



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 807	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv Østlandske	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga Utmål	Fortrolig fra dato:
Tittel Rapport over niobforekomstene på Søve ved Ulefoss. Bind I				
Forfatter H Bjørlykke		Dato 11.11 1952	Bedrift Norsk Bergverk a.s.	
Kommune Nome	Fylke Telemark	Bergdistrikt Østlandske	1: 50 000 kartblad 17134	1: 250 000 kartblad Skien
Fagområde Geologi geokjemi malmberegning	Dokument type Rapport	Forekomster Cappelen Hydrogangen Filadelfia Søve Tufte Fen jerngruver		
Råstofftype Malm/metall Industrimineral	Emneord Nb apatitt			
Sammendrag Omfattende rapport med luftfotografier og gode kart/profiler i to bind. Bind 1: BV 807. Bind II: BV 808. Vi har duplikat av BV 807.				

R a p p o r t

over niobforekomstene på Söve ved Ulefoss.

Dr. H. Björlykke.

Innledning.

I nærværende rapport er det delvis anvendt de kjemiske betegnelser for de viktigste elementer og deres forbindelser. P_2O_5 er betegnelse for fosforsyre. Det er en bestanddel av mineralet apatitt som er en forbindelse mellom kalk og fosforsyre og inneholder 41 % P_2O_5 .

$CaCO_3$ er betegnelse for kalsiumkarbonat som opptrer i naturen som mineralet kalkspat (eng. calcite).

Nb_2O_5 (eng. Cb_2O_5) er nioboksyd (eng. columbium oxide).

Dette danner i forbindelse med kalk mineralet koppitt og med jern mineralet kolumbitt.

I engelsktalende land brukes betegnelsen columbium istedenfor niob, og i de vedlagte profiler og tabeller er betegnelsen Cb_2O_5 delvis anvendt forat disse også skal kunne anvendes til engelsk tekst.

Ta_2O_5 er betegnelse for tantaloksyd. Tantal er et element som er meget nær beslektet med niob og opptrer i større eller mindre mengde i alle niobmineraler.

Tidligere rapporter og publikasjoner.

1. W.C. Brögger: "Das Fengebiet in Telemark, Norwegen."
Vidensk.Selsk. Skr. I No 9 1921.
 2. H. Björlykke: "Norwegische Mikrolithmineralien."
Norsk Geol.Tidsskr. B 14 pp 145-161 1934.
 3. Egil Sæther: "Foreløbig meddelelse om resultat av undersøkelser
i Fensfeltet." Norsk Geol.Tidsskr.B 26 p.66 1948.
 4. Egil Sæther: "Rapport over undersøkelser i Fensfeltet, sommeren
1946." (1946)
 5. G. Richter: "Geologischer Bericht über das Vorkommen von Kalk-
steinen mit Nioberzen im Fengebiet bei Ulefoss,
südliches Telemark." (1944)
 6. Frans Aubert: "Identifisering av de Nb-Ta-førende mineraler i
sövitt og forsøk på deres magnetiske separasjon."
Tidsskr. f. Kjemi, Bergv. etc. No.10 1947.
 7. C.W.Carstens: "Rapport over Hydrogangen og Cappelengangen ved
Ulefoss." 1944.
 8. J.Horvath: "Niob, Ulefoss." 1946.
 9. Olge Adamson: "Report on the Columbian Occurence of the Fen
Region near Ulefoss in Southern Norway." 1950.
- Mittert: "Bericht über die Befahrung des Kalk-Niob-Apatit-
Vorkommens bei Ulefoss in Telemark 28/5 1943."
- K. Stenvik, A. Kvalheim, E. Hvoslef Eide og K. Kristoffersen:
"Sövitforekomstene i Fensfeltet og deres
utnyttelse." 16. sept. 1946.
- O.G.Gjösteen: "Laboratorieforsök med oppredning av sövitt."
- Arth.O. Poulsen: "Forekomstene av sövitt i Holla."
30. april 1943.
- Arth.O. Poulsen: "Foreløbig rapport over diamantboringene på
Tufte, Ulefoss." 13/8. 1943.
- J. Horvath: "Bericht über das Niobvorkommen bei Ulefoss."
Udatert.

Beliggenhet.

De niobförende bergarter ved Söve dekker et område av 6 kvadratkilometer (3 km. N-S og 2 km. Ö-V.) og ligger nær Ulefoss ved nordenden av Norsjö i Telemark fylke. Den nærmeste havn er Skien som ligger 30 km. sønnenfor. Norsjö som ligger 15 m.o.h. er også forbundet med sjöen ved elven som er farbar ved sluser som kan ta båter inntil 2-300 t. Avstanden med båt til Skien er 24 km.

Avstanden fra Ulefoss til sörlandsbanen ved Lunde st. er 10 km., og veglengden Ulefoss - Oslo er ca. 170 km.

Eiendomsforhold.

Den nordlige del av Sövefeltet eies av Söve landbruksskole som drives av Telemark fylke. Sör for landbruksskolen ligger to gårder ved navn Tufte som er kjøpt av Industridepartementet og overdratt til A/S Norsk Bergverk.

Topografi.

Feltet danner et typisk bakket morenelandskap. Den største höyde over havet er 160 m og den gjennomsnittlige höyde 50 - 70 m.o.h.

Feltet er sterkt dekket av moreneavsetninger, og oppstikkende fjell finnes vesentlig i enkelte höydedrag og i bekkeskjæringer. Störstedelen av området er dyrket mark.

Geologi.

Fenområdet er et geologisk interessant felt på grunn av de mange sjeldne bergarter som opptrer her.

I 1880 ga godseier D. Cappelen en samling av noen av disse bergarter som gave til Universitetet i Oslo.

I 1908 ble feltet besøkt av professor W. Werenskiöld og i 1918 av professor J.H.L. Vogt.

Vogt var særlig interessert i de gamle Fen jerngruber som har vært i drift fra 1652 og som ble nedlagt i 1927.

I 1918 arbeidet også professor V.M. Goldschmidt med geologiske undersøkelser av dette område, og under dette arbeidet ble han oppmerksom på noen små krystaller av et pyroklorlignende mineral som opptrådte i kalkstenen i det såkalte Hydro kalkbrudd i Söve landbruksskoles utmark, ved stranden av Norsjö.

Senere ble det samme mineral funnet ved mikroskopisk undersøkelse i tynnslip av flere forskjellige bergarter i feltet.

På grunnlag av Goldschmidts og Bröggers feltarbeide og senere mikroskopiske og kjemiske undersøkelser publiserte Brögger (1921) en petrografisk beskrivelse av dette interessante felt. Bröggers publisasjon er et meget omfattende arbeide på over 400 sider, og det er blitt en klassisk beskrivelse av et geologisk felt av denne type d.s. alkali områder.

Bergartene i Fensfeltet skiller seg meget fra vanlige bergarter både i utseende og i mineralsammensetning.

Særlig interessante er de karbonat-førende bergarter som etter Bröggers teori må oppfattes som eruptive bergarter som er dannet ved krystallisasjon av karbonatholdige smeltmasser (magma).

For å skille disse antatte eruptive kalkstener fra vanlige kalkstener av sedimentær opprinnelse har Brögger kaldt dem Sövitt. Også en rekke andre bergarter i feltet har fått navn etter gårder i distriktet.

De viktigste karakteristiske bergarter i Sövefeltet er:

Karbonatbergarter.

1. Sövitt er en overveiende kalkspatbergart som inneholder mindre mengder av apatitt, magnetitt, silikatmineraler og niobmineraler. De kalkrike sövitter er hvite av farge og ligner i utseende helt en vanlig marmorbergart.
2. Rauhaugitt, en karbonatbergart som ved siden av kalsiumkarbonat også inneholder betydelige mengder magnesiumkarbonat og jernkarbonat i form av mineralet ankeritt. Den inneholder også mindre mengder apatitt, magnetitt, silikatmineraler og små mengder niobholdige mineraler.
3. Rödberg er rød av farge og består vesentlig av kalkspat som er rødfarget av fine innsprengninger av mineralet jernglans (hematitt). Enkelte deler av denne bergart er så rik på jernglans at den kan anvendes som jernmalm. De gamle Fen gruber ble drevet på jernmalm av denne type.

Alkalirike silikatbergarter.

De mest utbredte bergarter av denne type er de nefilinholdige bergarter urtitt, ijolit og melteigit.

Vibetoitt er en bergart som vesentlig består av pyroksen og hornblende.

Hollaitt er en kalksilikatbergart som vesentlig består av kalkspat og pyroksen.

Den yngste bergart i feltet er damtjernitt som er en sort bergart med porfyrinnsprengninger av sort glimmer (biotitt) i en finkornet grunnmasse.

Fenitt er en syenitisk bergart som særlig opptrer langs feltets grenser og som antas å være dannet ved en reaksjon mellom den alkalirike smeltemasse og den omgivende gneis.

I de fleste bergarter i feltet har man funnet niobmineraler ved mikroskopiske undersøkelser av tynnslip, og mange kjemiske analyser av forskjellige bergarter i feltet viser små mengder nioboksyd.

Imidlertid er det hittil bare karbonatbergarter som har vært gjenstand for en mere systematisk undersøkelse på niob.

Sövittbergartene opptrer oftest som mere eller mindre gangformede masser som gjennomtrenger silikatbergartene med unntakelse av damtjernitten.

Små årer av sövitt opptrer også almindelig inne i silikatbergartene.

Som en almindelig regel finner man det største innhold av niobmineraler nær grensen mot silikatbergartene.

Geokjemi.

Etter den finske forsker Rankama's undersøkelser er det gjennomsnittlige innhold i eruptivbergartene 24 g/t Niob og 2,1 g/t Tantal. Det gjennomsnittlige forhold Niob/Tantal er således 11,4.

Malmene i Sövefeltet inneholder 0,1 - 0,2 % niob svarende til 1-2000 g/t og representerer således en anrikning som er ca. 100 ganger jordskorpens gjennomsnittssammensetning. De må derfor karakteriseres som relativt meget rike niobmalmer.

Innholdet av tantal i Sövemalmene utgjør 1-2 % av niobinnholdet og tilsvarer således omtrent jordskorpens gjennomsnittssammensetning.

I sitt arbeide (4) har Brögger publisert følgende kjemiske analyser av søvitt fra Hydro og Cappelen forekomstene.

1. Kjemisk analyse av en gjennomsnittsprøve på 50 kg fra Hydrobruddet. Anal. L. Thomassen.
2. Kjemisk analyse av en fin-middelskornet slire fattig på silikatmineraler. Hydrobruddet. Anal. L. Thomassen.
3. Kjemisk analyse av prøver fra Cappelenbruddet.
Anal. L. Thomassen.

	1	2	3
Kiselsyre SiO_2	3.36 %	0.73 %	2.00 %
Titanoksyd TiO_2	0.30 "	-	0.19 "
Aluminiumoksyd Al_2O_3	1.69 "	0.60 "	0.66 "
Jernoksyder $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ \text{FeO} \end{array} \right.$	6.13 "	0.53 "	2.44 "
Manganoksyd MnO	2.99 "	0.67 "	2.06 "
Magnesiumoksyd MgO	0.31 "	0.28 "	0.29 "
Kalk CaO	3.10 "	2.83 "	2.25 "
Bariumoksyd BaO	44.35 "	50.47 "	48.72 "
Natriumoksyd Na_2O	0.10 "	-	0.04 "
Kali K_2O	0.04 "	0.01 "	0.02 "
Vann $\text{H}_2\text{O} +$	0.50 "	0.25 "	0.32 "
Vann $\text{H}_2\text{O} +$	0.16 "	0.04 "	0.10 "
Fosforsyre P_2O_5	(0.14) "	(0.09) "	(0.10) "
Nioboksyd+Tantaloksyd $\left\{ \begin{array}{l} \text{Nb}_2\text{O}_5 \\ \text{Ta}_2\text{O}_5 \end{array} \right.$	3.26 "	0.95 "	3.38 "
Kullsyre CO_2	0.80 "	0.78 "	0.82 "
Klor Cl	32.80 "	41.44 "	36.22 "
Fluor F	0.02 "	0.03 "	0.02 "
Svovel S	ca. 0.28 "	0.08 "	ca. 0.29 "
Sulfatsvovel SO_3	0.42 "	0.29 "	0.51 "
	0.06 "	-	0.02 "
	100.81 "	100.07 "	100.45 "
$\text{H}_2\text{O} +$	0.14 "	0.09 "	0.10 "
	100.67 %	99.98 %	100.35 %

Etter disse analyser og mikroskopiske undersøkelser av bergartene har Brögger beregnet følgende mineralsammensetning:

HB/EH
27/10-52

- 7 -

	1	2	3
Kalkspat	67,65 %	79,91 %	74,46 %
Dolomit	6,37 "	13,34 "	7,45 "
Glimmer	8,61 "	2,05 "	3,84 "
Magnetit	8,00 "	0,14 "	2,90 "
Tremolit (hornblende)	-	-	1,00 "
Apatit	7,75 "	2,77 "	8,01 "
Koppit	1,40 "	1,15 "	1,36 "
Svovelkis	0,89 "	0,54 "	1,08 "
Tungspat	0,16 "	-	0,06 "
	<u>100,83 %</u>	<u>99,90 %</u>	<u>100,16 %</u>

En analyse av sövitt som ble utført av Forsvarets Forskningsinstitut, anal. Sv. Jarp, ga følgende resultat:

Kiselsyre SiO_2	2,12 %
Titanoksyd TiO_2	0,28 "
Aluminiumoksyd Al_2O_3	1,92 "
Jernoksyd Fe_2O_3	6,28 "
Manganoksyd MnO	0,30 "
Magnesiumoksyd MgO	2,44 "
Kalk CaO	42,35 "
Natriumoksyd Na_2O)	0,60 "
Kali K_2O)	
Fosforsyre P_2O_5	3,84 "
Kullsyre CO_2	39,16 "
Fluor F	0,32 "
Svovel S	0,30 "
Nioboksyd Nb_2O_5	<u>0,32 "</u>
	<u>100,23 %</u>

Kjemiske analyser som er utført av niobkonsentrater, viser også små mengder thorium og sjeldne jordartselementer.

De viktigste forekomster av niobholdig sövitt i den nordlige del av feltet er de gangformede sövittmasser Caprelengangen og Hydrogangen.

samt et stort sentralt sövittområde omkring Tuftegårdene.

Man har også i den nordlige del av feltet tallrike mindre sövittganger som alle er mere eller mindre niobførende.

Av de mindre ganger kan nevnes Filadelfiagangen, som ligger vestenfor Hydroforekomsten og er blottet i veiskjæringen ved hovedveien Ulefoss Skien. Denne gang har vært undersøkt med 3 diamantborhull.

Norsjøgangen ved bredden av Norsjø nær Cappelenforekomsten synes efter de senere utførte røskingsarbeider å være en del av denne.

Alle de hittil nevnte forekomster ligger på Söve landbruksskoles utmark på nordsiden av eiendommen.

Sönnenfor husene på Söve landbruksskole og nær disse finnes også en del mindre sövittganger, som er undersøkt med grøfter og diamantboringer.

Lenger syd omkring Tuftegårdene danner den niobførende sövitt en størr sentral masse som synes å være det største sövittområde i feltet.

Dette område er imidlertid mindre ensartet og er delvis bygget opp av soner med vekslende sammensetning og inneholder også soner av rødberg og silikatbergarter. Den sentrale del av dette område er undersøkt med tallrike grøfter og diamantborhull, men malmsonenes forløp er ennå ikke tilstrekkelig kjent, og på grunn av den sterke overdekking med morenemasser kjenner man heller ikke feltets begrensnings mot syd og vest.

I den vestlige og sydlige del av feltet har man oppstikkende fjell som viser betydelige områder av sövitt. Disse områder er hittil vesentlig undersøkt med analyser av mindre håndstykker.

Man har også funnet niobmineraler i mange silikatbergarter i feltet. En ijolitbergart som ble analysert av Brögger, viser således 0,70 % $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$.

De niobførende sövitters mineralsammensetning.

Det pyroklormineral som ble funnet av professor Goldschmidt i kalkstenen i Hydrobruddet, ble isolert ved å oppløse kalkstenen i salpetersyre, og krystallene av mineralet ble analysert av kjemiker A. Rödland. Analysen viste et innhold av 37 % tantaloksyd (Ta_2O_5), 26 % nioboksyd (Nb_2O_5) og 13,84 % kalk (CaO).

Efter denne analyse bestemte Brögger mineralet til å være en mikrolit, som er et overveiende kalsiumtantalat.

H. Björlykke som senere arbeidet med undersøkelse av norske mikrolit-mineralers atomstruktur ved hjelp av röntgendiagrammer, undersøkte også den antatte mikrolit, men fant at den stemte dårlig med de andre mikrolitmineraler. Han tok derfor opp et röntgenspektrogram, som viste at den tidligere analyse måtte være feilaktig, og at mineralet vesentlig inneholdt niob og bare inneholdt små mengder tantal. Mineralet måtte derfor være en koppit som tidligere var beskrevet fra Kaiserstuhl i Tyskland, hvor det opptrådte i en lignende kalksten. I 1947 hadde F. Aubert ved hjelp av röntgendiagrammer også identifisert niobmineralet kolumbit i niobkonsentrater av sövitt fra Hydrogangen og Tuftefeltet. Det koppitmineral som ble undersøkt av Brögger og Björlykke, hadde en gulbrun farge og opptrådte i oktaedriske krystaller.

De mikroskopiske undersøkelser av tynnslip og konsentrater som er utført siste år av Björlykke, har imidlertid vist at særlig malmene fra Cappelen- og Tuftefeltet inneholder en rekke andre koppitlignende niobmineraler, som skiller seg i farge og dels også i krystallhabitus fra den opprinnelig beskrevne koppit. Fargen kan veksle fra nesten fargeløs til sort.

Der er nu under mikroskopet blitt plukket forskjellige typer av for å undersøke dem nærmere ved hjelp av röntgendiagrammer og kjemisk analyse.

I de niobførende sövitter er der funnet følgende mineraler:

Kalkspat (eng. calcite) sp.v. 2,7. Hårdhet 3. Sammensetning 56 % kalk (CaO) og 44 % kullsyre (CO_2). Dette mineral danner hovedmassen av sövittberg artene. Efter de kjemiske analyser inneholder sövittene

også mindre mengder jern og magnesium som karbonat. Disse bestanddeler opptrer i de nærbeslektede mineraler

dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) og ankerit ($\text{Ca}(\text{MgFe})(\text{CO}_3)_2$) som er vanskelige å skille fra kalkspat under mikroskopet.

Flusspat (eng. fluorite) CaF_2 sp.v. 3,2. H.4. Dette mineral er funnet av Brögger ved mikroskopiske undersøkelser av sövitt, men er sikkert en sjeldenhet i denne bergart.

Magnetit Fe_3O_4 sp.v. 5,2 H.6. Etter foreliggende kjemiske analyser inneholder magnetitten i sövittbergartene ca. 0,5 % vanadium.

Jernglans (eng. hematite) Fe_2O_3 sp.v. 5,3. H.6. Finnes i sövitt oftest som tynne plateformede krystaller.

Svovelkis (eng. pyrite) FeS_2 sp.v. 5,0. H.6. Opptrer i velutviklede krystaller mest som terninger.

Tungspat (eng. barite) sp.v. 4,5. H.3.

Korund (eng. corundum) sp.v. 4,0. H.9. Dette mineral finnes i sövitt som små elipsoidiske korn uten tydelige krystallflater.

Rutil TiO_2 sp.v. 4,7. H.6. Er funnet som små røde nåler i enkelte niobkonsentrater.

Silikatmineraler:

Hornblende sp.v. 2,9-3,2. H.5,5. I sövittmalmen finnes 3 forskjellige typer hornblende. Den almindeligste er en tremolit som opptrer i rosettformede krystallaggregater. Dessuten opptrer i enkelte deler av malmene også en grønn almindelig hornblende og en blå alkalihornblende.

Glimmer (eng. mica) sp.v. 3,0. H.3. Den mest almindelige glimmer er en mørk biotit. I enkelte malmtyper finnes også den lyse muskovit.

Topas sp.v. 3,5. H.8. Finnes i små mengder som fargeløse krystaller med gode krystallflater.

Zirkon ZrSiO_4 sp.v. 4,2. H.7. Opptrer i små firkantede krystaller. Ved bestråling med kvartslampe vises den sterke fluoresens med en gulrød farge.

Koppit og kolumbit er påvist ved röntgendigrammer.

Koppit ($\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$) sp.v. 4,5. H.5. Opptrer oftest i tydelige oktaedriske krystaller. Fargen er brun til grå med en noe fettaktig glans og høy lysbrytning. Krystallene inneholder ofte inneslutninger av kalkspat og apatit.

HB/EH
3/11-52.

- 11 -

Kolumbit FeNb_2O_6 sp.v. 5,3 H.6. Oftest uten krystallform og med meget inneslutninger av kalkspat og apatit. Ved siden av disse niob-mineraler finner man også en del koppitlignende mineraler, som skiller seg fra den beskrevne koppit i farge og krystallhabitus.

Et slags mineral som opptrer særlig almindelig i Tuftemalmene er blitt plukket ut og analysert. Det viser seg å holde vesentlig nioboksyd og magnesium og må således være et nytt hittil ukjent mineral.

Videre undersøkelser over niobmineralene i Sövemalmen foregår nu i samarbeide med professor Ivar Oftedahl og ved universitetets mineralogiske institutt.

I niobkonsentrater med omkring 50 % nioboksyd har ing. K. Stokland funnet 2,7 % thoriumoksyd (ThO_2) i konsentrat fra Hydrogangen. I tilsvarende konsentrater fra Cappelen og Tufte fant han henholdsvis 1,5 og 1,7 % ThO_2 . Innholdet av sjeldne jordartselementer i disse konsentrater var ca. 0,5 %.

Thorium og de sjeldne jordartselementer må antas å gå inn isomorft i niobmineralene.

Malmens struktur.

Sövitene er vanligvis forholdsvis grovkornede bergarter.

Mikroskopiske undersøkelser av tynnslip viser at kalkspatkornene gjennomsnittlig har en diameter av ca. 2 mm. og i enkelte deler av malmen kan kalkspatkornenes diameter gå opp til 20 mm.

Krystallene av koppit og kolumbit viser ofttest inneslutninger av kalkspat og apatit og deres diameter varierer fra 0,1 til 10 mm. Den gjennomsnittlige diameter kan anslåes til ca. 1 mm.

Magnetitkrystallene er ofttest større enn niobmineralene og har sjelden inneslutninger av andre mineraler.

Silikatmineralene glimmer og hornblende danner forholdsvis store krystaller og krystallaggregater med en diameter som ofttest er over 1 mm. Den gjennomsnittlige diameter kan anslåes til ca. 5 mm.

Apatitten viser seg under mikroskopet som avrundede korn uten krySTALLFLATER. Diameteren varierer fra 0,1 til 3 mm. og er antagelig gjennomsnittlig ca. 0,2 mm.

Undersøkelsesarbeider i feltet.

I 1940 ble de norske myndigheter interessert i søvittene i Fensfeltet på grunn av deres innhold av fosforsyre i form av apatit, da vi var avskåret fra tilførsel av fosfater på grunn av krigen.

Professor V. M. Goldschmidt som da var formann i Statens Råstoffkomité, begynte da noe undersøkelsesarbeide i Fensfeltet i samarbeide med Norges Geologiske Undersøkelse. Dette undersøkelsesarbeide omfattet en del diamantboringer og kjemiske analyser på fosforsyre og niob.

Efter statsgeolog A. Poulsens rapport ble der gravet 6 grøfter i Tuftefeltet og utført analyser av 30 prøver. Samtidig utførte A/S Norsk Hydro endel diamantboring på Hydroforekomsten under ledelse av selskapets geologiske konsulent, dr. C. W. Carstens. Efter resultatene av disse undersøkelser ble mengden av niobførende søvitt i Hydroforekomsten anslått til 750.000 t. påvist malm ned til Norsjøs nivå (15 m.o.h.).

I 1943 ble tyskerne interessert i søvittens niobinnhold, da niob på denne tid ble meget ettertraktet som stålforedlingsmiddel. Tyskerne begynte da egne undersøkelser i feltet, og det norske undersøkelsesarbeide ble stoppet. De tyske undersøkelser ble ledet av det tyske firma I. G. Farbenindustri A.G. Da kapitulasjonen kom i 1945, hadde tyskerne brukt ca. 1 mill. kr. på sine undersøkelsesarbeider og hadde planlagt å sette forekomstene i drift høsten 1945. Det tyske undersøkelsesarbeide omfattet en rekke grøfter, diamantboringer og kjemiske analyser. De la også ned et stort arbeide for å finne brukbare oppredningsmetoder for malmen.

Efter krigen fortsatte Statens Råstoffkomité undersøkelsesarbeidet i Fensfeltet i årene 1945 og 46. De geologiske undersøkelsesarbeider ble ledet av cand. real. Egil Sæther, som utførte en mere nøyaktig geologisk kartlegging av feltet.

HB/EH
3/11-52.

- 13 -

Efter Sæthers rapport ble den kjente malm i Fensfeltet anslått til å holde 680.000 t. fosforsyre og 12.000 t. niob.

I 1951 ble forekomstene på Söve overdratt til A/S Norsk Bergverk som ble startet samme år.

Inntil desember 1951 fungerte dr. Olge Adamson som selskapets geologiske konsulent for Söveforekomstene, og etter den tid ble dr. H. Björlykke ansatt som selskapets faste geolog. Våren 1952 ble der utført et betydelig diamantboringsprogram for å påvise tilstrekkelige mengder malm for en brytningsplan på 140.000 t. råmalm om året.

Undersøkellesarbeidet i Fensfeltet har vært meget vanskelig på grunn av malmens særegne karakter. Det er også første gang niobforekomster av denne art har vært grundig undersøkt med henblikk på produksjon av niobkonsentrat. Av denne grunn forelå der ikke tidligere erfaringer fra lignende undersøkellesarbeider, og man hadde ikke tilstrekkelig kjennskap til lovmessigheten ved disse malmers dannelse.

En meget stor vanskelighet lå også i vurderingen av de forskjellige malmer, idet niobmineralene opptrer i meget små korn som er vanskelige å bestemme uten mikroskopisk undersøkelse. Vurderingen av malmene kom derfor helt overveiende til å bero på kjemiske analyser som er meget kostbare og krever lang tid.

For å få så pålidelige analyser som mulig har man også måttet anvende meget tid og omkostninger for å komme frem til de mest pålidelige analysemetoder.

Tabell som viser de utførte undersøkelsesarbeider i Fensfeltet.

<u>Diamantborhull</u>	<u>Antall</u>	<u>Samlet lengde</u>	<u>Antall analy- serte prøver</u>
Cappelenforekomsten	8	690,29 m.	170
Hydro --"	23	2823,42 --	669
Filadelfia --"	2	167,36 --	23
Söve --"	4	421,60 --	125
Tufte --"	8	877,55 --	455
Sum:	45	4980,22 m.	1442

<u>Grøfter (røsker)</u>	<u>Antall</u>	<u>Samlet lengde</u>	<u>Antall analy- serte prøver</u>
Cappelenforekomsten	5	135,0 m.	90
Hydro -"-	16	309,0 -	206
Filadelfia -"-	2	35,5 -	17
Norsjö -"-	2	60,5 -	17
Söve -"-	4	241,5 -	71
Tufte -"-	11	1045,0 -	707
Hotvedthekken			8
Prestegårdshagen			4
Fen jerngruber			6
<u>Sum: 40</u>		<u>1826,5 m.</u>	<u>1126</u>

Foruten disse har den tyske geolog, dr. Richter, analysert 179 håndstykker av bergarter fra forskjellige deler av feltet. Inntil idag er der således utført et undersøkelsesarbeide i Fensfeltet som omfatter 4980 m. diamantborhull og 1826 m. grøfter (røsker) for å blotte overdekket fast fjell.

Tilsammen er der utført analyser på niob, fosforsyre og karbonat av 2747 prøver og diamantborkjerner. For de fleste av disse prøver er der utført både spektrografiske og kjemiske bestemmelser av niob, og en rekke prøver er kontrollanalysert med 2 parallelle kjemiske analyser.

Videre er der utført en rekke kjemiske analyser av produkter fra oppredningsforsøk.

Cappelenforekomsten.

Cappelenforekomsten danner en gangformet masse av niobførende søvitt, som har sitt utgående i den nordlige del av området ved stranden av Norsjø.

Malmens utgående dekker et område av 5000 m². Malmlegemet stryker Ø - V og har et fall mot syd som veksler fra 30 til 60°. Den omgivende bergart er vesentlig fenitt og hollaitt. Malmens grensesone er oftest rik på glimmer. Der er gravet 5 grøfter tvers over malmens utgående som er sammenhengende prøvetatt, slik at hver prøve dekker 1,5 m. Tilsammen er 115,50 m. grøft prøvetatt med 77 malmprøver, som er blitt analysert på nioboksyd, fosforsyre og karbonater. Videre er der boret 690 m. diamantborhull, hvorav 226 m. i malm. Av diamantborkjernene er der uttatt 170 malmprøver for analyse.

Tabell over undersøkelsesarbeide ved Cappelenforekomsten.

<u>Grøfter</u>	<u>Malm- lengde</u>	<u>Malm- prøver</u>	<u>Gjennemsnitt</u>		
			<u>% Nb₂O₅</u>	<u>% P₂O₅</u>	<u>% CaCO₃</u>
1 C	43,5 m.	29	0,357	3,41	75,0
3 C	13,5 -	9	0,310	3,78	75,5
3 C S	37,5 -	25	0,420	3,14	80,1
4 C	18,0 -	12	0,270	2,61	80,6
5 C	3,0 -	2			
Sum: <u>115,50 m.</u>			<u>77</u>		

Gjennemsnitt for samtlige grøfter:

0,35

3,23

78,0

HB/EH
28/10-52.

Diamantborhull

	Profil	Az	Fall	Lengde		Analyserte prøver	Gjennemsnitt %			Boret av
				total	i malm		Nb ₂ O ₅ kjem. spektr.	P ₂ O ₅	CaCO ₃	
C1		330°	45°	40 m	16 m	30	0,240 0,306			A/S Norsk Hydro
C2	C3S	35,5°	30°	82,50"	62,20 "	19	0,306	3,0	71,1	Tyskerne
C3	"		70°	60,20"		17	0,22	1,8	46,0	"
C4				120,00"	64,00 "	32				"
C5	C1	NO	45°	86,45"	27,50 "	31	0,44 0,34	4,0	66,0	A/S Norsk Bergvesen
C6	C4	NO	45°	58,00"	32,88 "	30	0,26 0,27	2,77	49,7	" "
C7	C1	5°	45°	123,94"	16,60 "	6	0,20	3,90	52,0	" "
C8		356°	65°	119,20"	3,80 "	5	0,40	2,94	82,8	" "
Sum:				690,29 m.	223,68 m.	170				
Gjennemsnitt for alle diamantborhull:							0,342	3,05	67,0	

For borhull C4 som ble boret av tyskerne under krigen, er alle data gått tapt, og man har heller ikke kunne lokalisere borhullet i marken.

Regner man total gjennemsnitt på grunnlag av de funne gealter for grøfter og diamantborhull, får man følge gjennemsnittsgesalt for den beregnede del av Cappolenmalmen:

0,342 % Nioboksud (Nb₂O₅), 3,05 % fosfersyre (P₂O₅) og 67 % karbonater (vesentlig kalkspat).

Mineralsammensetningen av Cappelenmalmen.

Etter de foreliggende kjemiske analyser og mikroskopiske undersøkelser av Cappelenmalm kan man beregne følgende gjennomsnittlige mineralsammensetning for den kjente del av forekomsten:

Kalkspat (medregnet 1-2% magnesiumkarbonat og jernkarbonat)	67	%
Niobmineraler (vesentlig koppitt)	0.4	"
Apatitt	7.7	"
Magnetitt og hematitt	3.-	"
Svovelkis	ca 1.-	"
Tungspat	0.04	"
Rest: Silikatmineraler, vesentlig hornblende og glimmer ..	20.86	"
	100.00	%

Mikroskopiske undersøkelser av malmen viser også ubetydelige mengder rutil (TiO_2), korund (Al_2O_3), zirkon (ZrSiO_4) og topas.

Malmberegning av Cappelenforekomsten.

Den første beregning av malmengder for Cappelenforekomsten ble utført av den norske malmgeolog Dr. C.W. Carstens i hans rapport av 15. jan. 1944. Hans beregning var basert på analyser av 2 grøfter og 4 diamantborhull og gav som resultat en beregnet mengde malm av 135 000 t med et gjennomsnitt av 0.30 % nioboksyd (Nb_2O_5).

Den tyske geolog Dr. Horvath anslo i 1946 malmreservene i Cappelenforekomsten til 120 000 t med et gjennomsnitt av 0.5 % nioboksyd.

I en rapport av 13. mars 1950 har Dr. Olge Adamson beregnet mengden av malm ned til Norsjøs nivå til 175 000 t påvist malm med et gjennomsnitt av 0.25-0.3 % Nb_2O_5 .

I desember 1951 ble Cappelenforekomstens malmreserver beregnet av berging. N. Musæus til 300 000 t påvist malm med et gjennomsnitt av 0.29 % Nb_2O_5 ned til Norsjøs nivå.

Våren 1952 ble det boret ytterligere to diamantborhull for å undersøke malngangen ned til et nivå av ± 50 m.o.h., men da gangens fall viste seg å være mindre enn tidligere antatt, ble malmen bare påvist ned til et nivå av ± 20 m.o.h.

Det er nu utført en ny beregning av malmreserver i forekomsten som også omfatter resultatene av de to siste borhull. Malmberegningen er utført på den måte at man på grunnlag av data for grøfter og diamantborhull har beregnet malmarealet i hvert vertikalprofil loddrett på malmens formodede akseretning. Malmlegemet blir derved delt opp i blokker med vertikale grunnflater av forskjellig størrelse, og lengden beregnes som summen av de halve avstander til naboprofilene.

Profil C 3 S.

Malmens horisontale bredde i grøften	65	m
" " " " " " " i diamantborhull C 2	60	"
Lengden av malmblokken som tilhører dette profil	30	"
Malmdybde konstatert ved diamantboring	÷ 4.5	m.o.h.
Grøftens gjennomsnittshøyde	31.5	m " "

$$\text{Påvist malmareal i profilet } \frac{60 + 65}{2} \times 36 = 2250 \text{ m}^2$$

$$\text{Malmvolumet i tilhørende malmblokk} = 2250 \times 30 = 67\,500 \text{ m}^3$$

Profil C 1 (Dbh. C 5 og C 7).

Malmens horisontale bredde i grøften	56	m
" " " " " " " i diamantborhull C 7	35	"
Lengden av malmblokken som tilhører profilet	31	"
Malmdybde påvist ved boring	÷ 20	m.o.h.
Grøftens gjennomsnittlige høyde	33	" " "

$$\text{Påvist malmareal i profilet } \frac{35 + 56}{2} \times 53 = 2411 \text{ m}^2$$

$$\text{Malmvolum i tilhørende malmblokk} = 2411 \times 31 = 74\,741 \text{ m}^3$$

Profil C 4 (Dbh. C 6).

Malmens horisontale bredde i grøften	41	m
" " " " " " " i diamantborhull C 6	41	"
Lengden av malmblokken som tilhører profilet	31	"
Malmdybde påvist ved boring	÷ 9.5	m.o.h.
Grøftens gjennomsnittshøyde	33.5	" " "

$$\text{Påvist malmareal i profilet } 41 \times 24 = 984 \text{ m}^2$$

$$\text{Malmvolum i tilhørende malmblokk} = 984 \times 31 = 30\,504 \text{ m}^3$$

Totalt påvist malmforråd i Cappelenforekomsten.

Profil	Påvist malm		Største påviste
	Volum	Tonnasje	malmdybde
C 3 S	67 500 m ³	182 250 t	+ 4.5 m.o.h.
C 1	74 741 "	201 800 "	+ 20 " " "
C 4	30 504 "	82 360 "	+ 9.5 " " "
Sum:	172 745 m ³	466 410 t	

Etter de tidligere beregninger holder denne malm gjennomsnittlig 0.342 % nioboksyd (Nb_2O_5), 3.05 % fosforsyre (P_2O_5) og 67 % karbonater (vesentlig kalkspat).

Omregner man dette på den påviste malmmengde, vil denne inneholde:

- 1 595 t nioboksyd (Nb_2O_5)
- 14 225 - fosforsyre (P_2O_5)
- 312 495 - karbonatmineraler (vesentlig kalkspat).

Da Cappelenmalmen har en uregelmessig form, er det vanskelig å utføre noen beregning av sannsynlig malm.

Da malmen ikke på noe sted er avgrenset etter fallet, er det imidlertid grunn til å anta at den virkelige totale malmmengde er betydelig større enn den påviste mengde.

Hydroforekomsten.

Det gangformede malmlegeme som danner Hydroforekomsten, har sitt utgående fra stranden ved Norsjø 550 m i SVlig retning hvor den kiler ut. Malmen er blottet og prøvetatt i 16 grøfter loddrett på gangens lengderetning.

Gangens midlere horisontale bredde er 22 m, og lengden av den beregnede del av gangen er 309 m.

Det beregnede horisontale malmareal i dagen er således 6798 m².

Gangen stryker NØ-SV og har et fall i SØlig retning som veksler fra 40-70°.

Den omgivende bergart er en rødfarget fenitt som har en syenitisk sammensetning og som antas å være dannet ved en metasomatisk reaksjon mellom den alkalirike smeltemasse og den omgivende gneis.

De dypere deler av gangen er undersøkt med 23 diamantborhull som har en samlet lengde av 2823,42 m.

Dessuten er det drevet en stoll fra stranden av Norsjø i SØ retning loddrett på gangens lengderetning. Denne stoll er inndrevet 118 m. hvorav 53 m. i malm og har ennå ikke truffet malmens heng. Et horisontalt diamantborhull i stoff av stollen boret i dennes forlengelse viser ytterligere 3.89 m. malm. Man har således i stollen og borhullet en sammenhengende horisontal malmbredde av 56.89 m. Under inndriften av stollen ble det utskutte materiale meget omhyggelig prøvetatt og analysert.

Det er ikke utført noe undersøkelsesarbeide for å undersøke en formodet fortsettelse av malmgangen i NØlig retning under bunnen av Norsjø.

Tabeller over undersøkelsesarbeider i Hydroforekomsten.

Grøfter (røsker).

Grøft	Malm- lengde	Analyserte malmprøver	Gjennomsnitt %		
			Nb ₂ O ₅	P ₂ O ₅	Karbonater
H 6 (9)	40.5 m	27	0.126	2.56	51.7
H 7 (2)	22.5 "	15	0.108	3.39	48.3
H 8 (4)	22.5 "	15	0.149	2.50	88.6
H 9 (10)	24.0 "	16	0.136	2.59	53.5
H 10 (5)	22.5 "	15	0.159	2.74	80.8
H 11	37.5 "	19	0.175	2.60	90.5
H 12	18.0 "	12	0.185	2.98	80.1
H 13	15.0 "	10	0.131	3.43	71.9
H 14	27.0 "	18	0.166	2.84	74.9
H 15	10.5 "	7	0.173	1.84	78.1
H 16	7.5 "	5	0.162	1.54	64.2
H 17	7.5 "	5	0.234	3.57	51.7
H 18	3.0 "	2	0.235	3.43	55.6

Sum: 249.0 m 166

Gjennomsnitt for grøftene: 0.152 % 2.749 % 75.5 %

Diamantborhull Hydro.

Dbh.	Profil	Az	Fall	Lengde		Anal. malm- prøver	Gjennomsnitt %			Karbonater	Boret av:
				Total	i malm		Nb ₂ O ₅ kjem.	Spektr.	P ₂ O ₅		
H 6a (8)	H 6	309°	45°	79.30	30.0	51		0.21	4.88	70.0	Tyskerne
H 6b(22)	-	357°	45°	194.41	3.0	9	0.55		5.00	42.0	A/S Norsk Bergverk
H 7a (1)	H 7	309°	60°	62.20	35.0	18		0.274			A/S Norsk Hydro
H 7b (5)	-	309°	45°	104.50	33.50	23	0.153	0.207	3.07	87.0	Tyskerne
H 8a (2)	H 8	129°	30°	62.80	26.0	16		0.127			A/S Norsk Hydro
H 8b (6)	-	309°	43°	77.50	22.4	27	0.179	0.308	5.00	79.5	Tyskerne
H 9a (9)	H 9	140°	5°	110.20	19.27	27	0.15	0.28	6.13	81.0	A/S Norsk Bergverk
H 9b (7)	-	309°	45°	70.00	33.10	24	0.148	0.191	4.21	61.5	Tyskerne
H 10a (3)	H 10	145°	22°	97.75	56.0	36	0.255	-	-	-	A/S Norsk Hydro
H 10b(24)	-	365°	45°	192.14	4.98	7	0.15		4.10	48.2	A/S Norsk Bergverk
H 11a(10)	H 11	145°	5°	127.12	42.28	27	0.135	0.169	-	-	-
H 11b(13)	-		90°	257.0	26.84	88	0.15	0.18	3.64	50.0	A/S Norsk Hydro
H 12a (4)	H 12	145°	20°	81.37	39.4	16	0.277				-
H 12b(15)	-	325°	60°	97.02	30.55	28	0.20	0.26	4.02	72.1	A/S Norsk Bergverk
H 13a(14)	H 13	325°	60°	96.60	30.07	23	0.20	0.27	2.85	60.4	-
H 13b(16)	-		90°	312.27	38.20	93	0.25	0.26	3.43	77.0	-
H 14a(11)	H 14	325°	45°	100.00	31.00	34	0.231	0.20	4.66	55.5	-
H 14b(12)	-	325°	75°	110.70	43.00	67	0.140	0.155	1.76	32.0	-
H 14c(20)	-	371°	50°	134.56	36.51	14	0.20	0.18	2.36	37.0	-
H 16a(17)	H 16	361°	50°	79.44	13.68	12	0.348	0.425	3.17	45.3	-
H 18a(18)	H 18	369.80	53.30	99.88	14.71	16	0.30	0.25	3.43	46.0	-
H 18b(19)	-	362.60	42.20	77.72	22.69	15	0.268	0.32	3.06	64.3	-
H 18c(21)	-	365°	45°	198.94	5.69	12	0.17	0.31	2.84	74.3	-
-	-	-	-	-	5.58	-	0.36	0.52	3.88	88.8	-
-	-	-	-	-	8.19	-	0.15	-	-	-	-
-	-	-	-	-	6.78	-	0.20	-	2.70	72.0	-
Sum:				2823.42	658.42	683					
Average:							0.191%	0.233%	3.61%	61.5%	

Hydrostollen.

Malmelengde	Antall analyser	Nb ₂ O ₅	P ₂ O ₅	Karbonater
56.89 m.	33	0.206 %	2.96 %	63.8 %

Den totale gjennomsnittsgehalt i den undersøkte del av Hydroforekomsten beregnet etter analysene av grøfteprøver og diamantborkjerner blir:

0.177 % nioboksyd (Nb₂O₅) (beregnet etter de kjemiske analyser),
3.29 % fosforsyre (P₂O₅) tilsvarende 7.8 % apatitt,
66.1 % karbonatmineraler (vesentlig kalkspat og mindre mengder dolomitt).

Hydromalmens mineralsammensetning.

Hydromalmen skiller seg fra malmen i Cappellenforekomsten ved at den er noe rikere på magnesia i form av mineralet dolomitt og er fattigere på magnetitt.

Den tidligere siterte mineralsammensetning som er beregnet av Brøgger på grunnlag av en analysert prøve fra Hydrobruddet, stemmer ikke med forekomstens gjennomsnittlige sammensetning. Særlig er mengden av magnetitt meget høyere enn gjennomsnittet.

På grunnlag av de nu foreliggende kjemiske analyser og mikroskopiske undersøkelser av grøfteprøver og diamantborkjerner fra forskjellige deler av forekomsten kan man beregne følgende gjennomsnittssammensetning for den undersøkte del av forekomsten:

Karbonatmineraler (vesentlig kalkspat)	66.1 %
Apatitt	7.8 "
Niobmineraler (koppitt + mindre mengder kolumbitt)	0.3 "
Magnetitt	ca 1.0 "
Svovelkis	1.0 "
Rest: Silikatmineraler (vesentlig glimmer)	23.8 "
	100.0 %

Ved siden av disse mineraler kan man også ved mikroskopiske undersøkelser påvise meget små mengder av jernglans (hematite), tungspat (barite), topas og korund (corundum).

Med hensyn til silikatmineraler skiller Hydromalmen seg fra Cappelenmalmen ved at den er meget fattig på hornblende. Enkelte deler av malmen fører litt kloritt.

Niobmineralene er også noe forskjellige i Hydromalmen. Hydromalmens koppitt er mere ensartet i utseende og krystallform og har oftest en forholdsvis lys, tildels noe grønnlig brunfarge. I enkelte deler av malmen finnes en del kolumbitt.

Hydrogangen viser en ofte meget markert sonarbygning med et sentralt parti av hvit søvitt som nesten utelukkende består av karbonatmineraler.

Den ytre sone har gjennomgående mørkere farge og inneholder mere silikatmineraler. Ofte går den gradvis over i de omgivende silikatbergarter.

Etter de foreliggende analyser er den hvite kalksten i den indre sone forholdsvis fattig på niob, og man finner vanligvis de høyeste niobgehalter i den ytre, mørkere sone nær omgivende silikatbergarter. Det synes ikke å være noen forskjell på malmføringen i heng- og liggsoner. Denne fattigere sentrale sone nedsetter gjennomsnittsgehalten i grøfter og borkull. I den SVlige del av gangen, hvor denne smalner av, er den sentrale fattige sone utkilt, og gjennomsnittsgehaltenene over gangens bredde blir derved høyere. Dette fremgår tydelig av den ovenstående tabellariske oversikt over grøfteanalysene, idet den smale del av gangen fra H 15 til H 18 viser betydelig høyere gjennomsnittsgehalter enn de øvrige.

Det synes således å være en generell regel at når søvitten får en viss mektighet, vil den ha en fattig sone i midtpartiet. Dette kan antagelig forklares ved at de oppløsninger som har dannet niobmineralene, har trengt inn i søvitten utenfra, og at de bare i liten utstrekning har formådd å trenge inn i de sentrale deler av denne hvis mektigheten er stor.

Malmberegningen for Hydrogangen forutsetter at man bryter hele gangens bredde. Hvis det under brytingen lot seg gjøre å la stå igjen de fattigere sentrale partier av gangen, ville gjennomsnittsgehalten øke betydelig.

I vertikal retning er det en tydelig forskjell på malmen i dagen og i de dypere deler av forekomsten. Særlig synes innholdet av karbonatmineraller å avta mot dypet. Etter foreliggende analyser er således det gjennomsnittlige karbonatinnhold i malmen fra grøftene 75.5 %, mens gjennomsnittet for malmen i diamantborhullene er 61.5 %. Niobinnholdet synes å tilta noe mot dypet.

Mindre ganger og årer av niobholdig sövitt opptrer i stort antall i fenitten i heng av Hydrogangen.

Profil H 7.

Malmens horisontale bredde i grøften	28 m
" " " i dbh. H 7 b	42.5 "
Lengde av malmblokken tilhørende dette profil	23.5 "
Malmdybde påvist ved boring	58. " "
Grøftens gjennomsnittlige høyde	41.5 m.o.h.
Påvist malmareal i profilet: $\frac{42.5 + 23}{2} \cdot 58 =$	1877 m^2
Malmareal ned til ÷ 50 m.o.h.: $\frac{42.5 + 23}{2} \cdot 91.5 =$	3007 m^2
Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $1877 \times 23.5 =$	45528 m^3
" " " ned til ÷ 50 m.o.h.:	$3007 \times 23.5 = 72168 \text{ m}^3$

Profil H 8.

Malmens horisontale bredde i grøften	22.5 m
" " " i Dbh. H 8 b	22.5 "
Lengde av malmblokken tilhørende dette profil	23.0 "
Malmdybde påvist ved boring	39.0 "
Grøftens gjennomsnittlige høyde	50.0 m.o.h.
Påvist malmareal i profilet: $22.5 \times 39 =$	877 m^2
Malmareal ned til ÷ 50 m.o.h.: $22.5 \times 100 =$	2250 m^2
Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $23 \times 877 =$	20171 m^3
" " " ned til ÷ 50 m.o.h.:	$23 \times 2250 = 51750 \text{ m}^3$

Profil H 9.

Malmens horisontale bredde i grøften	28 m
" " " i Dbh. H 9 a	28 "
Lengde av malmblokken tilhørende dette profil	19 "
Malmdybde påvist ved boring	43 "
Grøftens gjennomsnittlige høyde	54.5 m.o.h.
Påvist malmareal i profilet : $28 \times 43 =$	1204 m^2
Malmareal ned til ÷ 50 m.o.h.: $28 \times 104.5 =$	2926 m^2
Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $19 \times 1204 =$	22876 m^3
" " " ned til ÷ 50 m.o.h.:	$19 \times 2926 = 55594 \text{ m}^3$

Profil H 13.

Malmens horisontale bredde i grøften 22,5 m
 " " " i Dbh. H 13 a 30 " "
 Lengde av malmblokken tilhørende dette profil 20 " "
 Malmdybde påvist ved boring 50 " "
 Grøftens gjennomsnittlige høyde 52,5 " o.h.

Påvist malmareal i profilet : $\frac{30 + 22,5}{2} \cdot 50 = 1312 \text{ m}^2$

Malmareal ned til + 50 m.o.h.: $\frac{30 + 22,5}{2} \cdot 102,5 = 2690 \text{ m}^2$

Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $20 \times 1312 = 26240 \text{ m}^3$

" " ned til + 50 m.o.h.: $20 \times 2690 = 53800 \text{ m}^3$

Profil H 14.

Malmens horisontale bredde i grøften 50 " m
 " " " i Dbh. H 14 b 60 " "
 Lengde av malmblokken tilhørende dette profil 29,75 " "
 Malmdybde påvist ved boring 60 " "
 Grøftens gjennomsnittlige høyde 53 " " o.h.

Påvist malmareal i profilet : $\frac{60 + 50}{2} \cdot 60 = 3300 \text{ m}^2$

Malmareal ned til + 50 m.o.h.: $\frac{60 + 50}{2} \cdot 103 = 5665 \text{ m}^2$

Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $29,75 \times 3300 = 98175 \text{ m}^3$

" " ned til + 50 m.o.h.: $29,75 \times 5665 = 168534 \text{ m}^3$

Profil H 16.

Malmens horisontale bredde i grøften 10 " m
 " " " i Dbh. H 16 a 20 " "
 Lengde av malmblokken tilhørende dette profil 39,5 " "
 Malmdybde påvist ved boring 17 " "
 Grøftens gjennomsnittlige høyde 43 " " o.h.

Påvist malmareal i profilet : $\frac{10 + 20}{2} \cdot 17 = 255 \text{ m}^2$

Malmareal ned til + 50 m.o.h.: $\frac{10 + 20}{2} \cdot 93 = 1395 \text{ m}^2$

Malmvolum av påvist malm tilhørende profilet: $39,5 \times 255 = 10072 \text{ m}^3$

" " ned til + 50 m.o.h.: $39,5 \times 1395 = 54602 \text{ m}^3$

Hvis man summerer de beregnede malmblokker, får man:

Profil	Malmvolum påvist v. boring	Malmvolum ned til ÷ 50 m.o.h.	Malmdybde påvist v. boring
H 6	42 225 m ³	33 526 m ³	÷ 76 m.o.h.
H 7	45 528 -	72 168 -	÷ 16 -
H 8	20 171 -	51 750 -	÷ 12 -
H 9	22 876 -	55 594 -	÷ 13 -
H 10	24 308 -	68 400 -	÷ 13,25 -
H 11	27 982 -	73 902 -	÷ 11 -
H 12	29 786 -	53 833 -	÷ 4 -
H 13	26 240 -	53 800 -	÷ 2,5 -
H 14	98 175 -	168 534 -	÷ 3,25 -
H 16	10 072 -	54 602 -	÷ 24,5 -
Sum:	347 363 m ³	652 583 m ³	

Når man omregner dette til tonn etter en spesifikk vekt for søvitt av 2,7, får man følgende tonnasje:

Påvist malm: $347\ 363 \times 2,7 = 937\ 880$ tonn

Malm ned til ÷ 50 m.o.h.: $652\ 583 \times 2,7 = 1\ 761\ 974$ tonn

Som tidligere nevnt, viser diamantboringene at malmens horisontale bredde tiltar mot dypet i den kjente del av malmgangen. Således er den gjennomsnittlige horisontale malmbredde i grøftene 25,45 m mens den i diamantborhullene viser et gjennomsnitt av 34,10 m.

Da lengden av den beregnede del av malmgangen er 235,5 m, gir dette et horisontalt malmareal av $235,5 \times 25,45 = 5993\ m^2$ i overflaten, mens det horisontale malmarealet i diamantborhullenes nivå blir $235,5 \times 34,10 = 8030\ m^2$.

Denne påtagelige økning av det horisontale malmareal mot dypet i den kjente øvre del av forekomsten gir grunnlag for den antakelse at malmlegemet vil fortsette til et meget betydelig dyp med et horisontalt malmareal som er minst like stort som i den øvre del.

At malmgangen fortsetter til et stort dyp blir også bekreftet ved de vertikale borhull H 11 b og H 13 b.

Disse borhull viser god malm ned til et nivå av henholdsvis 235 og 280 m under overflaten. Da disse hull er vertikale, kan de ikke brukes til bestemmelse av den horisontale malmektighet, og de har derfor ikke latt seg benytte ved beregningen av påvist malm.

På basis av disse borhull og de øvrige geologiske indikasjoner kan man imidlertid med stor sannsynlighet anta at malmgangen fortsetter med minst samme horisontale malmareal ned til 280 m under overflaten.

Dette representerer en mengde sannsynlig malm på ca 5 mill. tonn.

Som mulig malm kan man regne gangens videre forløp mot dypet hvor vi ikke har noen borhull samt gangens formodede fortsettelse i NØ retning under bunnen av Norsjö.

Mengden av mulig malm kan anslåes til å være meget betydelig, men man har intet grunnlag for noen beregning av denne da malmgangen ikke representerer noen regelmessig gang i geologisk betydning.

Med hensyn til malmens innhold av niob og fosforsyre så viser analysene at man stort sett har en stigning mot dypet i den øvre kjente del av forekomsten. Gjennomsnittsgehalten i grøftene på overflaten er således 0.152 % Nb_2O_5 og 2.749 % P_2O_5 mens gjennomsnittet for diamantborhullene er henholdsvis 0.192 og 3.61. Det er etter dette all grunn til å anta at innholdet av niob og fosforsyre i de dypere ukjente partier av malmen er minst like stort som i den øvre kjente del.

Når man beregner det totale innhold av niob og fosforsyre i den øvre kjente del av forekomsten etter den funne gjennomsnittsgehalt av 0.177 % Nb_2O_5 og 3.29 % P_2O_5 , får man for påvist malm:

1 660 tonn nioboksyd (Nb_2O_5)
og 30 856 - fosforsyre (P_2O_5)
tilsv. 75 260 tonn apatitt.

For malm ned til + 50 m.o.h.:

3 112 tonn nioboksyd (Nb_2O_5)
og 59 969 - fosforsyre (P_2O_5)
tilsv. 126 022 tonn apatitt.

Tuftefeltets niobmalmforekomster opptrer innenfor et stort sentralt sövittområde omkring Tuftegårdene ca. 700 m. syd for landbruksskolen.

De vesentligste blotninger av fast fjell er omkring husene på Tuftegårdene og i skråningen av bekkedaler.

Det store sövittområde ved Tufte er oppbygget av et sentralt parti av hvit sövitt og en randsone som inneholder mange små ganger og slirer av rødberg, rauhaugitt og grönstener.

I enkelte blotninger viser sövitten i feltet en svak parallell struktur med strök i retning NÖS til NÖ-SV og med steilt fall.

Sövittens mineralisasjon er meget vekslende idet niobrike slirer veksler med meget fattige partier. Det gjennomsnittlige niobinnhold i sövittkomplekset som helhet blir derfor nok så lavt.

Enkelte deler av malmsonene i Tuftefeltet representerer imidlertid den rikeste niobmalm som er funnet i Sövefeltet. Fosforsyregehalten er også tildels meget høy.

Etter de foreliggende undersøkelser synes de niobrike slirer å være anordnet parallelt med feltets struktur i steilt N-S-gående drag. Området er hittil undersøkt med 8 grøfter og 11 diamantborhull.

Tabell over analyserte grøfter og diamantborhull i Tufteforekomstene.

Grøfter:

						Gjennomsnitt %			
		Malm-	Malm-	Nb ₂ O ₅		P ₂ O ₅		Karbonater	
m		lengde	prøver	kiem.	Spekt.				
T 1	2-13	18 m	12	0.231		4.99		78.7	
	31-36	12 "	6	0.106		4.39		87.0	
	74-89	24 "	16	0.260		4.06		82.7	
T 2	2-27	39 "	26	0.207		4.37		83.5	
T 3	23-34	18 "	12	0.236		3.92		63.4	
T 4	11-20	15 "	10		0.538				
T 5	2-6	7.5 "	5	0.302		2.30		73.0	
	51-58	12 "	8	0.212		5.63		82.6	
	80-83	6 "	4	0.205		3.12		83.0	
	92-97	9 "	6	0.311		4.48		86.9	
T 6	40-45	9 "	6	0.691		6.57		72.8	
	64-72	13.5 "	9		0.320				
T 7	45-67	34.5 "	23	0.247		3.33		72.5	
	117-126	15 "	10	0.229		9.42		70.5	
T 8	32-44	19.5 "	13	0.226		3.33		85.3	

Total: 252.0 m 168

Average: 0.247 % 4.62% 78.2%

Diamantborhull:

						Gjennomsnitt %			
		Lengde m	Malm-	Nb ₂ O ₅		P ₂ O ₅		Karbonater	
Dbh	Fall	Malmsone	total i malm	prø-	kiem.	spekt.			
T 1	30°	0 - 35	65.20	35.0	16	0.315	0.637	5.31	65.20
T 2	45°	0 - 6	50.20	5.50	14	0.19	0.40	4.43	74.0
T 3	30°	50 - 68.85	79.63	18.85	18	0.185	0.393	4.87	77.2
T 4	45°	40 - 56.20	61.90	16.20	13	0.243	0.460	5.83	83.3
T 5	45°	15 - 31.60	49.80	16.60	10	0.234	0.315	3.19	56.5
T 6	10°	16.08-31.46	146.90	15.38	98	0.275	0.348	3.94	72.2
T 7	45°	20.20-31.-	177.61	10.80	119	0.275	0.420	3.38	85.3
		149.79-157.70				0.235	0.398	5.39	78.4
T 8	15°	0 - 56.90	246.58	56.90		0.174	0.203	3.32	63.4
		108.65-135.50		26.85	164	0.170	0.233	2.54	61.3
		182.80-209.20		26.40		0.210	0.279	3.22	82.0
		218.70-225.10		6.90		0.182	0.263	3.72	74.5

Total: 877.88 235.58 452

Average : 0.221% 3.93% 72.3%

Totalt gjennomsnitt av grøfter og diamantborhull:

0.232% Nb₂O₅ 4.21 % P₂O₅ og 75 % karbonater.

Det vil fremgå av ovenstående tabeller over grøfter og diamantborhull i Tuftefeltet at man her har for seg flere forskjellige malmsoner i sövitten og med mellomliggende partier hvor sövitten er fattig på niob. I det lange borhull T 8 som er 246 m langt og boret flatt i en vinkel av 15° , er det påtruffet 4 forskjellige malmsoner, og det er grunn til å anta etter resultatene fra grøftene at man har enu en malmsone i fortsettelsen av dette hull. I mellom disse soner ligger partier med fattig sövitt.

Da hele kjernen av dette borhull er analysert, kan man gå ut fra at disse analyser vil gi et ganske bra tverrsnitt av feltet og at gjennomsnittet vil kunne gi et bilde av det sentrale sövittfelts gjennomsnittssammensetning.

En beregning av hele kjernens gjennomsnittssammensetning for borhull T 8 gir følgende resultat:

0.118	% Nioboksyd (Nb_2O_5)
4.66	% Fosforsyre (P_2O_5)
65.7	% Karbonater (vesentlig kalkspat).

Tuftemalmens mineralinnhold.

Ifølge foreliggende analyser er de malmførende soner i Tuftefeltet betydelig rikere på karbonatmineraler enn Hydro- og Cappelengangen. Med hensyn til karbonatmineralenes sammensetning foreligger det ingen analyser av karbonatbundet magnesium og jern. Dette veksler sikkert meget i de forskjellige soner, men etter bergartenes karakter er det all grunn til å tro at karbonatene i Tuftefeltet er betydelig rikere på magnesia og jern enn i Hydrofeltet.

Analysene viser at innholdet av apatitt i den kjente del av Tuftefeltet er betydelig høyere enn i Hydro og Cappelen. Med hensyn til de underordnede mineraler som magnetitt og svovelkis foreligger det ikke noe materiale til bedømmelse av dette da malmen fra Tufte enu ikke har vært gjenstand for forsøk med mekanisk oppredning i større stil. Etter en visuell bedømmelse av bergartene i feltet skulle man kunne anslå at svovelkisgehalten er omtrent som i Cappelenmalmen og magnetittgehalten noe lavere enn dennes.

Man kan således anslå følgende gjennomsnittlige mineralsammensetning for den hittil undersøkte del av Tuftemalmene.

Karbonater (kalkspat + karbonater av magnesia og jern)	75	%
Apatitt	10,27	"
Magnetitt og jernglans anslagsvis	2,-	"
Svovelskis	1,-	"
Niobmineraler	0,4	"
Rest: Vesentlig silikatmineralene glimmer og hornblende	11,33	"
	100,00	%

Niobmineralene i Tuftemalmene skiller seg betydelig fra Hydro- og Cappelenmalmen.

I noen av de rikeste malmsoner finner man som det viktigste niobmineral et matt sort mineral som ligner meget magnetitt i krystallform, men skiller seg fra dette ved å være umagnetisk. En del av dette mineral er blitt utplukket under mikroskop, og det er utført en foreløbig analyse som viser at mineralet overveiende er et magneslaniobat med 76 % nioboksyd. Et röntgenstruktur-diagram viser at dette mineral skiller seg fra koppitt ved at det ikke har regulær struktur. Det er hittil ikke gjort noen forsøk med dette minerals oppredningsegenskaper.

Tuftemalmenes struktur ligner meget den hos Hydro- og Cappelenmalmen.

Malmengder i Tuftefeltet.

Det hittil utførte undersøkelsesarbeidet har vært av orienterende art. Det har ikke brakt full klarhet i feltets geologiske struktur, og man har lite blotninger av fast fjell til å danne seg et bilde av dette.

Da man ennå ikke har tilstrekkelig kjennskap til feltets struktur, er det vanskelig å trekke slutninger om malmsonenes forløp mellom borhull og røsker. Det som særlig gjør dette felt mere komplisert, er at man har å gjøre med flere adskilte malmsoner innenfor et nokså ensartet bergartskompleks hvor malmsonene ikke synes å være knyttet til bestemte bergarter eller bergartsgrenser. Man finner større områder såvitt som ikke holder tilstrekkelig niob til å kunne kalles malm samtidig som mange silikatrike soner kan representere rike malmer. På denne måte har de hittil utførte boringer og røsker ikke ført til at man kan beregne noen betydelige mengder påvist malm.

Når man regner med de mange mektige malmsoner og feltets betydelige størrelse, er det inidlertid overveiende sannsynlig at man i dette felt har et malmforråd som er betydelig større enn Hydrogangen. De apatittgehalten i dette felt er betydelig større enn i Hydrogangen, representerer feltet også en meget betydelig mengde sannsynlig fosfat.

Området mellom Tufte og Hydro-Cappelen-forekomstene.

Etter de geologiske forhold er det grunn til å vente at man i området mellom Tufte og Hydro-Cappelen-gangen skulle ha flere Ö-V-gående ganger av karbonatbergarter.

De blotninger som foreligger innen området, viser også at feltet er oppbygget av vekslende lag av karbonatbergarter og grønnstener. Karbonatbergartene er for en del rauhaugitter som er rike på magnesie og jernkarbonat, søvitt og enkelte smale soner av rødberg.

Ingen av de blottede karbonatslirer har noen betydelig mektighet, og niobgehalten er meget varierende. Feltet er undersøkt med grøft og 4 diamantborhull.

Tabell over undersøkelsesarbeider Söve.

Grøft Söve.

	Malmlengde	Anal. prøver	Gjennomsnitt		
			Nb ₂ O ₅	P ₂ O ₅	Karbonat
C og D	33 m.	30	0.365 %		

Diamantborhull.		Fall	Lengde m.		Anal. prøver	Gjennomsnitt %		
Az			total	i malm		Nb ₂ O ₅	P ₂ O ₅	Karbonat
S 1	157.65°	37°	125.1	12.5	71	0.130 0.402	3.72	68.9
S 2	138.0°	29°	121.5	5.5	28	0.234	5.12	42.9
S 3			60.0	9.0	16	0.270	5.80	-
S 4			115.0	34.1	38	0.207	2.95	84.7

Sövittfeltet omkring Vibeto.

Syd for de sydligste Vibetogårder opptre et sövittfelt som dekker et areal av ca. 30 mål. Høyden over havet er 90 - 145 m.

Det er utført analyser på niob i 23 prøver, og 11 av disse er også analysert på fosforsyre.

Bergarten over størstedelen av feltet er en kalkrik, hvit sövitt. Analysene viser store gehalter av fosforsyre helt opp til 9 % P_2O_5 tilsvarende over 20 % apatitt.

Analysene på niob viser overveiende meget små gehalter på under 0.1 % Nb_2O_5 , enkelte analyser går opp i 0.2, og en enkelt analyse viser 0.3 % Nb_2O_5 .

Etter erfaringer fra de andre forekomstene er det grunn til å vente at sövitten kan være rikere på niob i grensesonene mot omgivende bergarter og at det også ved mere omfattende undersøkelser kan finnes soner av god niobmalm inne i sövittområdet.

Et annet mindre sövittområde på ca. 10 000 m² finnes 100 m. syd for Rauhaug gård og et lite område i den søndre del av Nigarskåsa sydøst for Vibeto. Ingen av disse felter har vært undersøkt på niob.

Området vest for hovedvegen Ulefoss - Skien.

Dette område er sterkt dekket med løsmasser, men man har her en del blotninger av sövitt, og det er sannsynlig at denne bergart danner en vesentlig del av det underliggende faste fjell i den østligste del av området, og at dette sövittområde henger sammen med sövittkomplekset i Tuftefeltet.

Ved Kåsene og ved Holla prestegård er det blottet en hvit, grovkornet sövitt.

Denne er prøvetatt i prestegårdshagen og viser her ganske små innhold av niob.

Innholdet av niob i andre bergarter i feltet.

Både rauhaugitt og rødberg kan inneholde betydelige mengder av niob. Det er således mulighet for å finne partier med niobmalm innenfor de store områder av disse bergarter.

Det er også mulighet for å finne niobrike partier i silikatbergartene.

Analysar.

For de fleste prøver er det utført både optisk-spektrografiske og kjemiske analyser.

De kjemiske analyser er utført dels av Forsvarets Forskningsinstitutt ved ing. Jarp og dels av Sentralinstitutt for Industriell Forskning.

De optiske analyser er utført av Statens Råstofflaboratorium.

Dessuten foreligger det en rekke eldre analyser utført av tyskerne under krigen, men mange av disse er senere blitt kontrollert ved nye bestemmelser.

Det vil frengå av de tidligere refererte analyser at de spektrografiske bestemmelser gjennomgående viser en betydelig høyere gehalt enn de kjemiske, og det er derfor utført et stort forskningsarbeide ved Sentralinstituttet for å bringe klarhet i dette forhold.

Det har da vist seg at den kjemiske analyse etter Schultzemethoden som beror på en oppslutning av analysesubstansen med varm, konsentrert svovelsyre, forutsetter en overordentlig sterk finmaling av substansen for at oppslutningen skal være kvantitativ og at man derfor ved utilstrekkelig finmaling har fått for lave verdier for niob i de utførte analyser.

Etter senere utførte kontrollanalyser har man således kommet til at de kjemiske analyser er en 10 % for lave. Man har derfor lov å regne med at de virkelige niobgehalter i malmen fra Sövefeltet ligger ca. 10 % høyere enn de som er anført i malmberegningene.

Det foreligger en rekke spesielle rapporter over det utførte analytiske arbeide fra Forsvarets Forskningsinstitutt, Statens Råstofflaboratorium og Sentralinstitutt for Industriell Forskning.

Den hittil anvendte kjemiske analysemetode er meget kostbar og tidskrevende, og Sentralinstituttet arbeider derfor nå etter oppdrag fra A/S Norsk Bergverk for å søke og finne nye, hurtigere analysemetoder som er tilstrekkelig nøyaktige til vanlige driftsanalyser.

Oppredning.

Det første forslag til oppredning av Sövemalmen foreligger i en rapport fra Forsvarets Forskningsinstitutt ved ing. O. G. Gjösteen. Denne metode var basert på en brenning av råmalmen og en utvasking av den brente kalk.

Metoden forutsatte et samarbeide med Norsk Hydro for å finne anvendelse for de store mengder lesket kalk som ble dannet under prosessen.

Da denne plan ikke lot seg gjennomføre, ville prosessen imidlertid bli meget kostbar, særlig fordi senere beregninger viste at malmens gjennomsnittlige innhold av karbonatmineraler var betydelig lavere enn tidligere forutsatt.

Etter oppdrag fra A/S Norsk Bergverk har derfor dosent Mortenson ved N.T.H. arbeidet med å finne frem til en billigere mekanisk oppredningsmetode for sövittmalmen. Det er nu lyktes å komme frem til en metode for mekanisk oppredning som med rimelig utbytte gir et konsentrat som vesentlig består av apatitt og niobmineraler og holder ca. 20 % nioboksyd (Nb_2O_5). Man kan da løse apatitten i syre og utnytte denne til fosfatgjødsel og får tilbake et salgbart niobkonsentrat.

Sammenfatning.

De hittil utførte undersøkelser i Sövefeltet har gitt følgende resultat:

<u>Påvist malm.</u>	<u>Gehalt</u>			<u>Mengde</u>		
	Tonn	Nb_2O_5	P_2O_5	Nb_2O_5	P_2O_5	Apatitt
Cappelenforek.	466 410	0.342 %	3.05 %	1595 t.	14 225 t.	34 700 t.
Hydro "-	937 880	0.177 "	3.29 "	1660 "	30 856 "	75 260 "
Sum:	1 404 290			3255 t.	45 081 t.	109 960 t.

Videre har man i Hydroforekomsten en sannsynlig malmmengde av størrelsesorden 5 mill. tonn.

I Tuftefeltet er det ikke utført noen beregning av påvist malm, da feltets struktur enda ikke er tilstrekkelig kjent.

Etter det man hittil vet, må man imidlertid kunne regne med at dette felt sannsynligvis inneholder malmmengder som er betydelig større enn Hydroforekomsten og dessuten rikere både på niob og fosforsyre.

Som ytterligere mulige reserver har man de betydelige sövittfelter i den sydlige og vestlige del av området som ennå ikke er undersøkt.

Videre har man særlig i den østlige del av feltet store områder av rødberg og rauhaugitt som kan tenkes å inneholde drivverdige malmer.

Også i silikatbergartene er det påvist niobgehalter som tyder på at man også i disse bergarter ved nærmere undersøkelse kan finne soner med niobmalm.

Den hittil påviste malmmengde i feltet på 1.4 mill. tonn må ansees å være fullt tilstrekkelig basis for en meget betydelig drift, og mulighetene for fremtidige nye malmmengder av ennå meget større dimensjoner skulle etter de hittil foreliggende undersøkelser være overordentlig gode.

Ved siden av niob vil man kunne produsere betydelige mengder apatitt som vil spare landet for store beløp til innkjøp av utenlandske fosfatråstoffer.

Undersøkelsene i Tuftfeltet har vist at man her også har soner med meget betydelig apatittinnhold, (inntil 50 % apatitt) men som er fattige på niob.

Hvis disse soner viser seg å ha tilstrekkelig utstrekning, vil de antakelig med fordel kunne anvendes til utvinning av apatitt, mens niob i dette tilfelle vil bli et biprodukt.

Feltene på Söve representerer vårt lands største kjente forråd av fosfat og vil være vår eneste fosfatkilde av betydning i tilfelle vi skulle bli avskåret fra tilførsel utenfra.

Oslo, den 11. november 1952.

H. Bjørlykke

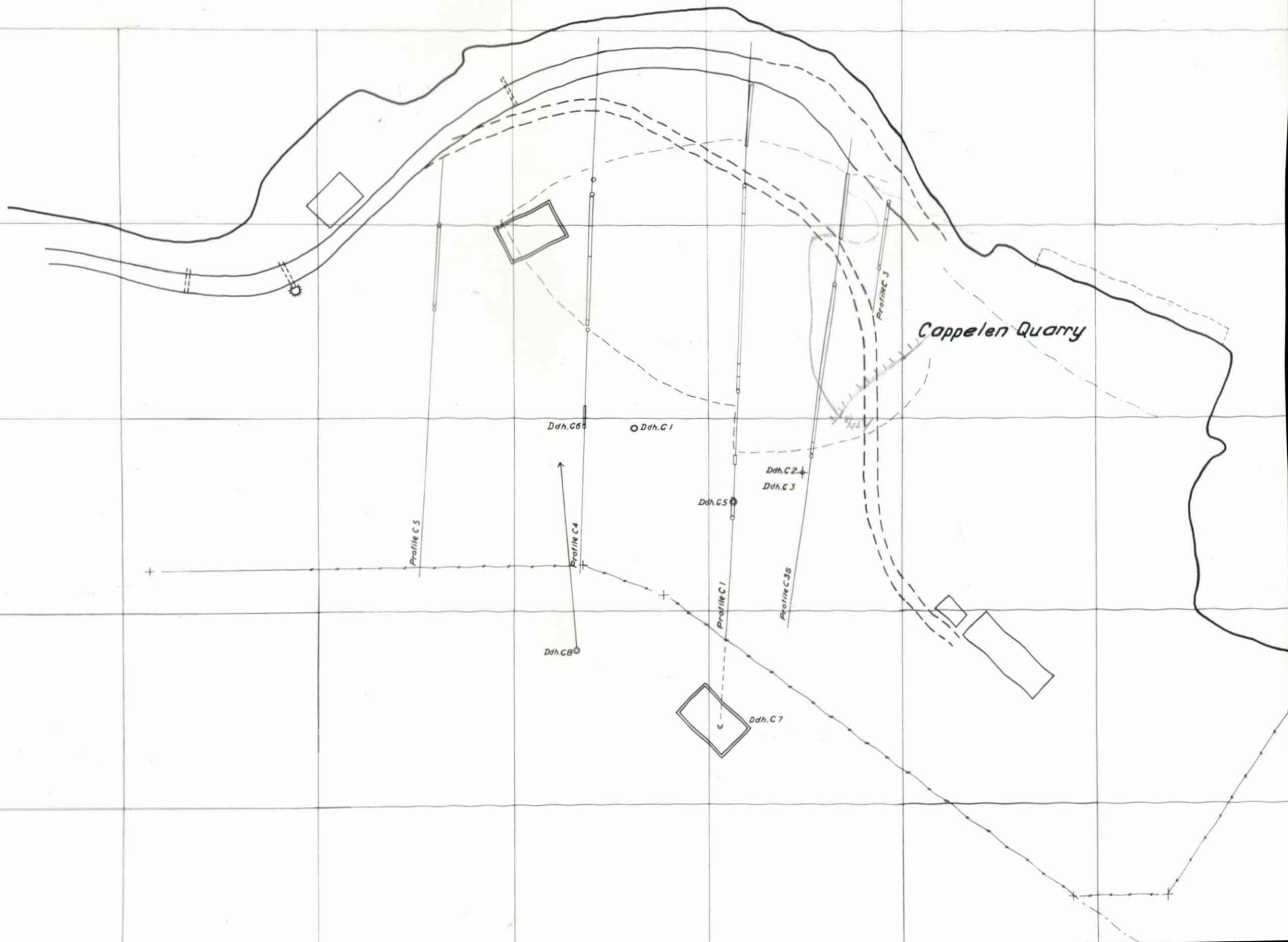




CAPPELEN DEPOSIT

0 10 20 30 40 50 m

N O R S J Ö



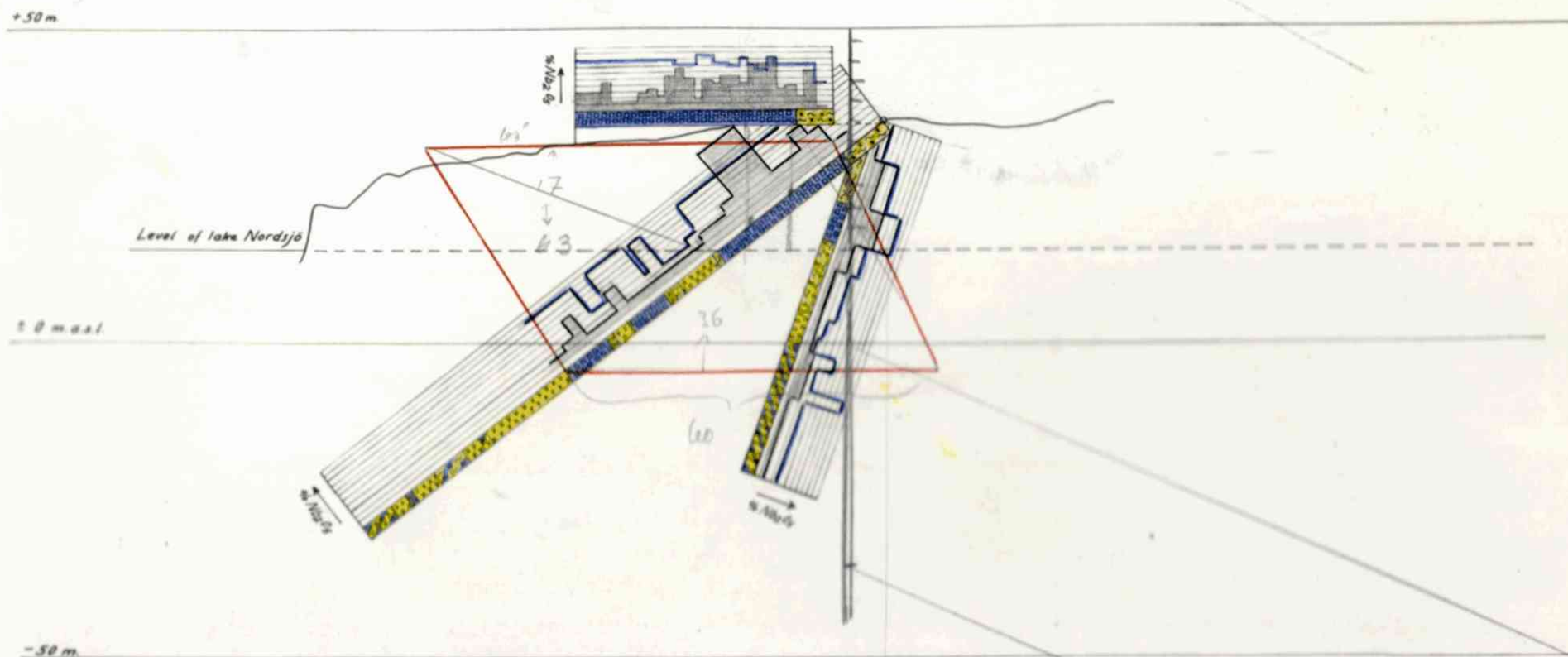
The diagram is a hand-drawn geological cross-section. At the top, a horizontal line is labeled '+50 m'. Below it, a dashed line is labeled 'Level of lake Nordsjö'. Further down, another horizontal line is labeled '±0 m a.s.l.'. At the bottom, a horizontal line is labeled '-50 m'. A diagonal line represents a road or dam, with a label 'Dam C7' at its upper right end. A scale bar at the top right indicates '100 m' and '1:1000'. A north arrow is located near the top left. The diagram shows various geological features, including a 'Level of lake Nordsjö' and a 'Dam C7'. There are also some handwritten numbers like '10', '16', '18', and '31' scattered throughout the drawing.

Söve, Cappelen Deposit
Profile C.1



© 1999 JGIM

30
 60
 90
 45.17
 315
 45
 765 m²



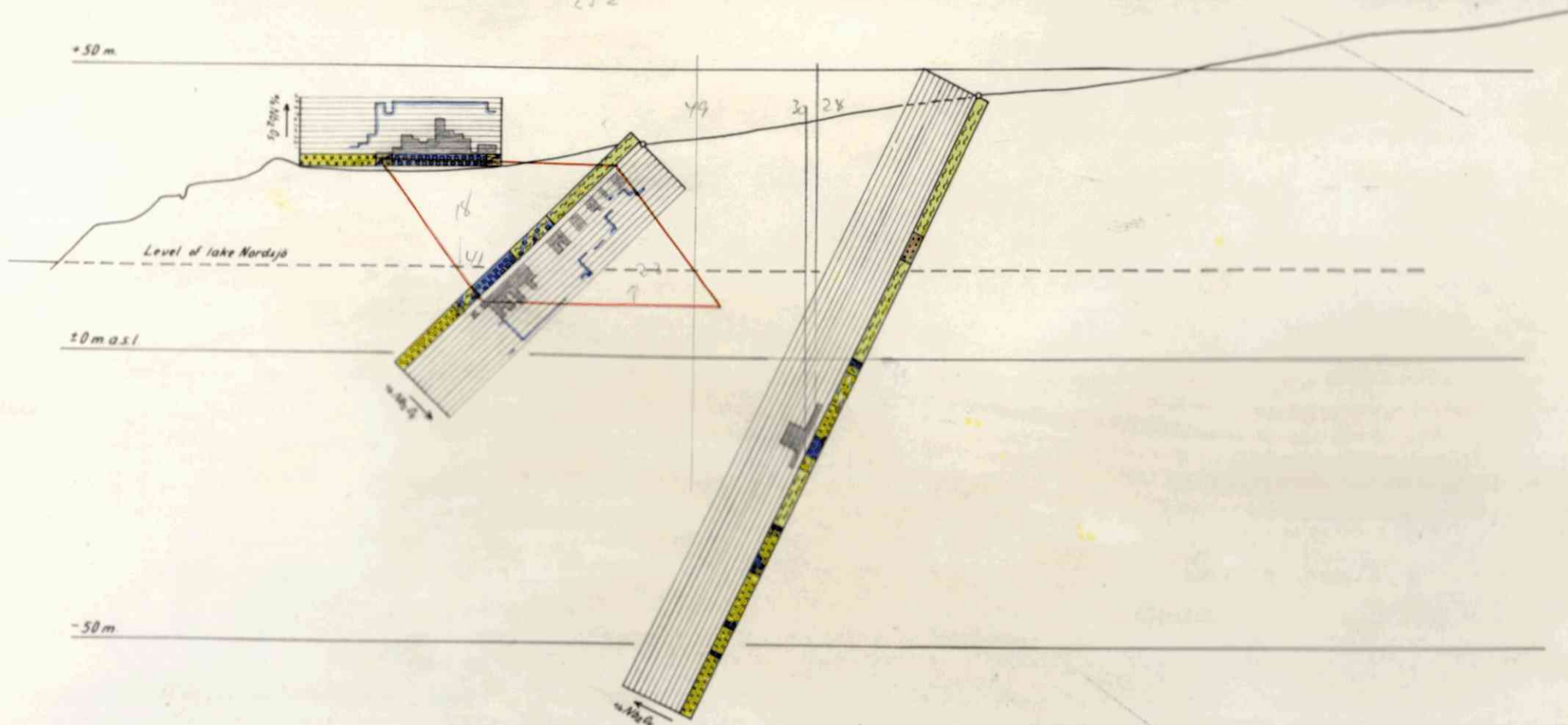
	Length of ore	Analyzed samples	Average		
			Cb ₂ O ₃		Carbo-nates
			Chem.	Spectr.	
Trench C3S	37.50m.	25	0.420%		3.14% 80.1%
Ddh. C2	62.20m.	19	0.306"		3.00" 71.1 "
-u- C3	40.25m.	17	0.220"		1.80" 46.0"

Söve, Cappelén Deposit
Profile C.S.S



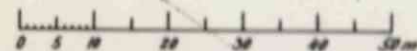
~ 100 m

10
18
28
14.18
112
14
252

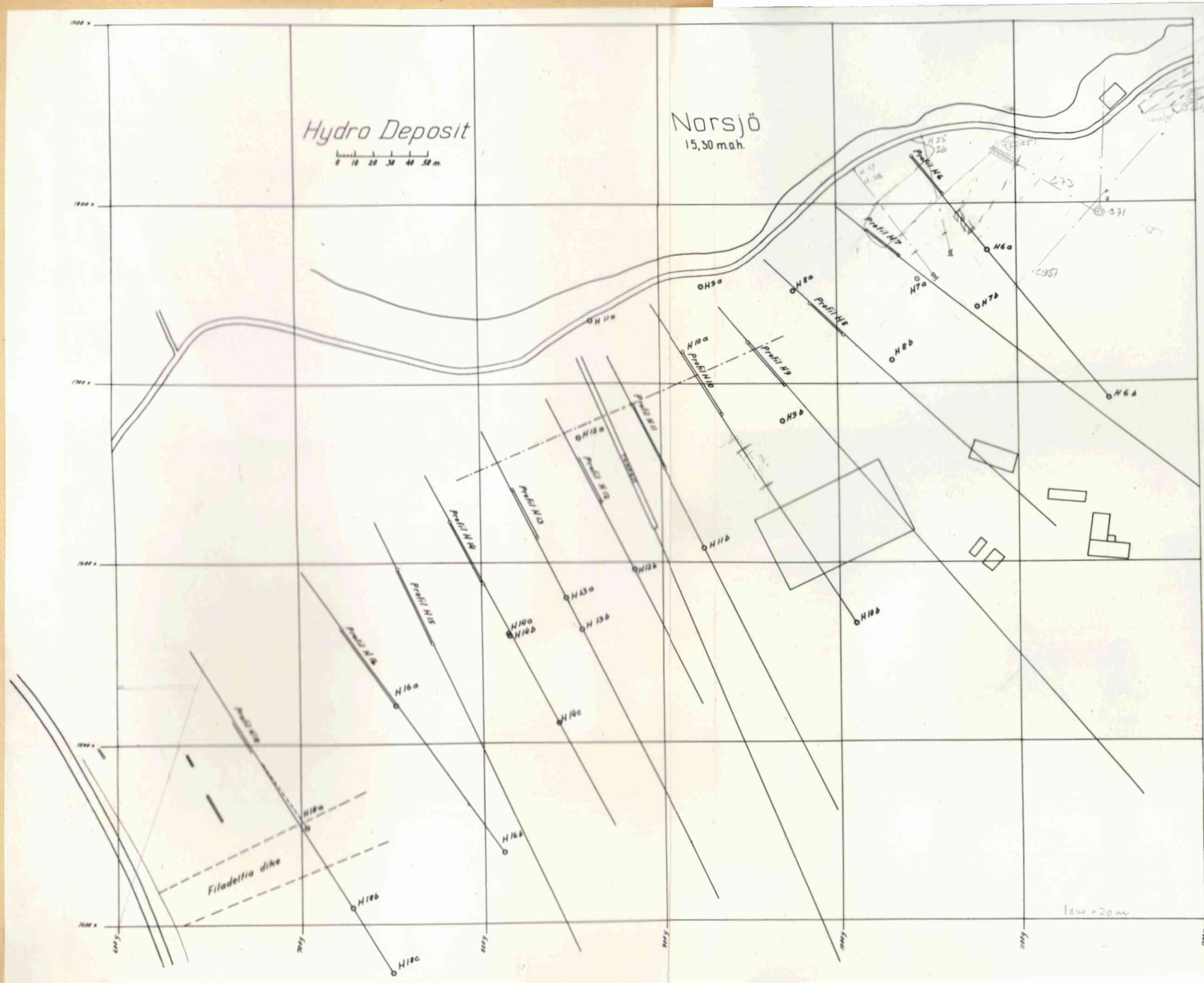


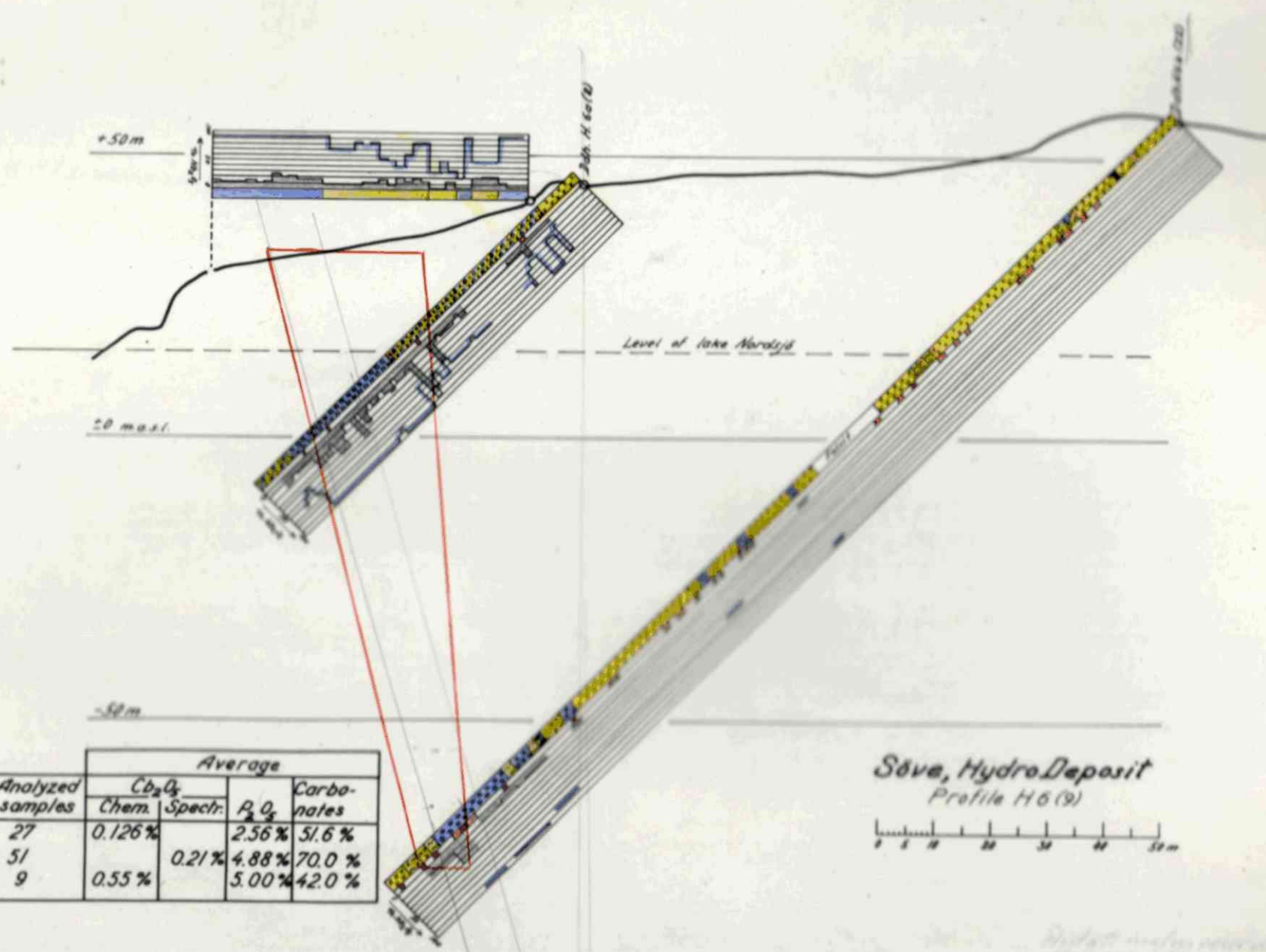
	Length of ore	Analyzed samples	Average			
			Cb ₂ O ₃		P ₂ O ₅	Carbo-nates
Trench C4	17.50 m	12	0.270%		2.61%	80.6%
Deth. C6	32.88 m	30	0.26 "	0.27%	2.77 "	49.7 "

Söve, Cappelen Deposit
Profile C.4



100 m





	Length of ore	Analyzed samples	Average			
			C ₂ O ₃		P ₂ O ₅	Carbonates
Trench H 6	40.5 m.	27	0.126%	0.21%	2.56%	51.6%
Ddh. 6a (8)	30.0 m.	51			4.88%	70.0%
— 6b (22)	3.0 m.	9	0.55%		5.00%	42.0%

Såve, Hydro Deposit
Profile H 6 (9)

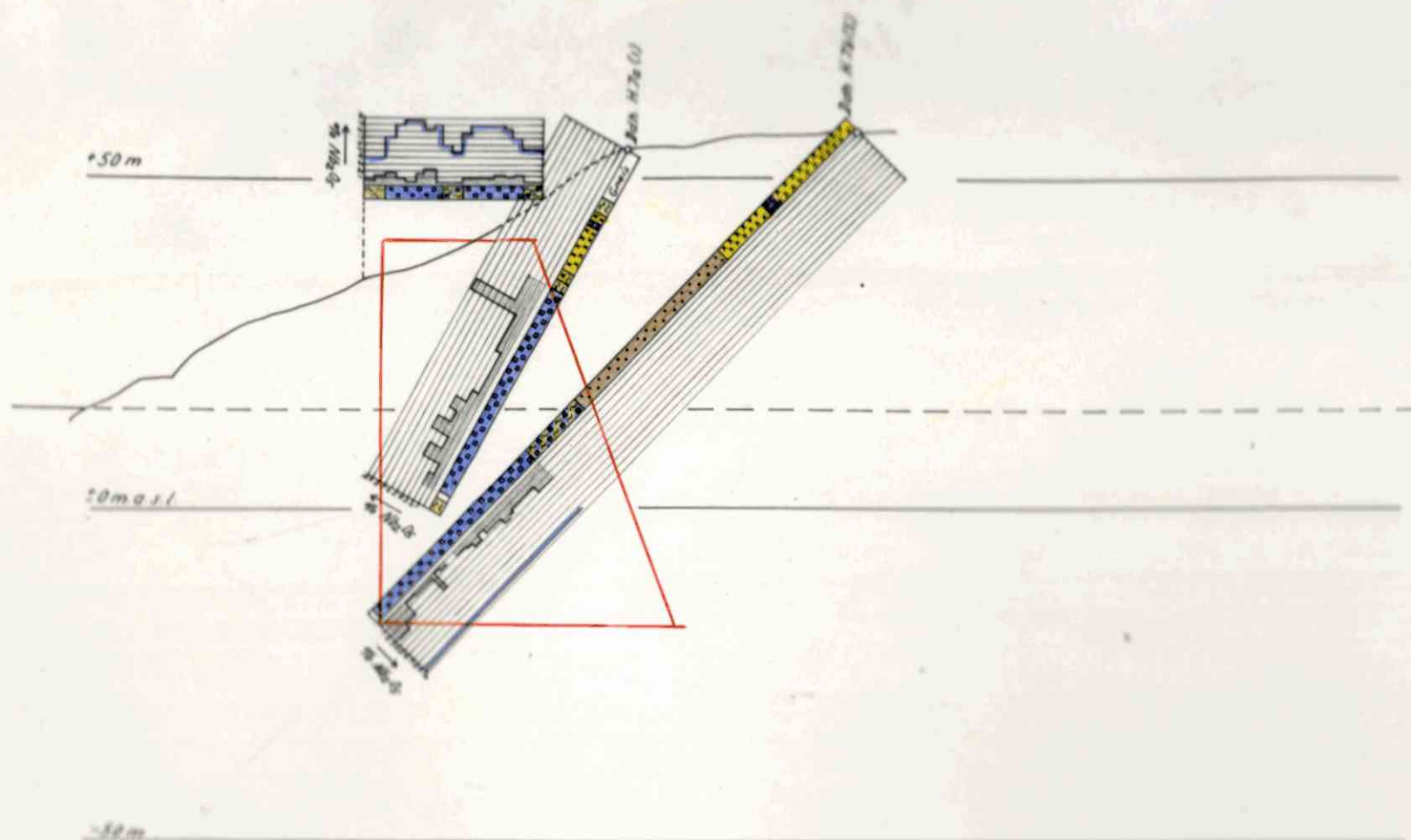


-100 m

-106 m

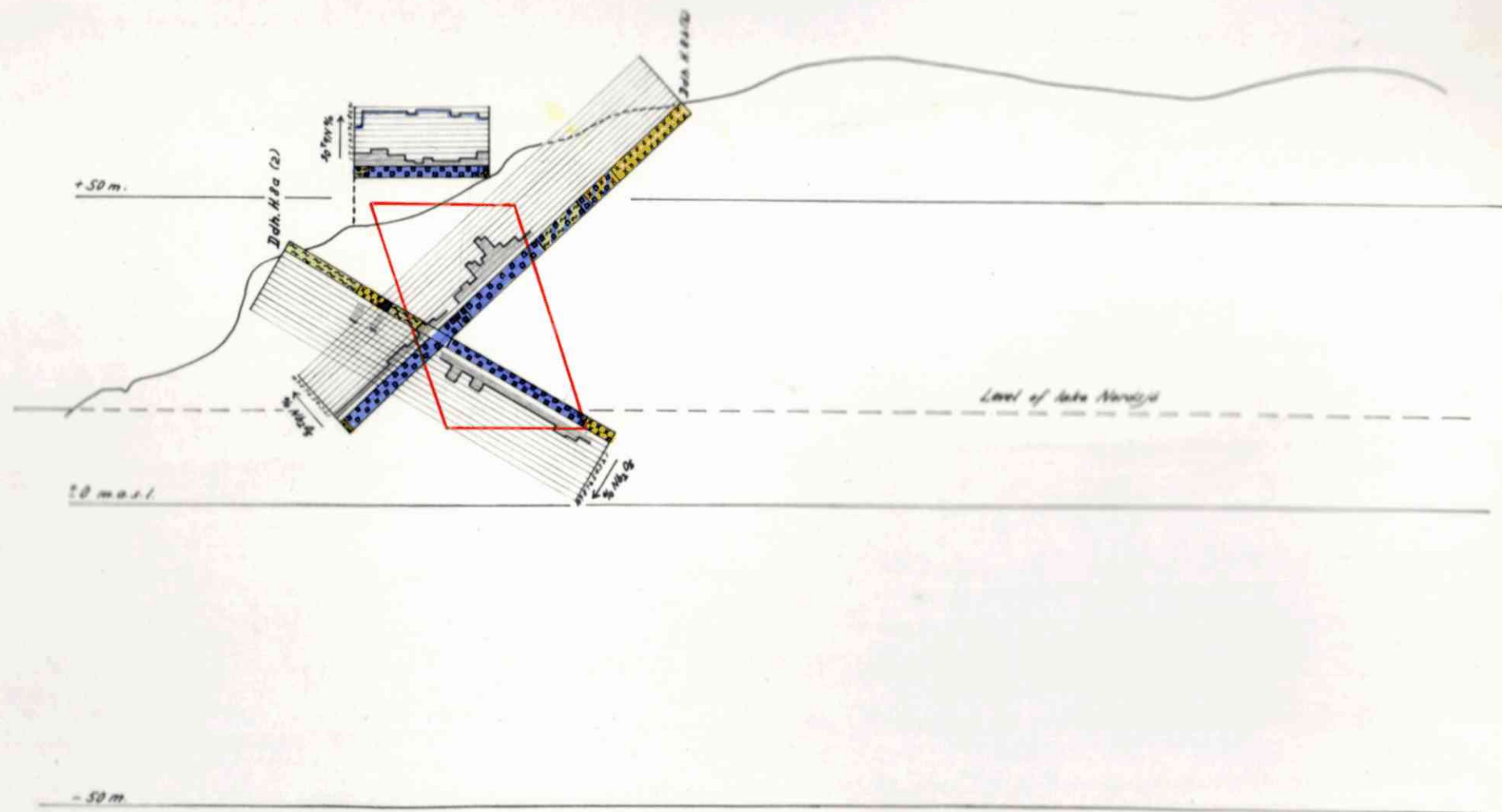
100 m

7.500 1/2 m



	Length of ore	Analyzed samples	Average			
			C ₂ O ₃		P ₂ O ₅	Carbonates
Trench H7(a)	22.5 m.	15	Chem. 0.108%	Specfr. 0.274%	3.39%	48.3%
Ddh. H7a (1)	35.0 m.	18				
—H7b (5)	33.5 m.	23	0.153%	0.207%	3.07%	87.0%

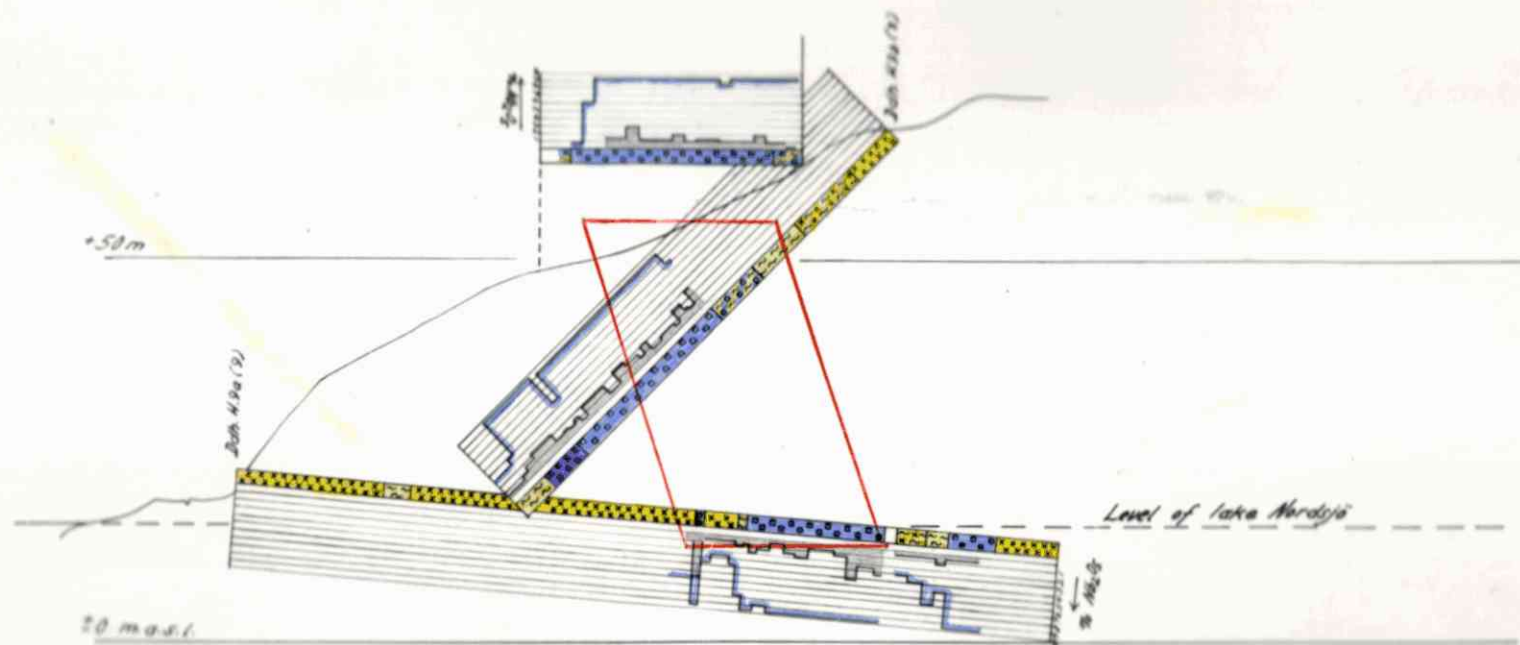
Säve, Hydro Deposit
Profile H. 7 (2)



	Length of ore	Analyzed samples	Average			
			Co_2O_3		P_2O_5	Carbonates
Trench H8 (4)	22.3 m.	15	0.149%		2.50%	88.6 %
Dth. H8a (2)	26.0 m.	16	0.127%			
"-H8b (6)	22.4 m.	27	0.179%	0.308%	5.00 %	79.5 %

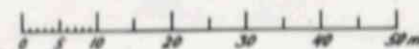
Säve, Hydro Deposit
Profile H8 (4)

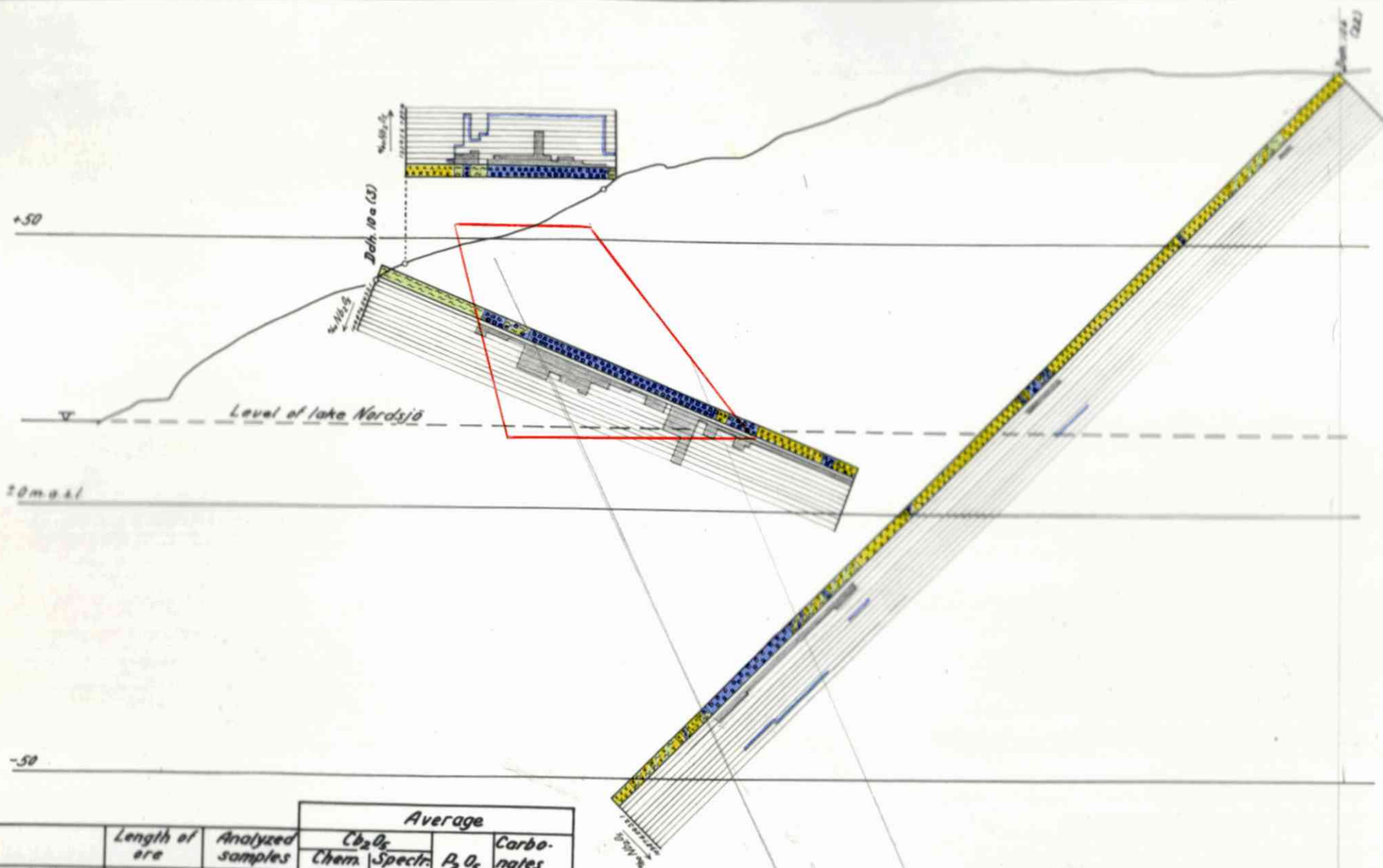




	Length of ore	Analyzed samples	Average		
			CO_2O_3	P_2O_5	Carbonates
Trench H9 (10)	24.0m.	16	0.136%		53.5%
Dth. H9a (9)	19.27m.	27	0.15%	0.28%	81.0%
-H9b (7)	33.10m.	24	0.148%	0.191%	61.5%

Söve, Hydro Deposit
Profile H9 (10)





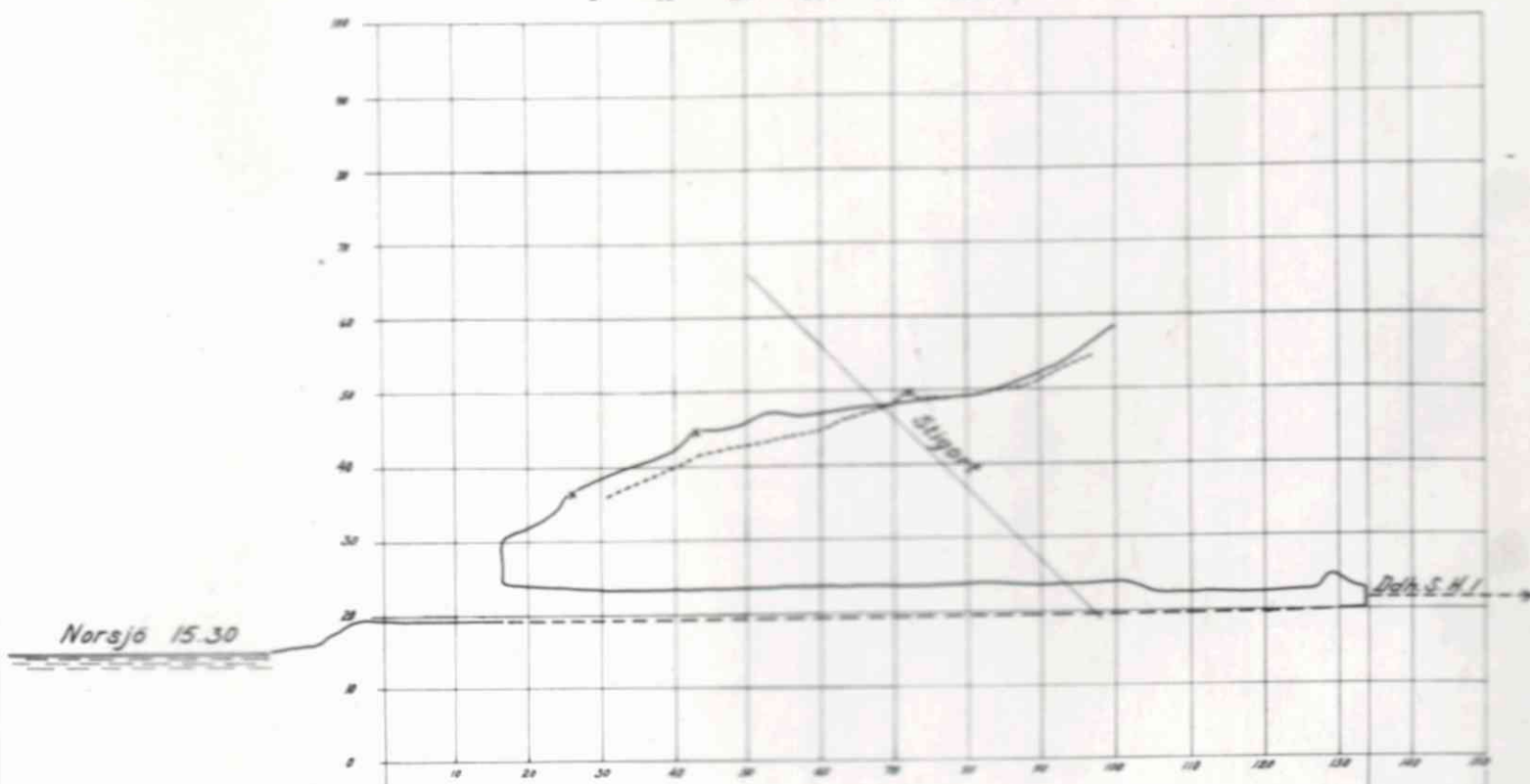
	Length of ore	Analyzed samples	Average		
			Chem.	Spectr.	Carbo-nates
Trench H10 (3)	22.5 m.	15	0.159%		2.74% 80.8%
Doh. H10a (3)	56.0 m.	36	0.255%		
" H10b (24)	4.98 m.	7	0.15%		4.10% 48.2%

Söve, Hydro Deposit
Profile H. 10 (3)

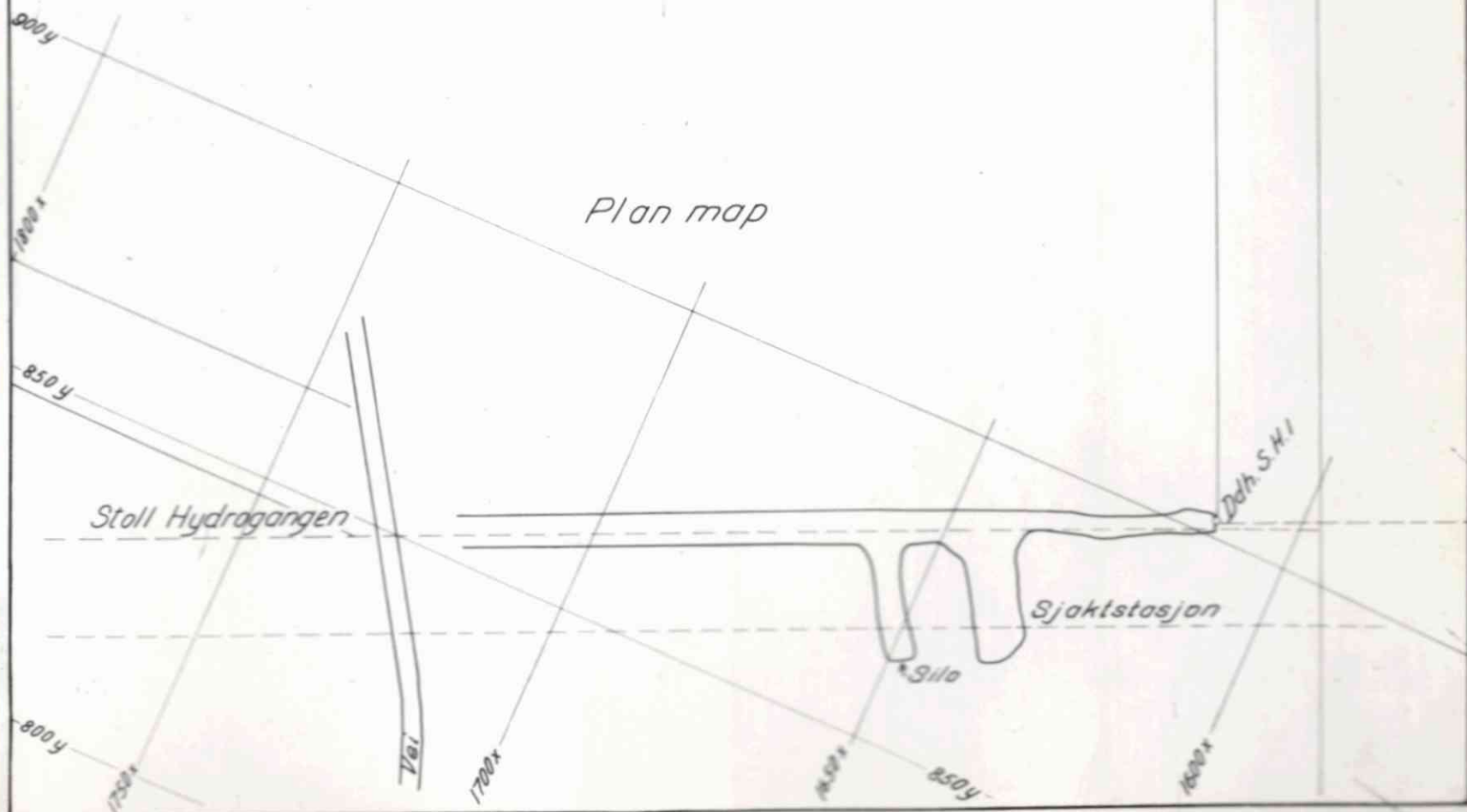


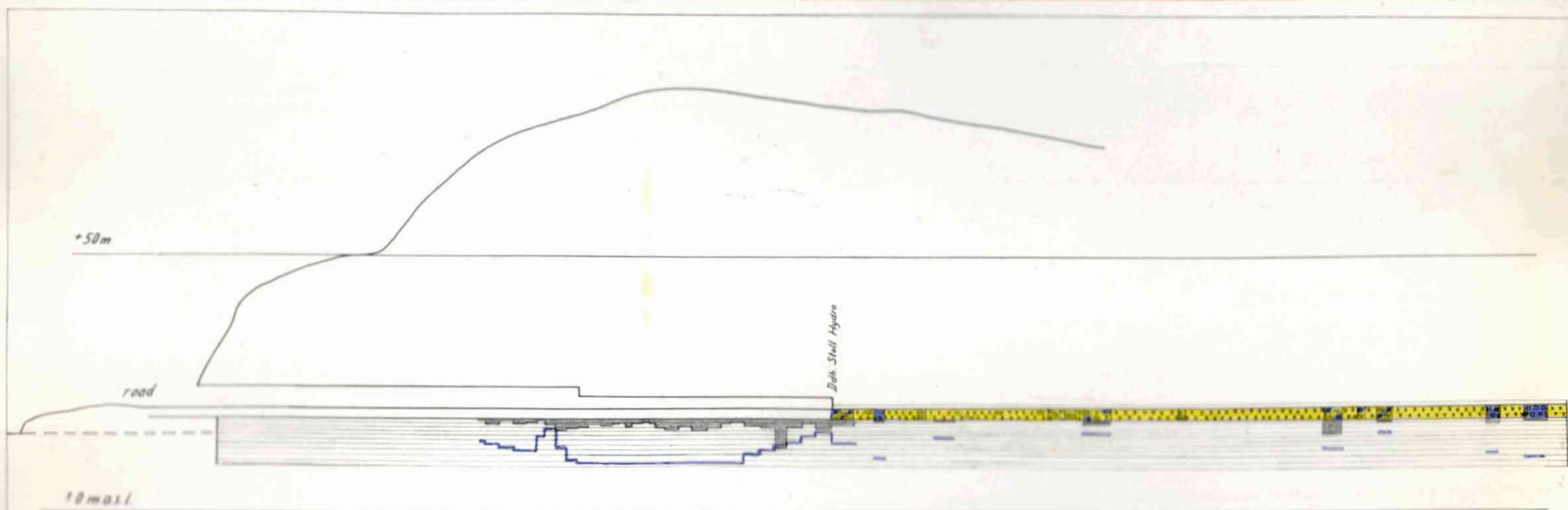
Hydro Tunnel

0 10 20 30 40 50 m



Plan map



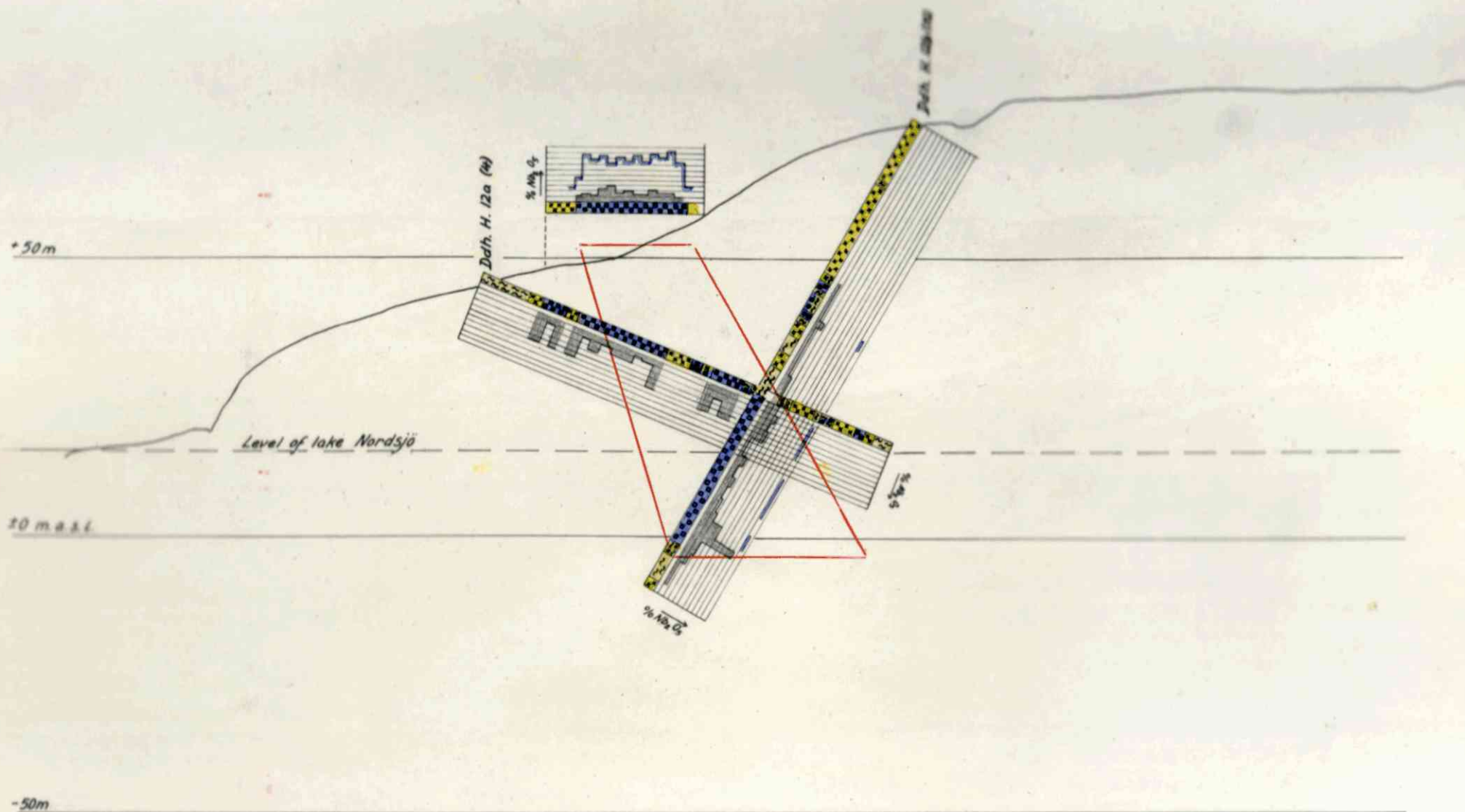


-50 m

Hydro stoll		average		
Length of ore	Analysed samples	P ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	CaCO ₃
56.89 m.	33	2.96%	0.206%	63.8%

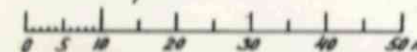
Söve, Hydro Deposit
Profile Grunnstoll

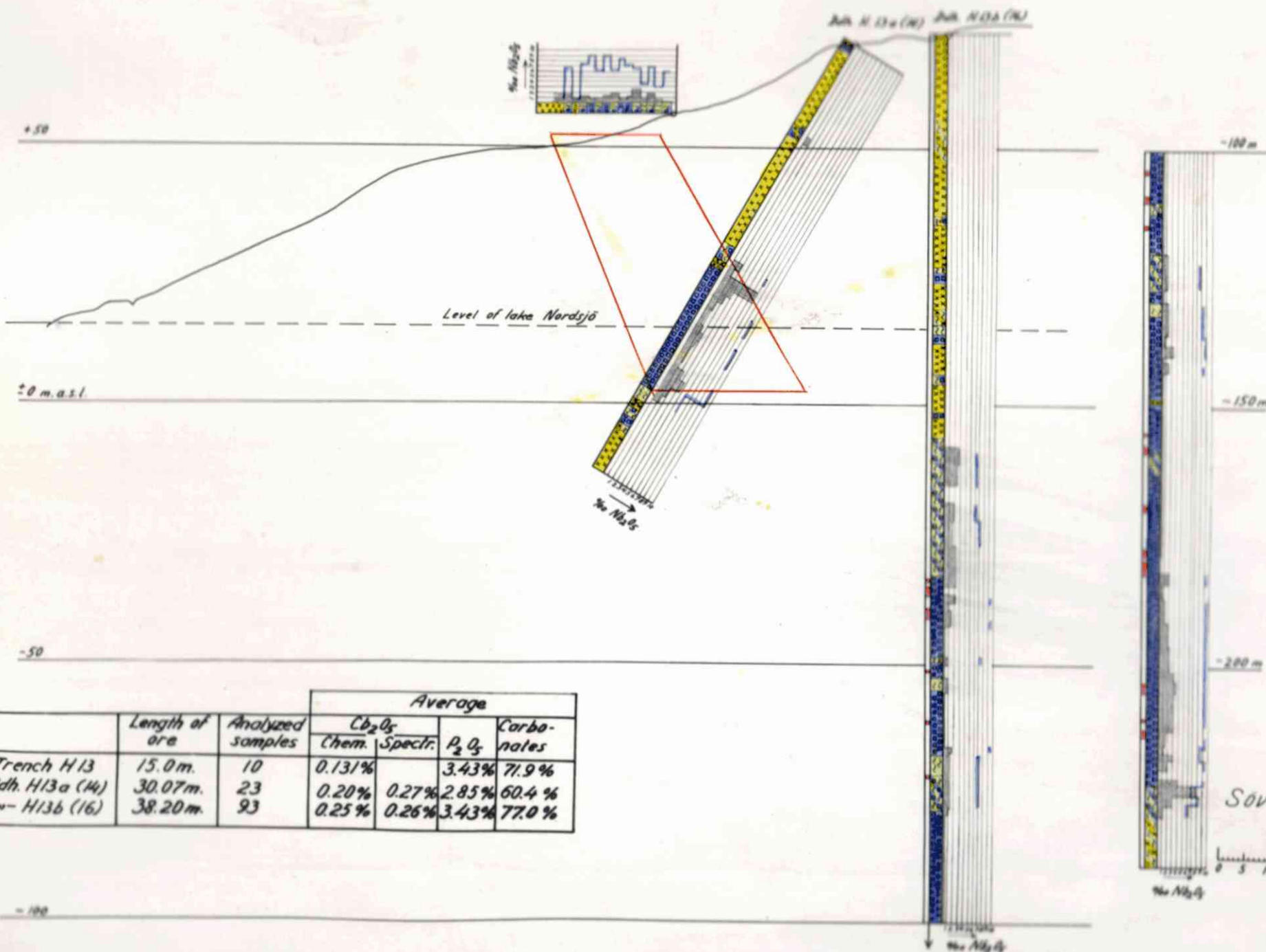
-100 m



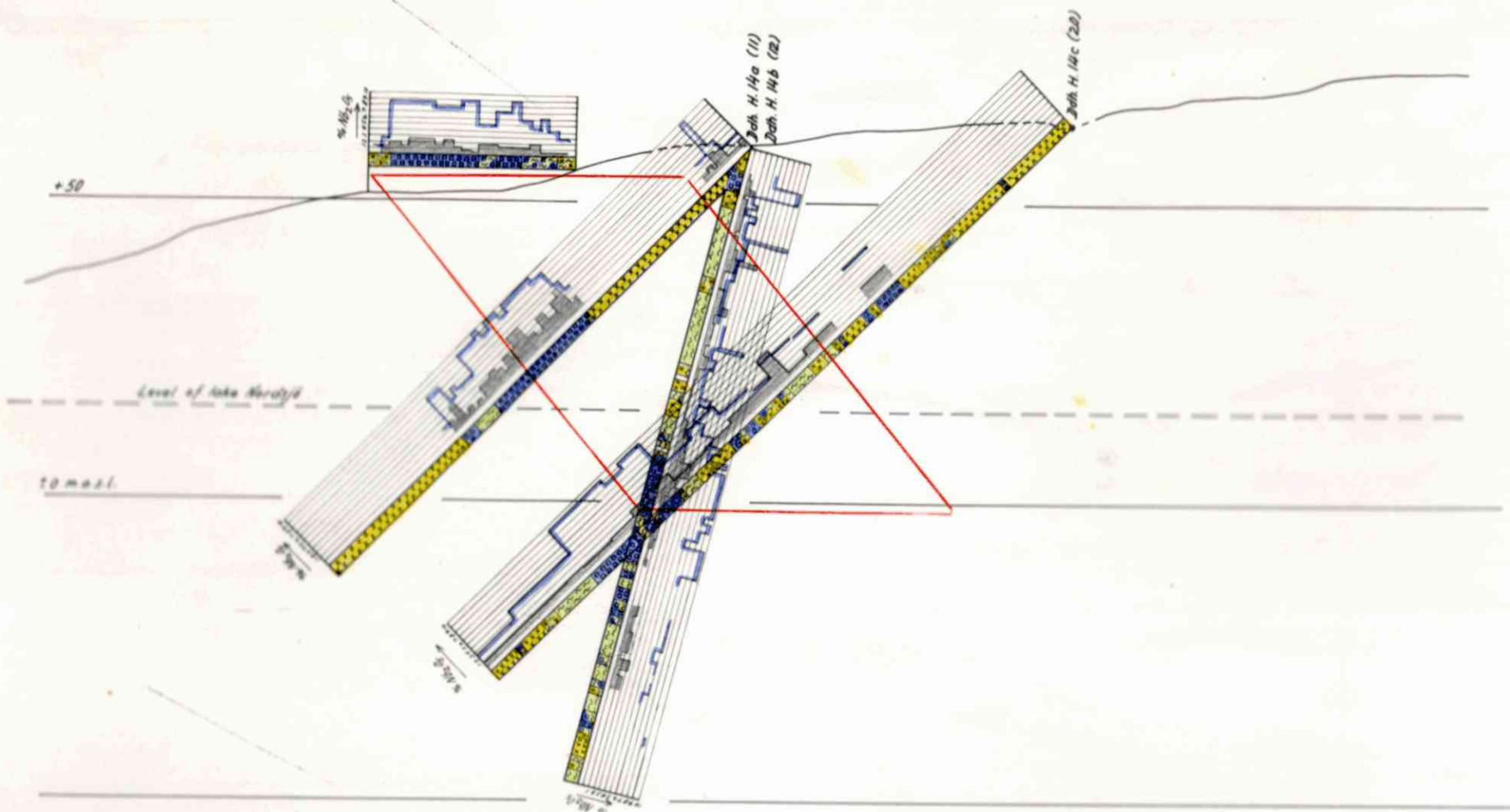
	Length of ore	Analyzed samples	Average		Carbo- nates
			Ca_2O_5	P_2O_5	
Trench H12	18.0m.	12	0.185%		2.98%
Dath. H12a (4)	39.4m.	16	0.277%		80.1%
"-H12b	30.55m.	28	0.20%	0.26%	4.02%
					72.10%

Söve, Hydro Deposit
Profile H 12





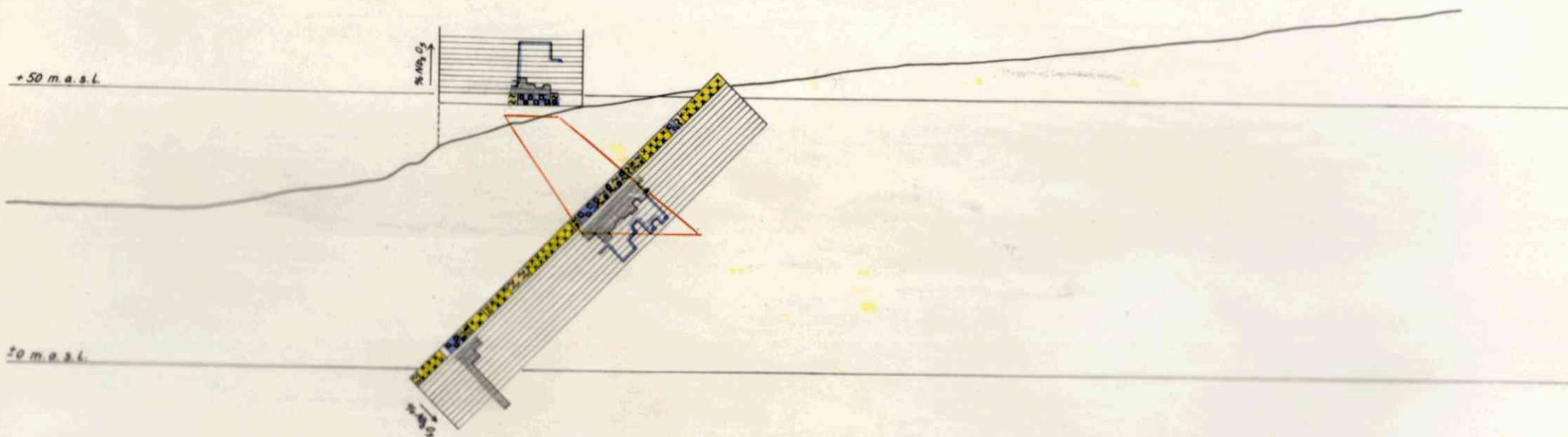
	Length of ore	Analyzed samples	Average			
			Cb ₂ O ₅		P ₂ O ₅	Carbo- nates
			Chem.	Spectr.		
Trench H13	15.0m.	10	0.131%		3.43%	71.9%
Ddh. H13a (H4)	30.07m.	23	0.20%	0.27%	2.85%	60.4 %
-H13b (16)	38.20m.	93	0.25%	0.26%	3.43%	77.0 %



	Length of ore	Analyzed samples	Average		
			Chem. Spectr.	P ₂ O ₅	Carbo- nates
Trench H 14	27.0 m.	18	0.166%	2.84%	74.9%
Ditch H 14a (11)	31.0 m.	34	0.231%	0.20%	4.66%
" " H 14b (12)	43.0 m.	67	0.140%	0.155%	1.76%
					55.5%
					32.0%

Säve, Hydro Deposit
Profile H 14



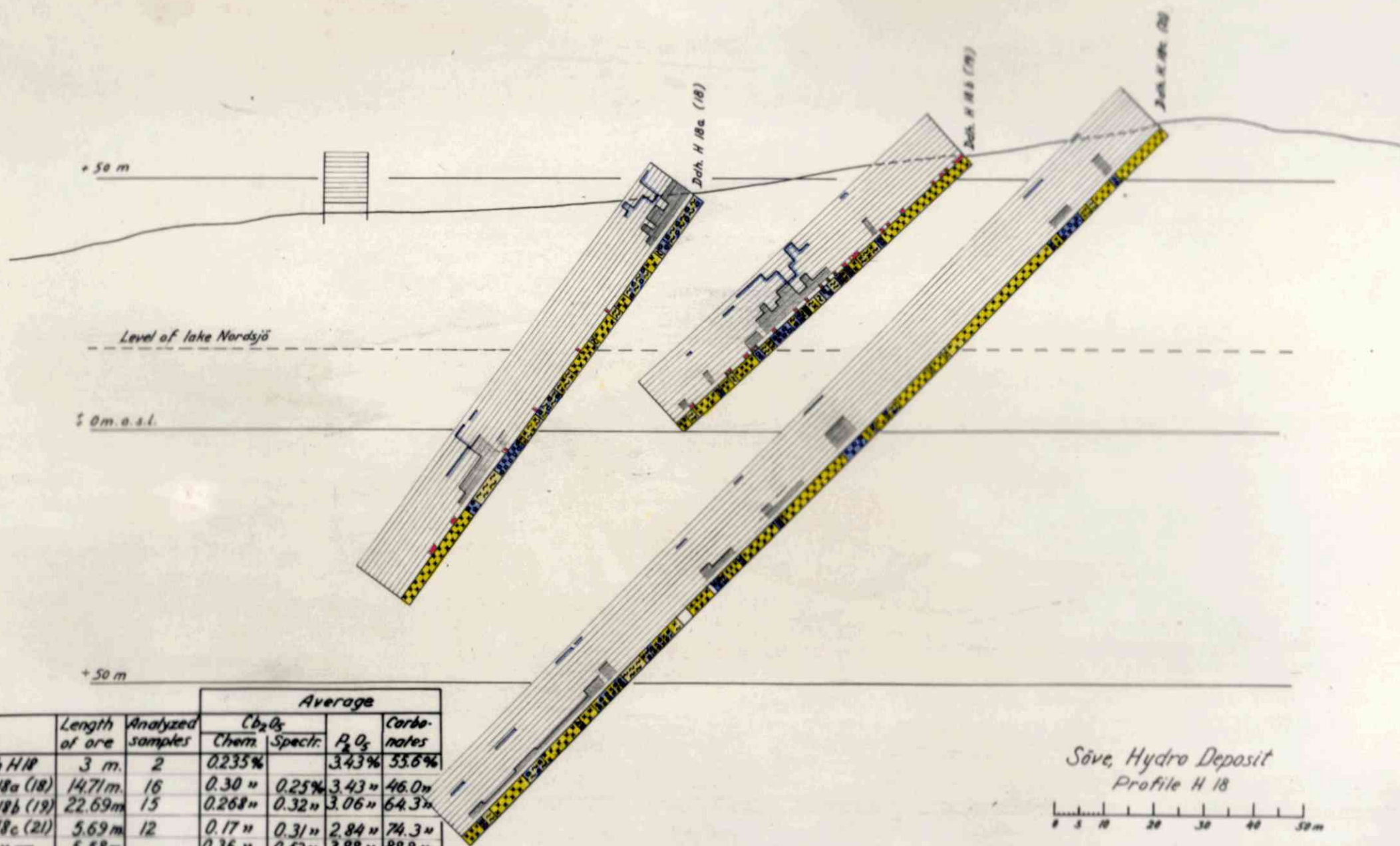


+ 50 m

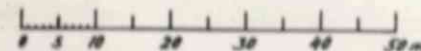
	Length of ore	Analyzed samples	Average			Carbo- notes
			Chem.	Spectr.	P. O.	
Trench H 16	7.5 m.	5	0.162%		1.54%	64.2 %
Dith. H 16 a (17)	13.68 m.	12	0.348 "	0.425 "	3.17 "	45.3 "

Söve, Hydro Deposit
Profile H 16 (16)

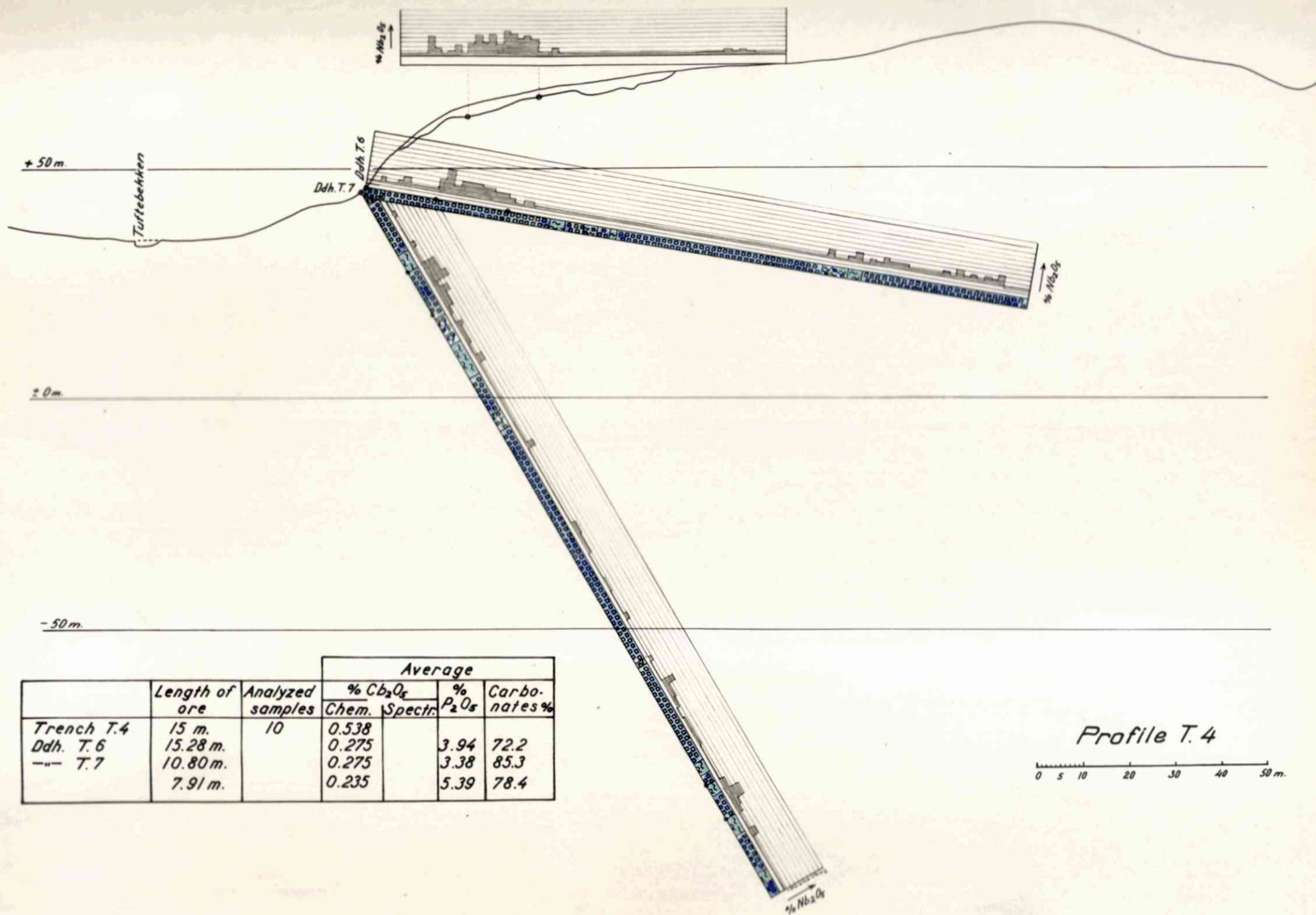


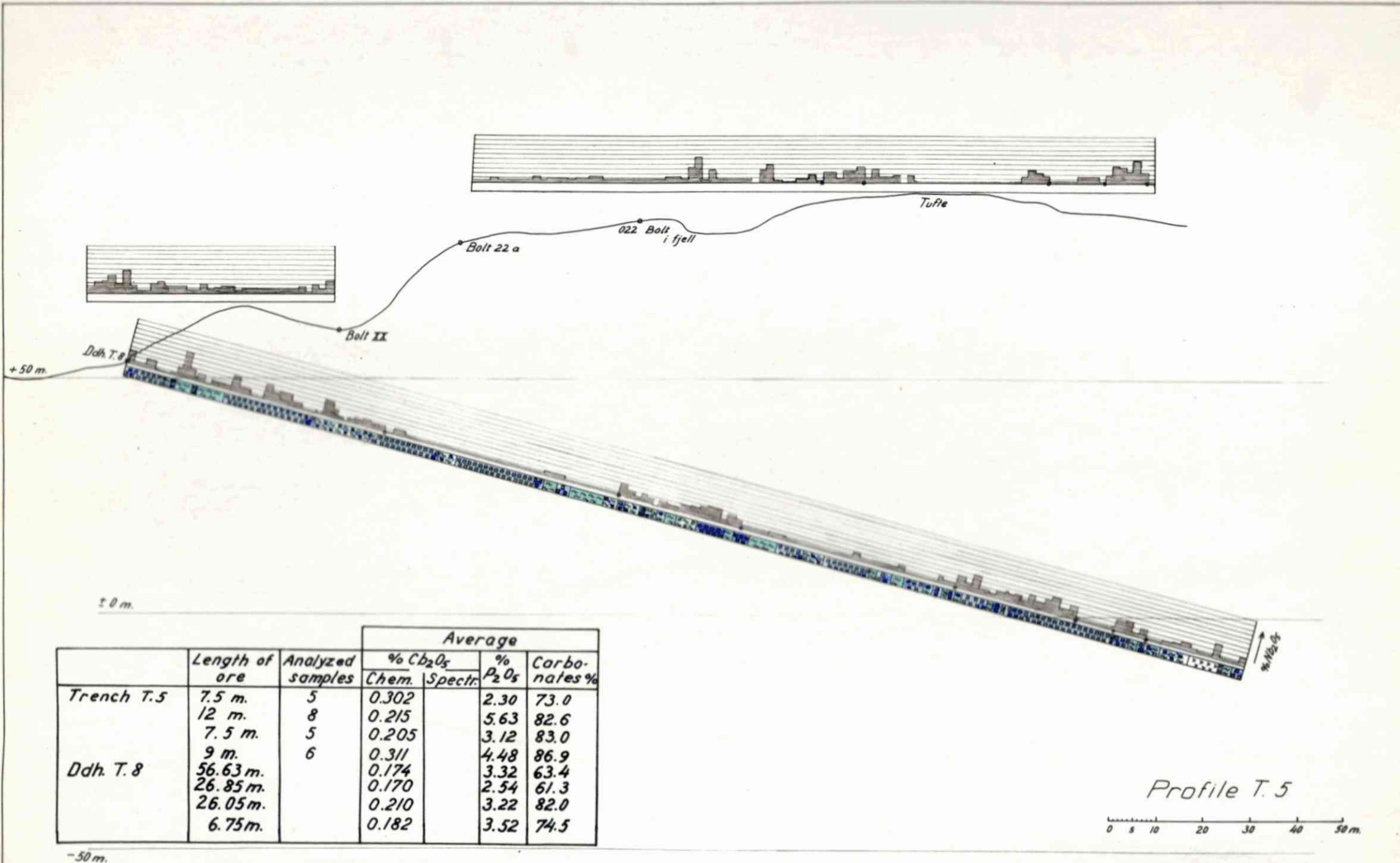


Söve, Hydro Deposit
Profile H 18











	Length of ore	Analyzed samples	Average		
			% Cb_2O_5	% P_2O_5	Carbo-nates %
Trench T.7	34.5 m.	23	0.247	3.33	72.5
	15.0 m.	10	0.229	9.42	70.5

Söve, Tuffefeltet
Profile T.7

0 5 10 20 30 40 50 m.