svinger den sydover langs jernbanen og går til Tverrfjellet gruve. Måleprofilet går derfor langs en del av kabelen. (Fig. 1).

Imidlertid kan en normalkurve konstrueres gjennom observasjonspunktene etter formelen

$$V_o = \frac{k}{r^n}$$

Her er det to ukjente, nemlig K og n . Avstanden til kabelen, r , må velges. Det enkleste er å tvinge normalkurven til å gå gjennom to punkter på målekurven, og etterpå bruke den K og n som dermed blir bestemt, for resten av kurven. Ved å la normalkurven gå gjennom målekurve V_{abs} (I) på 1200 N og 200 N, ble formelen slik:

$$V_o = 20\,1478,3/r^{1,0592}$$

Normaliseringen av måleverdiene gjøres så slik:

$$V_N = 100 \quad V_M/V_o$$

der: V_N = normalisert vertikalfelt
 V_M = målt vertikalfelt
 V_o = beregnet normalfelt

Resultatet er vist på Pl. 2. Fra ca. 100 S og sydover, opptrer store variasjoner i vertikalfeltet. Dette skyldes antagelig to ting, nemlig nedgravde kabler langs E6 (175 S) og utgående av vasskissonen på ca. 350 - 400 S. Ellers er det en tydelig forskjell på kurvene for jording I og II. Normalkurven er laget for å passe til V (I) og derfor ligger V_N (I) nærmest 100%. Som det fremgår av Pl. 1, ligger V(II) over V(I). Derfor ligger selvsagt den normaliserte V_N (II) også over V_N (I). Som man ser, følger de to kurvene hverandre svært godt. Utslagene på 350 N, 500 N og 750 N er støy som det ikke er lett å si noe om årsaken til. I det hele tatt fremgår det av begge kurvene at det er en god del støy på dem. Antagelig skyldes dette såkalt geologisk støy.

Hvis man bruker den ene kurven som normalkurve som den andre målekurven normaliseres mot, skulle geologisk støy og kulturstøy minskes. Dette er gjort i Pl. 3 hvor V(I) og H(I) er brukt som normalkurver for V(II) og H(II). Det fremgår av kurven for V_N at mesteparten av støyen som er på kurvene i Pl. 2 er eliminert.

Utgående av vasskissonen på ca. 400 S fremkommer som en topp på V_N -kurven. Ved nærmere studium av måleresultatene rundt 425 S, ser det ut til at en av måleverdiene på 425 S, må være feil. Som det fremgår av kurvene for V(I) og V(II) på Pl. 1, følger de hverandre på alle målepunktene unntatt pkt. 425 S. Det er derfor nærliggende å anta at måleverdien for V(I), eller muligens V(II), er feil. Siden det dreier seg om en måleverdi nær utgående av vasskissonen, er resultatet ikke så viktig. Vi er jo mere interessert i dypereliggende ledere.

Den normaliserte vertikalfeltkurven, V_N , stiger jevnt fra 1000 N og sydover. Dette tyder på at man nærmer seg en leder. Vi skal huske på at det som registreres er en økning i vertikalfeltet med jording II i forhold til jording I. Jording II var altså i gruva, nærmere bestemt i et borhull på nivå 7, øst for forkastningen. Jording I er langt vest for gruva, nærmere bestemt i ei myr ved Vesleknatten.

Det er klart at med jording i gruva, oppnår vi en mye større strømkonsentrasjon i undergrunnen fra gruva og østover enn vi får med jording i dagen, langt vest for gruva. Spørsmålet er bare hvordan en slik strømkonsentrasjon gir seg til kjenne. Teoretisk kan en slik strømkonsentrasjon vise seg som en dypanomali selv om vi ikke har noen kisleder som samler strømmen. Det er imidlertid vanskelig å regne ut hvordan en slik anomali vil ta seg ut.

Hvis vi plasserer en elektrode på dypet og det er homogene forhold, vil strømmen som sendes ut ikke gi noe vertikalfelt. Slike homogene forhold har man sjelden i virkeligheten. Strømmen vil som oftest gå lettere langs lagdelingen enn på tvers av lagdelingen av bergartene. Vi har med andre ord anisotropi. Dette gjør seg spesielt gjeldende der man har kismineralisering langs lagdelingen, slik som tilfellet er på Tverrfjellet. Under slike forhold vil man også kunne få vertikalfelt forårsaket av den strømmen som elektroden sender ut.

I plansje 3 er også det normaliserte horisontalfeltet, H_N , plottet. Man kan se at dette også stiger fra 1000 N mot syd.

Når det gjelder horisontalfeltet, er det imidlertid to forhold som gir en effekt i dette tilfelle. For det første vil en elektrode som sender ut strøm, gi opphav til et horisontalfelt på overflaten. For det andre vil den vertikale kabelen som går fra dagen ned til nivå 6 og videre til jordingspunkt E II og E III i gruva, gi et horisontalfelt på overflaten. Disse to forhold gjør tolkningen av horisontalfeltet problematisk.

I pl. 3 inneholder altså kurven for det normaliserte horisontalfelt, H_N , også feltet fra kabelen.

I pl. 4 er absoluttverdiene for horisontalfeltet plottet for E I og E II. Kurven for E I ($H_{abs}(I)$) inneholder ikke feltet fra kabelen i vertikalsjakten, men det gjør $H_{abs}(II)$. I pl. 5 er differansen mellom kurvene i pl. 4 plottet, nemlig ΔH_{abs} . Som vi ser, er det mye støy på kurvene.

For å undersøke hvordan feltet fra kabelen i sjakten virker inn, ble kurveformen for horisontalfeltet beregnet. Denne ble trukket fra $H_{abs}(II)$ og ΔH . Resultatet er vist i pl. 6. Som vi ser betyr ikke feltet fra kabelen noe vesentlig, så noe mere ble det ikke gjort med dette.

I pl. 8 og pl. 9 har vi forsøkt å eliminere virkningen av kabelen i sjakten ved å ta differansen mellom jording II og III. Denne differansen ble ikke målt direkte, så derfor er den regnet ut som en differansen mellom to differanser, $(II-I) - (III-I)$. Kurven for absoluttverdiene inneholder mye støy, men kurven i pl. 9 gir en forholdsvis glatt kurve med en topp på ca. 100 S. Dessuten kommer vasskissonen tydelig frem som en skarp topp på 350 S.

Hva toppen på 100 S betyr når det gjelder beliggenhet av eventuelle ledere, er ikke godt å si, men den tyder ihvertfall på at elektrode II leverer mye strøm østover langs denne koordinaten.

Dette er også forenelig med kurvene for vertikalfelt. Pl. 10, pl. 11 og pl. 12 viser forskjellige vertikalfeltkurver, alle for elektrode II og I. Alle disse kurvene stiger mot ca. 100 S og faller brått der.

På pl. 13 er vist differansen mellom E III og E I. Her stiger vertikalfeltkurven hele veien til 350 S hvor vi har vasskissonen. Dette viser at malmen på nivå 7 virker som en stor elektrode som leverer strøm til vasskissonen.

På pl. 14 er vist differansen mellom E II og E III. Dette bildet viser også at E II sender ut strøm østover på ca. 100 S.

Pl. 15 viser hvordan vertikalfeltet for E II ser ut når vi bruker E III som normalfelt. Resultatet bekrefter det som er sagt foran.

3.2 Måleresultater fra profil 3

Profil 3 ligger ca. 600 m øst for profil 2. Også her indikeres vasskissonen på ca. 0 NS helt tydelig både på horisontalfelt- og vertikalfeltkurvene. Disse er vist i plansje 16, 17 og 18.

I pl. 19, 20 og 21 er vist kurvene for E III og E I. Spesielt ser vi på vertikalfeltkurvene at disse stiger jevnt mot vasskissonen. Dette stemmer med en teoretisk kurve for en vertikal plate. E III leverer altså strøm til vasskissonen, som vi også så på profil 2.

Hvis vi igjen ser på kurvene for E II i pl. 16, 17 og 18, ser vi at disse tydelig har en avrundet form nord for vasskissonen. Dette ligner på en dypanomali. Nullpunktet ser ut til å ligge nord for vasskissonen, på ca. 200-300 N. Dette betyr at E II sender strøm i en sone som ligger nord for vasskissonen. Dette er samme resultat som fra profil 2.

3.3 Måleresultater fra profil 1

Profil 1 ligger 80 m vest for profil 2. Her er det bare målt ved E I og E III. Plansjene 22, 23, 24 og 25 viser resultatene. Alle dataene viser vasskissonen.

Et spesielt trekk ved disse data er at hele profilet ikke ble målt samme dag. Vi fikk ikke reproduserbarhet i de punktene som overlappet hverandre. Dette forklarer vi med at referansestrømmen har forandret seg pga. forandret vanninnhold i snøen. Dette poeng gjør det vanskelig å bruke referansekabel for målingene.

4 KONKLUSJON

Forsøksmålingene på Hjerkinns med bruk av NGU's Turamappatur og referansekabel langs måleprofilen, viste at dette var et opplegg som fungerte. Det fremkom tydelige differanser når jordingspunktet for energiseringskabelen skiftet. Videre viste det seg at støyen på differansekurvene gjennomgående var mindre enn på målekurven for en av elektrodene.

Feltsmessig sett var imidlertid måleopplegget ikke særlig praktisk å bruke, så til rutinemålinger egner et slikt opplegg seg ikke.

Når det gjelder måleresultatene med henblikk på malmleting i det aktuelle området, er det vanskelig å si noe sikkert. Under vurderingen av resultatene må det hele tiden huskes på at det er strømkonsentrasjoner i undergrunnen som kartlegges. Med dette som bakgrunn kan det slås fast at vasskissonene kommer tydelig frem på alle målingene med alle elektrodeutlegg. Dette er selvsagt naturlig og ventet. Vasskissonen er jo flere titalls kilometer lang og ligger der som en svær strømsamler som konsentrerer strømmen mer eller mindre uansett hvilket elektrodeutlegg man bruker.

Men et interessant trekk kommer fram på kurvene. Når den ene jordingselektroden er jordet øst for forkastningen, nord for malmsonen, så fremkommer det trekk ved kurvene som viser at en sone ca. 2-300 m nord for vasskissonen, også leder strøm østover. Denne sonen ligger i strøkfortsettelsen av jordingselektroden, så det er jo ikke så unaturlig at det går endel strøm der. Men det er interessant å bemerke at selv på profil 3, ca. 600 m øst for riksveien, er denne indikasjonen tydelig. Det skulle man ikke vente hvis man ikke hadde en ledende sone langs denne koordinaten.

Dessuten må bemerkes at indikasjonen på profil 3 har trekk som ligner en dypindikasjon. Muligens kan dette bety at det nord for vasskissonen ligger en leder som ikke har utgående. Det kan neppe være dypere deler av selve vasskissonen.

Men uansett hva slags tolkning man legger i de oppnådde resultatene, kan det slås fast at EM differansemålinger ser ut til å egne seg godt til dypmalmleting.

VEDLEGG 1

APPENDIKS

Strøm og faseforhold i referansekabel

Energiseringskabelen og referansekabelen som ble brukt kan modelleres med følgende elektriske krets.

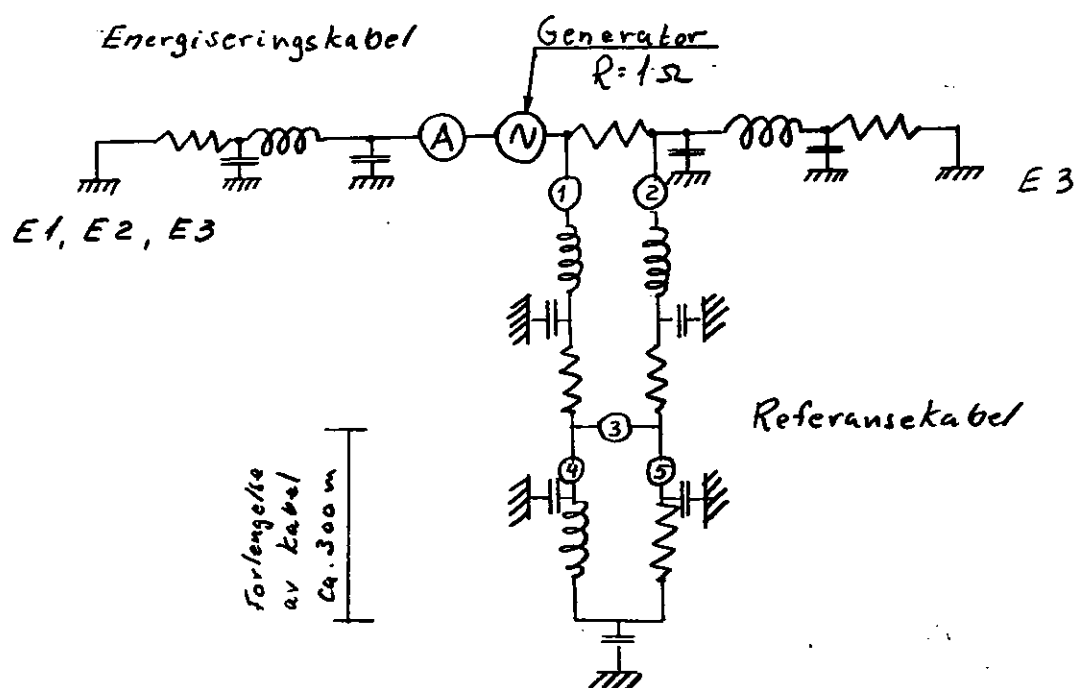


Fig. 1

Hele veien langs både energiseringskabelen og referansekabelen lekker det ut strøm via kapasiteten mellom kabel og jord. Dessuten har kabelen både selvinduksjon og ohmsk motstand. I tillegg til at strømmen lekker over til jord langs referansekabelen, vil fasen på den igjenværende strøm i kabelen forandre fase.

For å se på faseforholdene langs referansekabelen, er fasevinkelen for det målte vertikalfelt og horisontalfelt regnet ut.

$$\phi_V = \arctan \frac{V(\text{Im})}{V(\text{Re})}$$

$$\phi_H = \arctan \frac{H(\text{Im})}{H(\text{Re})}$$

Resultatet er vist på fig. 2 og fig. 3. Vi ser at det på begge kurvene er en lineær trend langs profilet. Denne trenden antar vi er forårsaket av fasevridning av referansefeltet.

Fasevinkelen for differansen er også tegnet opp

$$\Delta\phi_V = \phi_V(\text{II}) - \phi_V(\text{I})$$

$$\Delta\phi_H = \phi_H(\text{II}) - \phi_H(\text{I})$$

Vi ser at særlig $\Delta\phi_V$ -kurven er glatt og følger nullinjen godt. Fasevinkelen for horisontalfeltet inneholder mye støy langs profilet, men også her ligger $\Delta\phi_H$ -kurven nær nullinjen.

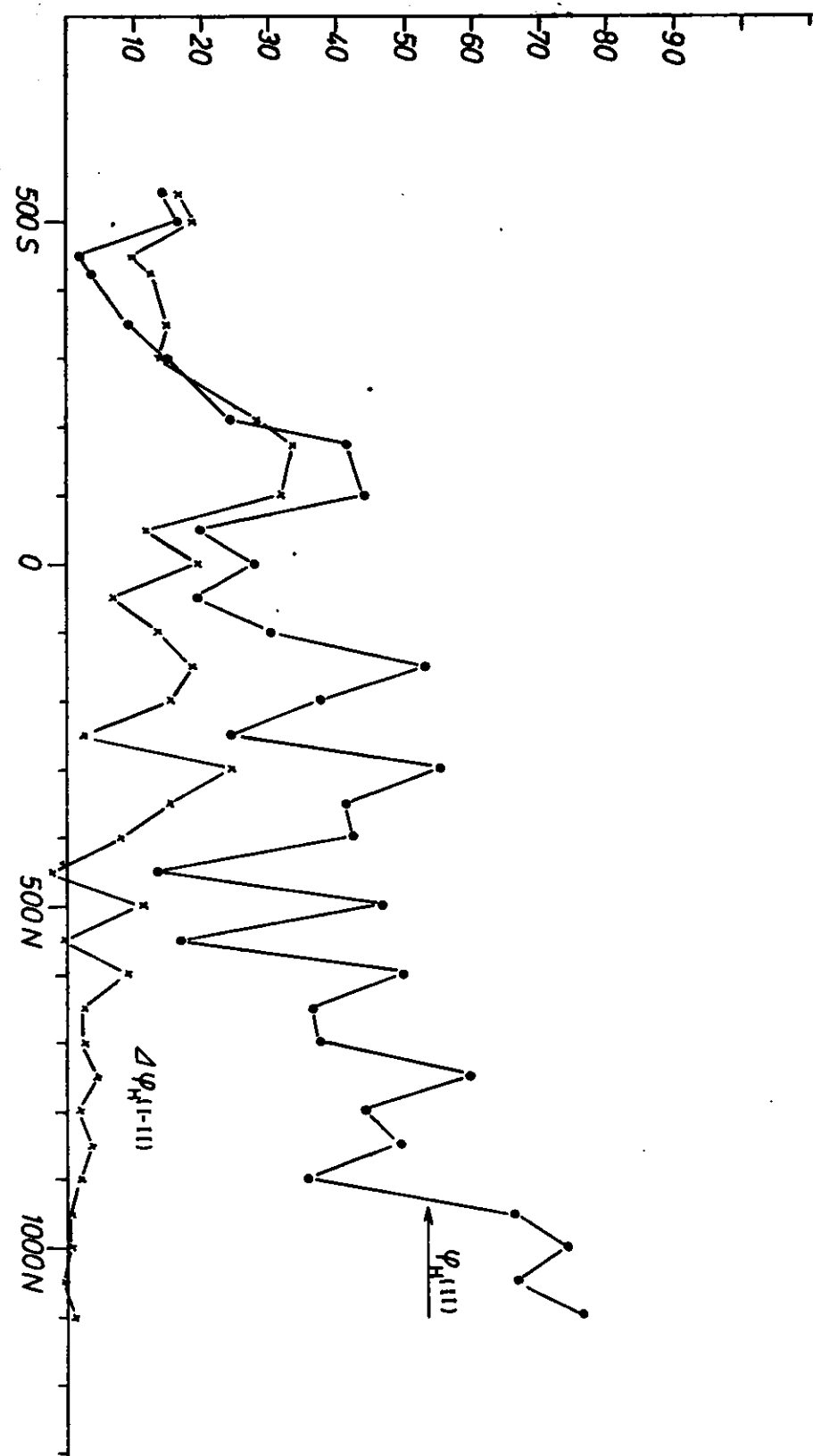
Det ble gjort målinger av strømstyrken i referansekabelen ved uttaket fra energiseringskabelen, i punktene merket 1 og 2. Referansekabelen gikk da til ca. 0 NS, merket pkt. 3.

$$I_1 = 137 \text{ mA} \quad I_2 = 87 \text{ mA}$$

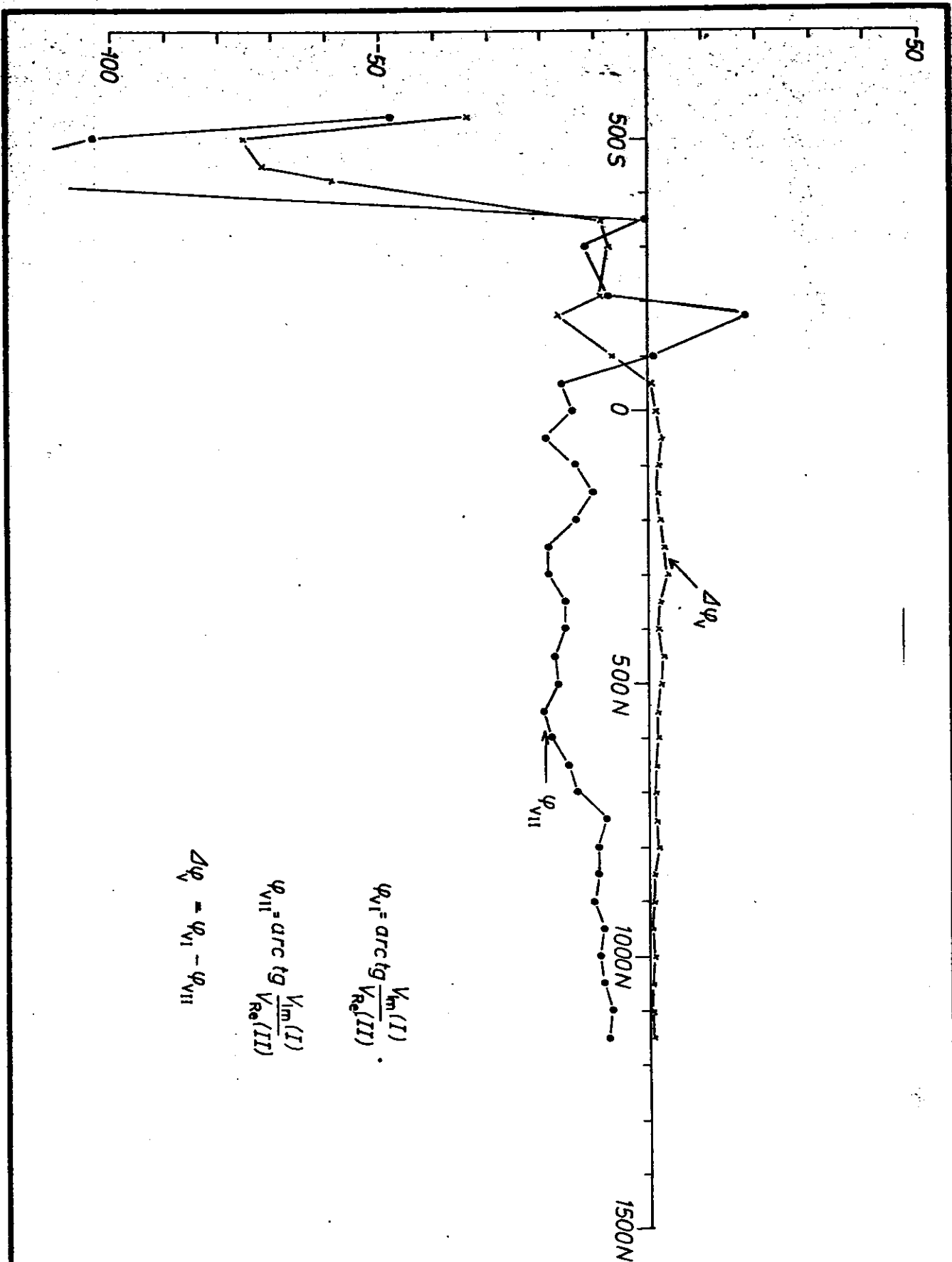
I pkt. 3 var strømstyrken

$$I_3 = 103 \text{ mA}$$

Vi ser at på vei fra punkt 1 til punkt 3 har det lekket 34 mA, mens det fra pkt. til pkt. 3 har lekket ut 16 mA.



Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk	Anl.I: Jording i myr v/Vesleknatten Anl.II: Jording i bh.nivå 7.	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent	1:10 000		
HJERKINNHÖ Profil 2				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM-diff.målinger	
Henvisning:		Beregning:		Fig. 2	



Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10 000	Anl.I: Jording i myr v/Vesleknatten	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl.II: Jording i bh, nivå 7	
HJERKINNHÖ Profil 2				Erstatning for:	Erstatter av:
				EM - diffmålinger	
Henvisning:		Beregning:		Fig. 3	

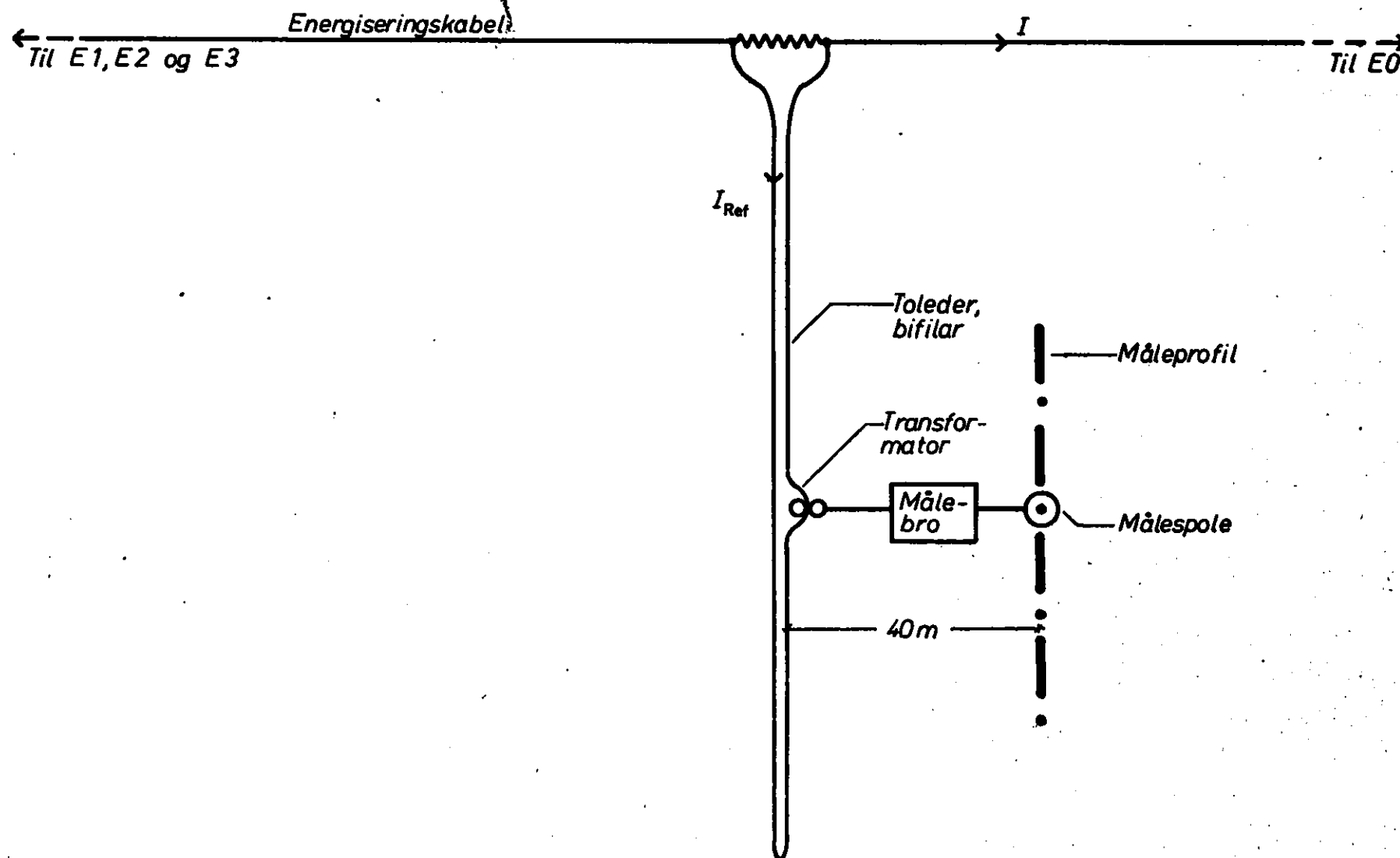
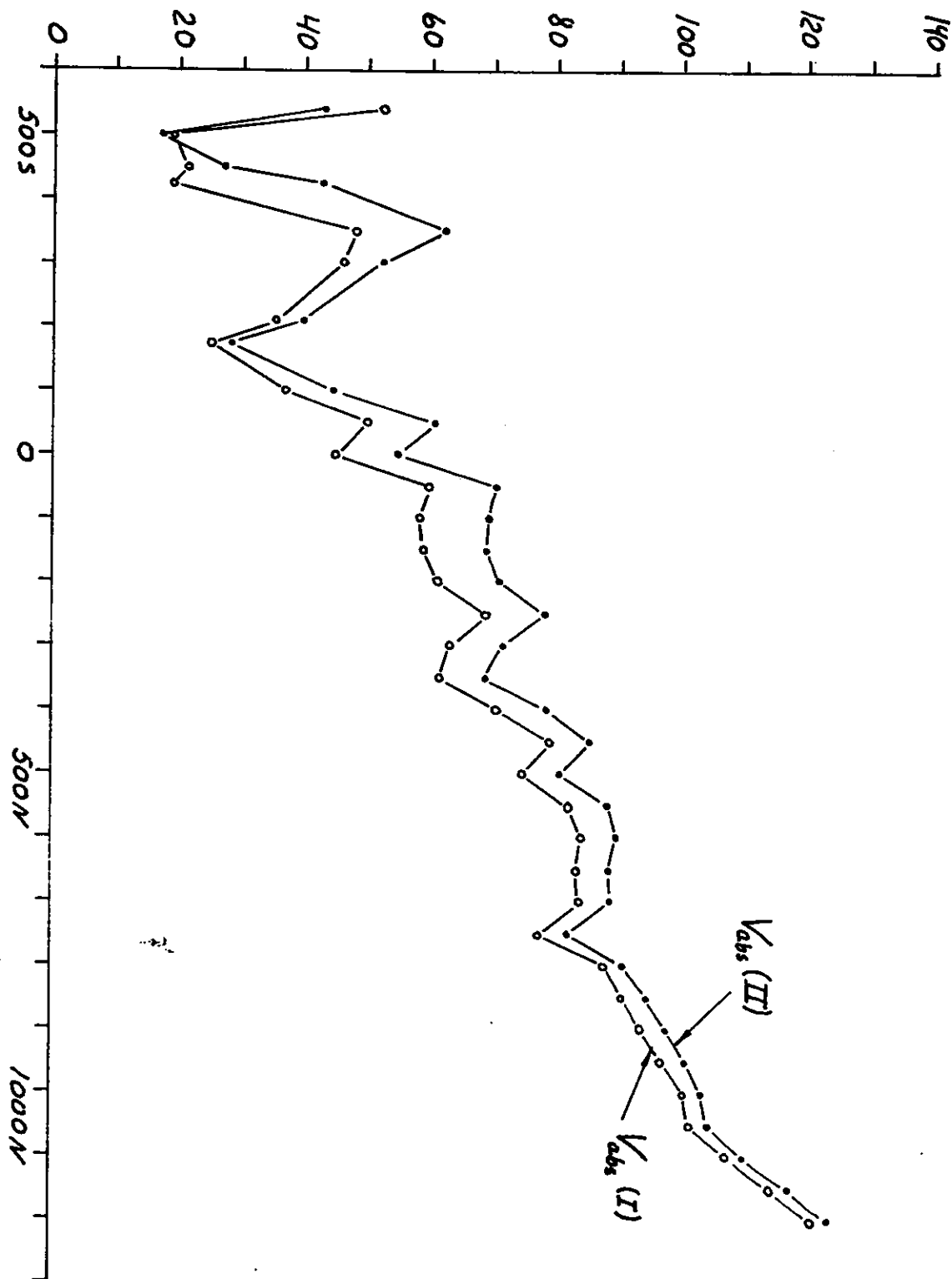
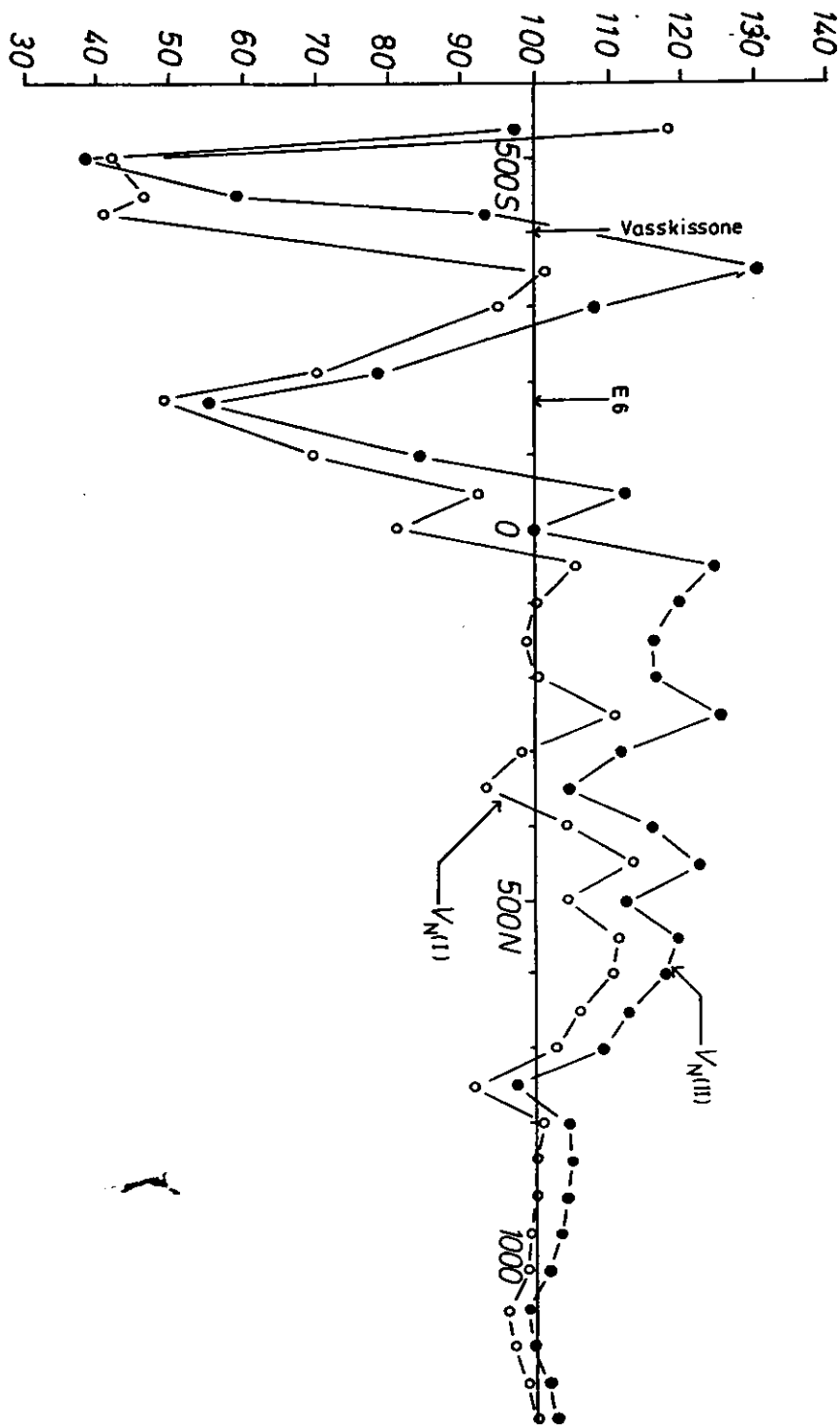


Fig. 2



Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10.000	Anl.I: Elektr. i myr Anl.II: — " — " bh. nivå?	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
Hjerkinnhö Profil 2				EM diff.målinger	
				Malt: 02.04.81 Singaas	
Henvisning: Pl.1		Beregning:			

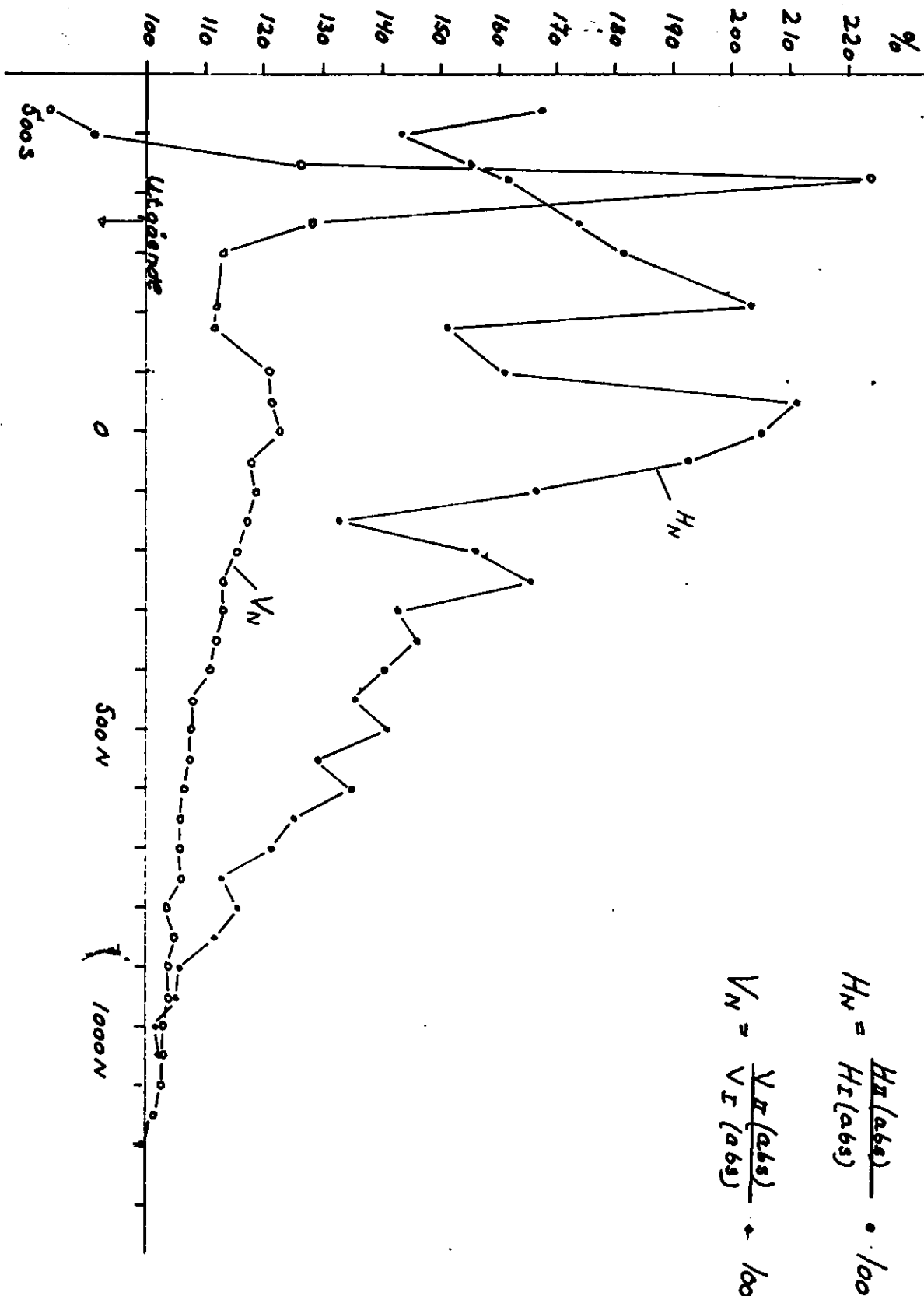


$$V_{N(I)} = \frac{V_{abs(I)}}{V_0} \cdot 100\%$$

$$V_{N(III)} = \frac{V_{abs(III)}}{V_0} \cdot 100\%$$

$$V_0 = \frac{K}{r^n} = \frac{201480}{r^{1.06}}$$

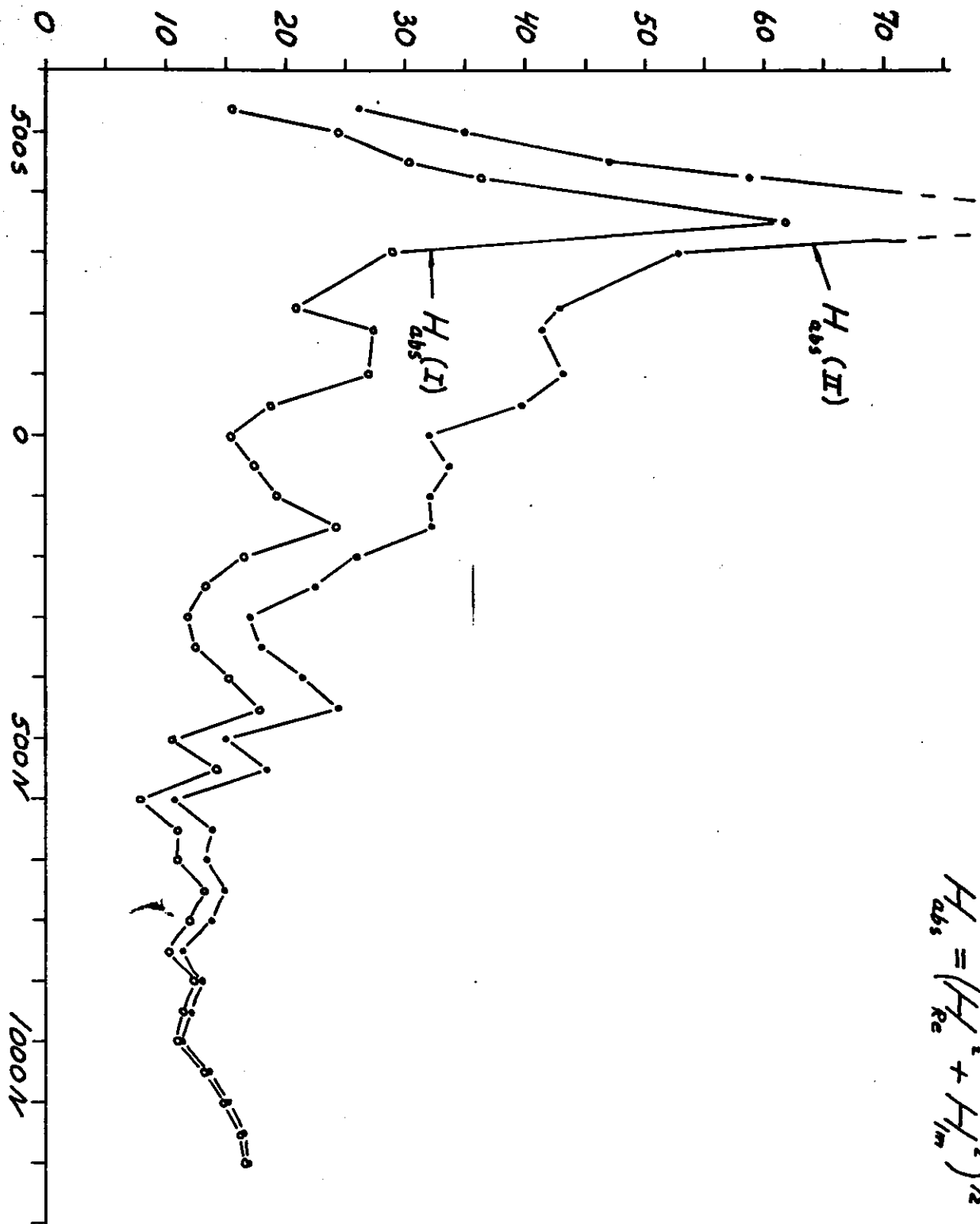
Dato 02.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I: Elektrode i myr v/Vesleknatten	
Kontroll Målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Anl. II: Elektrode i bh. nivå 7	
HJERKINNHO Profil 2				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl. 2		Beregning:			



$$H_N = \frac{H_N(aks)}{H_I(aks)} \cdot 100$$

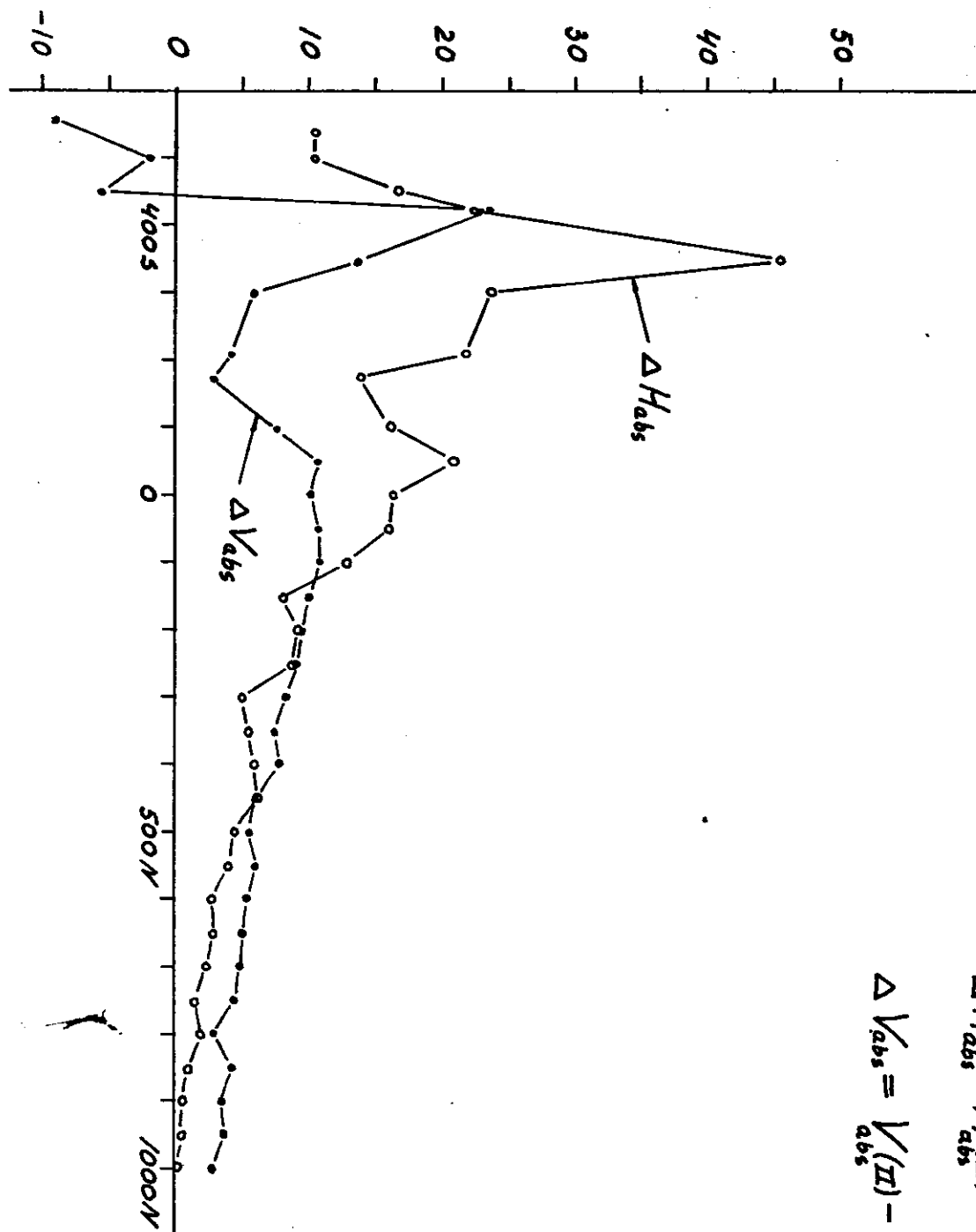
$$V_N = \frac{V_N(aks)}{V_I(aks)} \cdot 100$$

Dato 25/8-81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet BL	Målestokk 1:10000	Anl. II: El. i bh. nivå ? Anl. I: El. i myr ^v /Veslekn.	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
Hjerkinnhö Profil 2 EM diff. mätlinger				Målt 02.04.81 Singås	
Henvisning: Pl. 3		Beregning:			



$$H_{abs} = (H_{re}^2 + H_{lm}^2)^{1/2}$$

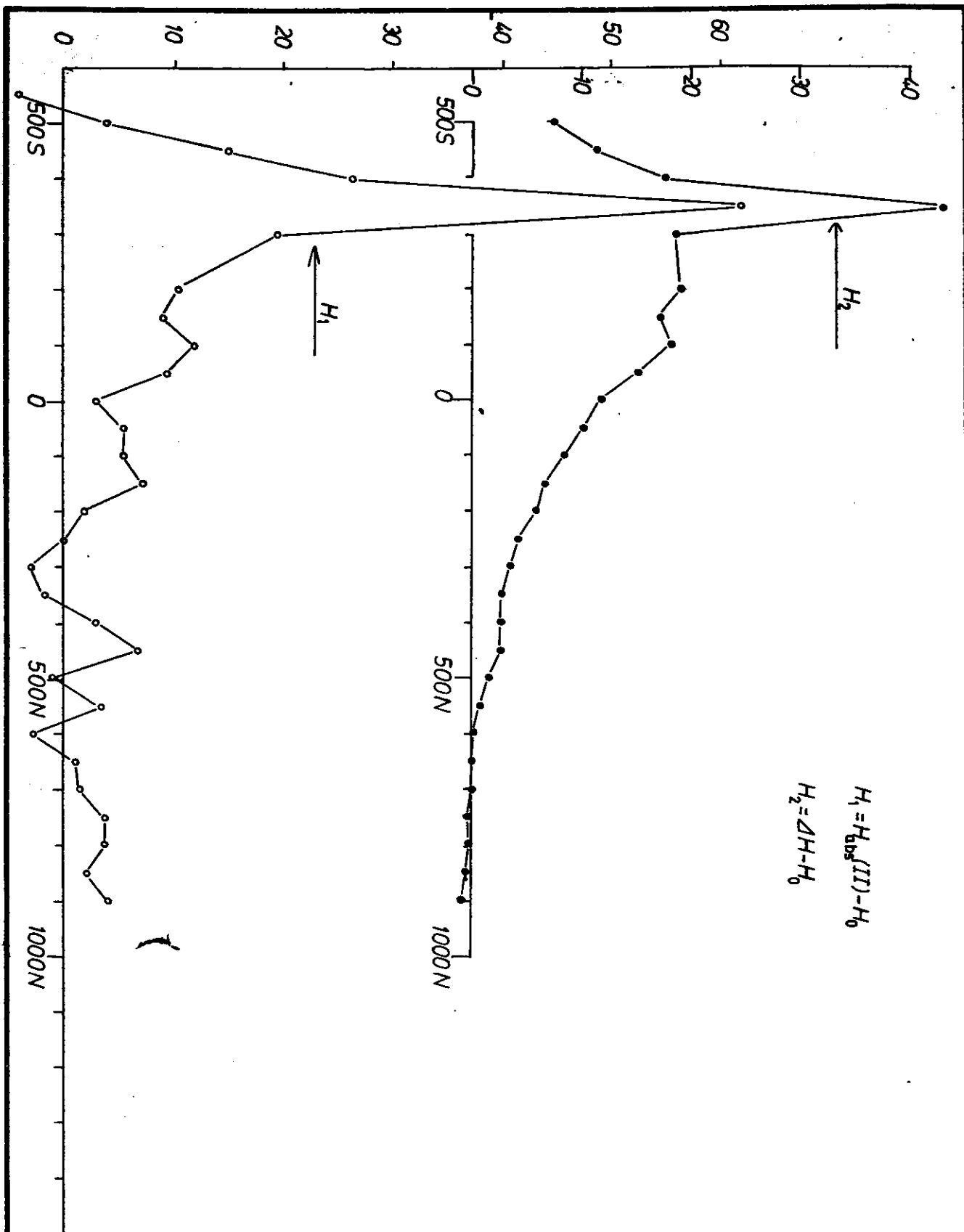
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet OBL	Målestokk 1:10.000	Anl I: Elektr. i myr Anl. II: - " - - bh. nivå ?	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstattet for:	Erstattet av:
Hjerkinnhö Profil 2				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl. 4		Beregning:		M&H: 02.04.81 Singaas	

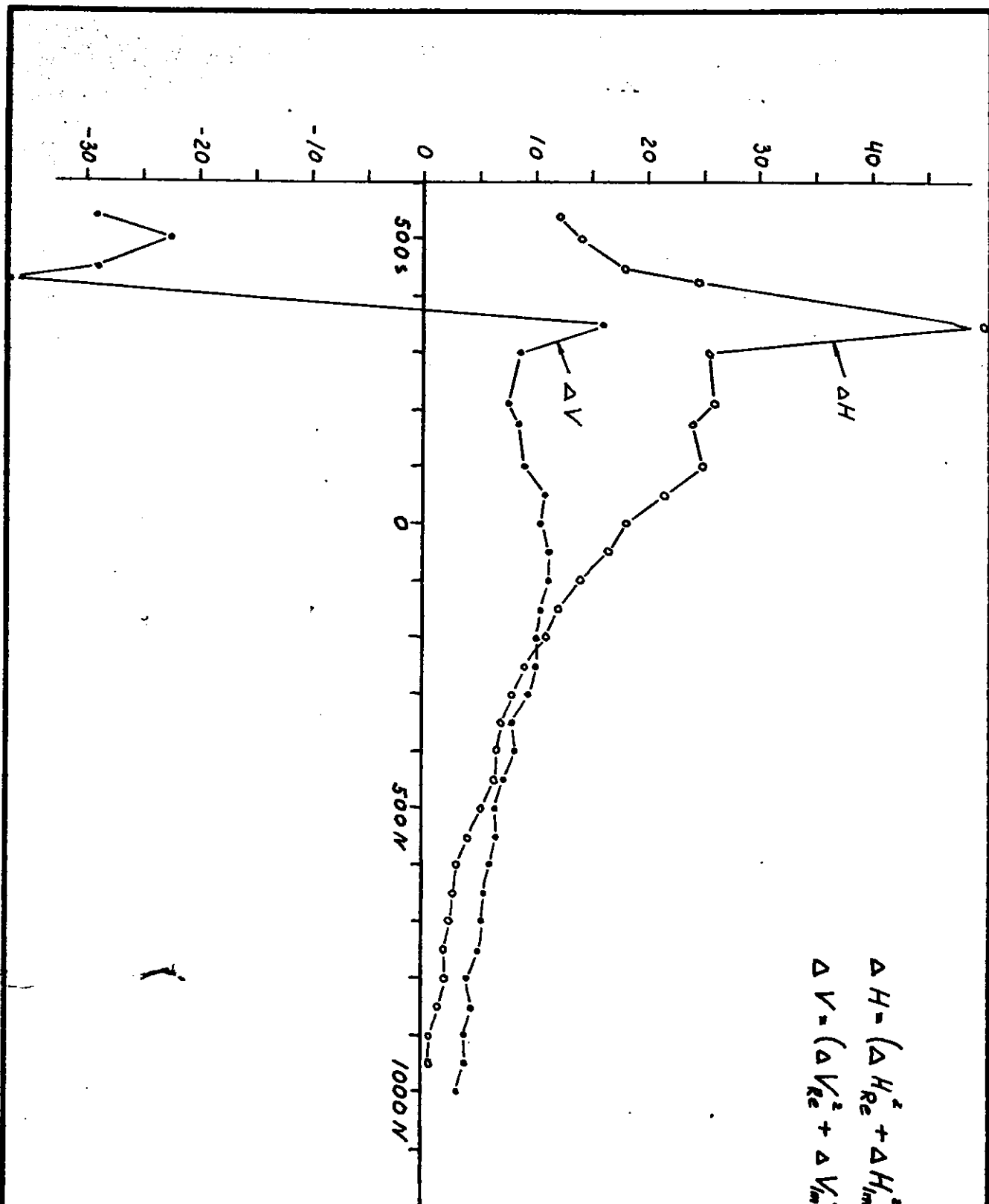


$$\Delta H_{abs} = H_{abs}^{(II)} - H_{abs}^{(I)}$$

$$\Delta V_{abs} = V_{abs}^{(II)} - V_{abs}^{(I)}$$

Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10.000	Anl. I: Elektr. i myr	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl. II: - " - " b.h. nivå ?	
Hjerkinnhö Profil 2				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM diff. målinger	
Henvisning:	Pl. 5	Beregning:		Målt: 02.04.81 Singaars	

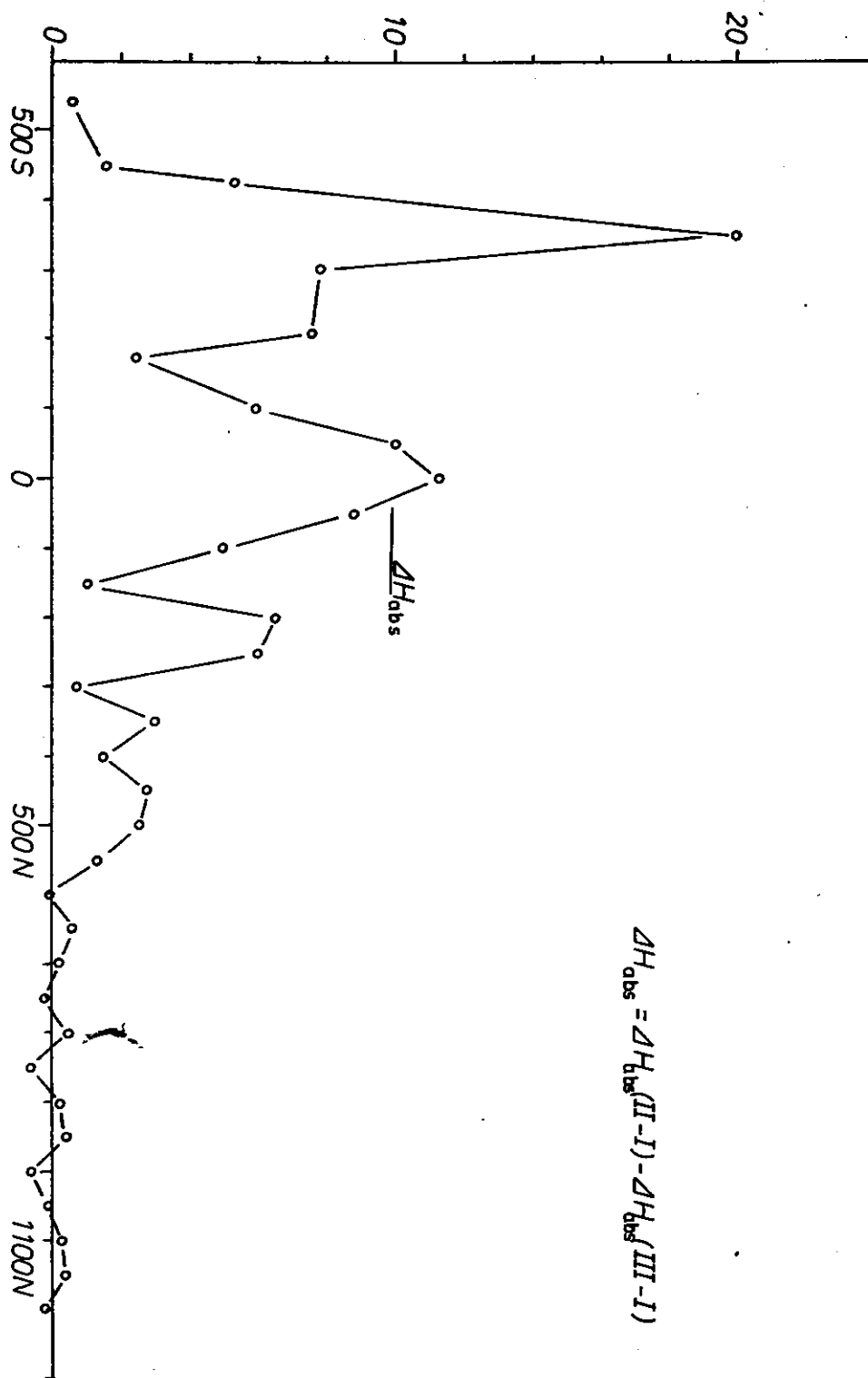




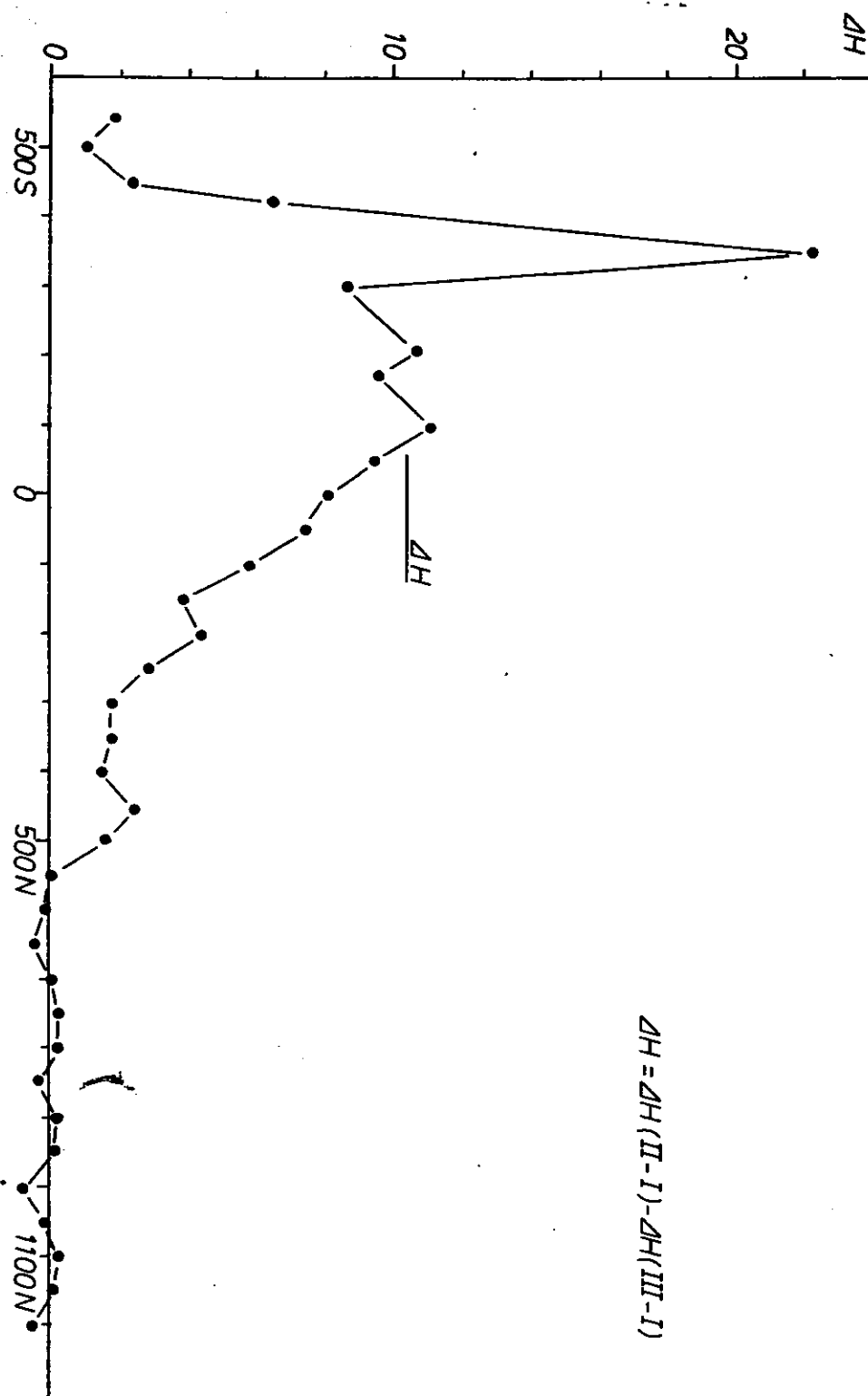
$$\Delta H = (\Delta H_{Re}^2 + \Delta H_{Im}^2)^{1/2}$$

$$\Delta V = (\Delta V_{Re}^2 + \Delta V_{Im}^2)^{1/2}$$

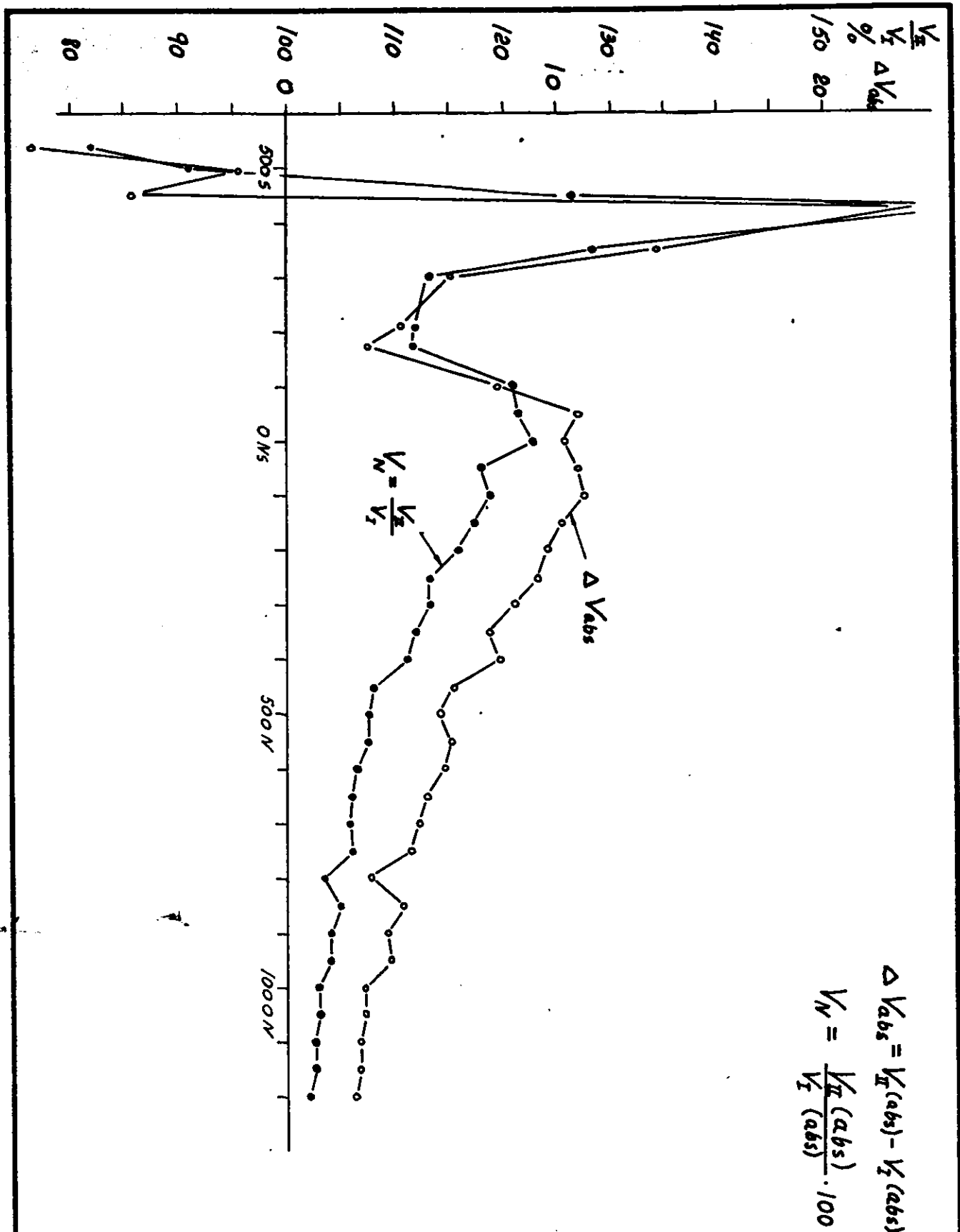
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10.000	Anl. II : Elektr. i bh. nivå 7	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl. I : - " - " myr	
Hjerkinnhö Profil 2 EM diff. målinger				Erstatning for:	Erstatter av:
Henvisning:	Pl. 7	Beregning:		Målt : 02.04.81 P. Singaas	



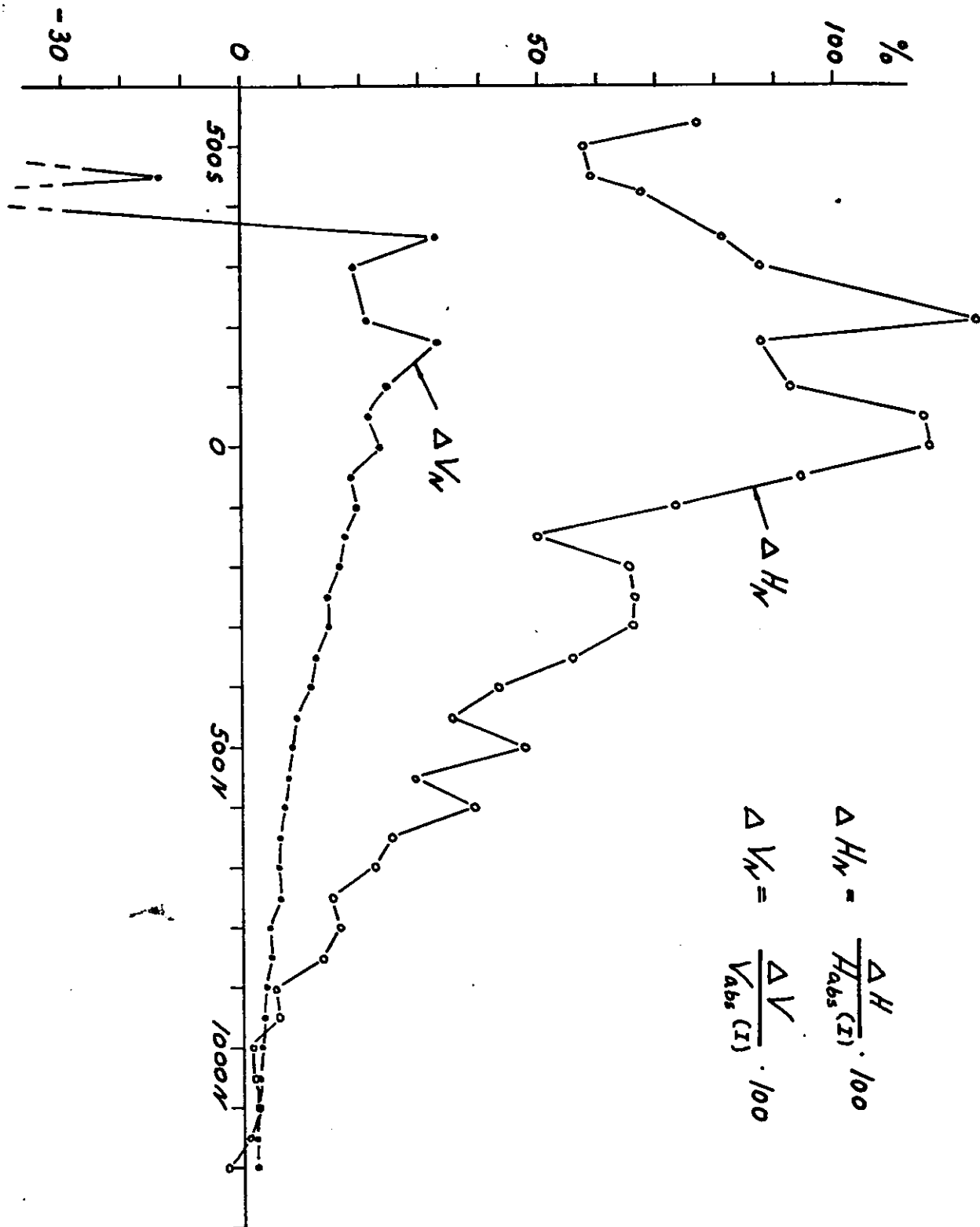
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. II: Jording i bh. nivå 7 Anl. III: Jording i malm nivå 7	
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 2				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl. 8		Beregning:			



Dato 02.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. II: Jording i bh. nivå 7 Anl. III: Jording i malm nivå 7	
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent			
HJERKINNHO Profil 2				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl. 9		Beregning:			



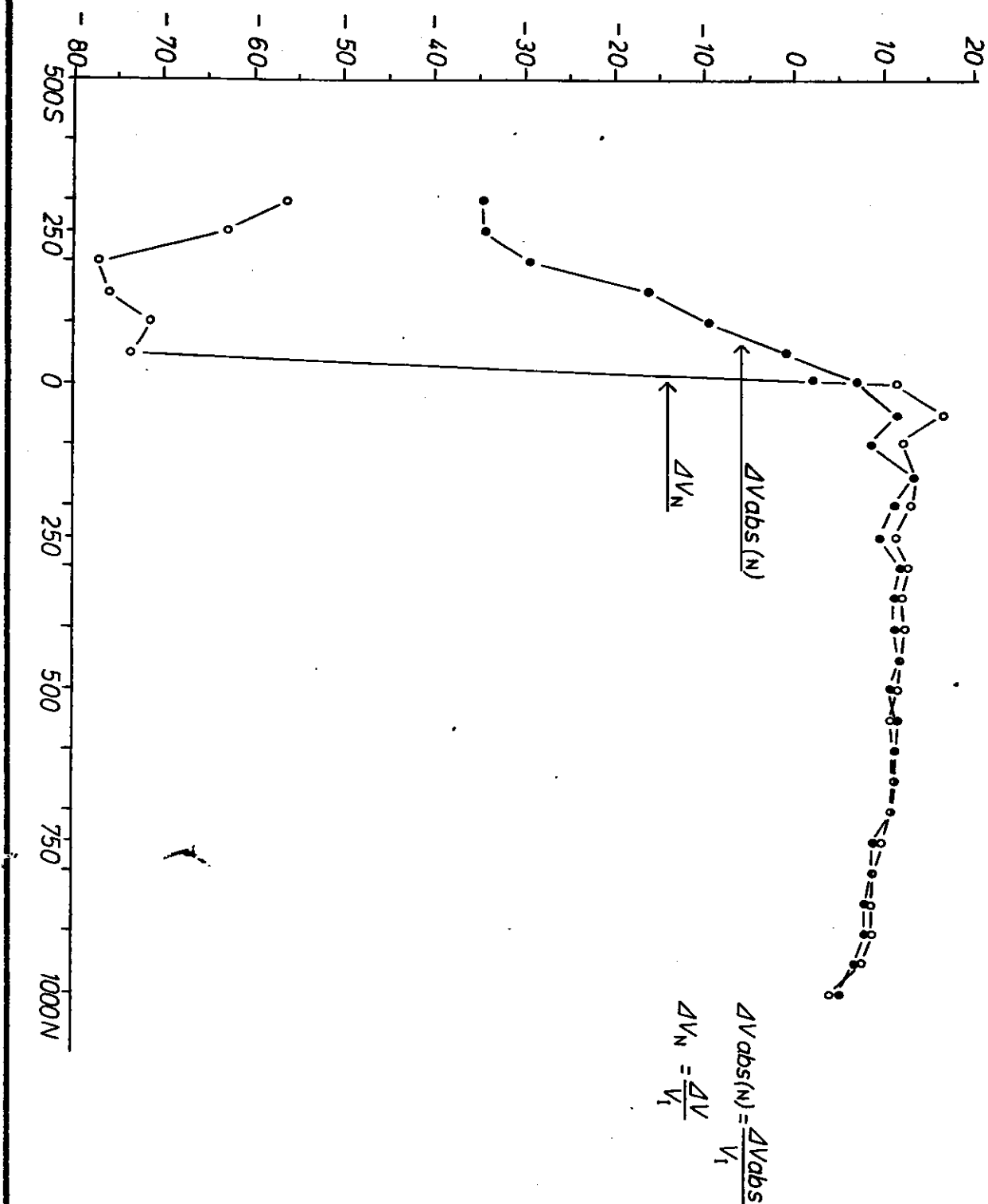
Dato 27.08.81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet OBL	Målestokk 1:10.000	Anl. II : Elektr. i bh. nivå ?
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjant		Anl. I : - - - i myrves/ekn.
Hjerkinnhö Profil 2 EM-diff. målinger				Erstatning for:
				Erstattet av:
Henvisning: Pl. 10				M&H : 02. 04. 81 P. Singaas
Beregning:				



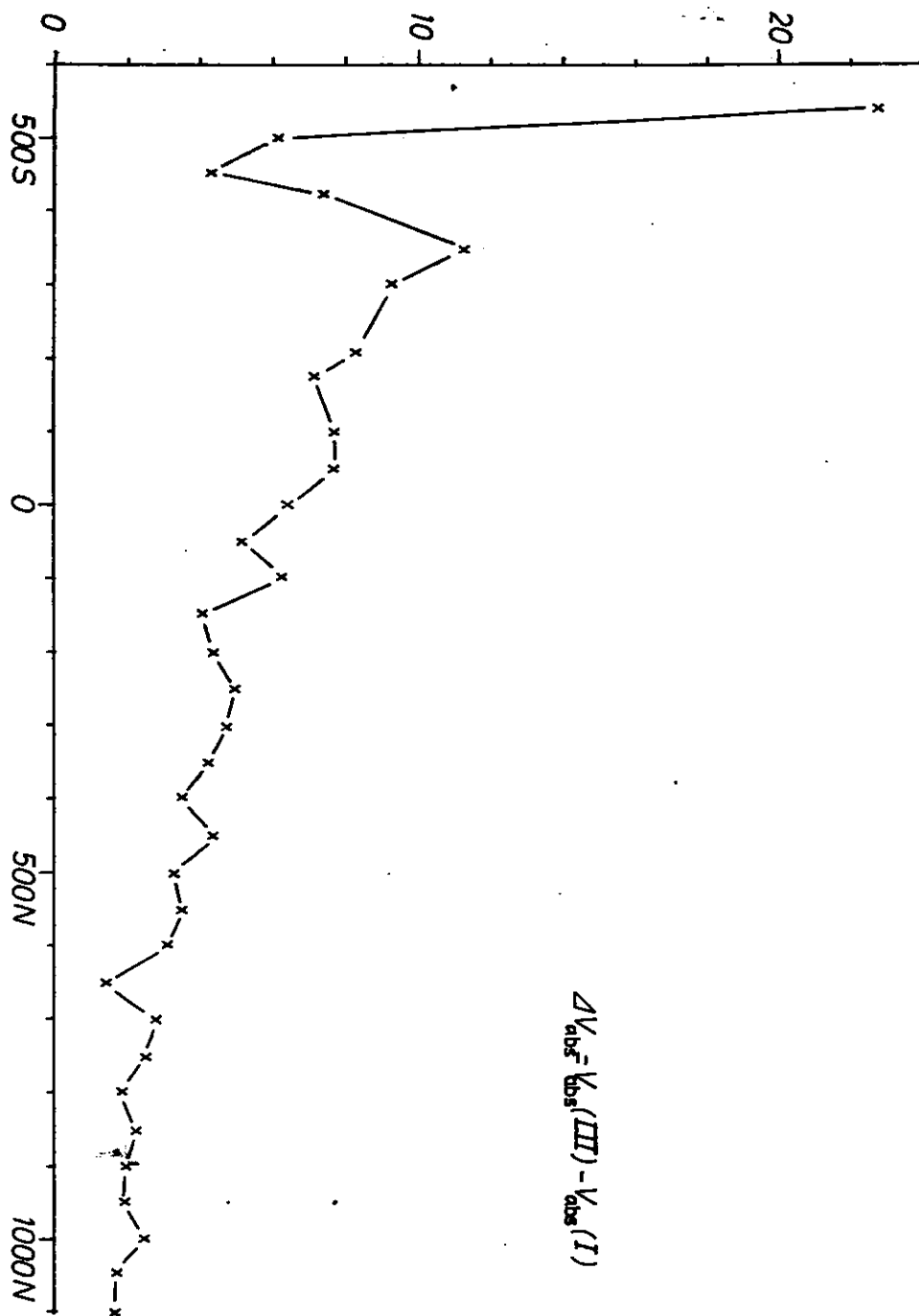
$$\Delta H_r = \frac{\Delta H}{H_{abs}(I)} \cdot 100$$

$$\Delta H_v = \frac{\Delta V}{V_{abs}(I)} \cdot 100$$

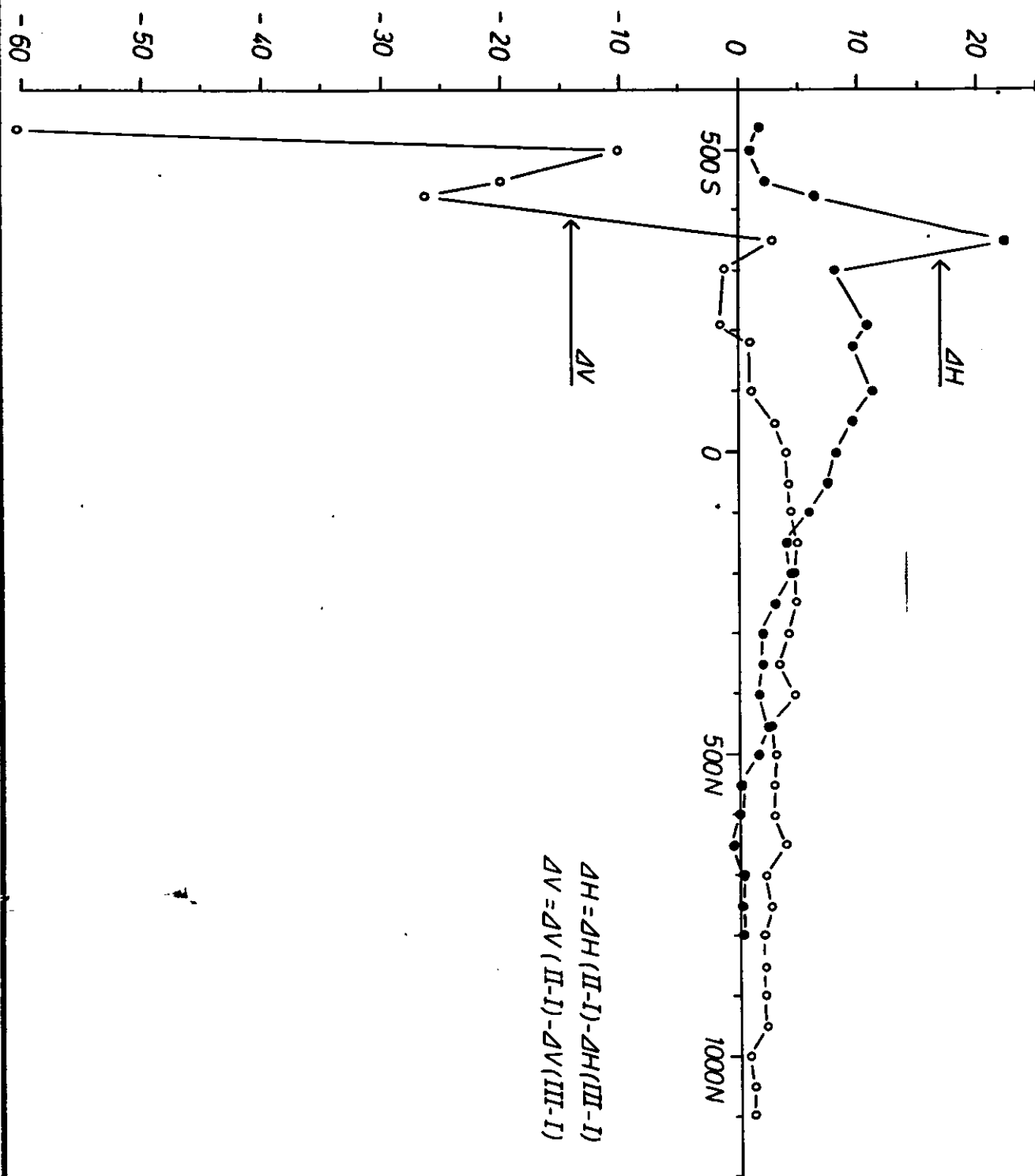
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10.000	Anl. I: Jording i myr Anl. II: -" - i bh. nivå?	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
Hjerkinnhö Profil 2				EM diff. målinger	
				Målt: 02.04.81 Singaas	
Henvisning: Pl.11		Beregning:			



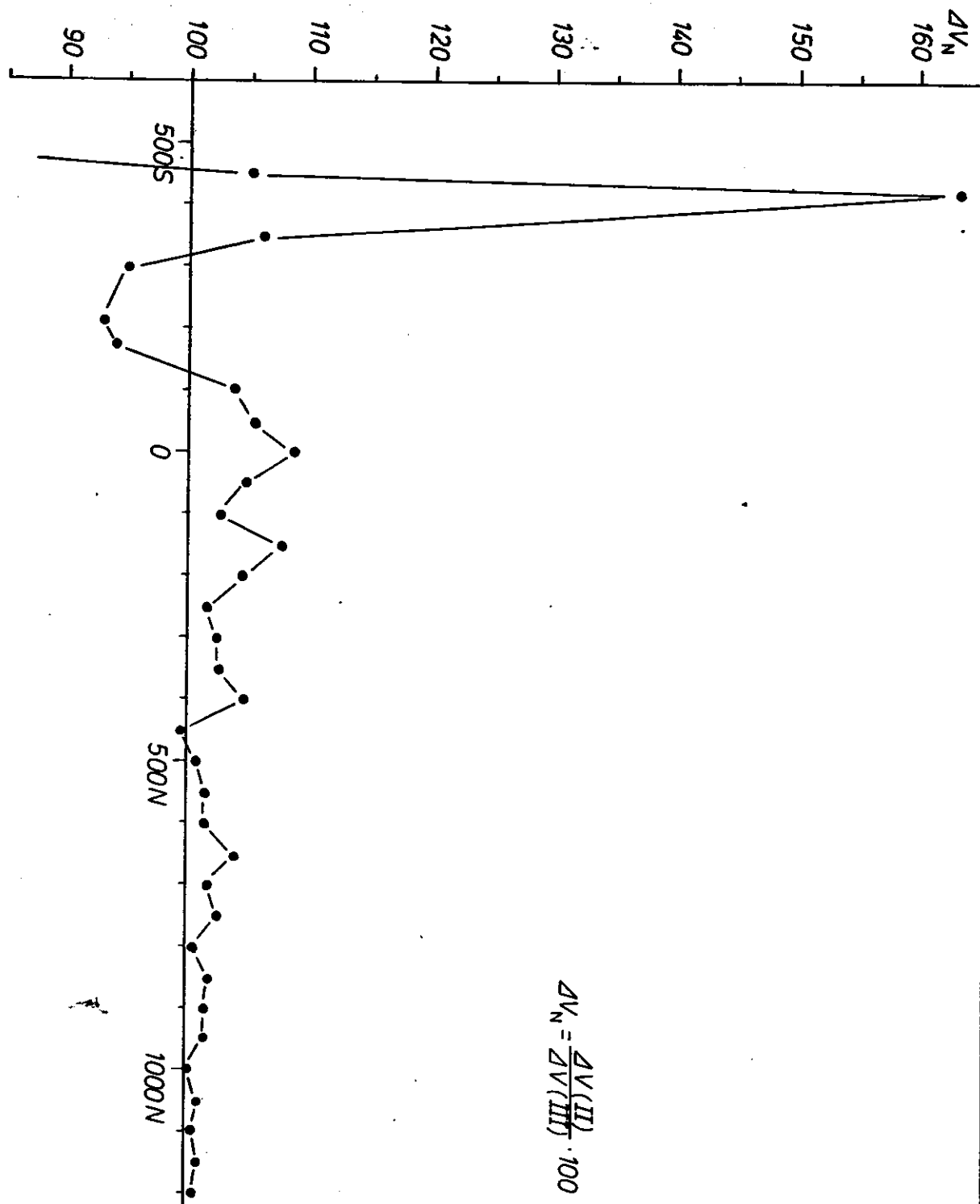
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anlegg II Jording i bh. nivå 7	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 3				EM diff.målinger	
Henvisning:	Pl.12	Beregning.			



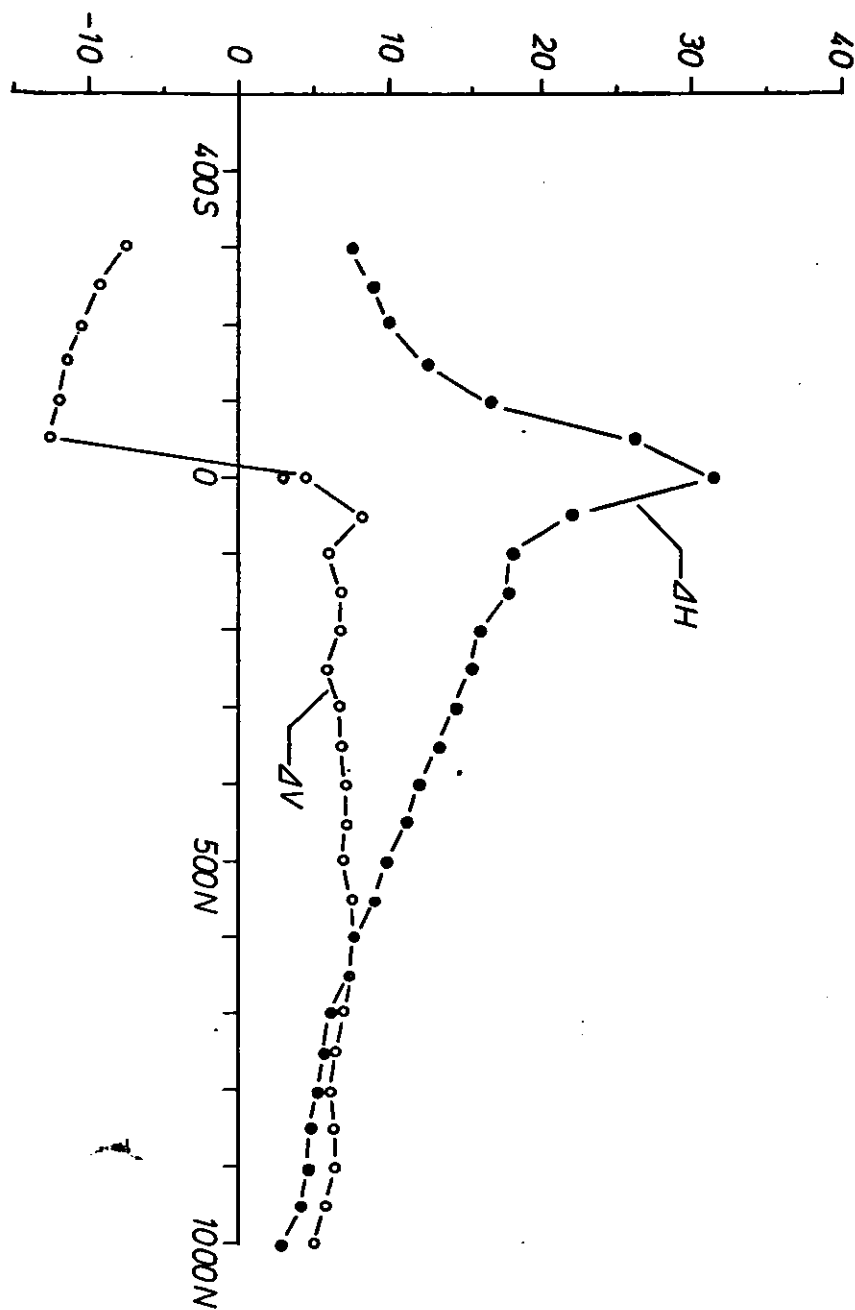
Dato 01.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10 000	Anl. I: Jording i myr v/Vesleknatten Anl. III: Jording i malm nivå 7	
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 2				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl.13		Beregning:			



Dato 02.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. II: Jording i bh nivå 7
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Anl. III: Jording i malm nivå 7
HJERKINNHØ Profil 2				Erstatning for:
				Erstattet av:
				EM diff.målinger
Henvisning:	Pl.14	Beregning:		



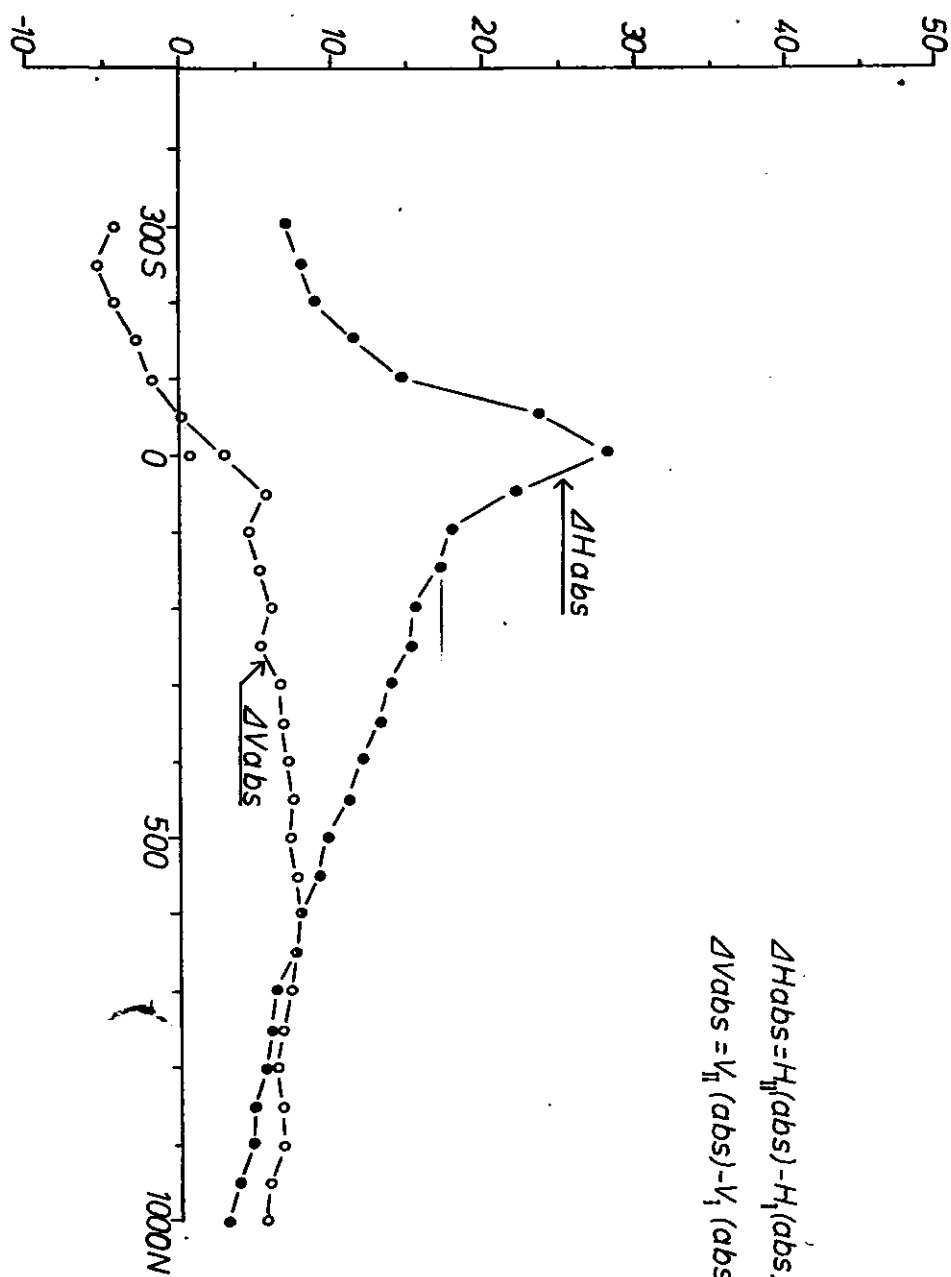
Dato 01.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1: 10000	Anl. II: Jording i bh. nivå 7 Anl. III: Jording i malm nivå 7	
Kontroll målt: P.S	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNØ Profil 2				EM diff.målinger	
Henviſning: Pl. 15		Beregning:			



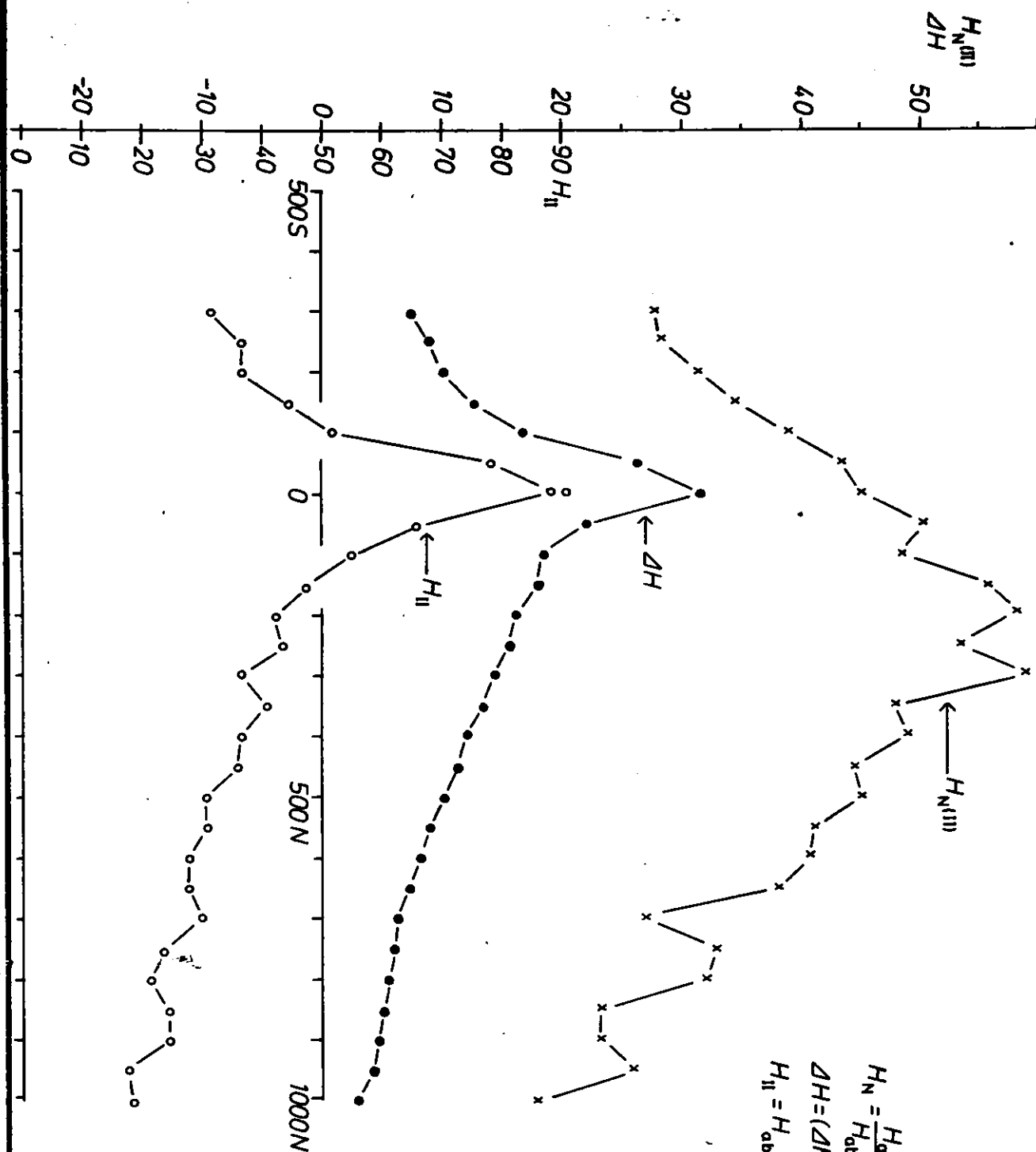
$$\Delta H = \sqrt{\Delta H_{Re}^2 + \Delta H_{Im}^2}$$

$$\Delta V = \sqrt{\Delta V_{Re}^2 + \Delta V_{Im}^2}$$

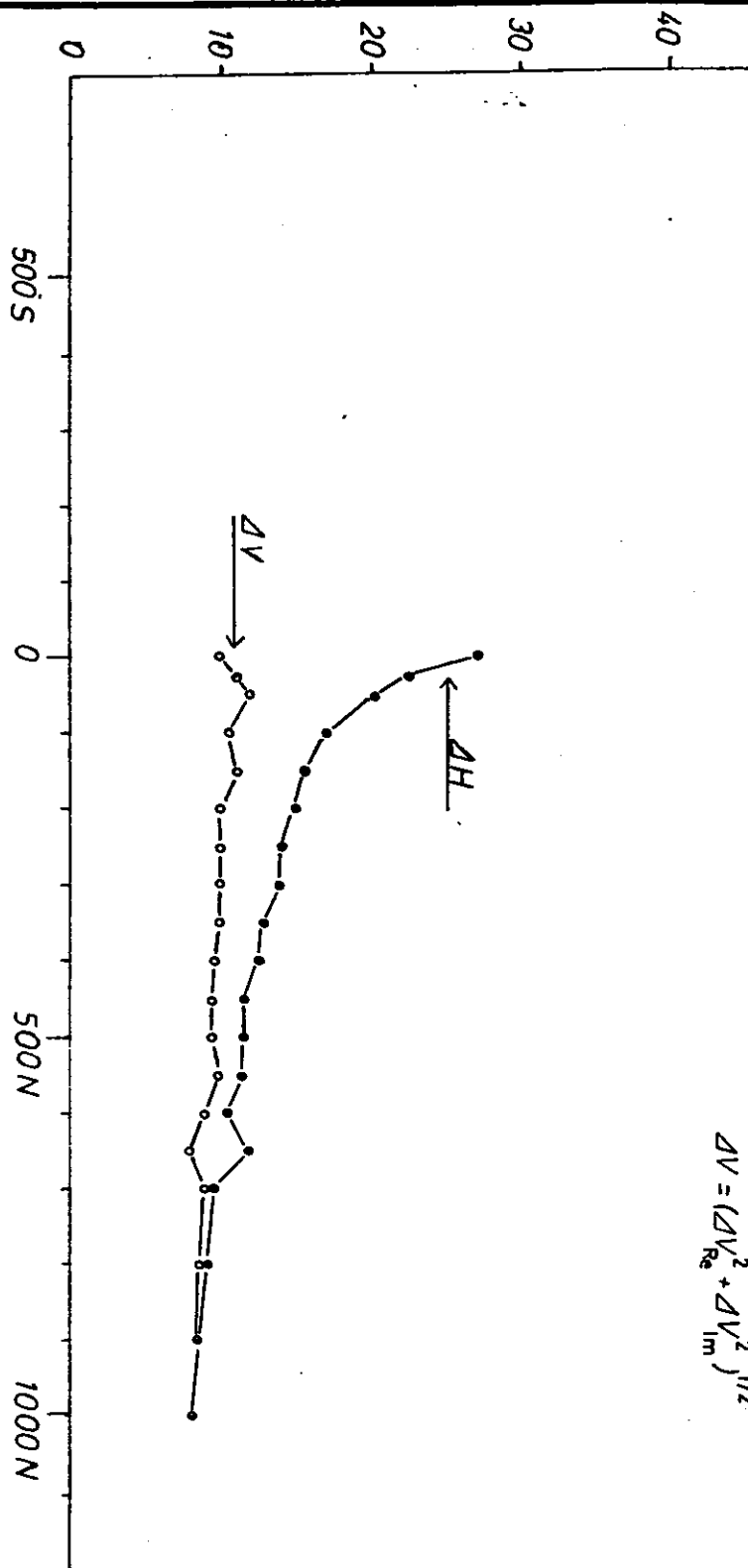
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I: Myr v/Vesleknatten Anl. II: Bh. på nivå 7	
Kontroll- Målt : PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 3				EM diff.målinger	
Henvisning:	Pl.16	Beregning:			



Dato 01.04.81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I : Myr v/vesleknatten Anl. II : Bh. på nivå 7	
Kontroll Målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHØ Profil 3				EM diff.målinger	
Henvisning: Pl. 17		Beregning:			



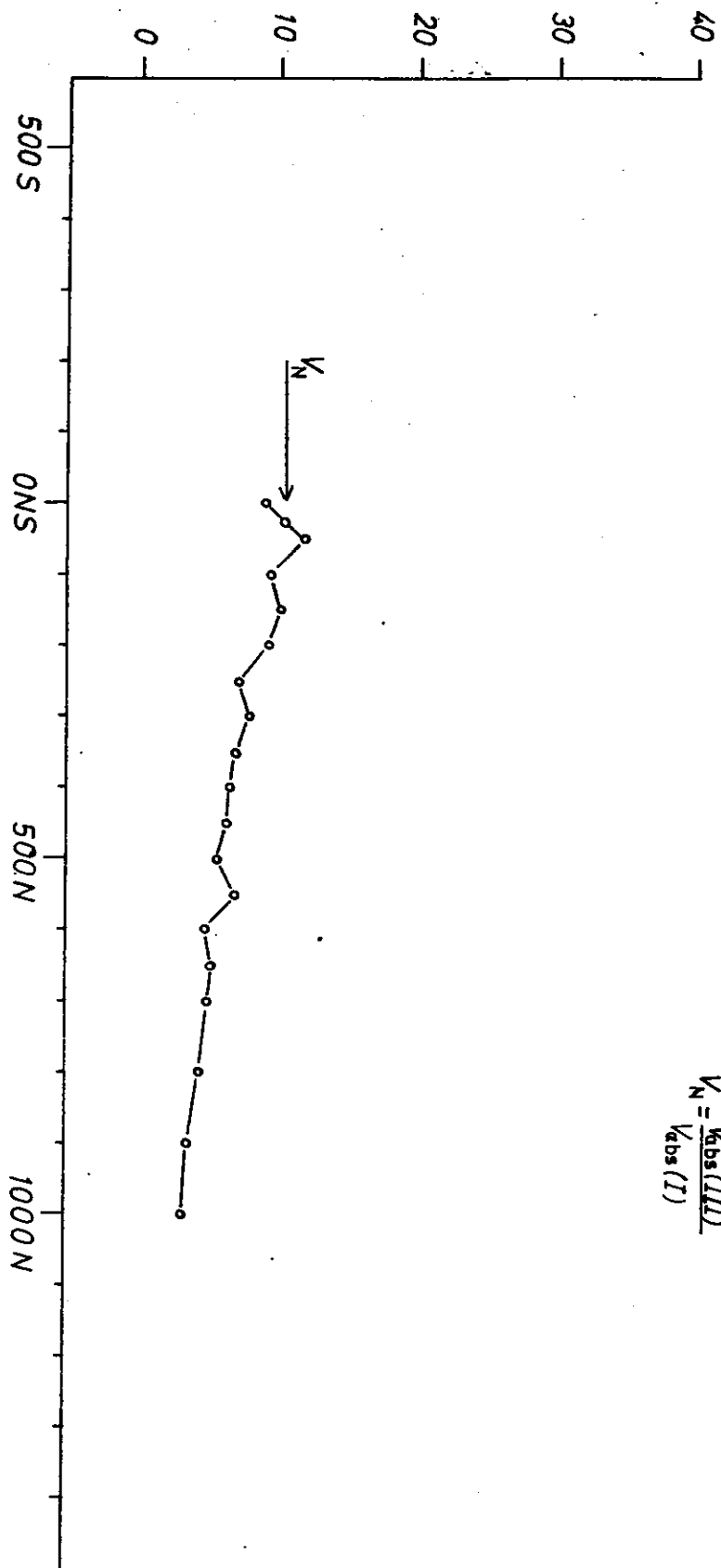
Dato	Konstr./Tegnet <i>OBL</i>	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I : Jording i myr Anl. II : Jording i bh.nivå 7	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 3				EM diff.målinger	
Henvising: <i>Pl.18</i>		Beregning:			



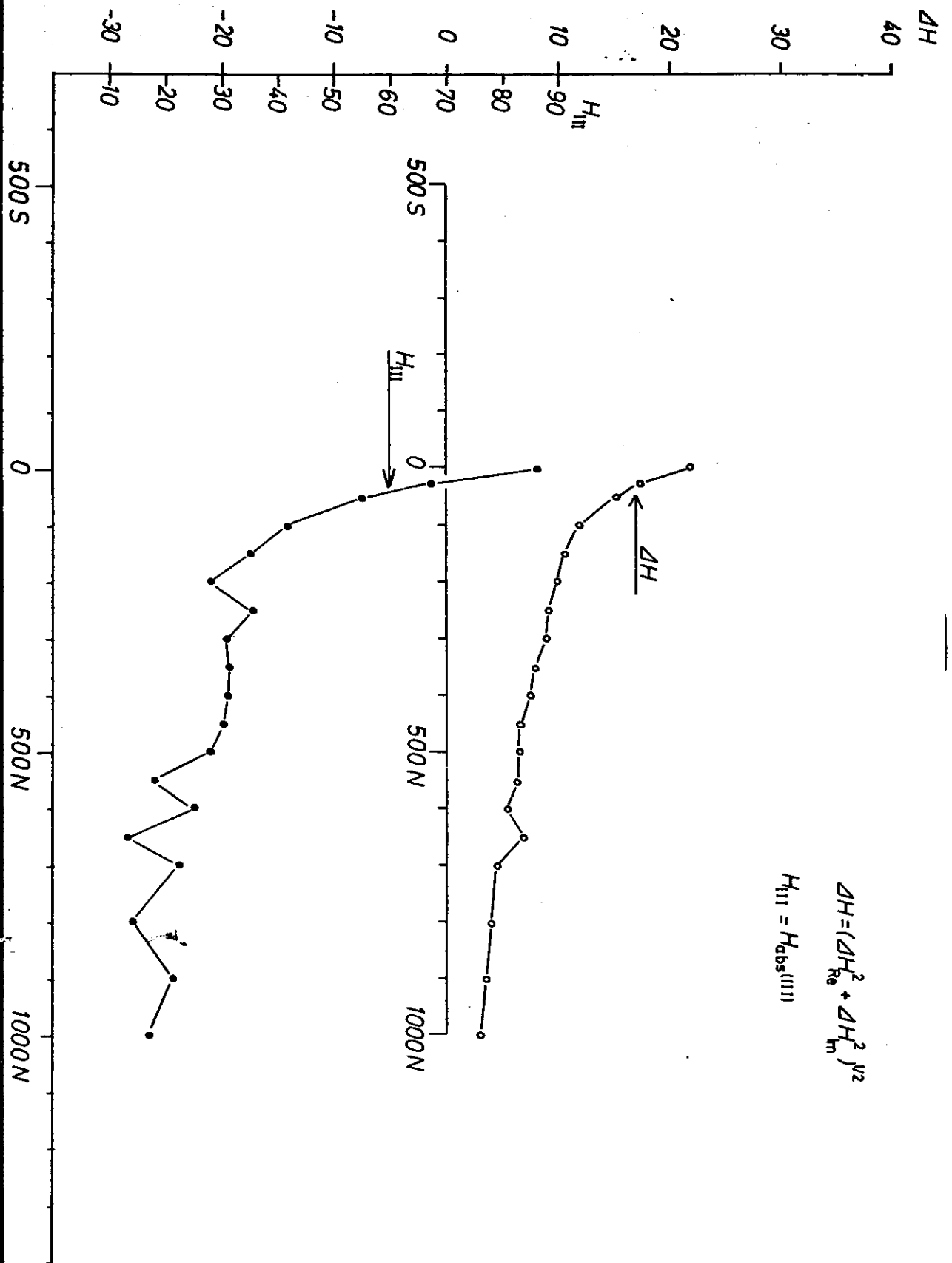
$$\Delta H = (\Delta H_{Re}^2 + \Delta H_{Im}^2)^{1/2}$$

$$\Delta V = (\Delta V_{Re}^2 + \Delta V_{Im}^2)^{1/2}$$

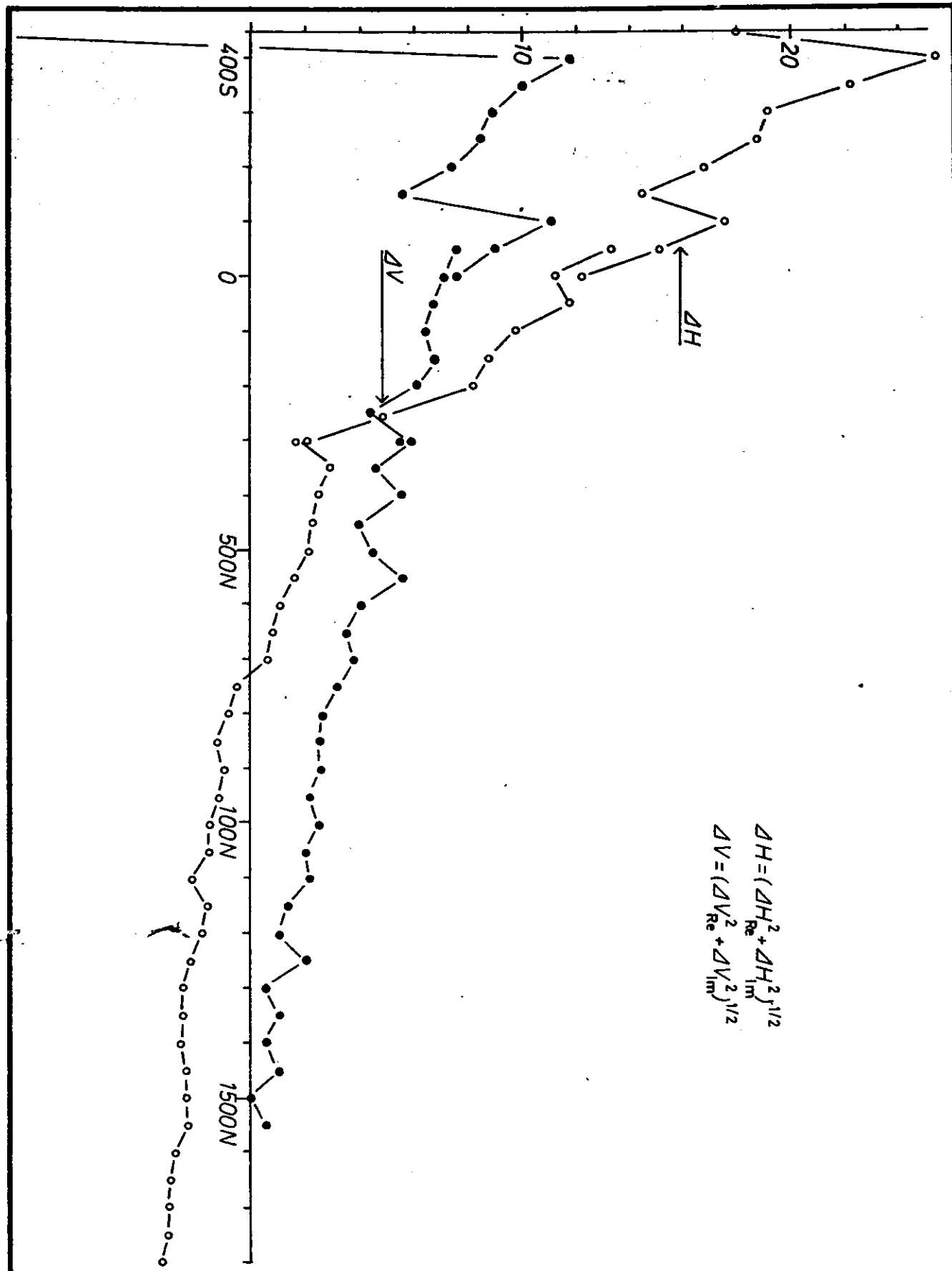
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I: Jording i myr v/Veslekn.	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl. III: Jording i malm, nivå 7.	
HJERKINNHÖ Profil 3				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM-diff.målinger	
Henvisning: Pl.19		Beregning:			



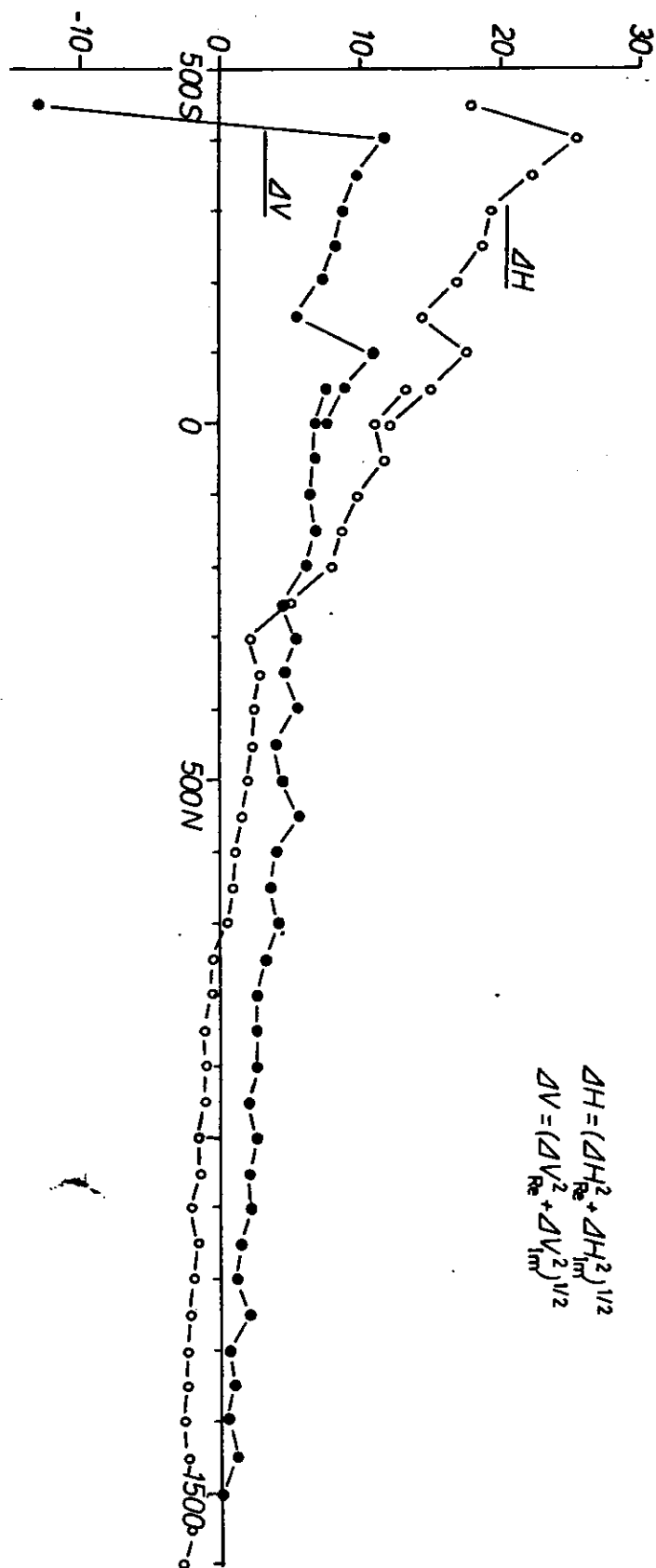
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10 000	Anl.I: Jording i myr v/Vesleknatten
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl.III: Jording i malm, nivå 7
HJERKINNHÖ Profil 3				Erstatning for:
				Erstattet av:
				EM-diff.målinger
Henvisning:	Pl. 20	Beregning:		



Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl.I: Jording i myr v/Vest eknatten	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Anl.III: Jording i malm, nivå 7	
HJERKINNHÖ Profil 3				Erstatning for:	Erstattet av:
				EM-diff.målinger	
Henvisning: Pl.21		Beregning:			



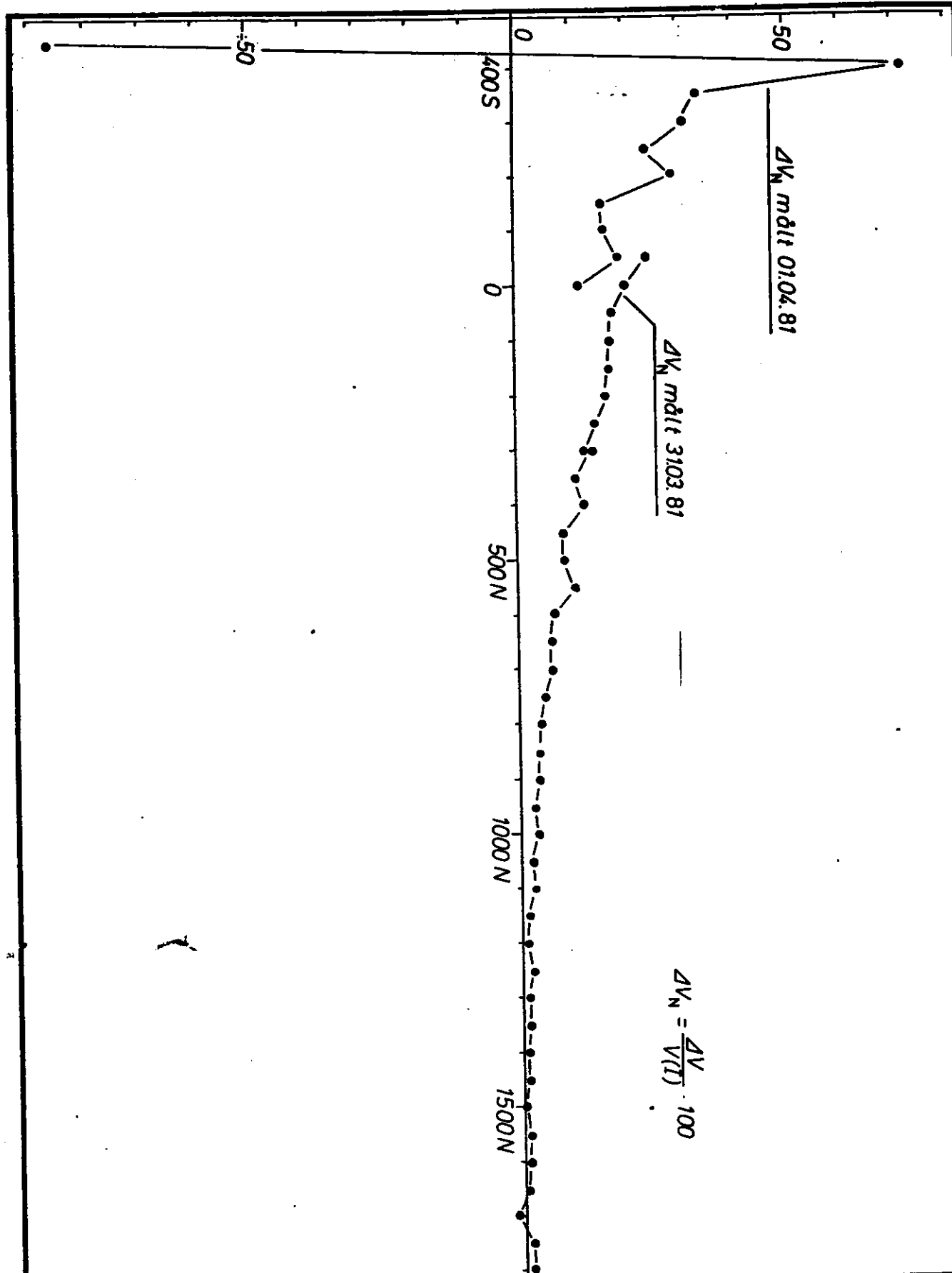
Dato	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl. I: Jording i myr v/Vestlekn. Anl. III: Jording i malm, nivå 7	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 1				EM-diff.målinger	
Henvisning: Pl.22		Beregning:			



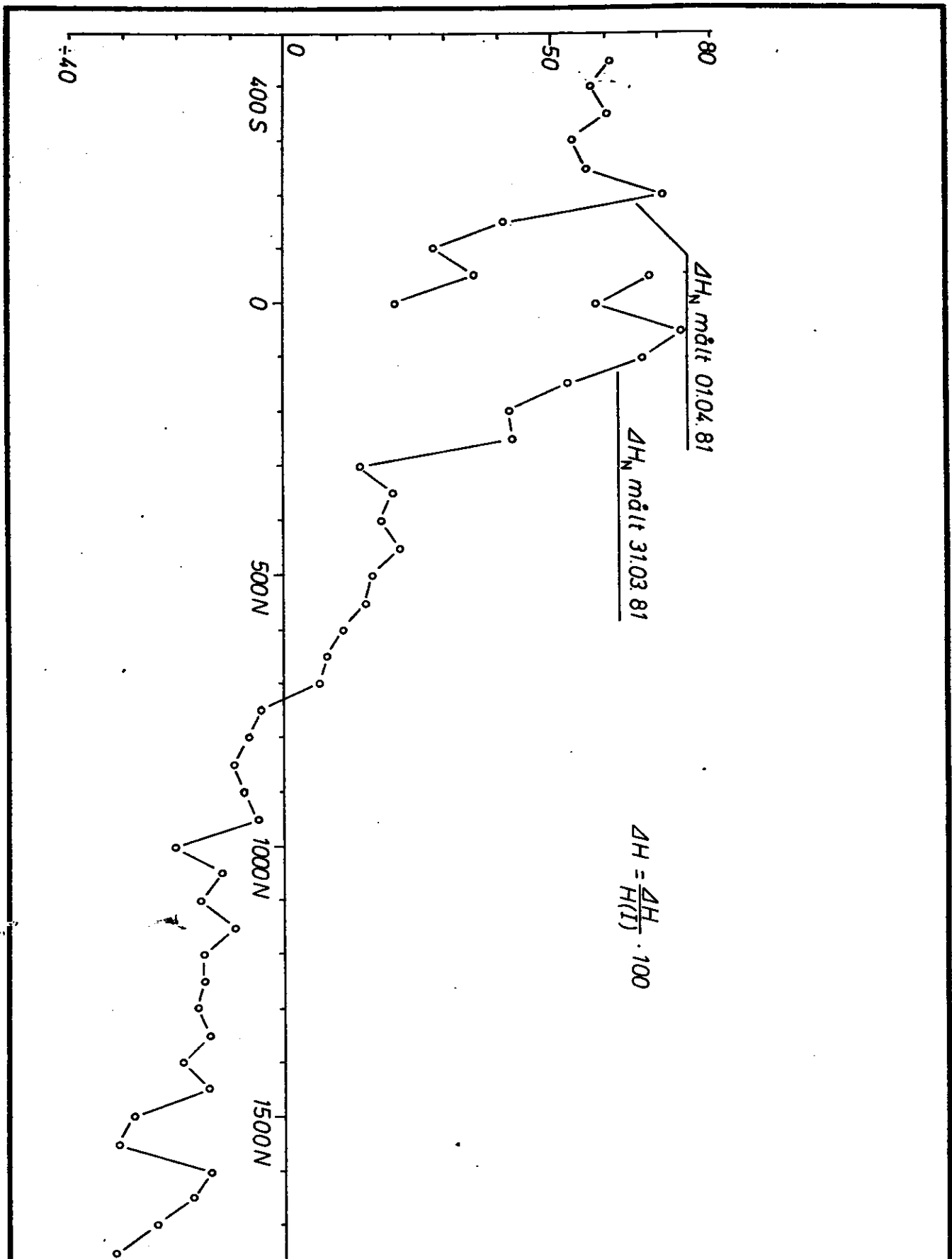
$$\Delta H = (\Delta H_{re}^2 + \Delta H_{lm}^2)^{1/2}$$

$$\Delta V = (\Delta V_{re}^2 + \Delta V_{lm}^2)^{1/2}$$

Dato	Konstr./Tegnet <i>OBL</i>	Tracet	Målestokk 1:10000	Ant.I: Jording i myr v/Vesleknatter Ant.III: Jording i malm nivå 7	
Kontroll	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 1				EM-diff.målinger	
Henvisning: <i>Pl. 23</i>		Beregning:			



Dato 31.03/01.04.81	Konstr./Tegnet O.B.L.	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl.I: Jording i myr v/Vesleknatten Anl.III: Jording i malm, nivå 7	
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstatning for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 1				EM-diff.målinger	
Henviſning: Pl.24		Beregning:			



Dato 31.03/01.04. 81	Konstr./Tegnet OBL	Tracet	Målestokk 1:10000	Anl.I:Jording i myr v/Vesleknatten Anl.III:Jording i malm nivå 7	
Kontroll målt: PS	Stand.kontroll	Godkjent		Erstattet for:	Erstattet av:
HJERKINNHO Profil 1				EM-diff.målinger	
Henvisning: Pl.25		Beregning:			