



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 399	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Oslo	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv Østlandske og USB	Ekstern rapport nr Aspro 1511	Oversendt fra	Fortrolig pga Utmål	Fortrolig fra dato:

Tittel

Rapport vedr. Fensfeltet Ulefoss.
Geofysiske målinger (SP, Resistivitet) i området Tuftehavna - Holla kirkeruin.
Overflatemålinger og borhull

Forfatter Ø. Logn	Dato 27/4 1984	Bedrift Prospektering A/S
----------------------	-------------------	------------------------------

Kommune Nome	Fylke Telemark	Bergdistrikt Østlandske	1: 50 000 kartblad 17134	1: 250 000 kartblad Skien
-----------------	-------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------

Fagområde Geofysikk	Dokument type Rapport	Forekomster Fensfeltet
Råstofftype Malm/metall	Emneord Nb U	

Sammendrag

Målingene har vist at:

1) SP-anomalier i borprofilene følger kismineraliseringer beliggende i heng/ligg av niob-mineraliseringene, på liknende måte som magnetitt-mineraliseringene, men ikke sammenfallende med disse. SP-anomaliene er dog så svake at det er vanskelig å påvise disse gjennom det marine overdekke.

2) Resultatene av resistivetsmålingene (VLF) gir et mål for variasjoner i tykkelsen av det godt ledende, marine overdekke. Underliggende bergarter synes alle å ha resistiviteter av omtrent samme størrelsesorden: Lav resistivitet = tykt overdekke. Høy resistivitet = tynt eller intet overdekke.

Niob-mineraliseringene ligger i områder med middels resistivitet = få meters overdekke.

På grunnlag av radiometriske målinger på overflaten, utført av Carstens i 1982, samt radiometriske og permeametermålinger målt på borkjerner, og SP-målinger utført i en rekke borhull i Tuftefeltet, og dessuten i de i 1983 borete hull TH 13 og TH 14, har man stillet opp en arbeidshypotese for hvordan uran-niob-mineraliseringene skjematisk kan forekomme i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin.

Forslaget er vist i pl. 11, i vertikalseksjon i pl. 9.

Det er forutsatt minst 13 svakt krumme (sirkulære?) soner relativt jevnt fordelt over 350 m bredde. De ytre er uran-dominerte, de midtre fører uran (?) og niob. To av disse, sone 4 og sone 8 har i to skjæringer ved borhull vist høye niobgehalter og større mektigheter. Mulige innenforliggende soner i retning mot Tuftestollens stuff (mot øst) kjennes ikke.

Det foreslås oppfølgende diamantboringer på sone 8 (pl. 11) i to snitt; rekognoserende boringer på sone 4,

USB

III. (02) 12 03 10

(02) 53 08 34



PROSPEKTERING

LANGE MINERALS VELT PUSTE 83 - 1371 STABIAN

HELD AV AKTIESELSKAPET SYDVARANGER

INTERN RAPPORT

Telex 72 987 aspro

DATO: 27.04.1984

RAPPORT NR: 1511

KARTBLAD 1713 IV

Antall sider 25

— II — bilag 11

SAKSBEARBEIDER Ø. Logn

13/8 80

RAPPORT VEDRØRENDE:

Fensfeltet, Ulefoss.

Geofysiske målinger (SP og resistivitet) i området
Tuftehavna - Holla Kirkeruin.

Overflatemålinger og borhullsmålinger.

FORDELING
OSLO:

6.6.

ASPRO

ELKEM

RESYMÉ:

Målingene har vist at:

- 1) SP-anomalier i borprofilene følger kismineraliseringer beliggende i heng/ligg av niob-mineraliseringene, på liknende måte som magnetitt-mineraliseringene, men ikke sammenfallende med disse.

SP-anomaliene er dog så svake at det er vanskelig å påvise disse gjennom det marine overdekke.

- 2) Resultatene av resistivitetsmålingene (VLF) gir et mål for variasjoner i tykkelsen av det godt ledende, marine overdekke. Underliggende bergarter synes alle å ha resistiviteter av omtrent samme størrelsesorden:

Lav resistivitet = tykt overdekke

Høy resistivitet = tynt eller intet overdekke.

Niob-mineraliseringene ligger i områder med middels resistivitet = få meters overdekke.

På grunnlag av radiometriske målinger på overflaten, utført av Carstens i 1982, samt radiometriske og permeametermålinger målt på borkjerner, og SP-målinger utført i en rekke borhull i Tuftefeltet, og dessuten i de i 1983 borete hull TH 13 og TH 14, har man stillet opp en arbeidshypotese for hvordan uran- niob- mineraliseringene skjematisk kan forekomme i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin. Forslaget er vist i pl. 11, i vertikalseksjon i pl. 9.

Det er forutsatt minst 13 svakt krumme (sirkulære?) soner relativt jevnt fordelt over 350 m bredde. De ytre er uran-dominerte, de midtre fører uran (?) og niob. To av disse, sone 4 og sone 8 har i to skjæringer ved borhull vist høye niobgehalter og større mektigheter.

Mulige innenforliggende soner i retning mot Tufte - stollens stuff (mot øst) kjennes ikke.

Det foreslås oppfølgende diamantboringer på sone 8 (pl. 11) i to snitt; rekognoserende boringer på sone 4, fortrinnsvis nord for Tuftehavna-feltet.

Geofysiske målinger foreslås, i den grad det er mulig å gjennomføre, østover fra Tuftehavna-feltet mot Tuftefeltet, i området syd for Tuftestollens stuff, et område som er interessant p.g.a. rapporten om columbitt (tantalrik ?) ved stuffen i stollen.

KIRKENES:

ANDRE:

CAPPELEN (Fence)



PROSPEKTERING A/S

GAMLE RINGERIKS VEI 14, POSTB. 83 - 1321 STABEKK

HELEID AV AKTIESELSKABET SYDVARANGER

TLF.: (02) 53 89 76 TLF.: (02) 53 08 35
TLF.: (02) 53 08 34 TLF.: (02) 12 05 18

TELEX 72 987 aspro n

Undersøkelse Statens
Bergrettigheter
Postboks 3006
7001 TRONDHEIM.

*13/8 84
u.6*

ARKIV/REF. IH/bs

STABEKK 01.08.84

Ad : FEN RAPPORTERING.

I henhold til inngått avtale og til Deres informasjon
oversendes herved ett eksemplar av ASPRO rapport nr. 1511,
utarbeidet av geofysiker Ørnulf Logn; Fensfeltet, Ulefoss.

Geofysiske målinger (SP og resistivitet) i området
Tuftehavna-Holla Kirkeruin.
Overflatemålinger og borhullsmålinger.

Med hilsen
for PROSPEKTERING A/S

Thor L. Sverdrup
Prospekteringssjef

Ivar Hultin
Geolog

Ett eksemplar av rapporten er oversendt Industridepartementet
v/Bergverkskontoret.

Vedlegg.

*Hva er uran-minerale?
Er dette omregnet γ -stråling eller analyse på α*

4308 ?

INNHold

	side
1. Innledning	1
2. Formål	1
3. Målemetode	1
4. Utførelse	2
4.1. SP-målinger i et antall borhull	2
4.2. SP-målinger på overflaten	2
4.3. SP-målinger i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin	3
4.4. SP-målinger i NV-lig retning	4
4.5. VLF-resistivitetsmålinger i området Tuftehavna - Holla Prestegård	4
4.6. Vekselstrømmmålinger (AC)	4
5. Resultater	5
5.1. SP i borhull	5
5.2. Borhullsmålinger - sammendrag	8
5.3. SP målt på overflaten	9
5.4. VLF-resistivitetsmålinger	10
6. Diamantboringer 1983	13
7. Diskusjon	15
7.1. Tuftehavna-området	16
7.2. Holla - Kirkeruin - området	20
7.3. Forslag til mineraliseringssystem	21
8. Konklusjon	22
9. Diamantboringer	23
10. Videre undersøkelser	25

BILAG: 11 plansjer.

TUFTEHAVNA - HOLLA KIRKERUIN - HOLLA PRESTEGÅRD
SP/VLF-RESTIVITETS-MÅLINGER

1. Innledning

De geofysiske målinger som er behandlet i denne rapport, begynte som et rent forsøk med selvpotensial-målinger i en del diamantborhull boret i Tuftehavna-feltet. De fleste hull er boret i 1982. Ifølge S.D. Olmore's rapporter fantes det pyritimpregnasjoner i det første borhull TH 1, som er 380 m langt, satt på i 45° vinkel mot vest, og som skjærer gjennom en god del av de aktuelle Søvitt- og Hollaitt-bergarter.

Pyritimpregnasjonene- selv relativt fattige - gir som regel markerte SP-anomalier ved måling i borhull, selv i tilfeller da det foreligger en ren kisdisseminasjon.

2. Formål

Formålet med SP-forsøket i borhullene i Tuftehavna var:

- 1) For det første å finne ut om det i det hele tatt kunne påvises SP-variasjoner i hullene, for det annet
- 2) Hvis de finnes, kartlegge SP-anomaliene best mulig, og for det tredje
- 3) Søke å vurdere om de målte potensialer er under strukturell kontroll, og således har betydning for oppsøking, eventuell oppboring av niob-apatitt-mineraliseringer.

3. Målemetode

Forsøkene i borhull skulle altså gjøres med SP. Disse målinger utføres vanligvis med en måleelektrode som senkes ned i det aktuelle borhullet. Potensialforskjeller i punkter nedover i borhullet bestemmes i forhold til et fast referansepotensial i et punkt i nærheten av borhullspåhugget. Hvis flere hull er boret i samme profil, benyttes en felles referanse for profilet (som settes lik null). Ved denne fremgangsmåte kan man fremstille et ekvipotensialbilde i borprofilet.

Som elektroder blir benyttet upolariserbare Cu/CuSO_4 -elektroder. Måleinstrumentet var et BK digitalt multimeter. Det ble benyttet uskjermet kabel, rullet opp på en snelle.

Ved etterfølgende målinger på overflaten i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin ble samme apparat^{er} benyttet.

For de supplerende VLF-resistivitetsmålinger som ble utført senere, ble det benyttet et instrument av Geonic's fabrikat.

AC-spenninger ble overalt kontrollert med samme instrument og utstyr som ble benyttet under SP-målingene. Dette multimeter har en vender som gjør det mulig å måle AC-spenninger med et enkelt håndgrep.

4. Utførelse

Overensstemmende med denne skisse ble de geofysiske målingene utført i 4 trinn:

4.1 SP-målinger i et antall borhull i Tuftehavna, der man begynte målingene i

- a) Borprofil 1, med tre hull TH 1, TH 3 og TH 4
- b) Borprofil 5, med tre hull TH 7, TH 8 og TH 12
- c) Borprofil 6, med to hull TH 9 og TH 10

I tilknytning til borhullsmålingene ble det målt SP i dagen langs disse tre profiler, slik at det er mulig å benytte dagmålingene sammen med borhullsmålingene.

Målingene i de 3 profiler er gjort med ett og samme referansepotensial, i alminnelighet nær borhullspåhuggene.

Borhullsmålingene ble foretatt med 5 m intervaller, dagmålingene med 10 m. Målingene viste opptreden av markerte potensialvariasjoner i borhullene. Det synes å foreligge grunnlag for en oppfølging av disse potensialvariasjoner på overflaten i et begrenset område omkring borhullene i Tuftehavna.

4.2 SP-målinger på overflaten i Tuftehavna ble til å begynne med forsøkt i et lite avgrenset område omkring borhullene. Gjennomgående ble det målt med 25 m mellom profilene og 10 m mellom målepunktene. Alle ble målt med en felles referanse ved påhugg for borhull TH 1.

Man fikk ikke på langt nær så sterke potensialvariasjoner på overflaten som i borhullene, men tross dette syntes det å være en viss sammenheng mellom

- a) de sterkere anomalier i borhullene, og anomaliene
- b) i overflaten, der det også syntes å foreligge en korrelasjon med de tidligere oppmålte radiometriske anomalier.

Målefeltet ble derfor utvidet i retning NV mot de sterkeste radiometriske anomalier og mot Holla Kirkeruin:

4.3 SP-målinger i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin

Innenfor dette område - der det i løpet av høsten 1983 var planlagt å sette på 2 diamantborhull - påviste man flere svake SP-anomalier som syntes å fordele seg i et visst mønster omkring på flankene av de radiometriske anomalier.

Fordi SP-anomaliene var så svake (av størrelsesorden 25-50 millivolt), ble det snart klart at man måtte anvende en nøyaktigere metodikk som kunne ned-sette eller eliminere potensialer som følge av inhomogeniteter i overdekket i nærheten av måleelektrodene. Man oppdaget ganske snart at variasjoner i innmarkens jordsmonn (mesteparten av måleområdet besto av innmark) kunne gi sjenerende potensialvariasjoner.

Man begynte derfor å anvende samme fremgangsmåte som ble benyttet i Tjåmotis i Nord-Sverige siste høst. Elektroden ble stukket ca. 10 cm ned i svart jord i overdekket for å unngå virkninger fra vegetasjon. Leirjord ble unngått i den grad dette var mulig. Det ble alltid foretatt to avlesninger i hvert observasjonspunkt, med to forskjellige elektrodeposisjoner i inn-byrdes avstand 0.25-0.50 m. Hvis de to avlesninger viste avvik større enn 10-15 mV, ble det foretatt nye avlesninger i andre elektrodepunkter, inntil man følte seg overbevist om at en middelvei var representativ for observa-sjonspunktet.

I denne periode ble de to planlagte diamantborhull TH 13 og TH 14 boret. Etter avslutning ble det målt SP i begge borhull.

Under målingene hadde man oppdaget en regional SP-gradient i området omkring og NV for Holla Kirkeruin, der potensialet steg ganske betydelig i retning mot Holla Prestegård.

4.4 SP-målingene ble utstruktet i NV-lig retning for å søke å klarlegge årsaken til den nevnte regionale gradient.

Disse målinger ble utført med større avstand (100 m) mellom profilene og med 20 m innbyrdes avstand mellom målepunktene på profilene.

Referansepotensialet for disse målinger og målingene i området Tuftehavna - Holla Kirkeruin er potensialet i punkt 1680 W på den hjelpebasis som var stukket av berging. C.W. Carstens (punkt R i plansjene).

Alle SP-målinger er utført i samarbeide mellom Logn og Carstens, Carstens har tatt de fleste observasjoner.

4.5 VLF-resistivitetsmålinger i området Tuftehavna - Holla Prestegård

SP-målingene har vist at det er kismineraliseringer tilstede i Søvitten. Videre har man i borhull TH 13, boret høsten 1983, påtruffet ca. 1.2 m med magnetkis, hvorav 0.5 m var kompakt kis.

Det ble på dette tidspunkt antatt at det hadde interesse å skaffe en oversikt over ledningsevneforholdene i undergrunnen i området Tuftehavna - Holla Prestegård.

VLF-resistivitetsmålinger (VLF-R) hadde vært prøvet i en del av Tuftehavna-feltet i 1982, og man visste at metoden var brukbar til å kartlegge elektriske bedre ledende soner i undergrunnen.

Vanskeligheten var at området består av innmark og er bebygget. Der er tallrike elektriske luftkabler, og det finnes nedgravde kabler/og eller rør.

Slike forhold kan komplisere vurderinger av VLF-resistivitets-resultater.

VLF-målinger ble utført stort sett langs de samme profiler som SP-målingene ble foretatt, med inntil 100 m innbyrdes avstand og med 20 m avstand mellom målepunktene på profilene.

Det ble benyttet signaler fra den franske sender FUG i 1982. Da denne stasjon stort sett var taus høsten 1983, ble det mottatt signaler fra den amerikanske NAA eller fra den norske JXZ (Bodø). Både resistivitet og fase ble målt.

4.6 Vekselstrømmålinger (AC)

Det har i den senere tid blitt klart at selvpotensialmålinger sannsynligvis er beheftet med visse feil, når det gjøres slike målinger i bebygget område med høy- eller lavspent-kabler.

Det viser seg i slike områder at SP-målinger utført med stor avstand mellom måleelektrode og referanse-elektrode, vanligvis større enn 300-400 m, er

svakt ustabile. I slike tilfeller kan avlesningene variere med 10-20 mV, og det har vært nødvendig å interpolere seg frem til en sannsynlig potensialverdi.

Det er en nærliggende tanke at det kan være vekselspenninger tilstede, som bringes inn i måleinstrumentet gjennom den uskjermete kabel som er benyttet mellom elektrodene.

Man har koblet om til ~~multimetrets~~ AC-spenningsområde for kontroll av slik DC-ustabilitet. Da har det vist seg at det i områder med elektrisk anlegg er betydelige vekselspenninger mellom elektrodene. Det er målt spenningsforskjeller på mellom 5 og 10 Volt, mens de aktuelle selvpotensialer kan være maksimalt av størrelsesorden noen få hundre millivolt.

I områder med elektriske anlegg har det derfor blitt en rutine å kontrollere AC-spenningene samtidig som man måler SP.

På denne måte kan man skaffe et AC-bilde av disse spenningene fastlagt i forhold til en referanse-spenning et sted i området.

Det har vist seg at dette spenningsbilde er avhengig av de elektrisk ledende soner som er tilstede i undergrunnen.

I området omkring Holla Kirkeruin viste SP-målingene tegn til ustabilitet ved større avstander mellom måleelektrode og referanse-elektrode, og AC-spenningen ble på vanlig måte kontrollert i alle målepunkter.

Resultatene har ført til et ekvipotensialkart for AC, som gir oversikt over spenningsvariasjonene i undergrunnen.

5. Resultater

Resultatene er fremstillet i en rekke ekvi-linje-profiler og -karter.

Vil behandle disse i det følgende i den rekkefølge målingene ble utført.

5.1 SP i borhull

Selvpotensialene er målt i de tre borprofiler 3, 5 og 6 (pl. 1, 2 og 3), nummerert fra syd mot nord. Borprofilenes posisjon i Tuftehavna-feltet fremgår av plankartet pl. 4. Det skal anmerkes at ingen av borhullene er avviksmålt. De er tegnet som rette linjer i profilene. Spesielt det 380 m lange borhull TH 1 (pl. 1) kan i realiteten ha betydelig avvik fra den rette linje. Ved de kortere hull har avviksbestemmelse mindre betydning.

I plansjene pl. 1, 2 og 3 er det tegnet ekvi-potensiallinjer for samme SP med noe vekslende ekvi-distanse. Enhet er millivolt.

Soner med lavt potensial er farget ^{svale} ~~rødbrune~~. Soner med niob-mineralisering er farget orange, og soner med niob-mineralisering og høy radioaktiv gammastråling (uranholdig) er farget gule.

Positivt (høyt) selvpotensial er vist med blå kontur.

I pl. 2 er potensialverdiene avsatt på et profil hentet fra Carstens geofysiske rapport fra 1982, der radiometriske målinger (gult) og susceptibilitetsmålinger (grønt) på borkjerner er tegnet som kurver langs borhull TH 12. Potensial-resultatene kan således sammenoldes direkte med de radiometriske og magnetiske resultater.

I pl. 3 er benyttet geolog H. Quale's geologiske borprofil 6 som grunnlag for potensialfremstillingen. Dette gjør det mulig å sammenholde potensialfordelingen med geologiske resultater.

I profilene er resistiviteten målt på overflaten angitt med H_Q for høy, L_Q for lav og M_Q for midlere resistivitet ($H_Q = \text{grønt}$, $L_Q = \text{brunt}$). Borhull TH 13, som ble boret høsten 1983 er projisert inn i borprofil 3 (pl. 1) og i borprofil 6 (pl. 3) etter mineraliseringsretningen, vist på pl. 5. Niob-uran-mineraliseringene i hull TH 13 er søkt korrelert med de svake mineraliseringer i borhull TH 1 (pl. 1).

Profil 3 - pl. 1 På pl. 1 er "malm", dvs. niobførende/apatittførende lamprofyr markert med skraffur; svake niobgehalter i borhull TH 1 (ca. 0.20% Nb_2O_5) er vist med svarte seksjoner langs hullet. De siste ligger i-en blanding av Søvitt og Hollaitt (Olmøre).

Det fremgår av plansjen at det i området omkring "malm"-mineraliseringen til høyre finnes en rekke markerte soner med lavt SP (i alt 5 soner), kalt L_1 , L_2 , L_3 , L_4 og L_5 , nummerert fra øst. Disse 5 soner omhyller malmføringen, med 2 soner i ligg og 2 soner i heng og én sone i midten.

Vest for Søvitt-området er det i det lange borhull TH 1 påvist en inhomogen bergartssekvens som etter geolog Olmore's beskrivelse består av "Mixture of Hollaite and Søvite" og av Hollaitt.

Denne bergartsenhet fører 6 fattige niob-mineraliseringer på 0.20-0.27% Nb_2O_5 . I hvert fall 5 av disse er ledsaget av svake² selvpotensialsoner med noe lavere potensial enn normalt. I pl. 1 er disse soner betegnet L_6 , L_7 , L_8 , L_9 og L_{10} .

Flere av disse sonene kan forbindes med et antall svake SP-soner i dagen i samme profil. Som vi skal se senere i denne rapport fører disse SP-betraktninger til en sammenknytning av borresultatene (i hull 13) i 1983 med resultatene i hull TH 1. Borhull 13 er av denne grunn projisert inn i pl. 1 langs mineraliseringenes sannsynlige retning i dagen. Dette vil jeg komme tilbake til i et senere avsnitt.

Det synes som om de lave potensialer sammen med pyritt som regel på en eller annen måte er knyttet til smale soner med Rauhaugitt 1 (2?). De er i hvert fall ikke direkte knyttet til lamprofyr.

Profil 5 - pl. 2 Det syntes således som om det kunne være en eller annen forbindelse mellom niob-mineraliseringene og lavpotensialsonene.

Neste oppgave var å se om det var mulig å påvise et liknende mønster i andre borprofiler. Målingene utført i borhullene TH 7, 8 og 12 er vist i pl. 2. Plansjen viser at den østligste lavpotensialsone L_1 markerer seg voldsomt med laveste potensial på hele - 489 millivolt. Denne sonen ligger ca. 30 m i ligg av den "malm"-sone det er boret på (svarte markeringer langs borhullene, pl. 2).

En svakere lavpotensialsone L_3 (-25 mV) finnes meget nær en øvre mineralisert sone i borhull TH 12. Denne antas å kunne spores gjennom overdekket (tynt?) på overflaten. En lavpotensialsone (L_6 ?) av ukjent opprinnelse er påvist på overflaten.

I nærheten av lavpotensialsone L_1 er det påvist sterk pyritimpregnasjon ved 64 m i hull TH 7, og svakere py+po-impregnasjon ved 58 m mellom sone L_1 og L_2 .

Ved sone L_3 er det påvist 0.3 m pyritimpregnasjon ved 10 m i borhull TH 8.

Profil 6 - pl. 3 I det tredje SP-profil pl. 3 er det ikke påvist niobførende mineraliseringer. 3 smale ganger med lamprofyr er dog påvist i det dypeste borhull TH 10.

Profilen viser betydelig mindre potensialvariasjoner enn de to foregående (pl. 1 og 2). Lavpotensialsonen L_1 viser en variasjon på ca. 50 millivolt, sone L_2 en variasjon på ca. 75 mV. Ved sone L_2 er det påvist sulfidmineralisering i borhull TH 9 (16 m), ved sone L_1 er det ikke funnet sulfider, men det er anført et spesielt rødbrunt mineral mellom 40 og 41 m i loggen. Mineralet er ikke bestemt nærmere.

Det fremgår av pl. 3 at lavpotensialsonen L_1 passerer mot dypet over og nær 3 smale soner med lamprofyrisk bergart i hull TH 10.

5.2 Borhullsmålinger - sammendrag

Undersøkelsene i Tuftehavna-feltet 1982 viser at de niob-førende mineraliseringer har tilknytning til

- 1) Lamprofyrganger i Søvitt
- 2) Gammastråling i dagen
- 3) Magnetiske anomalier

Fortrinnsvis ligger niob-mineraliseringene i eller i nærheten av lavt magnetfelt, dvs. det synes å være en viss korrelasjon med lavt/høyt (?) magnetittinnhold i Søvitten.

I tillegg har man nå i 1983 påvist en sammenheng mellom niobførende mineralisering og kisførende soner med lavt selvpotensial. De kisførende soner med lavt SP er smale, men kan dog følges fysisk fra borhull til borhull, også i de tilfeller kisføringen er så svak at den ikke er registrert i borkjernene. I de tilfeller vi har registrert selvpotensialer på -300 til -400 millivolt, har det dog alltid vært påvist 0.25-0-50 m med god pyritt - eller magnetkisimpregnasjon i borkjernene i det aktuelle dyp. Gode pyrittimpregnasjoner vil vanligvis være relativt gode elektriske ledere.

Resultatene synes å vise at pyritt/magnetkis-sonene er vekslende, men allikevel ganske utholdende. De synes å ledsage de niobførende mineraliseringer, ikke eksakt, men dog så parallelt at det bør være en mulighet for å benytte denne sammenheng under malmløsing og oppboring av mulige forekomster i området.

Niob-mineraliseringene faller ikke sammen med SP-sonene. Niob-mineraliseringene synes heller å forekomme i de partier som har relativt høyt

potensial, som ligger mellom sonene med lavt potensial, se L_1 til L_{10} i plansjene 1-3.

5 av lavpotensial-sonene forekommer i Søvitt, se pl. 1.

5.3 SP målt på overflaten

Da det således syntes som om SP-målingene i borhullene kunne ha veiledende betydning under en eventuell oppboring av niobførende mineraliseringer, og da det etter de første orienterende SP-målinger langs dagprofiler kunne synes som om SP-soner i borhullene også kunne spores - riktignok meget svakt - på overflaten gjennom overdekket, rekognoserte man et begrenset område mellom Tuftehavna og Holla Kirkeruin, idet man regnet med at et eventuelt SP-kart over området kunne komme til nytte under de diamantboringer som var planlagt utført høsten 1983.

Resultatet sees i pl. 5. Enhet er millivolt. Det er trukket ekvipotensiallinjer for 0, ± 25 , -37.5 , ± 50 , $+75$, $+100$, $+125$, $+150$, $+175$, $+200$ og $+250$ mV. Potensialer under ± 25 mV er konturert med rødt, potensialer over ± 25 mV er konturert med blått.

Det fremgår at de lave potensialer i dagen i Tuftehavna-feltet (nederst til høyre på pl. 5) er små avvik (-25 mV), og har liten utstrekning. Det er dessuten klart at med den anvendte målepunkt-tetthet vil man miste en del detaljer som man får frem ved målingene i borhullene, slik det er beskrevet foran.

Det er allikevel fremkommet en rekke soner med lavere potensial enn det er i omgivelsene (lukkete røde områder på pl. 5). Disse potensialsoner forekommer i nærheten av de radiometriske anomali-områder mellom Tuftehavna og Holla Kirkeruin (innteget på pl. 5 og markert med gul farge).

Det fremgår videre at SP-anomaliene ikke faller sammen med de radiometriske anomalier, men er gjerne spredt rundt i periferien av de radiometriske anomalier.

SP-anomaliene forekommer således på liknende måte som i borhullene i Tuftehavna, og må antas å skyldes svovelkis- eller magnetkis-impregnasjon.

Det laveste potensial i dagen ligger syd for den kraftige radiometriske anomali ved Holla Kirkeruin (ca. -50 mV).

Det ble under målinger oppdaget stigende potensial i feltet NV for Holla Kirkeruin. Man syntes at årsaken til det stigende potensial burde søkes klarlagt, og målingene ble av denne grunn utstrukket en del lenger i NV-lig retning enn opprinnelig planlagt.

Det viste seg at potentialet steg stadig i denne retning mot en større transformatorstasjon (se H pl. 5). Potentialet er her ca. 250 millivolt høyere enn i området nede ved Tuftehavna (til ^{venstre} høyre-på pl. 5).

Fordi det er lite sannsynlig at høye, positive selvpotensialer forårsaket av kismineraliseringer kan eksistere uten en tilsvarende negativ motpol - og noen slik ikke sies å være påvist i området - vil man inntil videre anta at det høye potensial mellom Holla gård og Holla Prestegård har en teknisk årsak, f.eks. en mindre strøml lekkasje som lader opp grunnen omkring den nevnte transformatorstasjon. Det er observert liknende fenomener i området omkring Mofjellet Grube i Mo i Rana, der vi har store kraft-anlegg i nærheten.

5.4 VLF-resistivitetsmålinger

De svake SP-anomalier vist på pl. 5, var årsak til at man ønsket å følge opp de VLF-resistivitetsmålinger som Carstens hadde påbegynt i 1982. Etter hvert ble også resistivitetsmålingene strukket ut mot NV, over det område som er SP-målt.

Resultatet sees i pl. 6. Det skal bemerkes at kartet er fremkommet som en slags felles komposisjon av målinger på tre frekvenser; fra stasjonene NAA (amerikansk), fra FUO (fransk), og fra JXZ (norsk). Årsaken til at denne spesielle fremgangsmåte er valgt, var at FUO som ble benyttet i 1982, for en vesentlig del av den tid målingene pågikk i 1983, var utkoblet. Det er av denne grunn kun foretatt en svært grov gruppering av resistiviteter (pl. 6):

- 1) Høy resistivitet (grønn linje) = større enn 4000 ohm.m.
- 2) Lav resistivitet (brun linje) = mindre enn 1000 ohm.m.
- 3) Middels resistivitet (ingen farge) = mellom 1000 og 4000 ohm.m.

På pl. 6 er de aktuelle SP-anomalier lagt inn til orientering (røde).

De påviste resistiviteter spenner over hele registeret fra 20 ohm.m i øst til 15000 ohm.m i vest.

Det er kjent at det østlige område er dekket av marin leire av god elektrisk ledningsevne. Leiren må antas å være ganske tykk.

Det er videre et faktum at i vest og nordvest på pl. 6 er overdekket helt eller delvis borte. Bergarten i vest består av Fenitt, som er hård og står opp i terrenget. Den har tydeligvis høy resistivitet; målte verdier i blottet område ligger mellom 550 og 15000 ohm.m.

Søvitten står ikke blottet så mange steder, men vi kjenner til ett sted like øst for Holla Kirkeruin, der det er påvist en sone med høye resistiviteter mellom 7000 og 11000 ohm.m.

Det kan nevnes at NGU har bestemt resistiviteten av Søvitt borkjerner i 1982. Middel av 19 observasjoner blir 19.100 ohm.m.

Som det fremgår av pl. 6 ligger nesten alle SP-anomalier i det midlere resistivitetsområde. Det er ingen åpenbar korrelasjon mellom SP og sesistivitet.

En betraktning av kartet på pl. 6 fører til følgende oppfatning:

Det foreligger to enheter som dominerer resistivitetsbildet i området:

- a) Marin leire med resistivitet 20-100 ohm.m.
- b) Karbonat- silikatbergarter med resistivitet 10.000-20.000 ohm.m.

Resistivitetsforholdet mellom disse to enheter er av størrelsesorden 1 : 1000.

Smale lamprofyrganger med midlere resistivitet (middel 6 borkjerner = 3800 ohm.m, NGU) lar seg neppe påvise direkte ved resistivitetsmålinger i dette miljø av godt ledende og dårlig ledende enheter.

Det eneste resistivitetsvariasjonene indikerer er derfor overdekkets tykkelse rent kvalitativt:

Lav resistivitet betyr tykt overdekke

Høy resistivitet betyr tynt overdekke

Midlere resistivitet betyr få meters overdekke.

Resistiviteten i overflaten kan således tenkes å gi et slags grovt mål for bergartenes eroderbarhet. Hårde silikatbergarter som eroderes lite og står opp i terrenget, får lite overdekke, og man vil måle høy resistivitet.

Karbonatbergartene som eroderes lettere, viser få blotninger, ligger sannsynligvis under et noe tykkere overdekke i områder med midlere resistivitet. I borprofilene pl. 1, 2 og 3 er resistiviteten i overflaten markert med sammeintervaller og betegnelser som på kartet pl. 6:

L ρ = Lav resistivitet, mindre enn 1000 ohm.m

H ρ = Høy resistivitet, større enn 4000 ohm.m

M ρ = Midlere resistivitet, beliggende mellom 1000 og 4000 ohm.m.

Det går frem av de tre borprofiler at de niobførende mineraliseringer ligger innenfor områder med midlere resistivitet i overflaten.

De lave resistiviteter vil bety nærvær av lett eroderbare bergartspartier. f.eks. forkastninger, breksjer o.l., som har dannet fordypninger i terrenget. Fordypningene er senere oppfylt med marint, godt elektrisk ledende leirmateriale. Det er antatt at en betydelig forkastning passerer omtrent NS i østre del av pl. 6, der man har de laveste resistiviteter innenfor det undersøkte område. Det skal tilslutt gjøres oppmerksom på at det område med lav resistivitet som ligger på Holla Prestegårds jorder, like syd for prestegården, faller omtrent sammen med det feltet med høye selv-potensialer, som er rapportert i avsnitt 5.3.

6. Diamantboringer 1983

Forsøksmålingene - som startet med å måle SP i noen av borhullene i Tuftehavn-feltet - er egentlig fullstendig beskrevet i foregående avsnitt og rapporteringen skulle vært avsluttet her.

Mons forsøksmålingene pågikk, ble det imidlertid boret to diamantborhull i området mellom Tuftehavna og Holla Kirkeruin, dvs, i det område der SP- og resistivitetsmålingene på overflaten pågikk. Det var derfor naturlig å måle selvpotensialene også i de to nye borhull, og å knytte borhullsresultatene til de foran beskrevne resultater.

Borhullspåhuggene og projeksjon av borhullene sees på pl. 5 og 6 (TH 13 og TH 14). Hullene er påsatt 45° mot vest. De er ikke avviksmålt. Borhullene sees i vertikalseksjon i pl. 7 og 8. Profilene er hentet fra C.W. Carstens' rapport av januar 1984. Resultater av magnetiske målinger (totalintensitet) og av gamma-strålings-målinger (gult) er fremstillet som kurver langs overflaten (C.W.C). Susceptibilitet og gamma-stråling er målt på borkjernene (C.W.C) og fremstillet som kurver (gult) med borhullene som akse.

Viktige malmførende mineraliseringer er anvist på plansjene, med angivelse av tilsvarende gehalter. Selvpotensialene i borhullene er pålagt dette grunnlag og fremstillet som ekvipotensiallinjer. Kotene er streket med lange linjer der potensialverdiene ansees sikre, og med korte linjer der de er mindre sikkert fastlagt. Enheten er som vanlig millivolt.

Det fremgår av pl. 7 at høye Niob- og fosfor-gehalter er påtruffet i borhull 13. Den høyeste Nb_2O_5 -gehalt ligger nær sentrallinjen i den "halo" som ble lansert i IR. 1371 av 1982, se pl. 9, som er hentet fra denne rapport.

I hull 13 ble det forøvrig påvist 0.5 m med godt ledende magnetkis i 93.5 m dyp.

Sammenlikner man selvpotensialbildene i pl. 7 og pl. 8 er følgende umiddelbart iøynefallende:

- 1) SP-bildet i seksjonen borhull TH 13 (pl. 7) har omtrent samme utseende som i profilene 3 (pl. 1), 5 (pl. 2) og 6 (pl. 3). Dog er SP-variasjonene i pl. 7 mindre (± 20 mV).
- 2) SP-bildet i seksjonen borhull TH 14 (pl. 8) har derimot et helt annet utseende: I stedet for omtrent vertikale ekvipotensiallinjer (se pl. 7), viser pl. 8 et relativt jevnt stigende potensial mot dypet og har omtrent horisontale eller svakt mot øst fallende, ekvipotensiallinjer, slik som det er vist på plansjen med korte, strekede linjer. Potensialstigningen mot dypet (og mot vest) langs borhullet er ganske betydelig, ca. 110 mV.

Forskjellen mellom pl. 7 og pl. 8 er bemerkelsesverdig, fordi det ikke er mer enn ca. 250 m mellom de to borprofiler.

Ekvipotensiallinjene i snittet pl. 8 må på en eller annen måte ned, slik som det fremgår av pl. 10, der potensialbildet i pl. 8 er projisert inn i pl. 7 etter en retning som er parallell med den i pl. 5 anviste gjennomsnittlige mineraliseringsretning. Som man ser blir borhull TH14 liggende ca. 125 m vest for hull TH 13 i en slik projeksjon. Det er tydelig at det skjer noe radikalt med SP-feltet mellom de to borhull.

Det ligger nær å koble det stigende potensial mot dypet i borhull TH 14 sammen med det høye potensial på +250 mV (pl. 5) observert mellom Holla Prestegård og den foran nevnte transformator vest for prestegården.

Dette høye potensial ble i avsnitt 5.3 antatt å skyldes en teknisk årsak i transformatorstasjonen. Det kan f.eks. være en liten lekkasje som er årsak til det høye potensial.

Uansett årsak - hvis potensialstigningen i borhull TH 14 tilhører samme potensialhøyde - har dette potensialet stor utbredelse også mot dypet i retning omtrent sydøst, og burde være en geofysisk indikasjon på en ukjent større geologisk struktur i området.

Nærmere en konklusjon kommer man ikke i denne omgang. En struktur slik som antydnet, kan ha stor betydning for malmineraliseringene i Tuftehavna-Holla-området. Ytterligere opplysninger om dette potensialet bør søkes ved SP-målinger i alle fremtidige borhull i det aktuelle område.

7. Diskusjon

Det aktuelle området mellom Tuftehavna, Holla Kirkeruin og Holla Prestegård består for en stor del av innmark. Det er meget få blotninger av fast fjell; de få som finnes, er for en del ved Holla Kirkeruin, og vest for Holla gård.

Sæther's geologiske kart antas i overdekkete deler av Fensfeltet vesentlig basert på det magnetiske kart som fantes i 1950-årene (oppmålt av Geofysisk Malmleting).

I et så overdekket område må det være all grunn til å bruke geofysikk i størst mulig utstrekning også for geologisk kartlegging.

La oss derfor se på de aktuelle geofysiske parametre:

- 1) Susceptibilitet: Man kjenner til at Søvitten holder vekslende mengder magnetitt, fra null til flere prosent. Det ser ut til at den (de) niob-apatitt-mineralisering(er) som ble boret opp i Tuftehavna i 1982 har en viss tilknytning til forhøyet magnetittinnhold i nærheten av mineraliseringen.
- 2) Elektrisk ledningsevne: Det er rapportert svake impregnasjoner av svovelkis, delvis også av magnetkis, i borhullslogger. Det burde være all grunn til å følge opp her med metoder som er følsomme m.h.p. elektrisk ledningsevne, for å se om kismineraliseringene kan forekomme i et mønster som har tilknytning til niob-mineraliseringen.
- 3) Tyngde: Ramberg har utført regionale gravimetriske målinger over Fens-feltet. Foreløpig har man ikke benyttet gravimetriske detaljmålinger i forsøk på å løse problemer i forbindelse med strukturer i Tuftehavna-området, til tross for at lamprofyr ifølge NGU's bestemmelser er med sitt innhold av pyroclor-columbitt apatitt en relativt tung bergart.

- 4) Radioaktivitet: Forholdet radioaktiv stråling - niobmineralisering er undersøkt av Carstens i 1982. Det ser ut som om det er en åpenbar sammenheng her. Analyser viser at i en del tilfeller skyldes deler av gammastrålingen uran. Niob-mineralisering synes ledsaget av økt gamma-stråling.
- 5) Elastisitet: Seismiske målinger synes ikke tenkbare for oppfølging av detaljstrukturer i Tuftehavna-området, i hvert fall ikke målinger utført på overflaten.

Det syntes nærliggende å innlede ^{med} forsøk med følsomme elektriske metoder. Selvpotensial- og VLF-resistivitets-målinger er vanligvis begge følsomme for små ledningsevne-kontraster, f.eks. forårsaket av svake kisimpregnasjoner.

De utførte forsøk med selvpotensial (SP) i borhull viser at det faller naturlig å sammenstille de geofysiske resultatene i to separate avdelinger:

- 1) En østre del - Tuftehavna, som omfatter borhullene TH1-12 boret i 1982, samt borhull TH 13, der SP-feltet synes å an vise steiltstående strukturer, i overensstemmelse med geologiske observasjoner.
- 2) En vestre del - Holla Kirkeruin, som omfatter borhull TH 14, samt resultater av SP / VLF-resistivitet observert på overflaten vest for kirkeruinene; der SP-feltet i det vesentlige synes å an vise en flattliggende struktur, i sterk kontrast til geologiske observasjoner og antagelser.

7.1 Tuftehavna-området

I Tuftehavna-området har det som foran beskrevet, vist seg at niob-mineraliseringene er ledsaget av steiltstående soner med lavt SP - riktignok svært vekslende i potensialvariasjon, fra 20mV til flere hundre mV. Sonene med lavt potensial faller ikke sammen med niobmineraliseringene, tvert i mot synes de lave potensialer å forekomme i mineraliseringenes heng og ligg, og mineraliseringene finnes heller nær ryggene med høyt potensial beliggende mellom sonene med lavt potensial.

SP-sonene med lavt potensial faller heller ikke sammen med sonene med høy susceptibilitet (høyt magnetittinnhold); disse synes dog å forekomme på liknende måte som potensialsonene i forhold til niobmineraliseringene.

Sonene med lavt potensial må antas å skyldes svake, vekslende soner med sulfider (magnetkis og svovelkis), kanskje først og fremst svovelkis, som er observert i små mengder i flere borhull i Tuftehavna.

I borprofilet gjennom det 380 m lange borhull TH 1 er det i pl. 1 markert i alt 10 soner med noe lavt potensial, nummerert fra øst mot vest L_1 L_{10} ; de aller fleste er ganske svake. Noen slår i gjennom overdekket i dagen, andre ikke, i siste tilfelle er overdekket sannsynligvis for stort. Samtlige SP-soner finnes i bergarter som Olmore har karakterisert som Søvitt eller blanding av Søvitt og Hollaitt (pl. 1).

I pl. 1 er niobmineraliseringene anvist med svart markering.

I et forsøk på å sammenstille borresultatene har jeg projisert borhull TH 13 inn i borhullsseksjonen gjennom hull TH 1 (profil 3), etter den mineraliseringsretning som er påvist ved boringene i 1982 i Tuftehavna-feltet. Retningen fremgår av pl. 5.

Vi skal kort resymere de aktuelle data som er interessante i forbindelse med niobmineralisering (pl. 1):

- 1) Soner med lavt selvpotensial (rød farge). Sonene L_1 til L_5 indikerer steilt vestlig fall.
- 2) Høyt selvpotensial (større enn +25 mV) er vist med blå farge.
- 3) Soner med høy gammastråling er markert med gul farge. Strålingen skyldes antakelig vesentlig uran, se borhull TH 13, pl. 1.
- 4) Soner med niobføring er markert med orange farge; de er trukket mellom borhullene opp til overflaten omtrent parallelt med SP-sonene L_1 - L_{10} .
- 5) Resultatene av resistivitetsmålingene på overflaten er skjematisk anvist med

- L_Q for lav resistivitet (brun farge)
 M_Q for middels resistivitet
 H_Q for høy resistivitet (grønn farge)

Som nevnt foran antar man at lav resistivitet betyr relativt tykt overdekke av lav motstand; høy resistivitet representerer tynt overdekke. Den midlere resistivitet antas å forekomme i områder med få meters overdekning.

Den beste niob-mineralisering i borhull TH 13 synes å ligge i nær tilknytning til SP-sonen L_Q vestligst i det ca. 150 m brede område som synes niob-mineralisert (se pl. 1). Den beste niob-mineralisering i borhull TH 1 ligger ca. 125 m lengre øst, nær SP-sone L_3 .

En del interessante momenter går frem av pl. 1:

- 1) De to beste niob-mineraliseringer ligger på hver sin ytterkant av det foreløpig kjente niob-mineraliserte belte, som dog ikke er avgrenset mot øst.
- 2) Mellomliggende soner har vist lave niob-gehalter.
- 3) De mineraliserte soner ligger i områder med middels resistivitet på overflaten og bør være dekket av noen meters overdekning med leirholdig jord.
- 4) De gule soner med høy gammastråling (eller med høyt U_3O_8 -innhold?) i borkjernene er åpenbart årsak til de radioaktive anomalier på overflaten. Dette fremgår klart av pl. 4, som er hentet fra IR 1371 (pl. 11 i rapporten), der borhull TH 13 nå er profilert inn på samme måte som i pl. 1. Den høyeste U_3O_8 -gehalt i hull TH 13 ligger i den i IR 1371 anviste halo.

Årsaken til den radiometriske anomali på overflaten er dermed klarlagt. Det dreier seg altså om uran-mineralisering. I tilknytning til uran-mineraliseringen foreligger niob-mineraliseringer, den beste niob-mineralisering i hull TH 13 befinner seg ca. 15 m vest for nevnte uranmineralisering. Uran-mineraliseringen holder på den annen side lavt niob-innhold.

Det har vært hevdet at de på overflaten målte radiometriske anomalier ikke kan ha direkte sammenheng med radioaktivt materiale i underliggende fast fjell. Overdekningen i området synes å være betydelig større enn de 20-30 cm som vanligvis er tilstrekkelig for å stoppe all gamma-stråling. Resultatene vist i pl. 1 og pl. 5 i denne rapport synes å motsi denne regel. Jeg tror jeg har en mulig forklaring på dette tilsynelatende motsetningsforhold.

Den aktuelle radiometriske halo (pl. 5 og pl. 9) ligger i sin helhet i et innmark-område, som i mange år har vært benyttet til korndyrking. D.v.s. at området har vært pløyet opp hver eneste høst, snudd og "luftet" ned til anslagsvis 40-50 cm dyp med jevne mellomrum.

Det kan ha ført til

- a) Lettere gjennomtrengning av primær gammastråling,
- b) Oppptrengning av sekundære radioaktive mineraler, erodert fra underliggende fjelloverflate.

Ved pløying vil eventuell radioaktivt materiale bli snudd og løsnet. Det kan føre til en form for vertikal transport.

C.W. Carstens har i 1982 prøvet radiometrisk måling før og etter høstpløyingen er utført. Han opplyser at målingene før og etter viste omtrent samme resultat. Men man kan allikevel ikke anse foranstående resonnement som motbevist på grunn av et enkeltstående forsøk. Det sannsynlige er vel at det trenges pløying over en årrekke for å bringe radioaktivitet nærmere opp til overflaten.

En følge av denne hypotese er at eventuelle radiometriske anomalier observert på overflaten må vurderes etter kategori. Det kan forekomme 3 typer:

- 1) Anomalier i områder med tynt overdekke, maksimum 30 cm med ordinær radioaktiv gjennomtrengelighet.
- 2) Anomalier i innmark-områder med tykkere overdekke og tilsynelatende øket radioaktiv gjennomtrengelighet.
- 3) Anomalier i upløyet mark med tykkere overdekke.

Her må en regne med ordinær gjennomtrengelighet, men det vil være interessant å kjenne til hvor lenge det er siden området har vært pløyet.

Etter de erfaringer vi hittil har gjort, må det anbefales at man i tredje tilfelle med upløyet innmark er meget omhyggelig med oppfølging av også meget svake anomalier, med en radioaktiv stråling som ligger bare litt over det naturlige bakgrunnsnivå.

Det naturlige bakgrunnsnivå ser ut til å ligge på 30-40 c/s.

Det ser videre ut som om Søvitten er mest motstandsdyktig mot erosjon der den ikke holder noen tungmetall-mineralisering.

(H_0 = høy resistivitet, se pl. 1).

7.2 Holla-Kirkeruin-området

I området omkring Holla Kirkeruin finnes en halo nr. 2, slik som det er beskrevet i IR. 1307. Denne halo er av type 1) i forrige avsnitt.

- a) Den ligger i et område med tynt overdekke og med en rekke blotninger - Holla Kirkeruin ligger på en høyde i terrenget.
- b) Grunnen er ikke pløybar.
- c) Anomaliene er de sterkeste i området, over 200 c/s.

Borhull TH 14 ble satt på høsten 1983 for å gjennomskjære denne halo, som ligger lengere vest (pl. 5) enn haloen ved borhull TH 13 (pl. 9). Borhull og radiometriske anomalier fremgår av pl. 5. Ifølge borloggen er det funnet lite niobmineralisering i hull TH 14; på den annen side er det påvist 4 U_3O_8 -holdige soner som alle er ledsaget av radioaktive strålinger fra borkjernene. Det kan derfor ikke være tvil om at haloen omkring Kirkeruinen skyldes radioaktiv gamma-stråling fra en uran-mineralisering, som synes å ha svak tilknytning til niob-mineralisering.

Det er tidligere i denne rapport gjort oppmerksom på at selvpotensialfeltet har en annen karakter i hull TH 14 enn i de andre borhull som ligger lengere sydøst, og det er antydning av årsaker til de påviste endringer i potensialet. Det går frem av pl. 10 at potensialfeltet "reiser seg" og at det må være en betydelig potensialgradient i horisontal retning mellom de to borhullene TH 13 og TH 14. Det er hevdet tidligere i denne rapport, og det skal gjentas her, derneform må bety en eller annen stor "struktur" i området, uten at man på nåværende tidspunkt kan ha noen formening om hva slags struktur det skulle dreie seg om. Det er nærliggende å tenke på en elektrisk ledningsevne-variasjon i undergrunnen.

7.3. Forslag til mineraliseringssystem

Vi skal vende tilbake til det radiometriske anomalikart fra IR. 1371 (som det framgår av pl. 5). Et nærmere studium av kartet avdekker følgende trekk som vi skal fremheve i det følgende (se pl. 11, som er hentet fra Carstens rapport av 1983):

- 1) Betrakter man de lokale, mindre gamma-anomalier i den del av Tuftehavna-feltet hvor man har boret, innser man at 6 av 7 anomalier har en markert lengderetning NNV-SSØ.

Dette er nær samme retning som vi har benyttet som mulig mineraliseringsretning i pl. 5, basert på borresultater.

- 2) Betrakter man på den annen side gamma-anomaliene i kartskissens nordvestre del, finner man at en annen retning er fremherskende i dette området. Her ligger 4 av 5 sterkere anomalier orientert i omtrent N-S-retning.

Spørsmålet melder seg om denne forskjell indikerer en dreining av mineraliseringsretningen i nordlig retning, når man passerer fra Tuftehavna-feltet mot Holla Kirkeruin.

Trekker man inn i bildet også de svakere radiometriske anomalier som mere uregelmessig ligger inne i mellom de sterkere anomalier, får man etterhvert øye på et mulig system for forekomstene av mineraliseringer. Med basis i borresultater i Tuftehavna, særlig i borhull TH 1, men også i borhullene TH 13 og TH 14 nordvest for Tuftehavna, kan man med litt fantasi fremsette forslag om et svak krummet system bestående av minst 13 soner (pl. 11), som

- 1) Knytter sammen rekke av radiometriske anomalier,
- 2) Kan verifiseres ved uran- og/eller niobgehalt i borhullene TH 1, TH13 og TH 14, samt i de øvrige hull i Tuftehavna.

Sonene 4 og 8 synes å være niob-dominerte med Nb_2O_5 -gehalter opptil 4.5% over 5 m (borhull TH 1, sone 4 i Tuftehavna). Sone 8 er lagt inn i det radiometriske kart etter resultatene i borhull TH 13. Denne sone er den eneste som ikke synes å ha noen direkte tilknytning til radiometriske anomalier i overflaten (Nb_2O_5 -gehalt i hull TH 14 på 1.35% over 10 m). Sone 8-nivået må være viktig å bore opp såvel i strøk- som i fallretning.

Sone 4-nivået fører som nevnt høye niob-gehalter ved hull TH 1's påhugg, men de høye gehalter og gode mektigheter synes ikke å holde seg mot dypet. Nivået må allikevel være interessant. Det bør søkes å følges opp, først og fremst mot nord, der det finnes svake radiometriske anomalier på rekke og rad. Et gammelt borhull fra Sjøve Grube's tid finnes påsatt mot vest mot sone 4 nordligst i Tuftehavna-feltet (pl. 11). Det ville være svært interessant, hvis borhullsloggen for dette borhull - som finnes i terrenget - kan skaffes til veie.

Sonene 1, 2, 6 og 13 er ikke skåret i noen av borhullene. De er lagt inn på kartet pl. 11, fordi de radiometriske anomalier i dagen synes å anvise mulighet innenfor systemet for radioaktive soner, omtrent langs de antydete linjer.

De øvrige soner er alle påvist i ett eller flere borhull. I borhull 13 og 14 foreligger U_3O_8 -analyser, som viser at de "ytte" sonene 7, 9, 10, 11 og 12 er uran-dominerte med lite eller intet niob. Radioaktiv gamma- stråling observert på borkjerner er anvist med gul farge langs sonene. Niob- innhold er anvist med orange farge; tynn streket orange linje for lave gehalter, de høye gehalter ved hull TH 1 og i hull TH 13 er anvist ved tykk orange linje langs sone 4 og 8 (se pl. 11).

Anvisningene for sone 4 og 8 er gjort på denne måte for å fremheve at langs sone 4 og sone 8 kan det synes å være muligheter for bedre gehalter og mektigheter enn ellers i området mellom Tuftehavna og Holla Kirkeruin. Forøvrig bygger denne konklusjon på et noe spinkelt grunnlag. Tross alt er det kun på to steder vi har funnet brukbare gehalter og mektigheter. Man må ikke fristes til å anta at de høye gehalter og mektigheter skal holde seg stabile i mineraliseringsretningen. Tvert imot er det vel et spørsmål om variabilitet langs gangbergarter som bør klarlegges ved nye boringer. Det skal i denne forbindelse minnes om at man i IR. 1371 i 1983 foreslo at det kan være en kryssningsregel for to gangssystemer om styrer mineraliseringens kvalitet. Kanskje er det sonesystem som er foreslått på pl. 11 det ene system. Det annet har vi ennå ikke oppdaget.

8. KONKLUSJON

De utførte geofysiske målinger, på overflaten, i borhull, og på borkjerner har ført til at man forsøksvis har stillet opp et forslag til mineraliseringssystem, som er tilpasset både de geofysiske resultater og boreresultatene.

Det undersøkte område mellom Tuftehavna og Holla Kirkeruin er snaut 400 m bredt. Det foreslåtte gangsystem består av 13 ganger (dykes) - minst, som er fordelt relativt jevnt over den nevnte bredde. De mineraliserte soner antas å ha en tilnærmet sirkulær form, med den konvekse side mot vest. Alle soner er ledsaget av radioaktiv gamma-stråling. Gjennomsnittlig avstand mellom sonene er omtrent 30 m.

De "ytre" soner er uran-dominerte, de "indre" fører vekslende gehalter niob i tillegg. I to borhull er det påvist høye niob-gehalter (hull TH 1 og TH 13) og gode mektigheter. De to skjæringer synes å tilhøre to forskjellige ganger, sone 4 og sone 8 i modellen.

Hva som finnes øst for Tuftehavna vet man ikke. Man har grunn til å anta at overdekket øker sterkt ned mot riksvegen. Motstandskartet viser lav resistivitet i denne retning. Det skal bare minnes om at man går mot det store gravimetriske sentrum og Tuftestollens stoff i denne retning. I stollstuffen skal man i sin tid ha registrert interessante gehalter av columbitt (fersmitt?)

Det kan derfor være mulighet for at mineraliseringenes mest interessante utvikling ligger i østlig retning.

Apatitt-mineraliseringene er ikke drøftet eller søkt innpasset i noe system i denne rapport.

9. DIAMANTBORINGER

Det foreslåtte system gir grunnlag for de videre diamantboringer som bør utføres i feltet for oppfølging av de delvis positive resultater i 1982 og -83.

Idet man referer til pl. 11 samt til det som er forutsatt i pl. 5 om sannsynlig mineraliseringsretning i området Tuftehavna-Holla Kirkeruin, vil man foreslå følgende oppgave for diamantboring:

- 1) Oppboring av sone 8, for å klarlegge om den høye niob-gehalt av betydelig mektighet er utholdende i:
 - a) Strøkretning og
 - b) Fallretning

De høye gehalter og store mektigheter ved hull TH1 i sone 4 synes ikke

utholdende hverken i strøkretning eller i fallretning ifølge de boringer som ble utført på sone 4 i 1982. Allikevel synes det ikke riktig å oppgi sone 4 etter de relativt begrensede boringer som er gjort. Man vil derfor forutsette at sone 4 fremdeles er aktuelt for rekognoserende boringer:

- 2) Rekognoserende diamantboringer på sone 4 først og fremst mot nord, der man har svake radiometriske anomalier. I tillegg søke å skaffe data fra det gamle borhull nordligst på pl. 11, eventuelt gjøre SP-målinger i hullet, som burde åpnes med diamantbormaskin, hvis det er raset igjen.

Boringene på sone 8 må ansees viktigst. Her skulle man foreslå følgende rekkefølge:

- 1) Minst 2 borhull i borprofil gjennom TH 13; ett hull over, og ett hull for skjæring av sone 8 i passende avstand (30-40 m) under TH 13 (pl. 7). Resultatene får avgjøre om man skal søke dypere skjæringer med sone 8.
- 2) Avstanden mellom hull TH 13 og TH 14 er ca. 220 m. Omtrent midtveis mellom ligger en radiometrisk anomali i liknende posisjon i forhold til sone 7 og sone 8, som den radiometriske anomali vi har gjennomboet med hull TH 13 (pl. 11). Man skulle foreslå et nytt borprofil 110-120 m nord for profilet gjennom hull TH 13. Første borhull burde settes på øst for sone 6, slik at man får en eventuell skjæring med denne.

Resultatene i første borhull (45°) får avgjøre det som videre skal gjøres i dette borprofil. En naturlig utvikling videre ville være å søke skjæring med sone 5 i samme borprofil. Sone 5 synes knyttet til en radiometrisk anomali på en måte som er svært lik sone 7's forbindelse med den tilsvarende anomali i borprofil TH 13.

Det skal nevnes at sone 5 lengst syd i Tuftehavna-feltet i borprofil 1 (hull TH 11) ifølge Carstens' rapport av 1982 har skåret interessante mektigheter på 8-10 m med 0.4 - 0.5% Nb_2O_5 .

Det kunne derfor være grunn til å søke å følge sone 5 sydownover ved diamantboring kombinert med geofysikk.

10. VIDERE UNDERSØKELSER

Tuftefeltet på østsiden av Riksvegen til Skien er spesielt interessant i området over og syd for Tuftestollens stuff. Ved stuffen er det påvist columbitt (fersmitt?). Fra rekognoseringen utført høsten 1983 vet man at det finnes radiometriske gamma-anomalier i området.

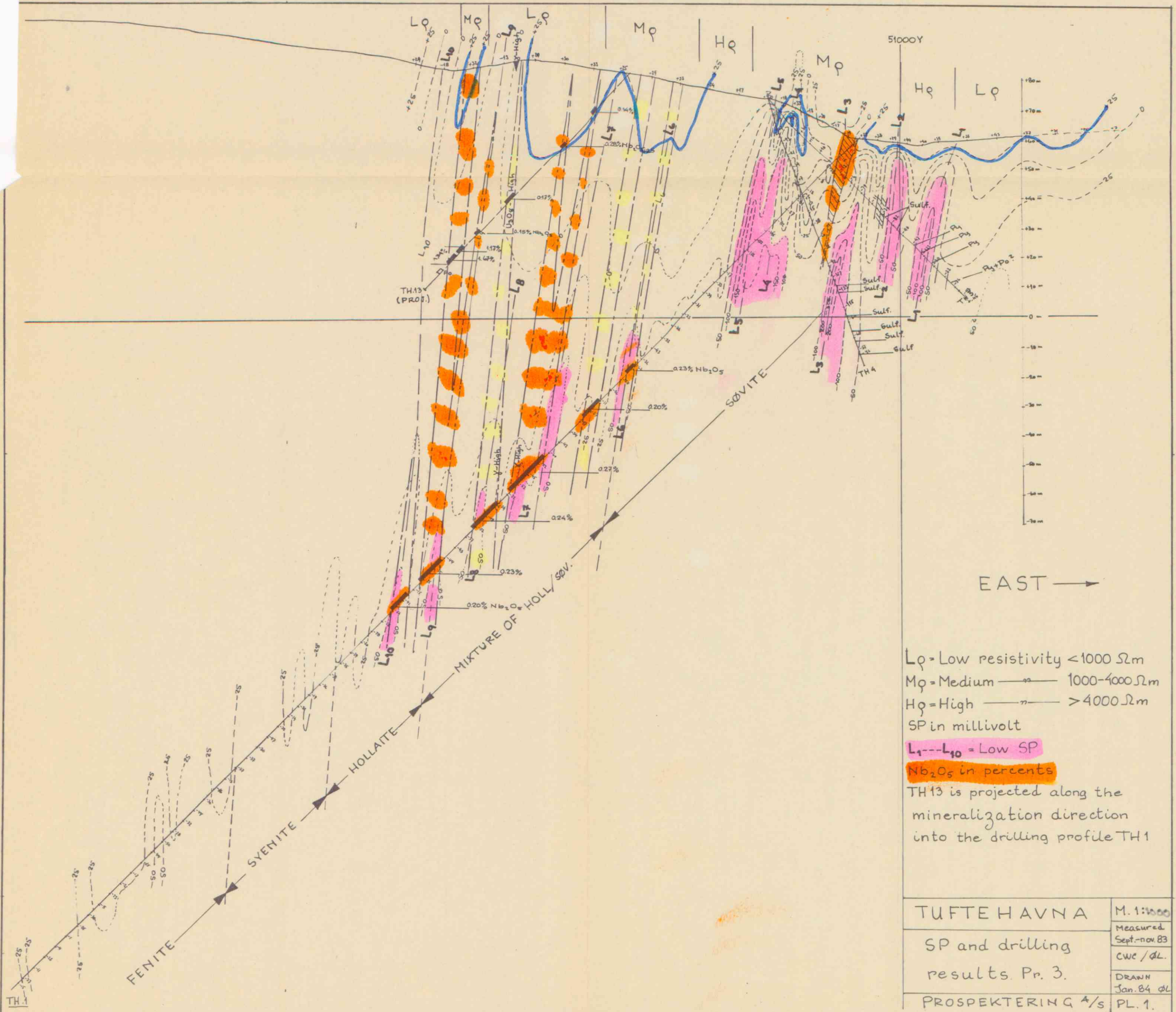
I den grad det er mulig burde Tuftehavna-feltet utvides mot øst over i Tuftefeltets område syd for Tuftestollens stuff, og dekkes med geofysiske målinger.

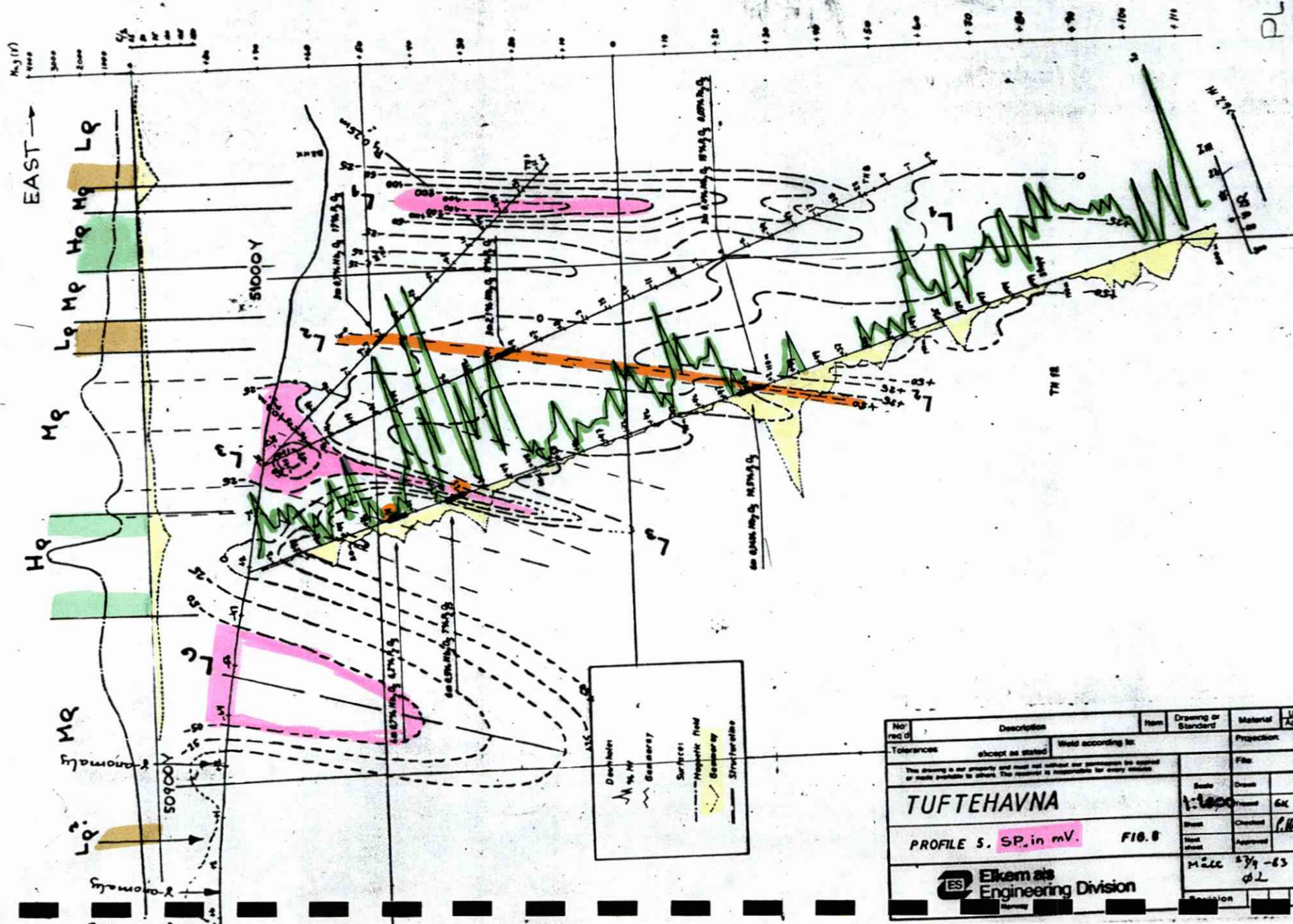
Først og fremst er radiometriske målinger aktuelle, men også magnetiske, SP- og resistivitets-målinger bør kunne være til nytte.

I tilknytning skulle man ønske å måle gravimetrisk i Tuftestollen.

Stabekk, 27.april 1984

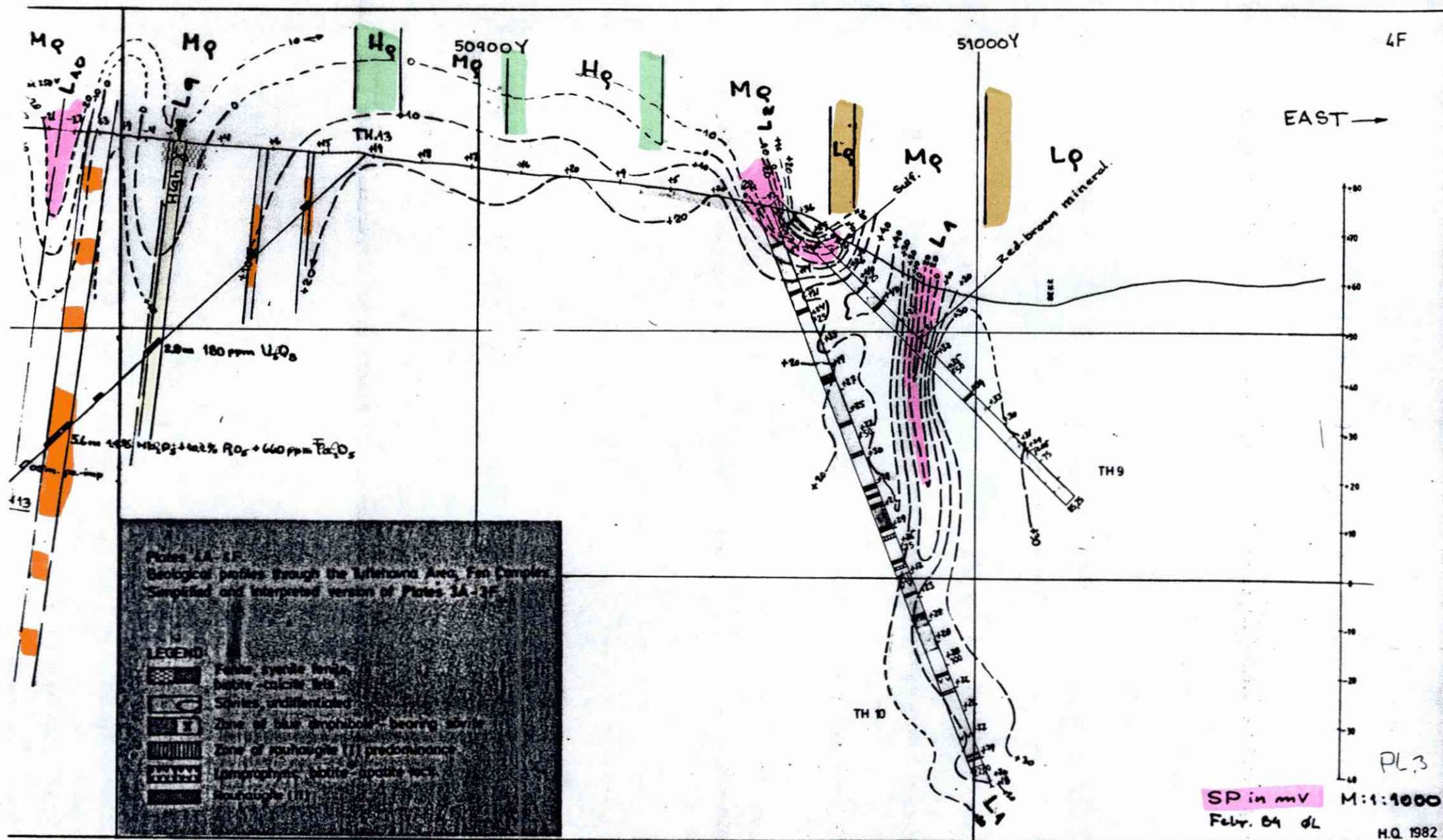

Ørnulf Logn



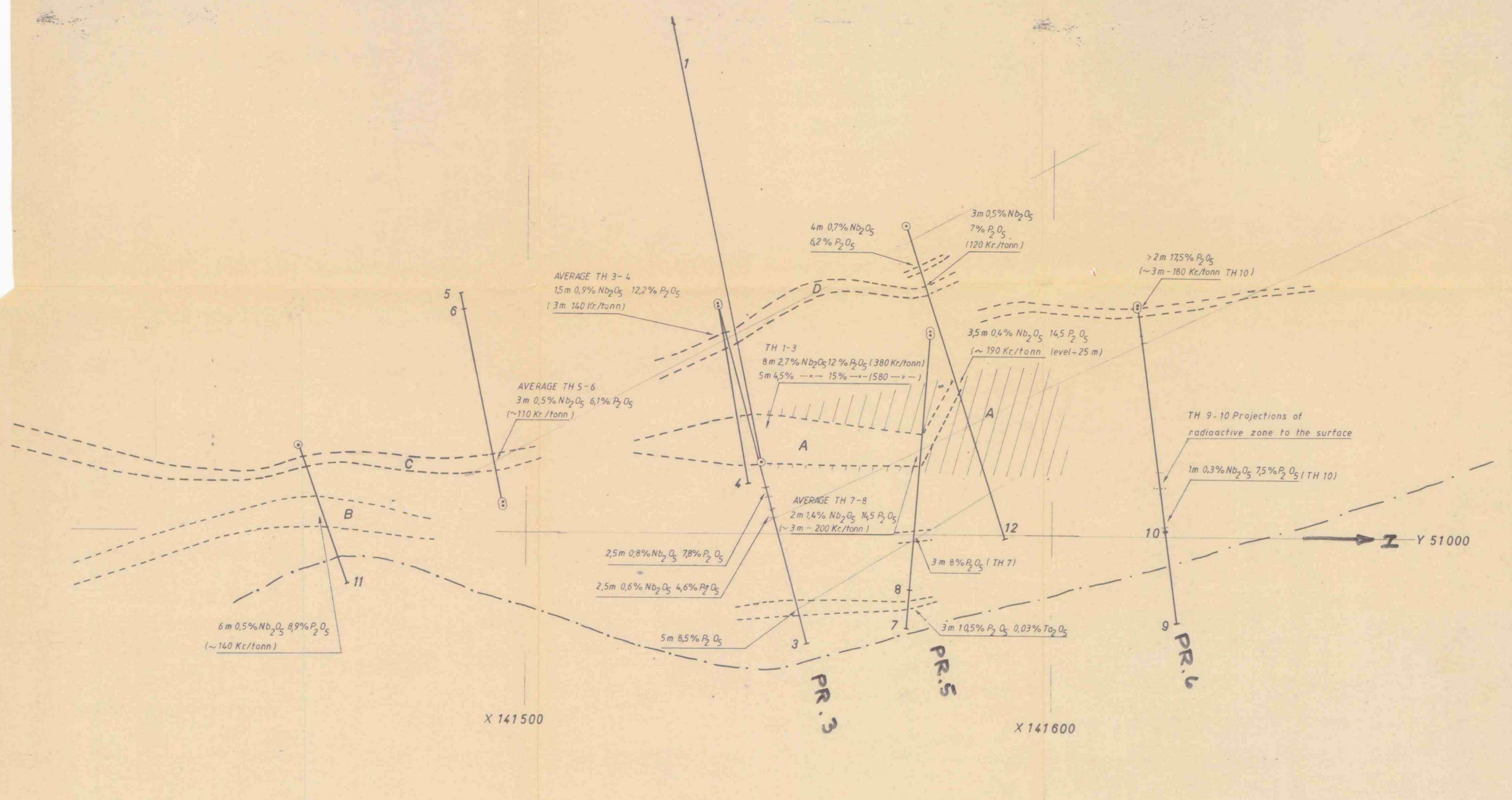


PL.2

No. of	Description	Item	Drawing or Standard	Material	Unit	Total
req'd					Approx	wt. kg
Tolerances		Weld according to:		Projection		
except as stated				File		
This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The recipient is responsible for every misuse.						
TUFTEHAVNA				Scale	Drawn	
PROFILE 5. SP. in mV. FIG. 8				1:1000	6x	3-02
				Sheet	Checked	P.H.C. 18/0
				Next sheet	Approved	
				Mile	539-63	
				Sheet	02	
				Revision		
ES Elkem as Engineering Division						

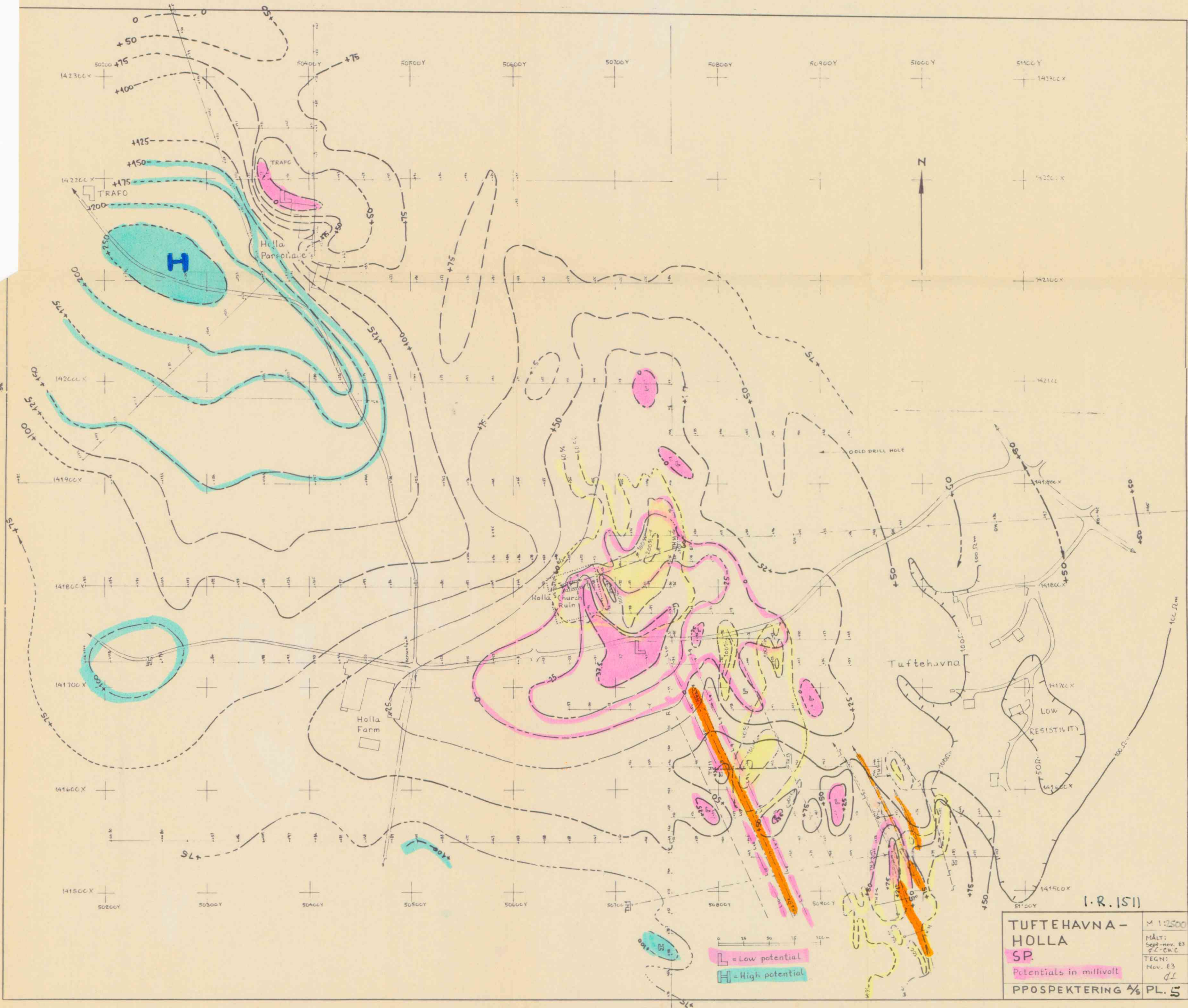


J.R.
 Stalvella 27/4-84
 PL.4



--- Drilled mineralized zones
 ||||| Projections of mineralizations
 The meters (m) are referring to approximate true thickness of the zones
 Kr/tonn An estimate of mineralization value
 --- Thin conductor ~ faultzone

No req'd	Description	Item	Drawing or Standard	Material	Unit	Total
Tolerances: except as stated		Weld according to:		Projection:		
This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse.				File: /		
TUFTEHAVNA DRILLINGAREA			Scale 1:500	Drawn	11/10-82	
ZONES OF Nb ₂ O ₅ AND P ₂ O ₅			Sheet	Checked	CWC	
			Next sheet	Approved		
Elkem a/s Engineering Division Oslo, Norway				I.R. 1511 FIG. 10 PL. 4		
Revision						



TUFTEHAVNA -
HOLLA
SP.
POTENTIALS IN MILLIVOLT
PROSPEKTERING 1/2 PL. 5

M 1:2500
MÅLT:
Sept.-nov. E3
72-CH.C
TEGN:
Nov. E3
dl

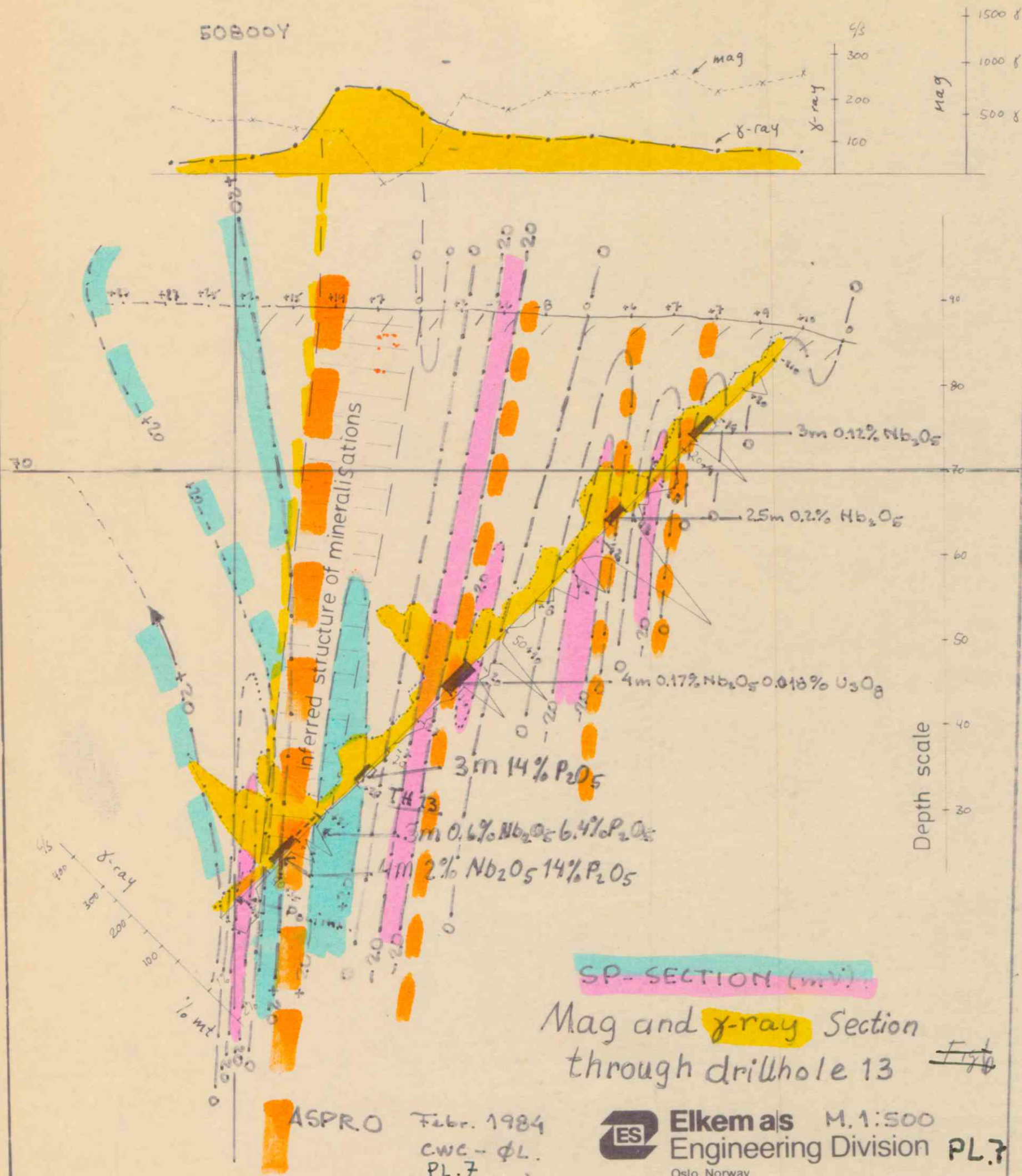
142300X 50200Y 50300Y 50400Y 50500Y 50600Y 50700Y 50800Y 50900Y 51000Y 51100Y 142300X



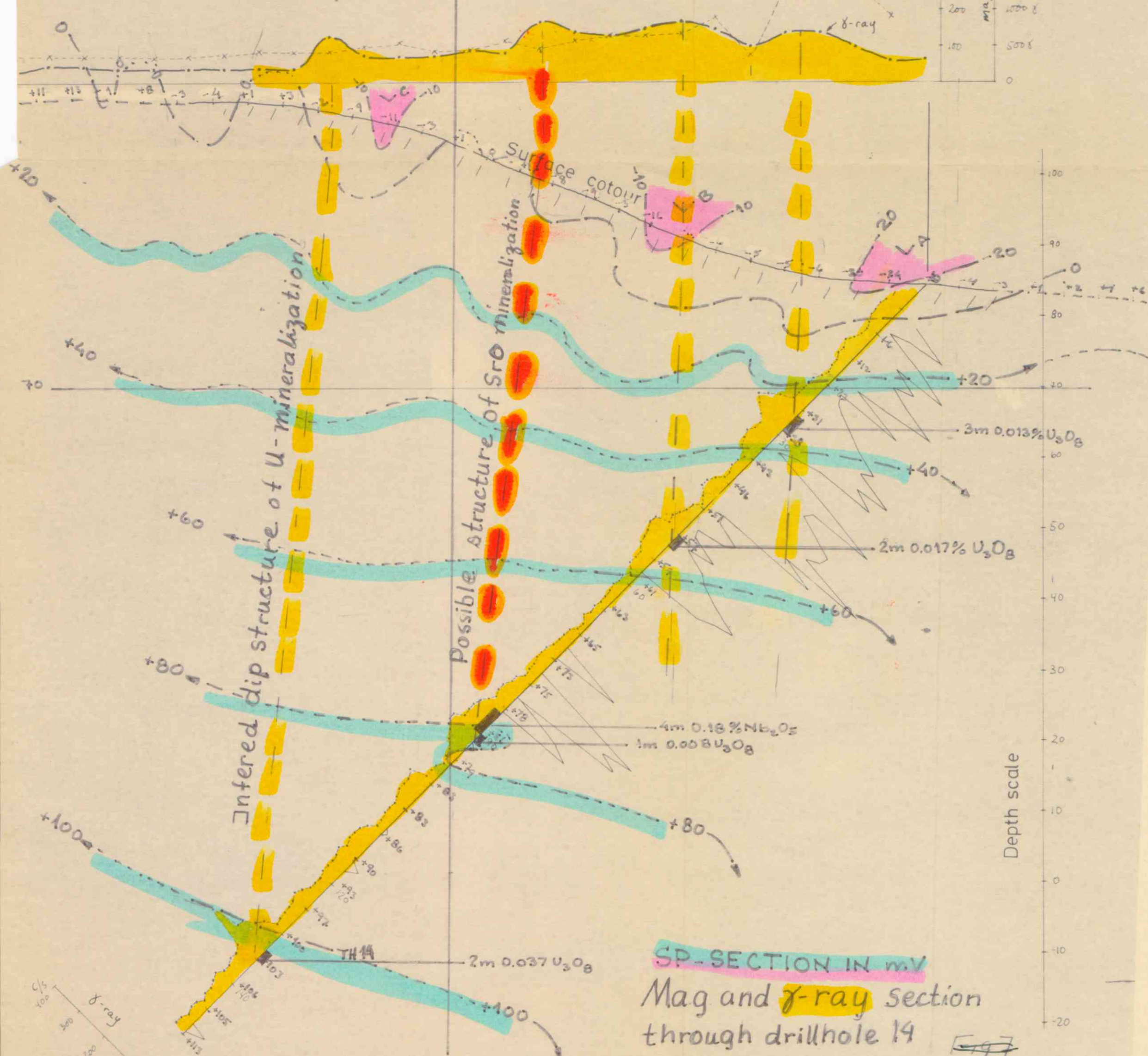
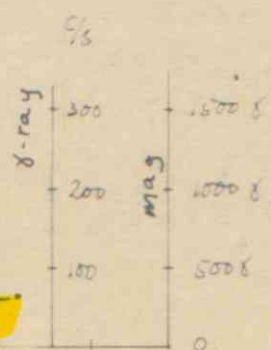
STATIONS:
 ○ JXZ
 × NAA
 ● FUC
 SP = Red

IR.1511

TUFTEHAVNA -	M.1: 200
HOLLA	Measured
VLF-RESISTIVITY	Sept-nov 83
SP	CWC/dL
PROSPEKTERING	Feb 84 dL
	PL 6

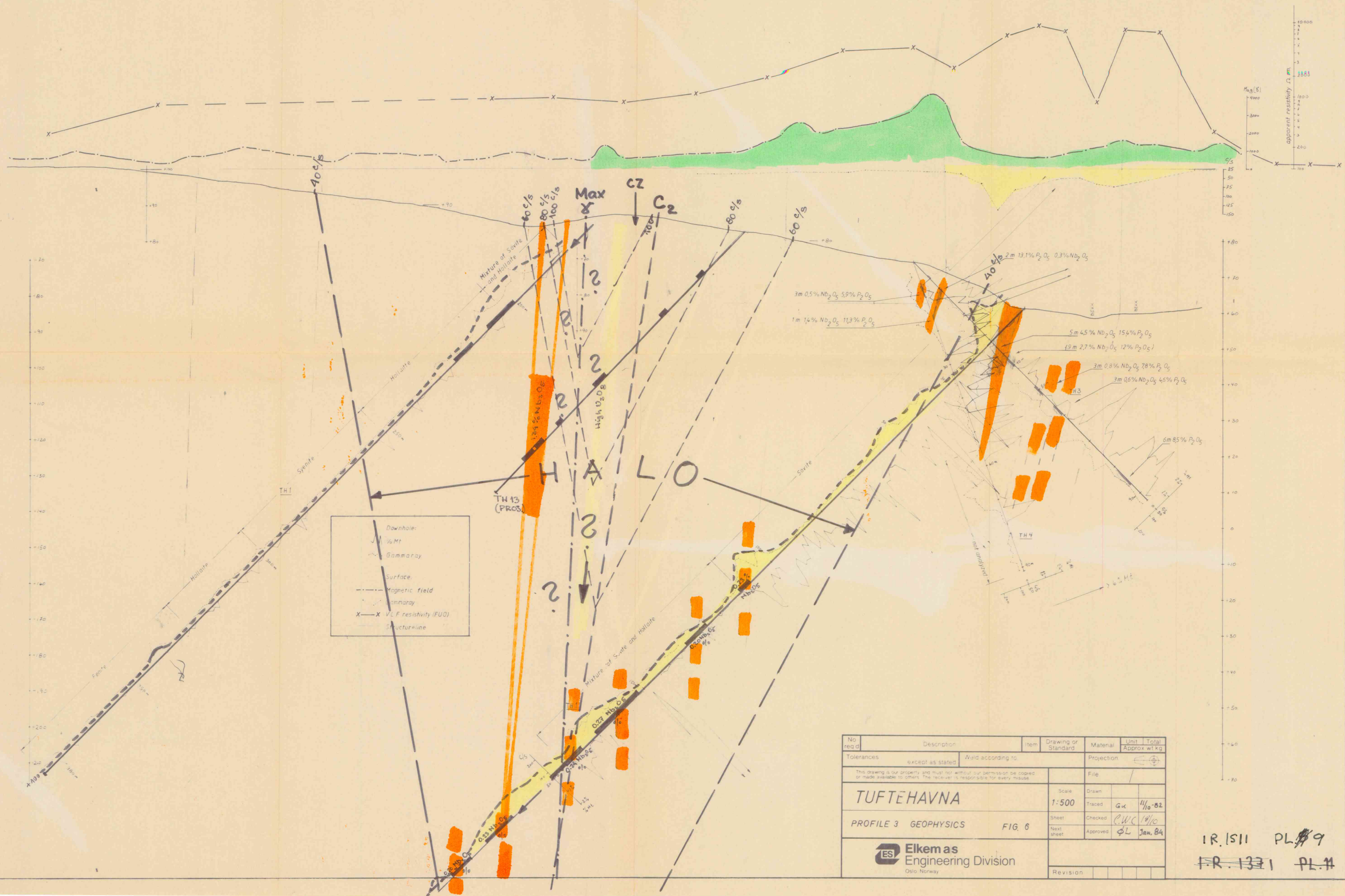


50700 Y



SP-SECTION IN m.v
Mag and γ-ray section
through drillhole 14

Febr. 1984
CWC - ØL



No. req'd	Description	Item	Drawing or Standard	Material	Unit	Total
					Approx. wt. kg	
Tolerances		except as stated		Weld according to		
				Projection		
				File		
				Scale		
				1:500		
				Drawn		
				Traced		
				GK		
				11/10-82		
				Sheet		
				Checked		
				CWC		
				19/10		
				Next sheet		
				Approved		
				FL		
				Jan. 84		
				Revision		


Elkem as
 Engineering Division
 Oslo, Norway

IR. ISII PL. 9
 I.R. 1331 PL. 11

