

Intern rapport nr. 1325

Tunneldrift under vann

April 1987

Veglaboratoriet

Intern rapport

nr. 1325

Gruppe: C

TUNNELDRIFT UNDER VANN

Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

Gaustadalleen 25, Postboks 6390 Etterstad, Oslo 6 Tlf. (02) 63 99 00



Veglaboratoriets Interne rapporter omfatter utredninger, forskningsresultater, studiebesøk, forslag til retningslinjer, foredrag og kurskompendier.

Rapportene er delt i to grupper:

- B: For bruk innen Statens vegvesen
- C: For fri distribusjon

Innholdet eller deler av det må ikke publiseres videre uten tillatelse fra Veglaboratoriet.

prosjekt/oppdrag: P-319

seksjon: 46-Geologisk

saksbehandler: A.Grønhaug, I.Gunby /

dato: April 1987



VEGLABORATORIET

rapportsammendrag

X	Intern rapport
	Laboratorierapport
	Oppdragsrapport
nr.	1325

111	A	Rapportstatus*) N	Seksjon/fylke Geologisk	Prosjekt P-319	Gruppe C	
1	2	3	4	5	21	
					31	
					41	
					51	
					61	
					71	

*) 111A: N = ny
O = oppdatert

**) 421A: FoU = forskning og utvikling K = konferansebidrag O = oppdrag
F = forskrifter/normaler A = artikkel

TITTEL	212	A	TUNNELDRIFT UNDER VANN			
--------	-----	---	------------------------	--	--	--

SAKS- BEHANDLER	221	A	Navn ARNE GRØNHAUG	Institusjon VEGLABORATORIET
		B	IVAR GUNBY	
		C		

RAPPORT DATA	421	A	Rapporttype**) A	Dato APRIL 1987	Erstatter rapport nr:	
		B	Totalt sidetall 95		Språk NORSK	
		C	Antall fotos	Ant. figurer 41	Ant. tabeller 2	Ant. litt.henv.
		D	Sammendrag i andre språk			

SAMMENDRAG	511	A	<p>Rapporten er en redigert utgave av tre tidligere rapporter fra DYNO KONSULENT A/S, P-319: Tunneldrift under vann. Tunnelgjennomslag i vann (fase I, II og III).</p> <p>229 tunneler er listet i alfabetisk rekkefølge i tabell I. Tekniske data fra 96 av tunnelene er listet i tabell II. Kart, figurer og anmerkninger fra 43 tunneler er også lagt ved rapporten.</p> <p>Det er utført statistiske betraktninger på faktorer som tverrsnitt, grunnundersøkelser, berggrunn, lekkasje, lengde under vann o.l. Det er funnet en viss sammenheng mellom manglende grunnundersøkelser, tunneltverrsnitt, berggrunn og uforutsette driftsproblemer.</p>			
------------	-----	---	--	--	--	--

FAG- OMR.	611	A	Grunnundersøkelser	IRRDR kode 41
		B	Tunneler	54
		C		
NØKKELOD	621	A	Tunneler	3374
		B	Geologi	4053
		C	Lekasje (vann)	4115
		D	Seismikk	5731
		E		
		F		
		G		
		H		

INNHold

INNLEDNING.....	s. 1
OVERSIKT OVER FORELIGGENDE TEKNISKE DATA....	s. 2
KONKLUSJON.....	s. 3
VEDLEGG I: Anm. DYNO KONSULENT A/S.....	s. 4
Generelt om tunneldrift under vann og gjennomslag i vann.....	s. 5
Sonderboring generelt.....	s. 9
Ingeniørgeologiske undersøkelser og vurderinger.....	s.10
OVERSIKTSKART.....	s.13
TABELL I:KRAFTVERKSTUNNELER UNDER VANN.....	s.14
ANDRE TUNNELER UNDER VANN.....	s.19
TABELL II:TEKNISKE DATA.....	s.20
VEDLEGG II:Kart,figurer og anmerkninger....	s.28
LITTERATURHENVISNINGER.....	s.94

INNLEDNING

Rapporten er en redigert utgave av tre tidligere rapporter fra DYNO KONSULENT A/S; P-319: Tunneldrift under vann. Tunnelgjennomslag i vann(fase I,II og III).

Rapporten omhandler i alt 229 norske tunnelprosjekter fra 1913-1986. Majoriteten av disse er kraftverkstunneler utbygget i tiden 1960-75. De øvrige er vann- og avløps-tunneler(5), gassrørtunneler(2) og veitunneler(2).

Tunnelprosjektene er listet alfabetisk i tabell I. Tekniske data fra 96 tunneler er videre systematisert i tabell II. Ytterligere materiale fra 43 av tunnelene, i form av kart, figurer og anmerkninger, er også tatt med i rapporten. De statistiske beregningene i rapporten er basert på tunnelprosjektene som er listet i tabell II.

Tekniske data er hovedsakelig hentet fra arkivene til Dyno Industrier, entreprenører og kraftselskaper. Detaljopplysninger er også funnet i diverse verker og beskrivelser av norske kraftanlegg.

Det er sansynligvis sprengt en del flere tunneler og gjennomslag enn det som er registrert i oversikten. For enkelte anlegg, da særlig de eldste, har det vært vanskelig å framskaffe tekniske data om driften.

OVERSIKT OVER FORELIGGENDE TEKNISKE DATA

GRUNNUNDERSØKELSER

I forbindelse med tunneldrift under vann kan grunnundersøkelsene grovt deles inn i tre kategorier. De består av geologisk kartlegging, opplodding og seismiske undersøkelser. Data om grunnundersøkelser mangler fra en del anlegg. Det er derfor usikkert om undersøkelsene har vært utført, eller om dataene har vært utilgjengelige.

Geologisk kartlegging

Geologiske undersøkelser av tunneltracéene er kun oppgitt utført ved 20% av prosjektene. En årsak til dette lave tallet er at opplysninger mangler i ca. 50% av tilfellene. Ved ca. 30% av prosjektene er geologiske tolkninger kun basert på seismiske hastigheter.

Opplodding

Denne form for undersøkelse er oppgitt å være utført ved alle anleggene. Det er særlig dybdeforholdene rundt utslagsstedet som er viktig å få kartlagt. Undersøkelsene er vanligvis utført fra isen. Fjerning av løsmasser ved spyling er utført i to tilfeller. Grunnboring med prøvetaking er oppgitt utført ved 8% av tunnelprosjektene. Supplerende dykkerundersøkelser er også utført i to tilfeller.

Seismiske undersøkelser

Det er hovedsakelig refleksjonsseismikk som er benyttet. Undersøkelsene er utført ved 65% av anleggene. Seismikk er benyttet ved de fleste moderne anlegg.

BERGOVERDEKKING OG VANNDYP VED GJENNOMSLAG

Ved ca. 70% av tunnelutslagene ligger bergoverdekkingen ved gjennomslag mellom 2,5-4,5m. Bestemmende faktorer er også fjellkvaliteten, vanddyp, tverrsnitt, ladning og eventuelle løsmasser. Mektigheten på løsmasser er oppgitt i 11 tilfeller og ligger vanligvis mellom 1,0-2,5m. Vanddyp ved gjennomslag varierer fra 0-100m. Ca. 60% av utslagene har foregått på dyp mellom 10-30m og ca. 20% på dyp mellom 50-70m.

TVERRSNITT

Tunnelenes tverrsnitt er oppgitt ved 142 tilfeller (tabell II). Ved mange eldre og mindre anlegg er tunnelene drevet på relativt lave tverrsnitt. I hele 50% av tunnelene ligger tverrsnittet på mellom 5-10m². Forøvrig har 35% et tverrsnitt på mellom 10-40m² og bare 15% over 40m².

SONDERBORING

Sonderboring er oppgitt å være utført systematisk i 80% av tilfellene. Det er kun ved fire anlegg at sonderboring er bekreftet ikke utført. Svært ofte er boringene bare utført de siste 50-100m før gjennomslag. Hullengden ligger på mellom 10-30m og antall hull varierer mellom 3-5.

LEKKASJE

Data om vannlekkasjer mangler fra 20% av anleggene. Ved ca. 50% av tunnelene er lekkasjeproblemene omtalt som små eller minimale. Lekkasjer som har forsinket driften har inntruffet ved 30% av anleggene.

INJISERING OG UTSTØPING

Injisering er oppgitt utført i 35% av tunnelene og er ikke utført ved 45% av anleggene. Utstøping i deler av tunnelene er rapportert utført ved 15% av anleggene. Datagrunnlaget er ellers svakt når det gjelder bruken av utstøping. En markant økning i bruk av injisering og utstøping skjer i nærheten av utslag.

LENGDE UNDER VANN

De fleste eldre kraftverkstunneler går relativt korte avstander under vann. Hele 50% av tunnelene har lengder under vann på mellom 0-50m. Ca.30% av tunnelene er oppført med lengder på over 150m.

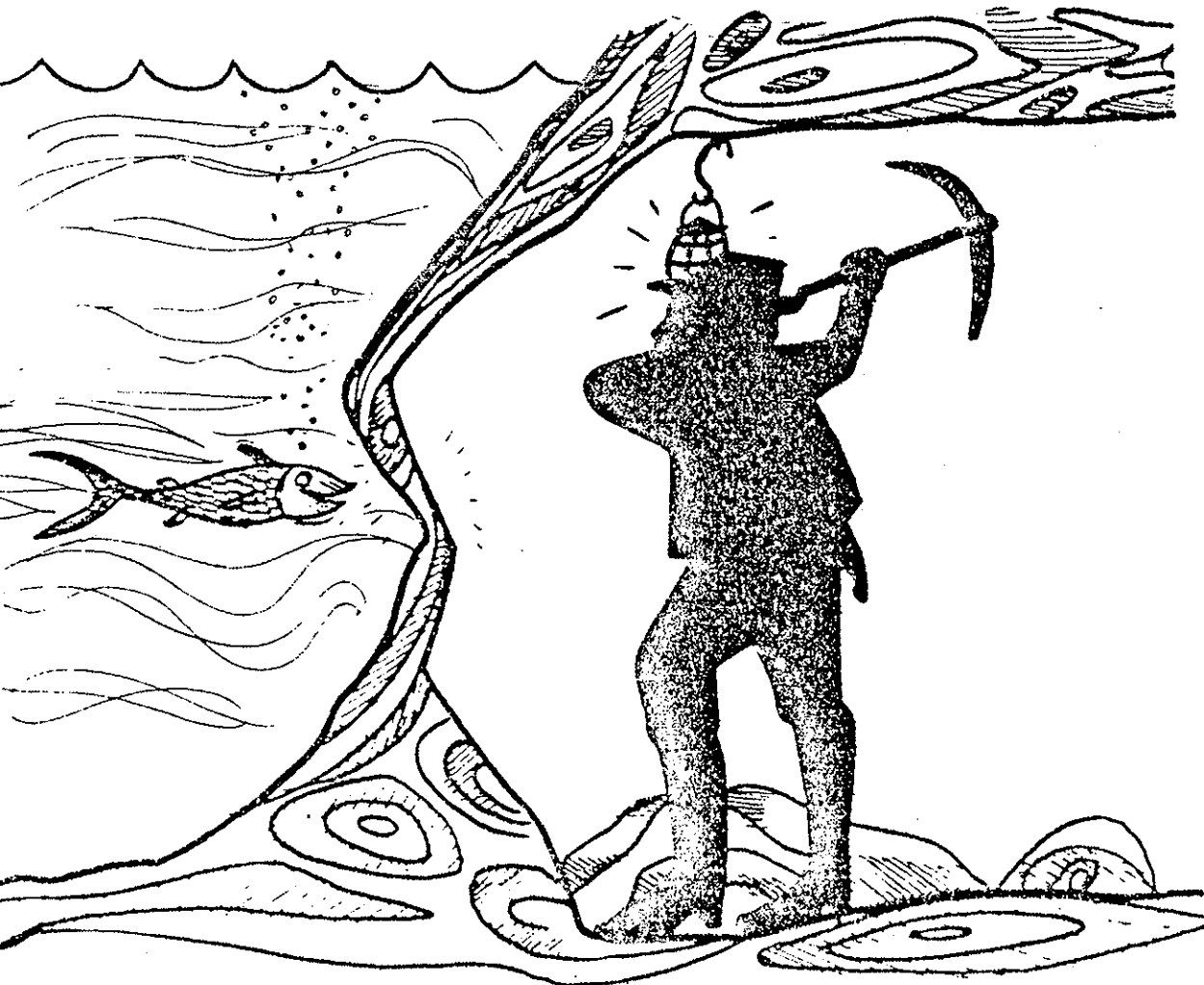
KONKLUSJON

På bakgrunn av manglende data fra en del tunnelanlegg er det ikke mulig å trekke for bastante konklusjoner. Det synes imidlertid å være en sammenheng mellom manglende grunnundersøkelser og store uforutsette problemer med tunneldriften. Tunneler drevet gjennom lagdelte, ofte kaledonske bergarter er også noe overrepresenterte m.h.t. lekkasjer o.l. Driftsproblemer oppstår også hyppigere ved et økende tverrsnitt, vandyp og lengde under vann.

DYNO KONSULENT A.S

P-319 TUNNELDRIFT UNDER VANN

TUNNELGJENNOMSLAG I VANN



P-319 TUNNELDRIFT UNDER VANN
TUNNELGJENNOMSLAG I VANN

1. GENERELT

1.1. Med tunnelutslag under vann mener vi følgende:

Tunnelen drives frem under et fremtidig kraftverks- eller vannforsyningsmagasin på varierende dyp inn- til det gjenstår en fjellpropp med tykkelse vanligvis 3 - 5 m. Denne proppen sprenges i en salve mot det utvendige vanntrykk. Fig. 1.

1.2. Fremgangsmåten ved sprengning av gjennomslag varierer. Tunnelen nedstrøms salven kan være stengt med luke/ventil eller med provisoriske betonghvelv. Utslagstunnelen kan enten stå i forbindelse med atmosfæren via lukesjakt/lufterør eller danne et helt lukket rom. Varierende grad av vannfylling i tunnelen benyttes, fra tørr tunnel til oppfylling med utligning av utvendig vanntrykk.

1.3. Gjennomslagene varierer i dybder mellom 0 og 90 m. De fleste ligger på dybder 10 og 25 m. Det hittil dypeste er 105 m, Jukladalsvatn, Folgefonnanleggene. Det regnes med at ca 15 gjennomslag er sprengt på dybder mellom 60 og 90 m.

Korrekt antall gjennomslagssprengninger er ikke tilgjengelig. Noe forsiktig ble i 1959/60 anslått et tall mellom 200 og 300. I 1967 er antydnet et tall mellom 400 og 450. Fra 1965 - 1980 regnes med at det er sprengt ca 75 gjennomslag i vann på varierende dybder.

1.4. P.g.a. topografien, bratte fjellsider mot vann, har tappetunnelene ofte relativt korte lengder under vann. Det er vanlig at samme kraftverkprosjekt har flere gjennomslag i vann.

2. FORUNDERSØKELSE

2.1. Undersøkelsene for gjennomslag foretas før arbeidet med tilhørende tunnelsystem tar til, slik at resultatet av undersøkelsene er en del av grunnlaget for bestemmelse av kotehøyder og stigningsforhold i systemet.

2.2. Ut fra kartmateriale og befaringer bestemmes de mest sannsynlige utslagssteder.

- 2.3. Ved dybder inntil ca 30 m og hvor man har klart vann, foretas froskemannsundersøkelser for å fastlegge de områder som har minst stein, blokker og ur.
- 2.4. Seismiske undersøkelser foretas for bestemmelse av overdekning, fjellets "kvalitet" og soneforhold.
- 2.5. Ved valgt utslagssted foretas lodding for detaljkart og i enkelte tilfeller grunnboring.

De seismiske undersøkelser samt lodding foretas fortrinnsvis fra is, slik at målepunktene kan koordinatbestemmes nøyaktig.

I enkelte tilfeller har undersøkelsene vært komplett med undervannsfotografering og TV-overføring. Det er en selvfølge at forundersøkelsene/seismiske målinger, lodding m.v., gjøres av personer som er motivert og fullt klar over det ansvar de påtar seg ved slike målinger.

- 2.6. Når det gjelder overdekning ved gjennomslagssted, er erfaringen at en løsmassetykkelse på 1 - 3 m er det ideelle. Inntil 3 m løsmasse over fjell hindrer ikke gjennomslagssprengningen, men man oppnår god selvtetting av slepper og stikk og derved mindre vannulemper når stoffen nærmer seg utslag.

3. ETABLERING AV UTSLAG - SONDERBORING

- 3.1. Sonderboring starter 20 - 100 m fra bestemt utslag, avhengig av hvilken nøyaktighet man kan forvente av forundersøkelsene.
- 3.2. Sonderhullene bores generelt med lengder minst det dobbelte av normale salvelengder, ca 8 m, og i de fleste tilfeller med følgende plassering og retning:
Et hull i senter og parallelt tunnelakse, to hull i hengen og 45° oppover, ett hull i hver side og retningsavvik 45° utover. Fig. 2.
- 3.3. Sonderboringens hensikt er først og fremst å sikre for neste salve, både når det gjelder fjelloverdekning, lokalisering av svakhetssoner og vannførende slepper. Det er viktig at driverne har klare retningslinjer og instruksjoner, slik at man ikke sprenger salve før prøvehullene er vurdert og eventuelle forebyggende tiltak utført, f.eks. forinjeksjon, reduksjon av salvelengde, retningsforandring. Ved store vanntrykk og påviste svakhetssoner ved seismiske målinger brukes inntil 20 m lange sonderhull.

- 3.4. Tunnelen drives normalt til det gjenstår ca 7 m fjelloverdekning. Selve "trimmingen" av slutt-salven tar så til.
- 3.5. Trimmingen består i ved hjelp av lette "tak", korte hull (1,5 m som gradvis reduseres) med liten innspenning og små ladningskonsentrasjoner å bringe resterende fjelloverdekning ned til ønsket tykkelse, 3 - 5 m, avhengig av vanntrykk, tverrsnitt og fjellkvalitet.
- 3.6. Proppen kartlegges ved hjelp av gjennom boring. Det bores normalt 5 hull gjennom fjell og løsmasse. Hullene plugges med store treplugger eller gyserør med kran hvor vanntrykket er stort.

4. UTFORMING AV UTSLAG OG STEINFANG

- 4.1. Utslaget søkes lagt mest mulig normalt på fjelloverflaten for å lette "trimmingen" av selve gjennomslagsproppen.
 - 4.2. Tunnelnivået legges så lavt at utslaget ender i sjakt med begrenset lengde, ideelt 5 - 10 m, for at man skal få tilstrekkelig med luft under salven ved vannfylling i tunnel. Utslaget søkes formet som en trakt med største åpning innover for å hindre fastkiling av blokker.
 - 4.3. Gropen som sprenges under gjennomslagsproppen har som oppgave å samle opp steiner fra proppen. Den kan ha varierende effekt, og effekten henger nøye sammen med måten gjennomslaget blir tatt på, vannfylt, delvis fyllt eller tørr tunnel. Grop plassert under propp blir likevel etablert, da den er effektiv for oppsamling av overdekningsmasser som senere åras inn ved normal drift og vannhastighet.
- Steinfanget sprenges som grop i sålen, eller det kan utformes med betongterskler i forbindelse med tak- og sidestross.
- De stedlige forhold, driftsmetode, betongkostnader og -transport, fjellets beskaffenhet, høydeforskjell mellom tunnelnivå og gjennomslagspropp er momenter som er med å bestemme steinfangets form.

5. GJENNOMSLAGSSALVE

- 5.1. Boreplanen settes opp på grunnlag av "kartlagt" propp, tverrsnitt, tykkelse fjelloverdekning, bergart, løsmassetykkelse, vanntrykk og lekkasje.
- Det brukes parallellhullskutt, 2 - 3 kutter med 4 uladede grovhull i hver kutt.
- Hullene bores til det gjenstår 30 - 50 cm.

- 5.2. Som ladning anvendes sprengstoff som er vann- og trykkbestandig i aktuell tid og dybde.
- 5.3. Det benyttes to tenner i hvert hull med lav tennimpuls, innerste tenner i bunnpatron og ytterste ca midt i hullet.
- 5.4. Lådningsmengde 3 - 8 kg/m³ avhengig av tverrsnitt, bergart og vanntrykk.

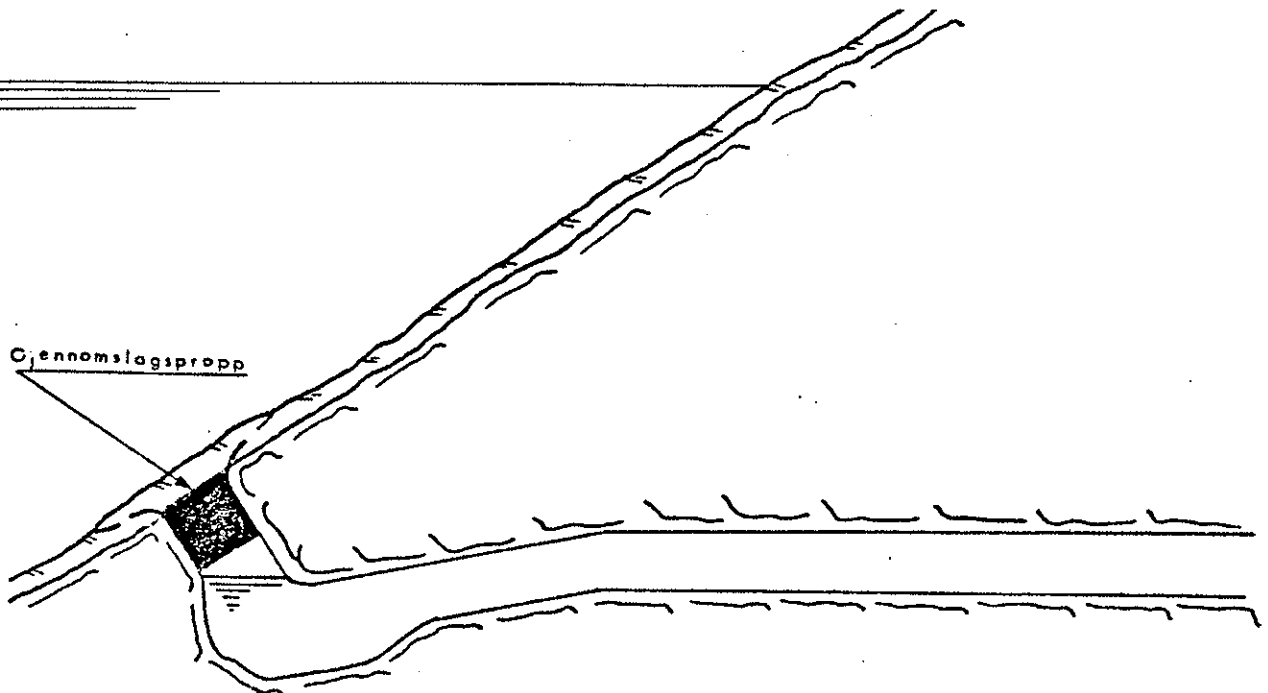
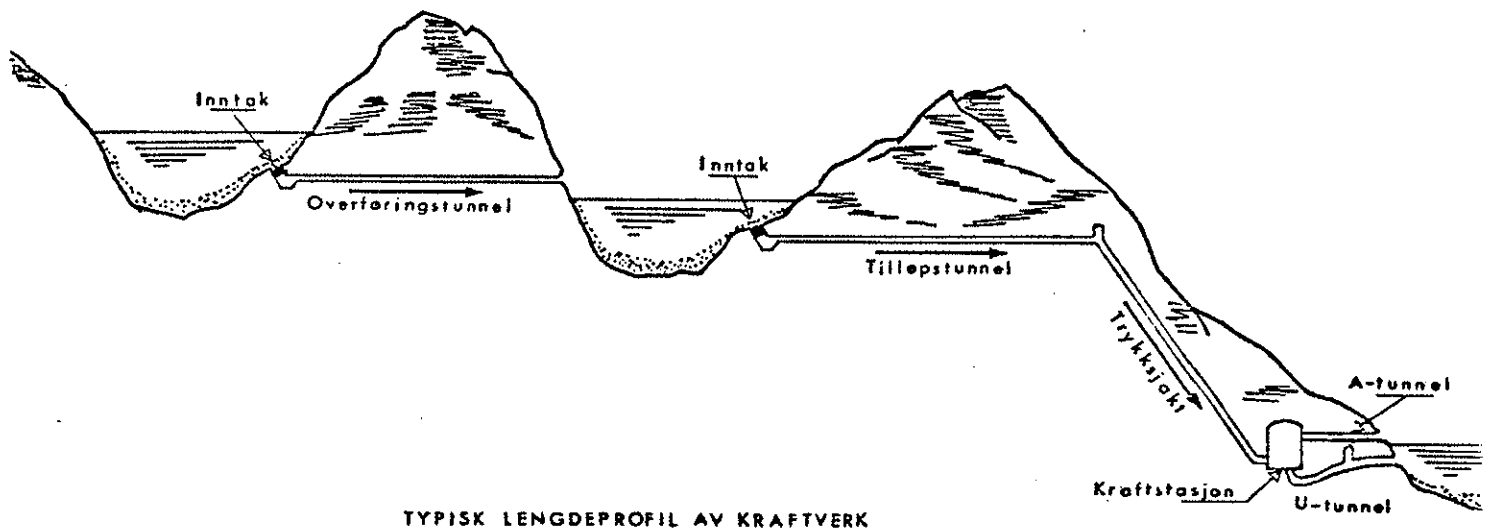


Fig. 1

SONDERBORING - GENERELT

1. Sonderboringen starter ca 50 m før antatt utslag. Den første strekning inntil ca 3 m fra utslag sonderbores før hver salve, ett hull i stoffens øvre hjørne mot vann. Hullengde = ca 2 ganger salvelengden
2. Ved stuff på ca 30 m fra utslag og fremover sonderbores før hver salve etter et mønster som vist på skisse under.
3. Ved stuff på ca 15 m fra utslag sonderbores med tanke på å registrere fjellprofilen over utslagsstedet.
4. Sonderboringens hensikt er å sikre for neste salve både når det gjelder fjelloverdekning, lokalisering av svakhetssoner, og vannførende slepper. Det er viktig at en ikke sprenger salver før prøvehullene er vurdert og eventuelle forebyggende tiltak er utført, f.eks. forinjeksjon, reduksjon av salvelengde, retningsforandring.
5. Fra 15 til 20 m fra stuff til utslag reduseres salvelengden gradvis til 80 cm salver, og det sprenges salver med lettere og lettere tak til tykkelsen på overdekningen blir 4,5 m. Proppen kartlegges til slutt ved hjelp av gjennomboringer i tverrsnittet.

NB! I god tid før gjennomboring kan ventes må nødvendig utstyr for tetting av hull være på plass ved stuff.

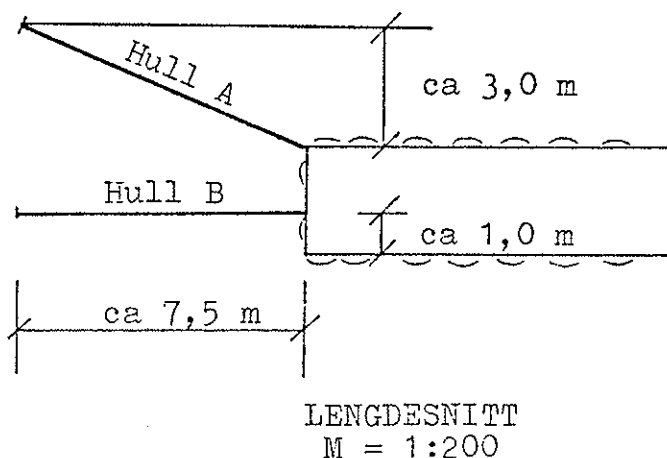
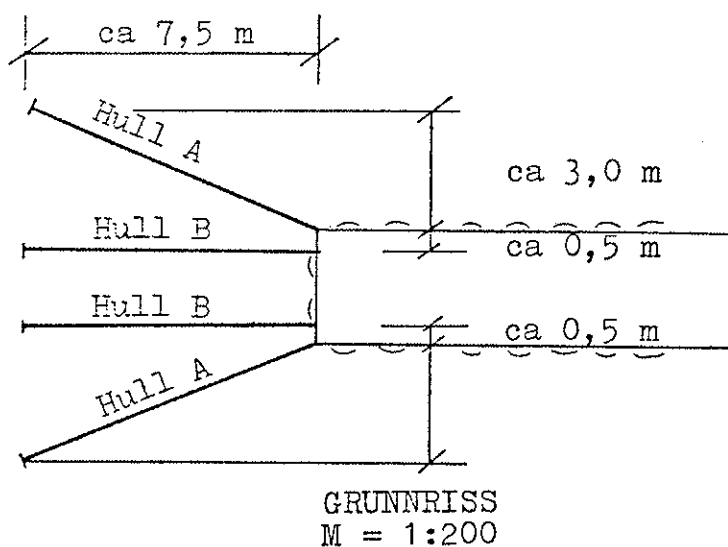


Fig. 2

INGENIØRGEOLOGISKE UNDERSØKELSER OG VURDERINGER

- Geologisk kartlegging
- Flyfotostudier
- Akustiske målinger
- Seismiske målinger
- Kjerneboringer

- Systematisere geodata
- Vurdere sikringsomfang
- Vurdere drivemetoder
- Vurdere gjennomførbarhet
- Fremdriftsprognose

- Plan for oppfølging

PLANLEGGE DRIFTEN

- Pumpeopplegg - Vannlensing
- Nødstrømsaggregat
- Injeksjonsutstyr
- Sprøytebetongutstyr
- Støpeskjold
- Bolter etc
- Kjerneboringsutstyr
- Korrosjon

INGENIØRGEOLOGENS ANSVAR

- Utarbeide prosedyrer for sonderboring
- Følge opp, logge og utarbeide rapporter fra kjerneboring
- Følge opp sonderboring og lekkasjemåling
- Fastlegge kriterier for injeksjon
- Fastlegge arbeidssikring og driftsopplegg i dårlig fjell
- Utarbeide prognoser for forventede stabilitetsproblem
- Revidere fremtidsprognoser
- Foreta fortløpende geologisk kartlegging og beskrivelse av utført sikring
- Utarbeide månedsrapporter
- Følge opp og kontrollere utførelse av sprengnings- og sikringsarbeider
- Fastlegge permanent sikring
- Utarbeide ingeniørgeologisk sluttrapport

SYKLUS
MEGET DÅRLIG FJELL

1. Sondering og kjerneboring
2. Evt. forbolting og/eller drenasjehull
3. Boring av salve
NB! Fjellets beskaffenhet avgjør
salvelengden
4. Sikring av hengen med sprøytebetong
5. Utlasting
6. Sprøyting av vegger og stuff
7. Forskaling og støping

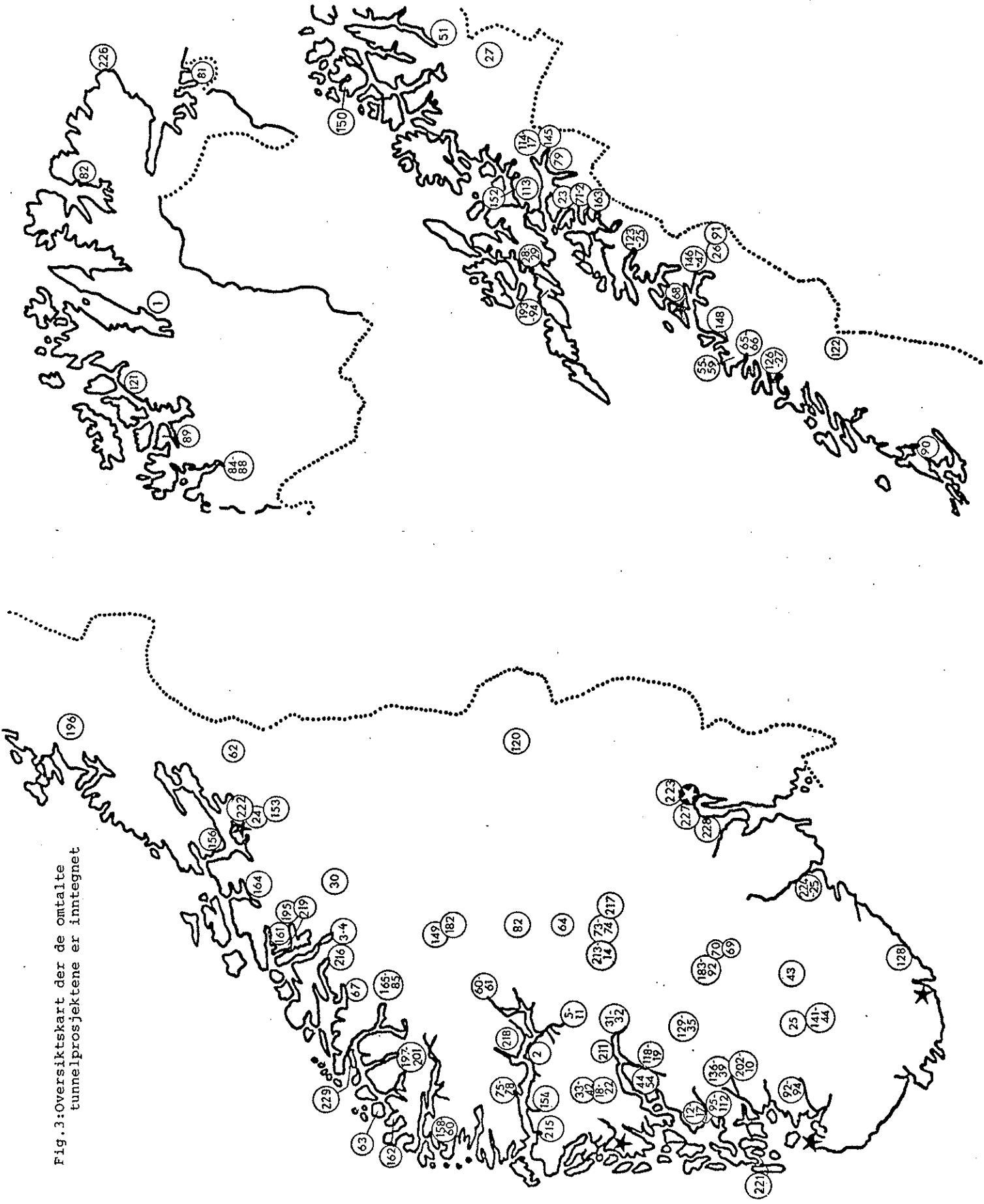


Fig. 3: Oversiktskart der de omtalte tunnelprosjektene er inntegnet

TABELL I: KRAFTVERKSTUNNELER UNDER VANN

NR.	STED/ANLEGG	BYGGHERRE	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSLAGSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
1	Adamselv kraftverk		1972	16	Måsevatn	X
2	Arnafjord og Vikvass- dragene	L/L Sognekraft	1958	7	Målselvn.	
3	Aura og Osbu, Sunnalsøra	NVE	1953	27	Holbuvatn	
4	"	"	1955-56		Osbuvatn	
					Sandvatn	
5	Aurland I	Oslo Lysverker	1972	55	Vassbygdvatn	X
6	Aurland øst	" "	1974	10	Svartavatn	X
7	" "	" "	1976	15	Øljuvatn	X
8	" III	" "	1977	15	Kongshellervatn	X
9	"	" "	1980	52	Vasskygdvatn	X
10	"	" "	1980	6,5	Aurlandsfjorden	X
11	"	" "		8,5	"	
12	Blåfalli kraftverk	L/L Sunnhordaland K. lag.	1954	15	Fjellhaugvatn	
13	" "	" "	1957	12,9	Fjellhaugvatn (2)	X
14	" "	" "	1959	8	Blådalsvn.	
15	" "	" "		7	Møsevn.	
16	" "	" "			Midtbotvn.	
17	" "	" "			Staffivn.	
18	Bergsdalen/ Bergsdalsvassdraget	BKK	1937		Torfinnsvatn	
19	"	"	1927		Storefossen.	
20	" "	"			Bergevatn	
21	" "	"	1939 -		Hamlagrøvatn	
22	" "	"	64		"	
23	Bjørkåsen kraftv.	Bjørkåsen Gruber A/S	1921	6	Børsvatn	
24	Bratsberg kraftverk	Trondheim Elverk	1977	65	Selbusjøen	X
25	Brokke	J/S Øvre Otra	1977	70	Bossvatn	X
26	Daja kraftverk	A/S Sulitjelma Gruber	1958	18	Kjelvatn	
27	Dividalen kraftverk	Troms kraftforsyn.	1972	34	Måselv	X
28	Djupfjord kraftverker	Vesterålen kraftlag	1952	4	Storvatnet	
29	" "	" "			Beibarnvn.	
		" "			Øvre Blokkvn.	
30	Driva kraftanlegg		1972	7	Inntak Vassli	X
31	Eidsfjord	NVE	1977	52	Rembesdalsvatn	X
32	"	"	1980	20	Sysenvatn	X
33	Evanger kraftverk,	BKK	1968	9	Volavatn	X
34	Teigdalen/ Eksingdalen	"	1970	6,5	Piksvatn (indre)	X
35	"	"	1970	6,5	Piksvatn (ytre)	X
36	"	"	1970	9	Grøndalsvatn	X
37	"	"	1973	31	Askjellsdalsvatn	X
38	"	"	1973	8	Skjerjevatn	X
39	"	"	1973	6	Kvanndalsvatn	X
40	"	"			Holskardvatn	
41	"	"			Øvre Sødalsvatn	
42	"	"			Kvanngrovvatn	

TABELL I: KRAFTVERKSTUNNELER UNDER VANN

NR.	STED/ANLEGG	BYGGHERR	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSLAGSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
43	Finndøla, Fyresdal		1972	16	Gaus øst	X
44	Folgefonn-anleggene	NVE	1971	14	Mysevavn	X
45	" "	"	1972	22	Svartadalsvatn, Inste	X
46	" "	"	1972	12	" " Heimste	X
47	" "	"	1973	20	Mysevavn, hovedutslag	X
48	" "	"	1973	10	Juklavavn, vest	X
49	" "	"	1973	13	Juklavavn, øst	X
50	" "	"	1973	5	Langavavn	X
51	" "	"	1973	12	Dravladalsvatn	X
52	" "	"	1974	6	Blådalsvatn	X
53	" "	"	1974	8	Jukladalsvatn	X
54	" "	"	1974	8	Kvanngrøvatn	X
55	Forså Kraftv.	I/S Sundsfjorden kr.1	1963		Øvre Nevervn.	
56	" "	v/Norsk Hydro			Navnløsvn.	
57	" "	" "	1960-			
58	" "	" "	1961	21	Sokumvatn	
59	" "	" "	1960- 1963		Feldvatn Langvatn	
60	Fortun kraftverk	A/S Ardal og	1959			
61	" "	Sunnal verk	1963			
62	Funna kraftverk Stjørdalsvassdraget	A/S Meråker Smelteverk	1937- 38	4	Funnsjøen	
63	Gjersvik kraftv.	L/L Gjerdsvik kraftv. Gurskøy		5	Sædalsvn.	
64	Hemsedalen, Gjuva/Vavavn		1957	5	Vavavn	
65	Glomfjord kraftv.	NVE	1920	15,8	Storglomvn.	
66	" "	"	1963?		Øvre Navervn.	
67	Grytten-anleggene	NVE	1975	7	Grøttavavn.	
68	Heggmoen kraftv.	Bodin kommune	1925	8,8	Heggmovatnet	
69	Hjartdøla kraftverk	Skienfjorden		17	Breivavn	
70	Hjartdal kraftverk	Vestfold kraftselskap	1958		Bonsvann	
71	Hjertevann kraftv.	Ballanger kraftl.A/S	1955	4	Hjertevavn	
72	" "	" "			Rauvatnet	
73	Hallingdal ,Hol I	Oslo Lysverker			Rødungen	
74	" "	" "	1949	13	Bergsjø	
75	Høyanger	A/S Naco	1964	12	Monsdalsvann	X
76	"	"	1964	12	Bergsvavn	X
77	"	"	1962-65	12	Ulldal	X
78	"	"	"		Østre Dalsvavn	X
79	Håkvik, Narvik	Narvik komm. Everk	1955	4	Storevavn	X
80	Kalvedalen kraftv. Østre Slidre	Oppland Fylke Elektrisitettsfors.	1965	7,5	Fleinsendin	
81	Kobholm Kraftv.	A/S Sydvaranger	1930	4	Kobholmvn.	
82	Kongsfjord kraftv.	Varanger Kraftlag	1939	4	Buevavn	
83	Krokvatn kraftverk	A/S Lofoten kraftlag	1950	4	Krokvatnet	

NR.	STED/ANLEGG	BYGGHERRE	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSLAGSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
84	Kvenangsbotn kraftv.	Troms fylkes Kraftforsyning	1965/ 1967	14	Småvatn	
85	" "	A/S Kvenanger kraft	1965		Lassajavri	X
86	" "	"			Mållesjavri	
87	" "	"	1965	4	Abbujaavri	X
88	" "	"			Sarvesjavri	
89	Kåven kraftverk	Alta Kraftlag A/S	1952	4	Kåvvatn	
90	Langfjord kraftv. Velfjord	Helgeland Kraftlag A/L	1949		Tettingvatnet	
91	Lomi Kraftverk	A/S Salten K. samband	1978	17	Lomivatn	X
92	Lyse Kraftverk	Stavanger Elverk			Lyngsvann	
93	" "	" "			Storetjern	
94	" "	Mandal Kraftlag			Nilsebuvaan	
95	Matre kraftanlegg/ Førdevassdraget	Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK)	1965		Skrelivatn	
96	"	BKK		4,5	Storefjellvatn	X
97	"	"	1965	7-8	Svafjellvatn	X
98	"	"			Fridalsvatn	X
99	"	"			Osevatn	
100	"	"	1968	5	Kvanngrovvatn	X
101	"	"	1968	5	Hestevatn	X
102	"	"			Holmevatn	
103	"	"			Nordgjeldsvatn	
104	"	"			Arsdalsvatn	
105	"	"	1969	8	Stølvatn	X
106	Matre kraftanlegg/ Haugsdalsvassdraget	BKK	1953		Gobotvatn	
107	"	"	1970		Øvre Storevatn	
108	"	"			Hjortetjern	
109	"	"			Skjerrevatn	
110	"	"			Svartevatn	
111	"	"			Hjortevatn	
112	"	"			Smalevatn	
113	Niingen kraftverk	A/S Niingen kraftlag	1950	4,5	Niingenvn.	
114	Nygård kraftverk	Narvik kommune	1930-32		Øvre Jernvn.	
115	"	"			Fiskeløsvatn	
116	"	"			Cirkelvatn	
117	"	"	1947		Nedre Jernvn.	
118	Oksla K. verk	NVE	1979	36	Sørfjorden	X
119	Tyssedal	"	1980	37	Ringedalsvatn	X
120	Osa kraftverk, Rena	Hedmark K. verk	1980	40	Osensjøen	X
121	Porsa Kraftverk		1959		Porsavatn	
122	Rana kraftv.	NVE	1966		Kjensvn.	
123	Rekvatn kraftverk	Nord-Salten kraftl.A/S	1963	9	Rekvatn	
124	" "	"	1963		Slonkajavrre	
125	" "	Planlagt byggetrinn III			Goigijavrre	

NR.	STED/ANLEGG	BYGGHERRE	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSLAGSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
126	Reppa kraftv. Nordland	A/S Rødøy og Lurøy kraftv.	1955	4,5	Reppavann	
127	"	"			Memoravann	
128	Rygene kraftanlegg	Aust-Agder Kraftverk	1977	95		
129	Røldal - Suldal Suldal I	Røldal-Suldal Kraft A/S	1965 -67	35	Røldalsvatn	X
130	Røldal II		1972	6	Kaldavatn	X
131	Røldal - Suldal		1973	7	Djupetjønn	X
132	" "		1975	8,5	Midtre Grubetjønn	X
133	" "		1975	19,5	Indre Grubetjønn	X
134	" "		1927		Øvre Sandv.	
135	" "		1927		Svartavn.	
136	Saudefallene kraftv.	A/S Saudafallene	1954	6	Ø. Bergdalsvn.	
137	" "	" "	1954	4	N. Bergdalsvn.	
138	" "	" "			Holmenvn.	
139	" "	" "			Finflåtvn.	
140	Simavik kraftv. Sira - Kvina anleggene	Troms Elektrisitetsv. NVE Lyse kraftv.	1913		Tverrelvvatn	
141	Tonstad kraftverk	Vest-Agder El. verk	1957			
142	Tjørhom kraftverk	Sira Kvina kraftselsk	1962	70	Gravatn	X
143	Tonstad "	"	1968	55	Holmstølsvatn	X
144	Kvinen "	"	1981	36,5	Øyarvatn	X
145	Sildvik kraftverk	Nordkraft	1981	10	Sildvikvatn	X
146	Siso kraftverk, Fauske	Elektrotjeneste A/S	1968		Sisovatn	
147	"	"	"		Løytavatn	
148	Sjøfossen kraftv.	Gildeskål kraftverk	1950		Langvatn	
149	Sjåk/Aursjøen	Opplandskraft	1965	6	Aursjøen	
150	Skarsfjord kraftverk	Troms Elektrisitetsv.	1922	4	Krokvatn	
151	Skibotn kraftanlegg	Troms kraftforsyning	1979		Rieppijavri	X
152	Skoddeberg kraftv.	Vågsfjord kraftselsk.	1953	6	Skoddebergsvatnet	
153	Sokna kraftv.	Sør-Trøndelag Elverk		13,5	Samsjøen	
154	Steinsland kraftverk	BBK	1979	3	Steinslandsvatn	X
155	Sundsbarne kraftv.	Skiersfjorden k.k. Vest-Telemark kraftl.			Prosjekttert 1967	
156	Svartelva kraftv.	Sør-Trøndelag Elverk				
157	Rissa på Fosenhalvøen	" "	1959	10	Storvatnet	
158	Svelgen vassdragene I, II og IV	L/L vestlandske kraftsamband v/ Chra. Spigerverk	1921- 58	12		
159	Svelgen III Inderhus kraftverk	" "	1963	12		
160	Svelgen IV	Bremanger Smelteverk	1971	8	Storbotnvatn	X
161	Svorka kraftv.	NVE og Svorka Krafts.	1963	9	Måvatn	
162	Sørbrandal kraftv.	Sør Sunnmøre kraftl.		5	Børevatn	
163	Sørfjorden Kraftanlegg Kjøpsvik		1982	11,5	Brynvatn	X

NR.	STED/ANLEGG	BYGGJERRE	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSIKTSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
164	Søa kraftv.	Sør-Trøndelag Elverk	1965	12,5	Vestlivatn	
165	Tafjord-utbyggingen	Tafjord kraftselskap	1923		Onilsavann	
166	" "	" "			Torsdalen	
167	" "	" "			Viavatn	
168	" "	" "			Slettedalsvann	
169	" "	" "			Fagerbotnvatn	
170	" "	" "			Langevatn	
171	" "	" "			Zakariasvatn	
172	" "	" "			Rødalsvatn	
173	" "	" "	1956	7	Heimste Viksvatn	X
174	" "	" "	1961	7	Fremste Viksvatn	X
175	" "	" "	1963	7	Fetvatn	X
176	" "	" "	1963	7	Kolbeinsvatn	X
177	" "	" "	1965	7	Fr. Kaldhussøterv (2)	X
178	" "	" "	1968	7	Grønvatn	X
179	" "	" "	1968	7,5	Brusebotn	X
180	" "	" "	1969	7	Fremste Veltdalsv.	X
181	" "	" "	1969	7	" " (tunnel 2)	X
182	Øvre Tessa/Vågå	A/S Eidefoss, Vågå	1963		Tesse	
183	Tokke II, Vinje	NVE, Tokke			Vinjevattn	
184	" "	" "			Totak	
185	" "	" "			Våmervatn	
186	Tokke III, Songa	" "	1964		Songavatn (2)	
187	" "	" "	1964		Bitidalsvatn	
188	Tokke IV, Kjela	" "	1978		Bordalsvatn	
189	" "	" "	1978		Føresvatn	
190	Tokke V, Børter	" "	1968		Botnedalsvatn	
191	" "	" "	1968		Strandstøylvatn	
192	Tokke VI Lia, kraftv.	" "			Børtervatn	
193	Trollfjord kraftverk	A/S Lofoten kraftlag	1950-52	3,6	Trollfjordvatn	
194	Trollfjord II	" "	1955		Jarsteinvatn	
195	Trollheim kraftverk	NVE, Surnadal	1968	28	Fallsjødammen	
196	Tunnsjødal kraftverk		1964	45	Tunnsjøflyene	
197	Tussa kraftverk	Stranda komm. Elverk	1954		Nysetervatn	
198	Tussa kraftverk	L/L Tussa kraft	1958-	15	Tussevatn	X
199	" "	" "	61		Skipedalsvatn	
200	" "	" "	1960	6	Vestre Dalsvatn (2)	X
201	" "	" "		8,5	Avløpstunnel	
202	Ulla-Førre - anleggene	NVE	1978	7	Oddatjønn	X
203	" "	" "	1980	61	Sandsavatn	X
204	" "	" "	1980-81	75	Saurdal - Sandsa	X
205	" "	" "	1980	20	Osane	X
206	" "	" "	1980-81	40	Storevatn	X

NR.	STED/ANLEGG	BYGGJERRE	UTBYGGET ÅR	TVERR- SNITT m ²	GJENNOMSLAGSSTED ANTALL GJ.SLAG	TEKN. DATA TABELL II
207	Ulla-Førre - anleggene	NVE	1984	19	Tredjevatn	X
208	"	"	1984	19	Andrevatn	X
209	"	"	1984	50	Oddatjønn	X
210	"	"	1984	40	Oddatjønn-Underknuten	X
211	Ulvik kraftanlegg	BKK	1974	6	Solvevatn	X
212	Ulvunda kraftv.	Kristiansund E-verk	1939		Renndalsvann	
213	Usta kraftverk	Akershus	1965	26	Ustevatn (3)	X
214	" "	"	1965	22	Rødungen	
215	Vermundsbotn kraftanlegg		1980	3	Meinshemdevatn	X
216	Øksnelvane kraftverk	Firdakraft	1949-53	6	Bjørndalsvatn	X
217	Ørteren kraftverk	Hol komm. E. verk Oslo/Buskerud	1966	6,5	Ørternvann	
218	Arøy kraftverk	Sognekraft A/S	1982	30		X
219	Åskara kraftverk	L/L Firdakraft	1953 1969	5	Askårvatn	
220	Askåra - Ålfoten kraftv.	Sogn og Fjordane K.v.	1978	5	Overføringstunell	X

ANDRE TUNNELER UNDER VANN

221	Karmøy -Kårstø (3 gassrørtunneler)	Statoil	1985	25		X
222	Nedre Jervan (vanntunnel)	Trondheim og Strinda Fellesvannverk	1964	6,5	Jonsvatn	X
223	Oset Renseanlegg,Oslo (vanntunnel)	Oslo Vann-og Kloakk- vesen	1975	3,8	Maridalsvann	X
224	Rafnes-Nordsjø (vanntunnel)	Norsk Hydro A/S		10-18	Nordsjø	X
225	Rafnes-Herøya (Gassrørledning)	Norsk Hydro A/S	1976	16		X
226	Vardø Vegtunnel	Statens Vegvesen	1980-82	52		X
227	VEAS Avløpstunnel,Oslo	Oslo kommune-VEAS	1976-80	9-10		X
228	VEAS Avløpstunnel, Slemmestad	VEAS	1980	10	Oslofjorden	X
229	Ålesund-Vigra,vegtunnel	Statens Vegvesen	1986-			

TABELL II: TEKNISKE DATA

NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, AR	ENTREPRENØR, ANL. LEDER	TOPOGRAFI, TVERSNITT M ²	GRUNNUNDERSØKELSE			BERGCOVER DEKKING VED SISTE STUFF	VANNDYPT	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ. SLAG	LENGDE U. VANN	KART, ANN FIGURER:
				GEOLOG- ISK	OPP- LODDET	SEISMISK									
1	Adamselv kraftverk, Måsevatn, 1972	A/S Jernbeton	Bratt, 16	Nei	Ja, med dykker	Nei	5,5m	3-4 hull	Entrep.	Ingen, lite	Betonghvelv ble støpt mot første utslag tett ved ras	Første gj. slag ble			
5	Aurland I, Vassbygdevatn, 1972	T.Furuholmen A/S, Avid.l.Hangå	Ulenndt, 55	Ja, gneis	Ja	Geoteam 2004-037	4m, løsmasser er fjernet	Ja	Entrep.+ Oslo lysverker	Ubetydelig	Nei	Korte salver	Ubet.	Kart s 28	
6	Aurland Øst, Svartavatn, 1974	T.Furuholmen A/S, Anl.sjef Naas	" 1450moh, 10	Gneis med variert, markert oppsprkn.	Fra isen	Ja, noe løsm. ved utslag	4m	Systematisk	Entrep.	Betydelig ved siste salve	Nei	Sjakt på 6m (450), salver på 1,0 m	Ca150m	"	
7	Aurland, Øljuvatn, 1976	T.Furuholmen A/S, E.Knapstad	Kupert 1420moh, 15	Fyllitt (basert på seismikk)	"	Geoteam 1973 5200m/g ifjell	4,0m fjell 1,5m morène	12m hull for hver 3. salve	"	Ubetydelig	Støp på 6m i knusn.sone		450m	"	
8	Aurland III, Kongshellervatn, 1977	"	Ulenndt 1450moh, 15	Nei	Geoteam 1973 2004-540	Geoteam 1973 5200m/g ifjell	3,5m fjell 1,2m løsm.	Systematisk	"	"	Nei		25m	"	
9	Aurland, Vassbygdevatn, 1980	T.Furuholmen A/S, J.Kvåle	Bratt, 52	Nei	Geoteam 2004-540	Geoteam 1973 5200m/g ifjell	5-7m	"	"	Betydelig (drift på fall)	Noe injeksjon	Stor grop + sjakt, små salver	5-10m	"	
10	Aurland, Aurlandsfjorden (to tunneler), 1980	"	" 6,5	Nei, (gneis)	Geoteam	Geoteam	5m	Systematisk 20-25m	"	Liten, 300l/min	Forhånds- injisering	Korte salver	70m	"	
13	Blåfalli, Fjellhaugvatn, 1957	Sunnhordland Kraftlag, Stord	Bratt 375moh, 12,9	Nei	Ja	Nei	3-4m	Systematisk	"	"	"	"	30-40m	"	
24	Bratsberg kraftverk, Selbusjøen, 1977	A/S Ingeniørbygg Anl.l.Fyksen	Slakt 160moh, 65	Grønn- skifer, Leir- skifer	Ja+grunn- boring	Nei	8m	"	"	Store	Utstøping 30% av 16500m		30m	"	
25	Brokke, Bykle Bossvatn, 1977	A/S Ingeniørbygg	Bratt 550moh, 70	Selmer- Oisen, Berdal	Ja	Nei	6m	"	Berdal + Entrep.	Store, 2500l/min	Injisering	6 uker på de tre siste salvene pga lekkasje	60m	"	
27	Dividalen kraftverk, Målseiv, 1972	Astrup-Aubert A/S, P.A.Dahl	Bunnen faller 200, 34	Ja	Ja	Geoteam	3,2m	"	"	300l/min	Nei	Korte salver + grop på 500 m ³	80m	"	
30	Driva kraftverk, Vassli, 1972	A/S Høyere- Ellefsen Siv.ing. Birkeland	Slakt, 7	Ja	Ja	Ja	2,5m	"	"	Store 10- 15000l/min	Injeksjon i stor sleppe		10-15m	"	

TABELL II: TEKNISKE DATA

NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, AR	ENTREPØR, ANL. LEDER	TOPOGRAFI, TVERRSNITT M2	GRUNNUNDERSØKELSE			BERGOVER DEKKING VED SISTE STUPE	VANNDYP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ. SLAG	LENGDE U. VANN	KART, ANM. FIGURER
				GEOLOG- ISK	OPP- LODDET	SEISMISK									
31	Eidfjord-anl. Rembesdalsvatn, 1977	NVE O. Nummedal/ E. Saterbø	Kupert 680moh, 52	Basert på fra båt seismikk	Ja	Ja	2,5-6m + 6m løsm.	25m	Systematisk fra 40m før utslag	NVE	5000 l/min	12m sonder- boring, deretter to salver à 4m	40m	Kart s. 29 Fig. s. 30 Ann. s. 30-	
32	Eidfjord-anl. Sysenvatn, 1980	NVE Avg. l. Syltørn	875moh, 20				4,6m	5m	Systematisk	"	Lite	Nei	10m	" " "	
33	Evanger kraftverk, Volavatn, 1968	BKK Ing. Riise	Slakt, 9	Omvandlet gneis med et høyt kvartssinh.	Ja	Ja	3m	5m	Ja		Minimal	"	25m	Kart s. 32 Fig. s. 33 Ann. s. 32	
34	Evanger kraftverk, Pikkvatn (indre), 1970	BKK Fløtre	" 6,5	"	"	"	2m	12,5m	"			"	400m	" " "	
35	Evanger kraftverk, Pikkvatn (ytre), 1970	" "	" 6,5	"	"	"	2,3m	11m	"			"	280m	" " "	
36	Evanger kraftverk, Grøndalsvatn, 1970	" "	" 9	"	"	"	3,2m	10,5m	"			"	124m	" " "	
37	Evanger kraftverk, Aksjeldalsvatn, 1973	BKK Knapstad	" 31	"	"	"	4,6m	29m	"			"	175m	" " "	
38	Evanger kraftverk, Skjerlevatn, 1973	" "	Bratt, 8	Basert på seismikk	"	Nei	2,5m	10m	"			"	12m	" " "	
39	Evanger kraftverk, Kvanndalsvatn, 1973	" "	Slakt, 6	"	"	"	2m	12m	"			"	"	" " "	
43	Finndøla kraftverk, Gaus øst, 1972	T. Furuholmen R. Jakobsen	Middels kupert, 16	"	"	"	5,5m	25-40m	15-20m fra stoff	Entrep.	I noen slepper	Infjisering i 2-3 uker på sjakt-grøp, korte salver	100m	Kart s. 34 Fig. s. 35 Ann. s. 35	
44	Følgefonn-anl. Mysevatn, 1971	NVE	Bratt, 14	Basert på seismikk	Fra isen	Fra isen	4,5m + 5m løsm.	23m	Systematisk, 6m hull 30-40m før utslag	NVE	Ubetydelig	"	30m	Kart s. 34 Fig. s. 35 Ann. s. 35	
45	Følgefonn-anl. Svartadalsvatn, 1972	NVE Avg. l. Døllen	Stign. 1:2, 22	"	"	"	4m	64m	Systematisk, 6m hull, 25m før utslag	"	Mye, 8-10m før utslag	Salver på 1,3-2,4m, 18m (ca linn.)	50m	Kart s. 34	

TABELL II: TEKNISKE DATA

NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED ÅR	ENTREPRENØR, ANL.LEDER	TOPOGRAFI, TVERSNITT M ²	GRUNNUNDERSØKELSE			BERGCOVER DEKKING VED SISTE STUFF	VANNDYP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INIISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANN. FIGURER
				GEOLOG-ISK	OPP-LODDET	SEISMISK									
46	Folgefonn-anl. Svartadalsvatn (Helmste), 1972	NVE, Avd.l.Dølen	Bratt, stign 2:1, 12	Basert på seismikk	Fra isen	Kun over utslagssted	4m	48m	Systematisk de siste 25m	NVE	Mye, fra sleppe	Inj.5000kg sement 10m før utslag	Tidsforbruk de siste 40m,1mnd.	Kart s. 34	
47	Folgefonn-anl. Mysevatn (hovedutslag), 1973	"	" 20	"	"	Seismiske Målinger 1967	4,5-6,5m	15m	Systematisk 30m før utslag	"	Mye ved første utslag	Mye ved første utslag som ble støpt igjen	To ukers forsinkelset	Kart s. 34 Fig.s. 36	
48	Folgefonn-anl. Juklavatn vest, 1973	"	Ulendt, 1010moh, 10	"	"	Ja,1968, 1970,1973	4,5-5,5m+ 1,5m løsm.	Ca.100m	Systematisk 70m før utslag	"	en del i sleppe ved propp	Lite	Tidsforbruk de siste 60m,fire uker	" 34 " 37	
49	Folgefonn-anl. Juklavatn øst, 1973	"	" 13	"	"	"	3,5-4,0m	Ca.100m	Systematisk 140m før utslag	"	Noe på stoff	Noe	Tidsforbruk de siste 130m,tre uker	" 34 " 38 Ann.s. 38	
50	Folgefonn-anl. Langavatn, 1973	"	Ulendt, 962moh, 5	"	"	"	4,0m	35m	Systematisk	"	Middels	Delvis	Ca.150m	Kart s. 34	
51	Folgefonn-anl. Dravladalsvatn, 1973	"	Ulendt, 940moh, 12	"	"	Ja	3,5m	80m	Ja	"	50-100l/min	Ingen	200m	" "	
52	Folgefonn-anl. Blådalsvatn, 1974	Lau.Eide A/S	Meget bratt og ulendt, 1070moh, 6	"	"	Geotecn, 2808,04 1973	3,5m	54m	Systematisk (5 hull)	Entrep	Lite	Nei	Salver på 1m i sjakt	Ca.50m	
53	Folgefonn-anl. Jukladalsvatn, 1974	NVE, Avd.l.Dølen, Avd.sjef S.Meistveit	Bratt og ulendt, 1080moh, 8	"	"	A/S Seismiske Målinger S-59	3,5m	93m	Systematisk	NVE	Store, 14000l/min	Mye, mot utslag	200m	" "	
54	Folgefonn-anl. Kvanngrøvatn, 1974	"	Bratt og ulendt, 972moh, 8	Ja	Ja	Ja	3,0m	40m	5 hull(7,5m), 15-20m før gjennomsnitt	"	Lite	Nei	Ca 80m	" "	
75	Høyanger, Mønsdalsvatn, 1964	Ing.F.Selmer A/S, A.Vik	Kupert, 12	Ja	Ja	"	4m	28m	2 hull for hver salve, 30m før utslag	EHTrep	Store i sleppe ved utslag	"	"	"	
76	Høyanger, Bergsvatn, 1964	" H.Hjort	" 12	"	"	"	"	20m	Før hver salve de siste 20m	"	Noe	"	30m	"	
77	Høyanger, Ulldal, 1962-65	"	" 12	"	"	"	3,5m + 2m løsm.	15m	Siste 100m	"	"	"	Tidsforbruk siste 3 salver+ gj. slag,2 uker	200m	

TABELL II: TEKNISKE DATA

NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, ÅR	ENTREPRENØR, ANL.LEDER	TOPOGRAFI, TVERRSNITT M2	GRUNNUNDERSØKELSE		BERGCOVER DEKKING VED SISTE STUFF	VANNDYP	SONDERBORING	DRIFTS-RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANN. FIGURER
				GEOLOGISK	SEISMISK									
78	Høyanger, Østre Dalevatn, 1962-65	F.Seimer A/S, H.Hjort, A.Vik		Ja	Ja		30m	Ja		Lite			100m	
79	Håkvik, Storevatn, 1955	Eeg-Henriksen	4	Ja	Ja, spyleboret fra flåte	3-4m	25m	"	Tept ved brann	"	Nei		30m	
85	Kvanangen k.verk Lassajvri, 1965	A/S Jernbeton Ing.H.Rognes		Ja	Ja		21m	Nei			"		80m	
87	Kvanangen k.verk Abbujavri, 1965	"	4	"	"		20m	"	Ubetydelig		"		350m	
91	Lomi kraftverk, Sulltjelma, Lomivatn, 1978	T.Furuholmen A/S, K.A.Sørbråten	710moh, 17	Kvarts-og glimmerrik skifer	Berdal	4-5m	70m	Siste 70m, 3 hull á 20m pr.16m tunnel	Entrep.	Lite, ca. 200l/min	"	22 timer på siste 3 sal-ver +gj.slag, 92 hull	250m	450kg sprenstoff ble benyttet ved gj.slag
97	Matre kraftanl. Svafjellvatn, 1965	BKK, Sponberg	Kupert, 4,5	"	"	2,8m	2,5m	Ja		Lite	"			Fig.s.40-4 Kart s.39 Ann.s.39
98	Matre kraftanl. Fridalsvatn, 1965	"	"	Nei	Ja + grunn-boring	2,4-4,0m	20m	Systematisk	BKK	En del fra slepper	Nei	Inntak tettet 90m av løsmasser	90m	"
100	Matre kraftanl. Kvanngrovatn, 1968	"	"	Ja	Ja	5,5m	15m	Ja			"	Utslag ikke vellykket, ettersprengning påkrevet	42m	"
101	Matre kraftanl. Hestvatn, 1968	"	Slakt, 5	Ja	Ja	4m	15m	"		Ubetydelig	"		38m	"
105	Matre kraftanl. Stølsvatn, 1969	"	"	"	"	2,5m	14,5m	Ja		"	"		24m	"
118	Oksla kraftanl. Tysedal, Utslag Sørfjord, 1979	NVE, S.Meistveit	Stupbratt, 36	Ja	Konsulent F.Grøner	4-6m	8m	Systematisk	NVE	"	"	Trimming av utslag med små salver	4m	Fig.s.42 Ann.s.43
119	Oksla kraftanl. Ringedalsvatn, 1980	"	Bratt, 450moh, 37	Basert på seismikk	Fra Isen	6m	85m	Syst. 72m før utslag, se ann.	"	Mye ved stuff før utslag, ellers lite sement	Mye injeksjon v.stuff 18-20 tonn		320m	" 42-44

TABELL II: TEKNISKE DATA

NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, ÅR	ENTREPRENØR, ANL.LEDER	TOPOGRAFI, TVERSNITT, M ²	GRUNNUNDERSØKELSE		BERCOVER DEKKING VED SISTE STUFF	VANNDYP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANM. FIGURER
				GEOLOG-ISK	OPP-LODDET									
120	Osa kraftverk, Rena, Osensjøen, 1980	Astrup & Aubert A/S, Strand	Noe ulendt, 430moh, 40	Ja	Ja + grunnboring	Geoteam, 1976	10-15kg vanntrykk 8m	Systematisk 20m for hver 3. salve(3 hull)	Entrep.	Store, se anm.	Injisering + full utstøping langs store partier		250m	Fig.s. 46 Anm.s. 47
129	Røidal-Suldal kraftanlegg, Røidalvatn, 1965-67	T.Furuholmen A/S	Loddrett fjellvegg, 380moh, 35		Ja		25m	Systematisk	"				10m	
130	Røidal-Suldal kraftanl. Kaldavatn, 1972	" Rustad/kaarø	6		"	Geoteam 2 profiler 3599	4m	5 stk.	"	Lite	Nei	Vanskelig boring pga. sprekker, både hor. og vert.	10m	
131	Røidal-Suldal kraftanl. Djupetjønn, 1973	" Reistad	Ulendt, 1170moh, 7	Kvartsitt	Fra isen	Geoteam, 1972	21m	Systematisk	"	Lite		Korte salver	60m	
132	Røidal-Suldal kraftanl. Midtre Grubetj. 1975	" "	Kupert, 1070moh, 8,5	Basert på seismikk	"	" " 3500-16	25m	"	"	"			50m	
133	Røidal-Suldal kraftanl. Indre Grubetj. 1975	" "	Kupert, 1080moh, 19,5	" "	" + prøver av løsm.	Geoteam 3599-16	33m	"	"	Middels	Nei	Utslag ble tettet av nedraste løsmasser	100m	
142	Tjørhom kraftverk, Gravvatn, 1962	F.Selmer A/S, A.B.Vik	70		Ja	Ja		For hver 2. salve, siste 50m	"	En del fra sleppe ved utslag		Tidsforbruk siste 3 salver + gj.sl. 2 uker	50m	
143	Tonstad kraftverk, Holmsløsvatn, 1968	" J.T.Glomnes	Lite kupert 500moh, 55	Nei	Ja + grunnboring, løsm. er fjernet	Nei	15	Systematisk	"	Lite	Nei	Korte salver sjakt og grop	40-50m	
144	Kvinen kraftverk, Øyarvatn, 1981	Astrup & Aubert, Kvåle	Stign. 1:2, 36,5	Ja	Ja	Ja, 4800m/s i fjell, 1800m/s i løsm.	15m	Ja	"	Nei	"		35m	
145	Sildvik kraftverk, Sildvikvatn, 1981	Høyere-Ellefsen, Vadheim	45°, 10	Basert på seismikk	Ja	Ja, 4200m/s i fjell, 2300m/s i løsm.	60m	"	"	Noe	Noe inj.		Ca.60m	
151	Skibotn kraftanl. Rieppjavri, 1979	Høyere-Ellefsen		Ja	Ja	Ja	25m	"	"	Noe	Ja, se vedl.		200m	Kart s.53 Fig.s 48-57 Anm.s.48-57
154	Steinsland kraftanl. 1979 Steinslandsvatn	BKK	Ulendt, 3	Nei	Ja	Ja, men etter to mislykkede gj.slag	20m	"	"	En del	Løsmasser tettet to forsøk på gj.slag, betonghvelv støpt 10m fra stuff		50m	

TABELL II TEKNISKE DATA

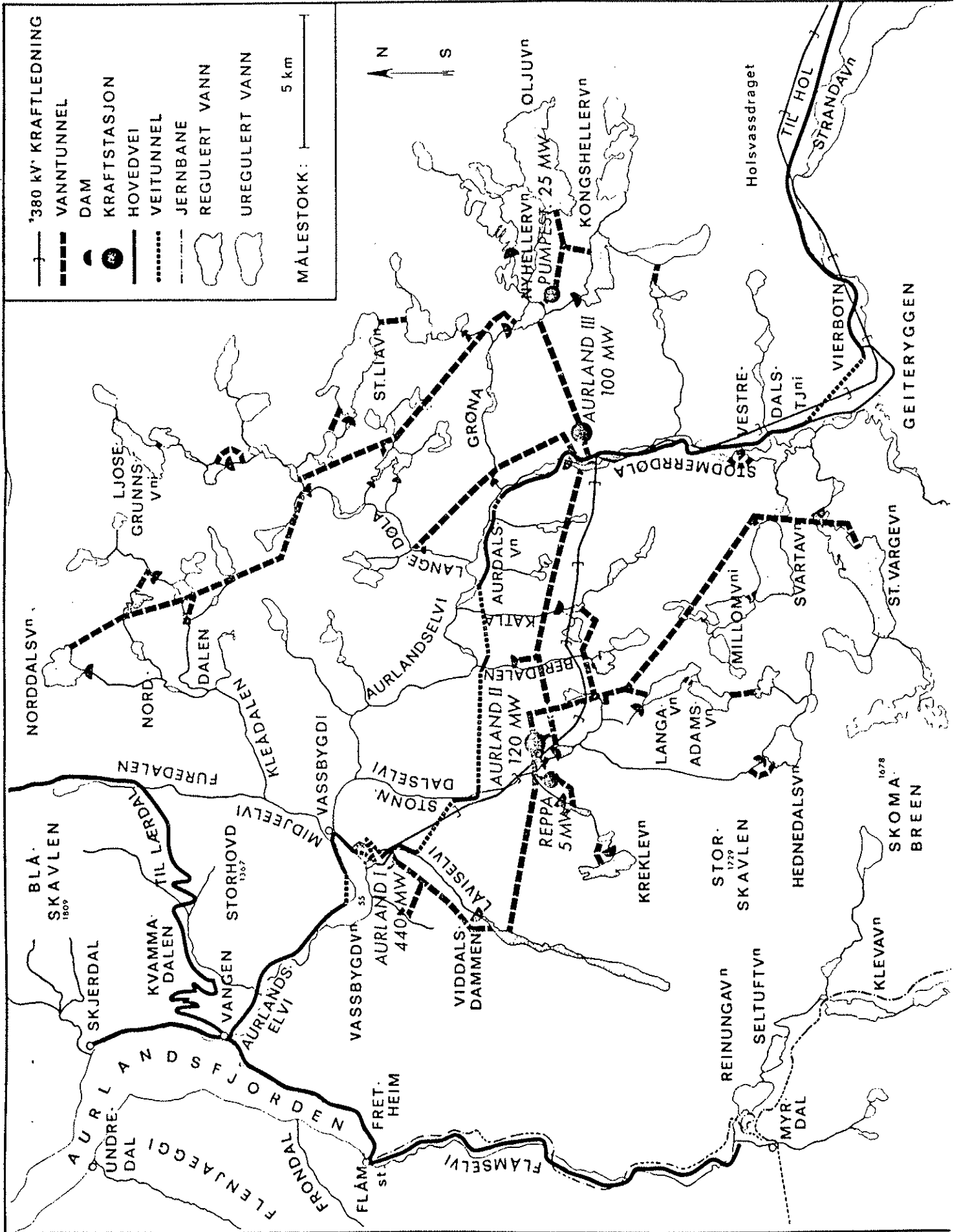
NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, ÅR	ENTREPREMR, ANL. LEDER	TOPOGRAFI, TVERRSNITT, M2	GRUNNUNDERSØKELSE			BERCOVER DEKKING VED SISTE STUFF	VANDDYP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANM. FIGURER
				GEOLOG- ISK	OPP- LODDET	SEISMISK									
160	Svelgen IV, Storbotnvatn, 1971	Astrup & Rubert A/S, Skogly	Bratt, 8	Nei	Fra båt + dykker	Nei	3,0m	Ca. 70m	Entrep.	Litt i såle	Injisering i to store slepper		20m		
163	Sørfjord kraftanl. 1982	T.Furuholmen, Nygård	" 11,5	Ja	Ja	Ja	4m + 2,5m løsm.	70m	Ja	Ja, store, etter oppdemming fra 20-50m	Mye inj. Ca. 300m	Sjakt + grop	Ca. 150m		
173	Tafjord kraftanl. Heimste Viksvatn 1956	Tafjord Kraft. Høyfjell, P.H.Aarseth	7		"		Ca. 4m	8m	"		Nei		25m		
174	" " Fremste 1961	" " K.Holt	7		"		2,5-3m	14m	"		"	Drift med slepesynk før utslag	Ca. 50m		
175	" " Fetvatn, 1963	" " H.Øvstebø	7		"		3m	18m	"		"		60m		
176	" " Kolbeinsvatn, 1963	" " "	7		"		2,5m + 3m med tett morene	10m	"		"	I løsm.holdt vannet tilbake 2 timer etter s.salve	110m		
177	" " 1965 Fremste-Heimste Kalhussvatervatn	" " O.Gunnarstorp	7		Ja, + grunnboring		2,5m og 2,0m + 5-6m løsm. (sand)	15m	"		"	Løsm.fjernet med ejektor før gj.slag	70m 110m		
178	" " Brusebotnvatn, 1968	" " "	7		Ja		Ca. 2,5m	18m	"		Ja				
179	" " Brusebotn-Rødal 1968	" " "	7,5		"		Ca. 2,5m	24m	"		"		Ca. 35m		
180	" " 1969 Fremste Veldalsvatn	" " "	7		"		3m	15m	"		Ingen		70m		
181	" " 1969 " " " (tunnel 2)	" " "	7		"		2,5-3m	16m	Ja		"		130m		
198	Tussa kraftanl. Tussevatn 1958-61	F.Selmer A/S, A.B.Vik	Bratt, 15		"			40m	"		"		20m	25	

TABELL II. TEKNISKE DATA

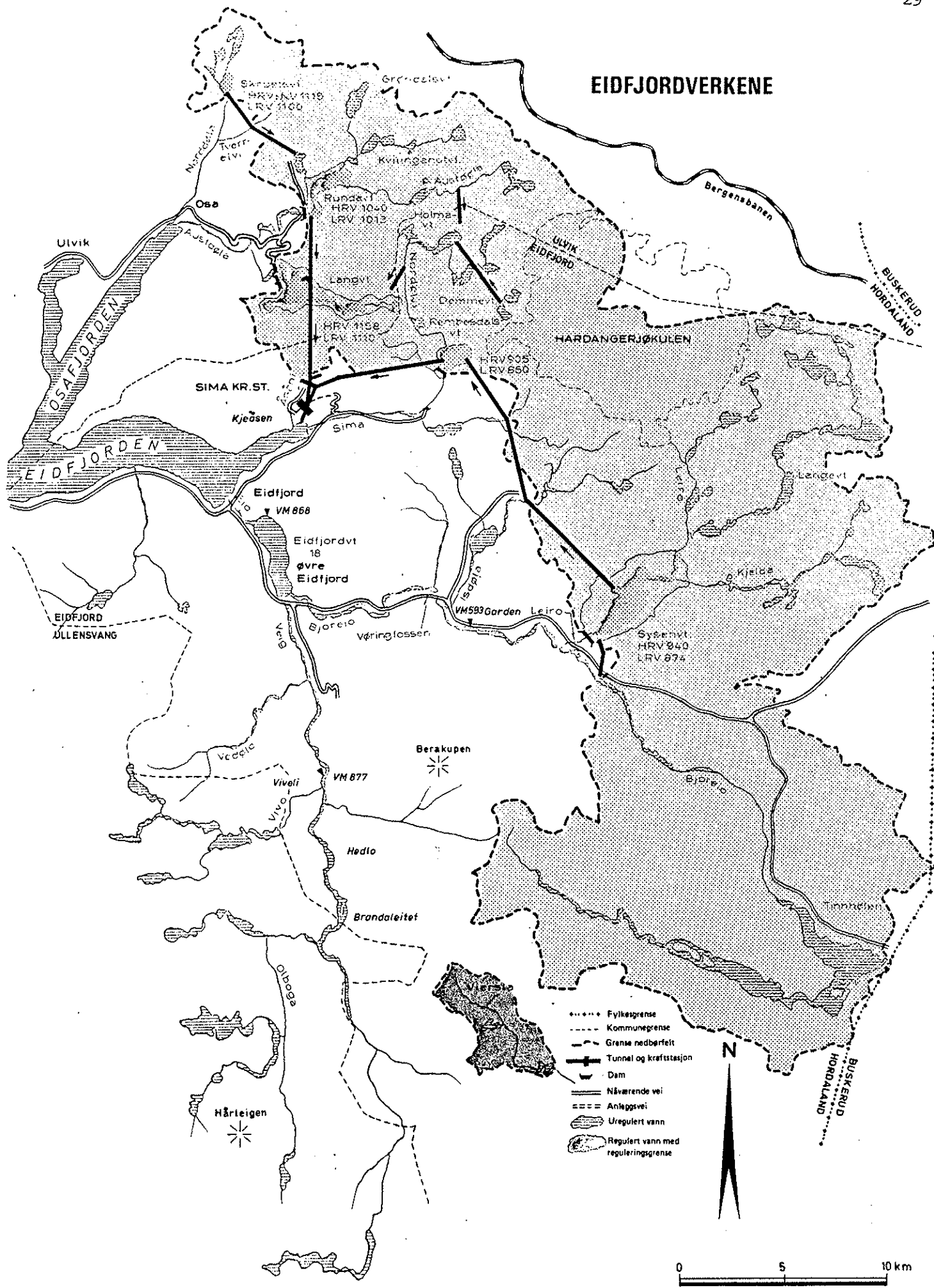
NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, ÅR	ENTREPRENØR, ANL. LEDER	TOPOGRAFI, TVERRSNITT M ²	GRUNNUNDSØKELSE		BERGOVER DEKING VED SISTE STUPE	VANNDYP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKNASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANM. FIGURER
				GEOLOG- ISK	OPP- LODDET									
200	Tussa kraftanl. Vestre Dalevatn, 1960	F.Selmer A/S, A.B.Vik	6	Ja			30m	Kun i hengen		Lite	Ingen		2x200m	
202	Ulla-Førre anl. Oddatjønn, 1978	T.Furuholmen	Bratt, 940moh, 7	"	Norseismic A/S	3,5m	7m	Systematisk	Entrep.	100 l/m	Nei	Retning ble endret pga dårlig fjell	5m	Kart s. 58 Fig.s. 59
203	" " Sandeavatn, 1980	NVE, J.Kjelland	Bratt, 61	Basert på seismikk	Geoteam 2790-05	4-5m	50m	30m fra utslag	"	En del mot slutt en	6 uker med injeksjon 14m fra utslag		30-40m	" " " " Ann.s. 60-61
204	" " Saurdal-Sandsa, 1980-81	" "	Kupert, 75	Kart	Nei	Gj.slag foretatt over vann		Delvis	"	Betydelig, se ann.	Begge deler i vanskelige partier			" " " " 64-66
205	" " Osane, 1980	T.Furuholmen, Homdrom	20				50m						150m	" " " "
206	" " Storevatn, 1980-81	NVE, J.Kjelland	Kupert og bratt, 40	Basert på seismikk	Geoteam	4m	50m	Ved vanskelige partier	"	Stedvis mye	Stedvis mye, stans i ukedriften		Totalt ca.660m	" " " " 67-70
207	" " Tredjevatt, 1984	" "	Kupert, 19	" "	" "	3m	71m		"	" "	Stedvis mye, stoff oppgitt se ann.		Ca.90m	" " " " 71-76
208	" " Andrevatt, 1984	" "	" 19	" "	" "		27m	Nei	"	I enkelte partier	Stedvis, se ann.		150m	" " " " 77-78
209	" " Oddatjønn, 1984	" "	" 50	" "	" "	4-5m + løsm.	57m	Ved utslag	"	Lite	90 sekker sement inj. ved utslag		120m	" " " " 79-80
210	" " Oddatjønn-Underknuten, 1984	" "	" 40	" "	" "	5m + løsm.	70m	Systematisk	"	Mye fra 500m før utslag	Ca.90000kg rapidecement + ca.200m ³ sprøytebet.		350-400m	" " " " 81
211	Ulvik kraftanl. Solsevatn, 1974	Ingeniørbygg	Flatt, 6	Ja	Nei	3m		Ja						
213	Usta kraftanl. Ustavatt, 1965	Høyer Ellefsen, K.Randmel	Slakt, 26	" "	" "	2,8m	25m	Systematisk	Entrep.	Store	Inj.i slepper de siste 30-40m			

TABELL II: TEKNISKE DATA

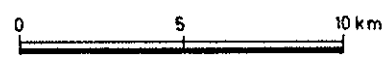
NR.	ANLEGG, UTSLAGSSTED, ÅR	ENTREPRENØR, ANL.LEDER	TOPOGRAFI, IVERRSNITT M ²	GRUNNUNDERSØKELSE			BERGCOVER DEKKING VED SISTE STUPE	VANNDYPP	SONDERBORING	DRIFTS- RAPPORT	LEKKASJE	INJISERING, UTSTØPING	DRIFT VED GJ.SLAG	LENGDE U.VANN	KART, ANN. FIGURER
				GEOLOG- ISK	OPP-LODDET	SEISMISK									
215	Vemundsbotn kraftanlegg, Meinsheimdevatn, 1980	BKK	Ulendt og bratt, 800moh, 3	Kvartsrisk gneis	Ja	Nei	2,7m	22m	Delvis	BBK	Noe på stoff		20m		
216	Øksneivane kraftverk, Bjørndalsvatn, 1949-53	Eeg-Henrikset A/S	Bratt, 500moh, 6	Nei	Ja	Nei		60m og 30m	Systematisk	Entrep.			70m og 40m		
218	Årøy kraftverk, 1982	Astrup & Aubert A/S, Etterli	30		Ja	Nei		0m	Ja	"	Ubetydelig	Nei			
220	Åskara kraftverk, 1978	Iau Eide A/S, Siv.Ing.Lien	Ulendt, 900moh, 5	Nei	Ja	Nei	2,3-2,6m	20m	Systematisk	"	Lite, tunnel drevet på stigning	Nei	30m		
221	Karmøy-Kårstø, 3 gassrørtunneler, 1985	Selmer-Furuholmen, I/S Selmer-Høyer	25	Ja		Ja		180m (maks.)	Systematisk, 50m (3 hull)	"	Betydelig	Ja	18000m	Ann.s. 82-83	
222	Nedre Jervan, vanttunnel, Jonsvatn, 1964	A/S Jernbeton	Ca. 30% stigning, 150moh, 6,5		"			25m	"	"			50-60m		
223	Oset Renseanl. Maridalsvannet, 1975	Astrup & Aubert A/S, Øverland/Kvaalen	Kupert, hylle ved, gj.slag, 3,8		Fra båt + gr.boring		2,8m	18m	Ja	"	Lite	Nei	50m		
224	Rafnes-Nordsjø, vanttunnel (17km)		10-18					80m					17000m		
225	Rafnes-Herøya, gassrørledning (7km), 1976	T.Furuholmen A/S	Slakt, 16	Ja, se ann.	"	Ja, se ann		100m	Systematisk (50m)	"	En del mot slutten, 27 l/s (se ann.)	Ja, (se ann.)	3300m	Ann.s. 84-85	
226	Vardø vegtunnel (2,8km), 1980-82	"	52	Ja		Ja		87m (maks.)	"		Totalt ca. 1000 l/min	Inj.ca. 83 tonn sem-ent. 2100m ³ SPT, bet. 5641m	Ca. 1700m	Ann.s. 86-88	
227	VEAS Avløps-tunnel, Oslo, 1976-80	"	Småkupert, 9-10	Ja, NGI 238/239	Geoteam	Geoteam 36861			Systematisk (24m)	"	Stedvis, mye se ann	Ja		Ann.s. 89-91	
228	VEAS Avløps-tunnel, Slommestad, 1980	"	10	"	"	368611	4m	47m maks, 20m ved gj.slag	"	"	Mye fra sleppe 30-40m fra stoff	Forinjeksjon + syst.bolt.	Ca. 1000m	27	

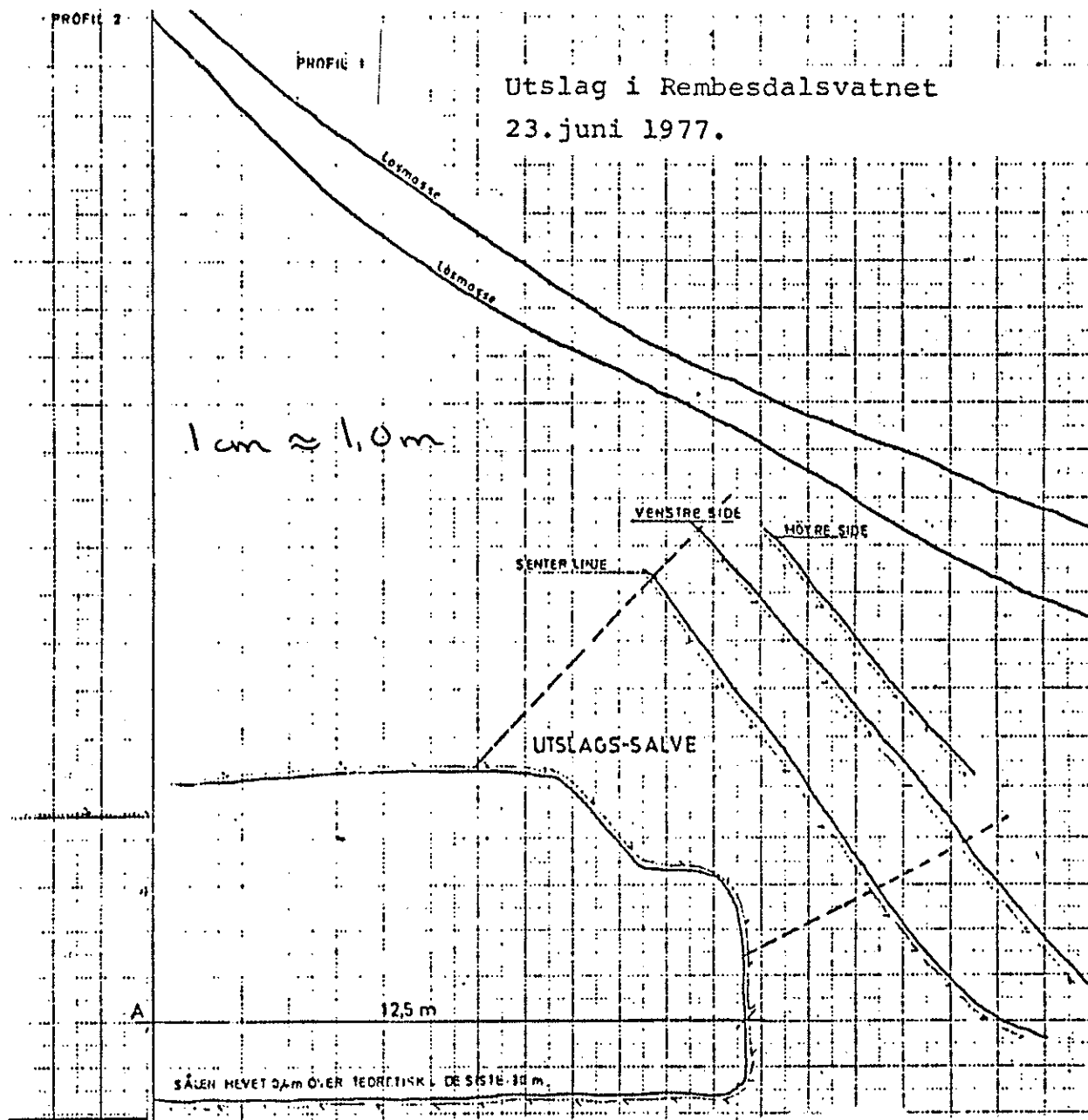


EIDFJORDVERKENE



- Fylkesgrense
- Kommunegrense
- - - - - Grense nedbørfelt
- +— Tunnel og kraftstasjon
- Dam
- Nåværende vei
- == Anleggsvei
- Uregulert vann
- Regulert vann med reguleringsgrense





I løpet av januar 1977 var tilløpstunnelen drevet fram til utslaget og slamgrop ferdig sprengt. Etervinteren og våren gikk så med til montasje og innstøping av luke, varegrind samt rør i omløpstunnel. Det ble dessuten utført en sikringsstøp i tilløpstunnelen innenfor luke, en dårlig sone nedstrøms luke ble sikret med sprøytebetong. Sålerensk og nedrigging i tunnelen ble gjort ettersom dette passet med de øvrige arbeider. Som planlagt var alt klart til utslaget skulle tas i midten av juni.

Forundersøkelser

Både i 1965 og i 1975 var det tatt seismiske profiler i området for utslaget. Undersøkelsene antydte løsmasselag over fjell på 5 - 6 m og at massene besto av løst lagrede sedimenter, sannsynligvis breslam.

Tunnelen ble rettet inn mot det området hvor det var antatt minst tykkelse på løsmassene.

De seismiske undersøkelser antydde også tvilsom kvalitet på fjellet i området hvor utslaget måtte komme. Det var ikke mulig å legge tunnelen slik at de dårlige sonene kunne unngås.

Drift mot utslag i Rembesdalsvatn

Fra det stedet tunnelen krysset strandlinjen ble det foretatt systematisk prøveboring. Alle hull ble tegnet inn på lengdeprofil og horisontalsnitt av tunnelen, begge i stor målestokk. Slepper og eventuelle gjennomboringer ble tegnet inn på disse snittene av oppsynsmennene som tildels var med under prøveboringene.

Med betryggende prøveboring ble tunnelen med fullt tverrsnitt (52m^2) drevet fram til utslag v.hj.av boreriggen. Fjellet var stort sett bra, men enkelte åpne slepper førte en del vatn. Dette vatnet fulgte helst stoffen og det nærmeste området i vegg og heng. Det kunne etter enkelte salver sprute ganske friskt inne i tunnelen. Samlet lekkasjevatt inn i tunnelen var mot slutten 80 - 90 l/sek.

Noen av sleppene sto slik at hengen måtte sikres med bolter. Det var eneste form for sikring som ble foretatt utenom vanlig rensk.

Til å begynne med ble prøveboringen lagt opp med 3 hull i hengen og ett hull i hver side. Alle viftet noe ut i forhold til tunnelaksen. (ca 30°) Det ble brukt skjøtborutrustning på riggen og hullene ble boret 12 m fram. Deretter ble det drevet to salver uten prøveboring (ca 7.0 m). Etter hvert som vi nærmet oss utslaget ble antall prøvehull øket noe etter hvor usikker en følte seg. Det ble boret prøvehull på over 20 m for å lokalisere egnet utslagssted. På grunnlag av disse prøvehullene la vi inn en knekk på tunnelen de siste metrene for å komme mest mulig vinkelrett på fjelloverflata. Siste salva ble delt i to for å unngå for store rystelser. Da var stoffen slik som vist i bilag III. En nøyaktig prøveboring som dekket hele området for utslagssalva viste den fjelloverflate som er inntegnet på samme tegning. Enkelte prøvehull ble drevet 3 - 4 m inn i løsmassene for å forsikre oss om at vi ikke sto framfor en sleppe i fjellet. Løsmasseoverflaten er også inntegnet på samme tegning (etter loddekart).

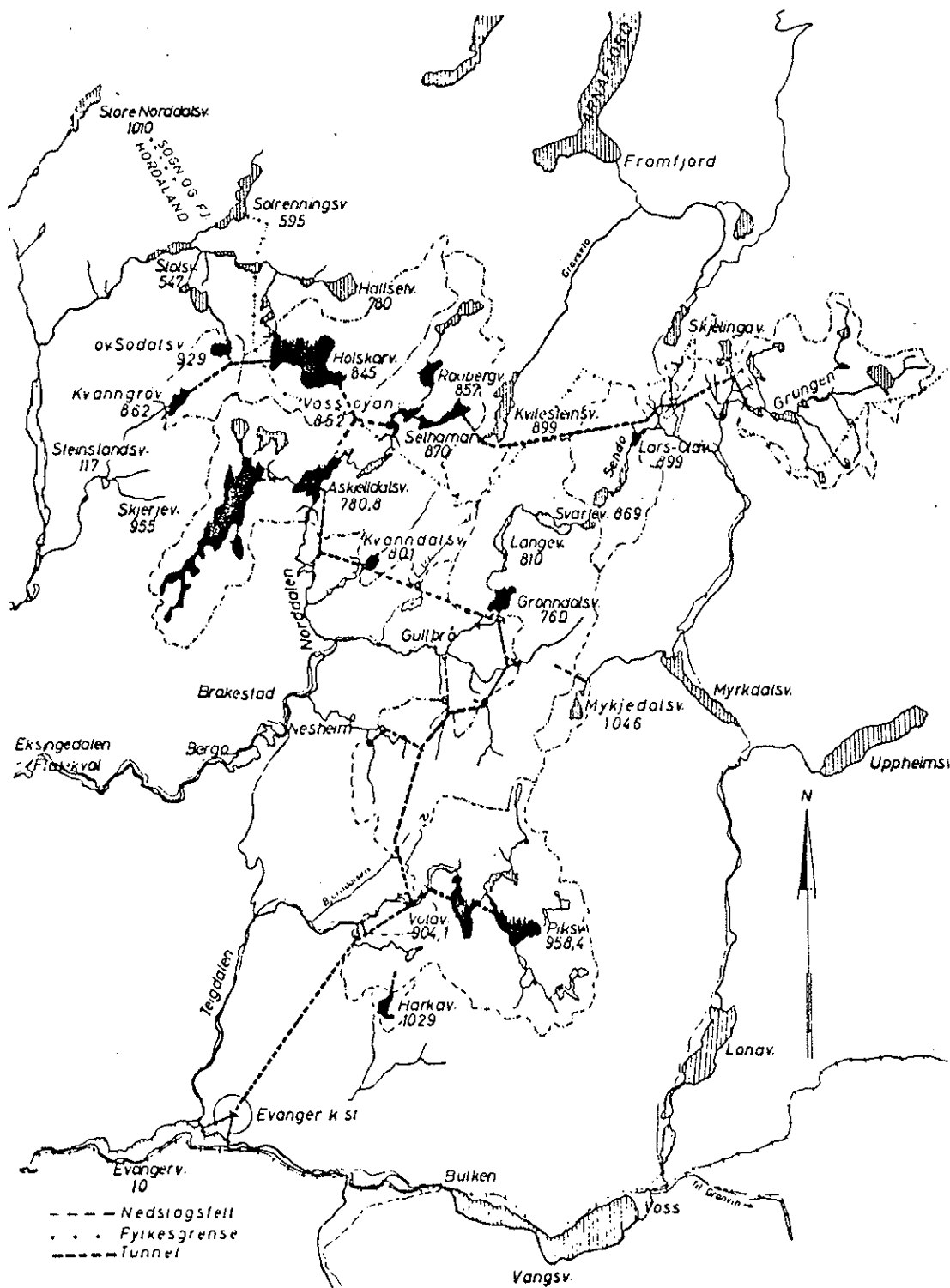
Evanger Kraftverk

Evanger Kraftverk skal utnytte vassdragene i Teigdalen og Eksingedalen i Hordaland. Teigdalen er en sidedal fra nord til Vossos dalføre ved Evanger. Det nedslagsfelt som er planlagt utnyttet er ca. 61 km².

Eksingedalselven har sine kilder i grenseområdet mellom Hordaland og Sogn og Fjordane og har avløp til Osterfjorden ved Eidslandet. Det er planlagt utnyttet 152 km² av nedslagsfeltet, samt overført 97 km² fra nabovassdrag, slik at samlet nedslagsfelt som skal utnyttes er ca. 310 km². Magasinkapasiteten vil bli ca. 500 mill. m³. Fallhøyden er ca. 800 m.

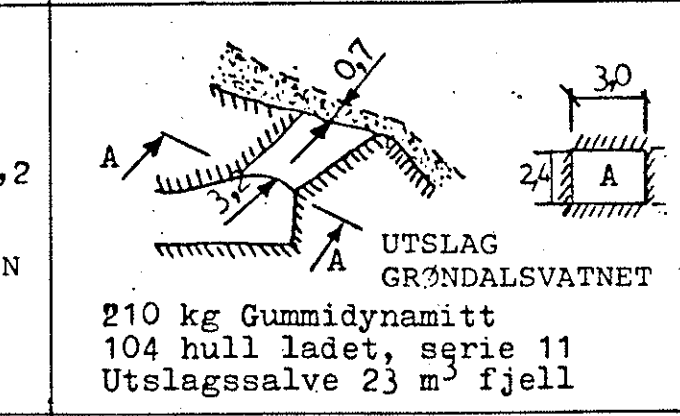
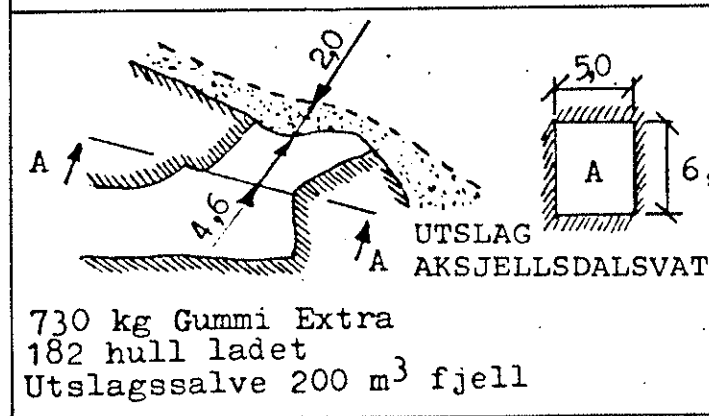
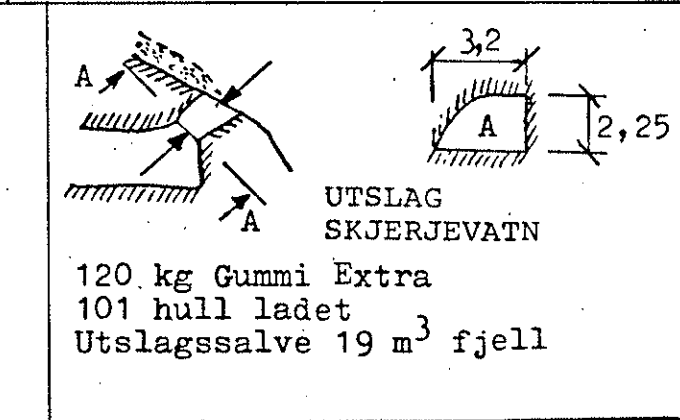
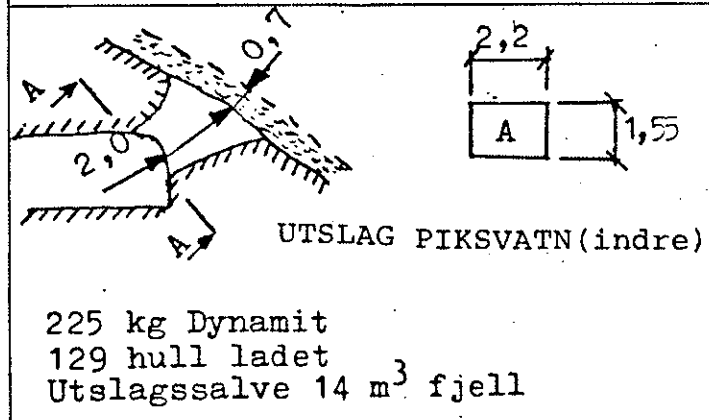
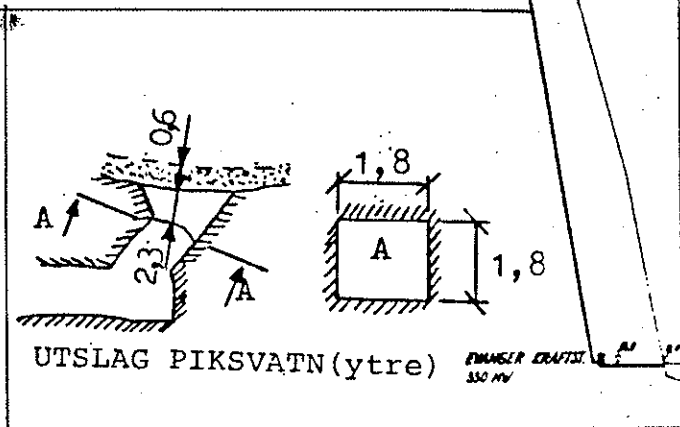
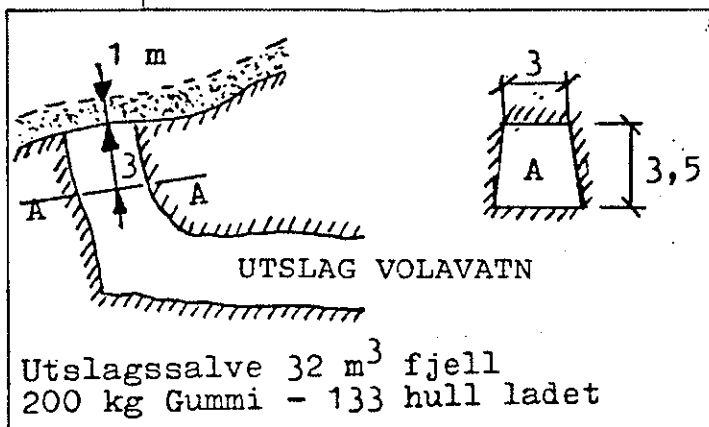
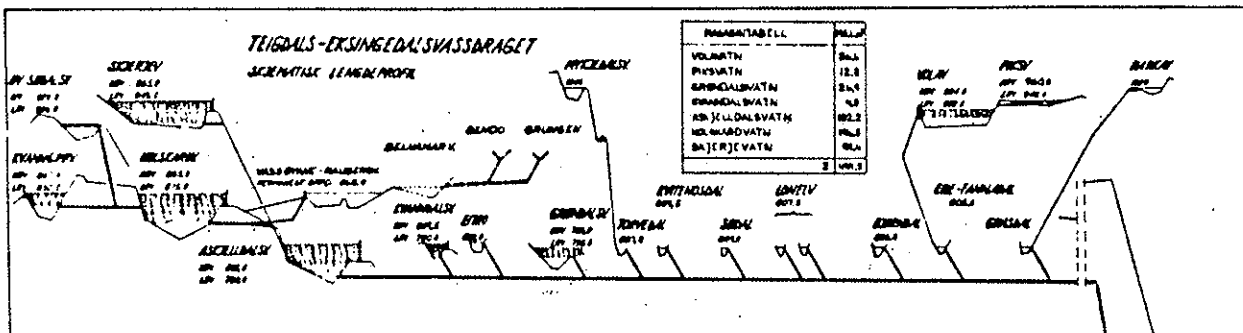
Fallrettighetene i de to vassdragene ble oppkjøpt i tiden 1907–17 og senere solgt til Bergen kommune, som i 1935 overdro dem til B.K.K. Selskapet besluttet høsten 1961 å foreta en felles utbygging av de to vassdragene i en kraftstasjon på Evanger. Forberedende arbeid begynte i 1963, men utbyggingen tok først for alvor fatt høsten 1965.

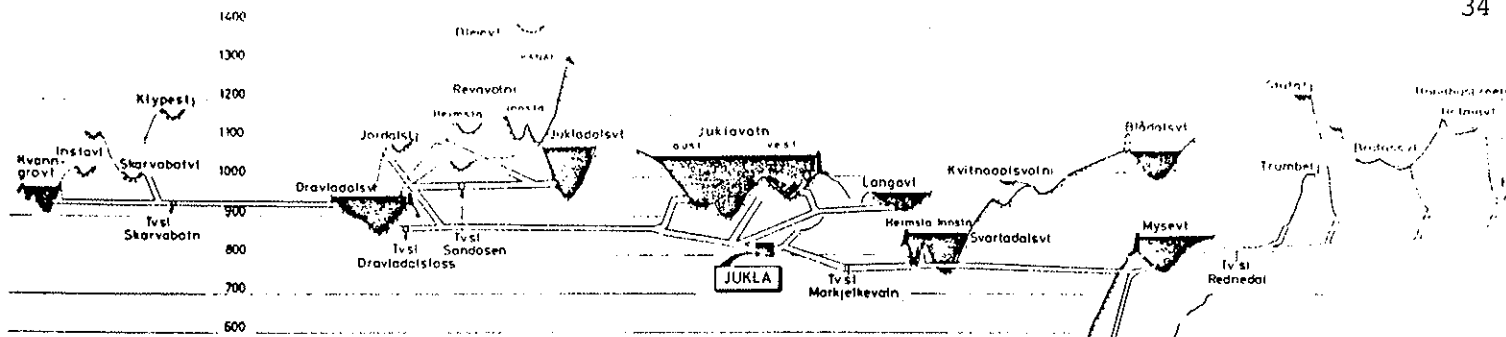
Planene for utnyttelsen av vassdragene går ut på å samle, regulere og overføre vannet fra Askjedalsvatnet via Grønndalsvatn til Styveshorgi ovenfor Evanger. Driftstunnelen som får et tverrsnitt på 30 m² blir ca. 34 km lang. På denne strekningen blir avløpet fra en rekke mindre elver ført inn i driftstunnelen. Ved Styveshorgi er anlagt fordelingsbasseng



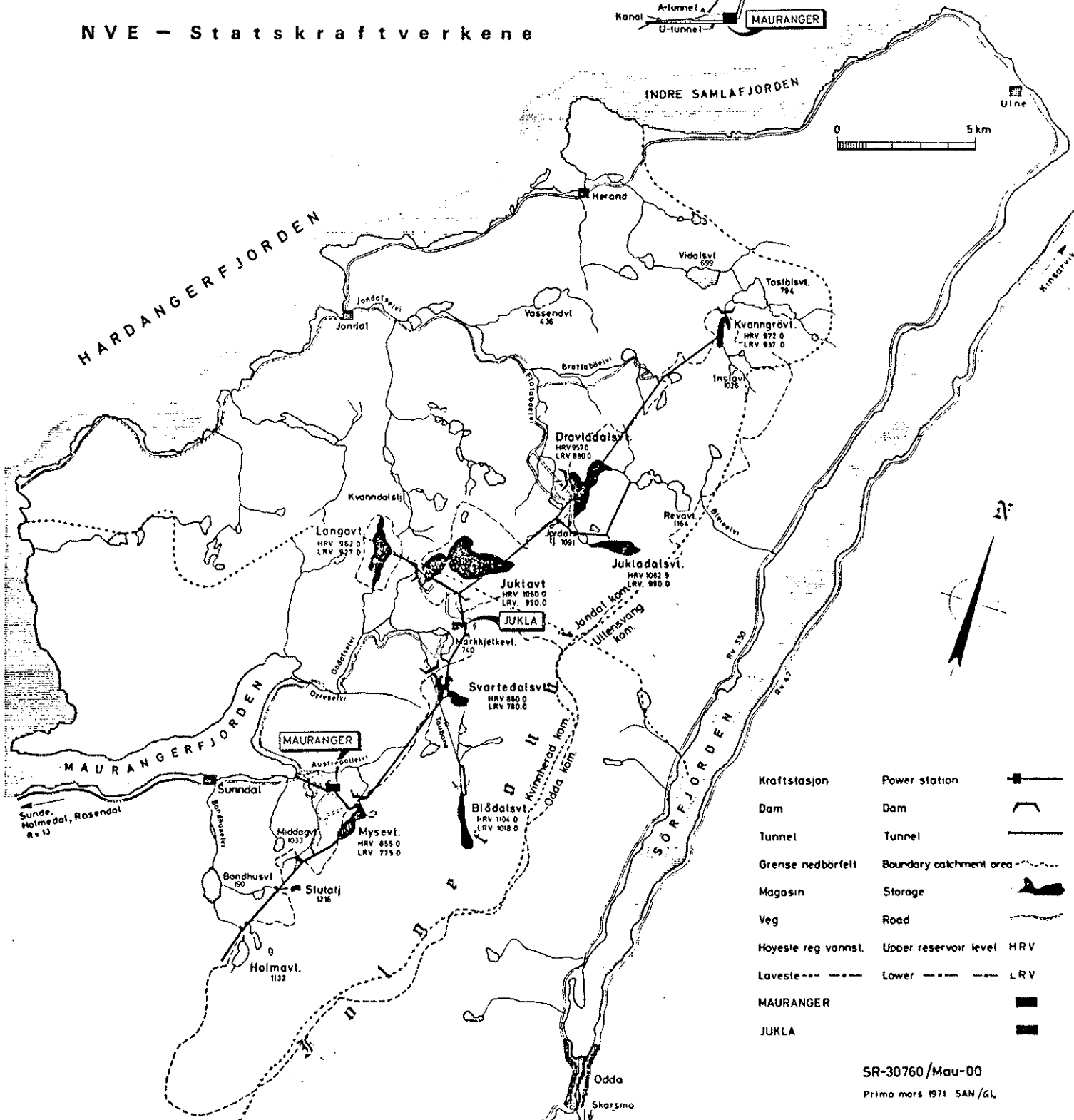
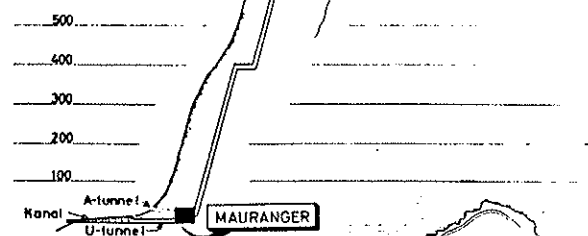
med øvre og nedre kammer, stigesjakt, rør-inntak, varegrind og ventilkammer med rør-bruddsventil og vakuumentiler. Fra ventilkammeret fører en utforet trykksjakt med innvendig diameter 3000 mm og lengde 1010 m til kraftstasjonen ved Evanger. Den ligger i fjell og har en ca. 1400 m lang adkomsttunnel. Her er nå installert 1 aggregat som består av en peltonturbin på 150.000 HK med 6 dyser og en generator med ytelse på 135 MVA. Det er plass til 3 slike aggregater. Kraftverket får avløp i Evangervatnet ved Fadnes. Brutto fallhøyde er 789 m.

Fra generatoren føres kraften gjennom blanke skinner til en blokktransformator med omsetning 15/310 kV. Denne er nedsenket i gulvet ved siden av generatoren. Fra transformatoren fører enfase oljetrykkskabler ut til 275 KV koblingsanlegg i friluft. Kraften føres over en 22 km lang 275 KV kraftledning til Dale. Kraftstasjonen vil bli fjernstyrt fra Dale kraftstasjon i Dalekvam over HF forbindelse. Ved full utbygging vil man få en regulert vannføring på 23 m³/sek og kraftproduksjonen vil bli ca. 1300 GWH pr. år.





GENERAL PLAN
FOLGEFONN - VERKENE
NVE - Statskraftverkene



Kraftstasjon	Power station	
Dam	Dam	
Tunnel	Tunnel	
Grense nedbørfelt	Boundary catchment area	
Magasin	Storage	
Veg	Road	
Høyeste reg vannst.	Upper reservoir level	HRV
Laveste	Lower	LRV
MAURANGER		
JUKLA		

SR-30760/Mau-00
 Prima mars 1971 SAN/GL

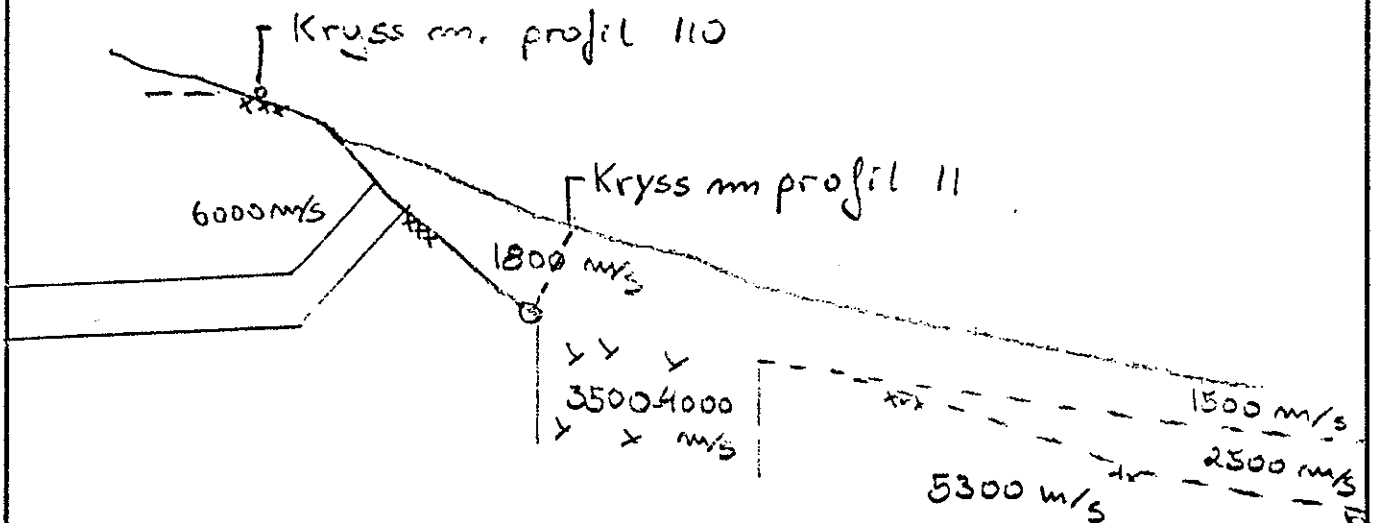
DYNO KONSULENT AS
OSLO

Følgeform - anleggene
Mysevatn - omlops tunnel
seismiske profiler

Dato

Sign.

PROFIL 9/71

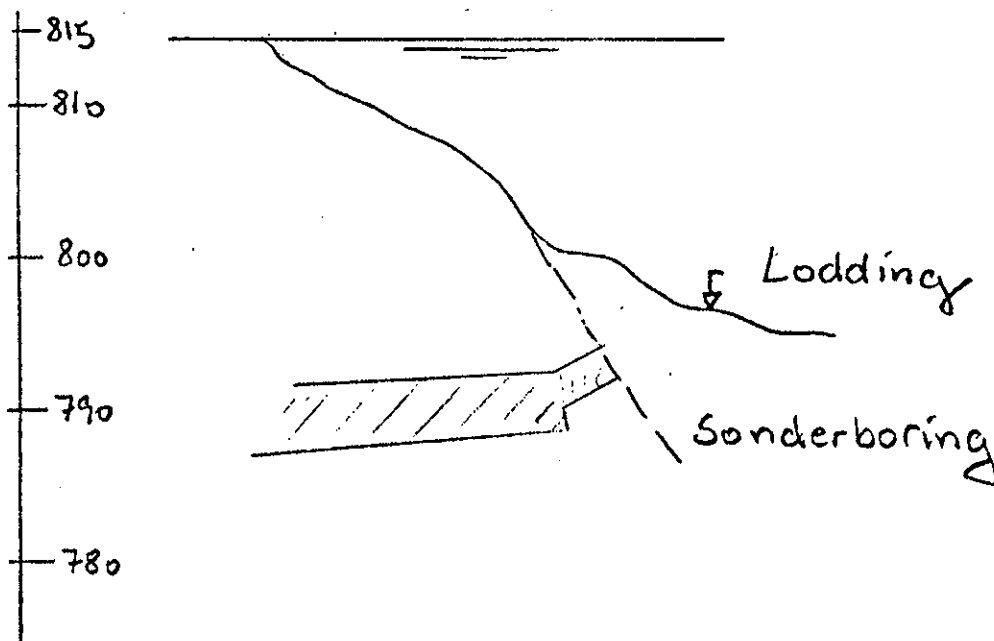


DYNO KONSULENT AS
OSLO

Følgeform anleggen
Mysevatn - omlops tunnel
Lodding fra isen

Dato

Sign.



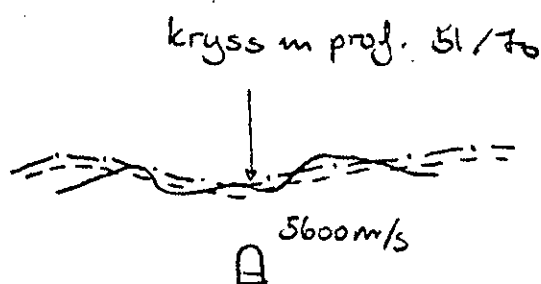
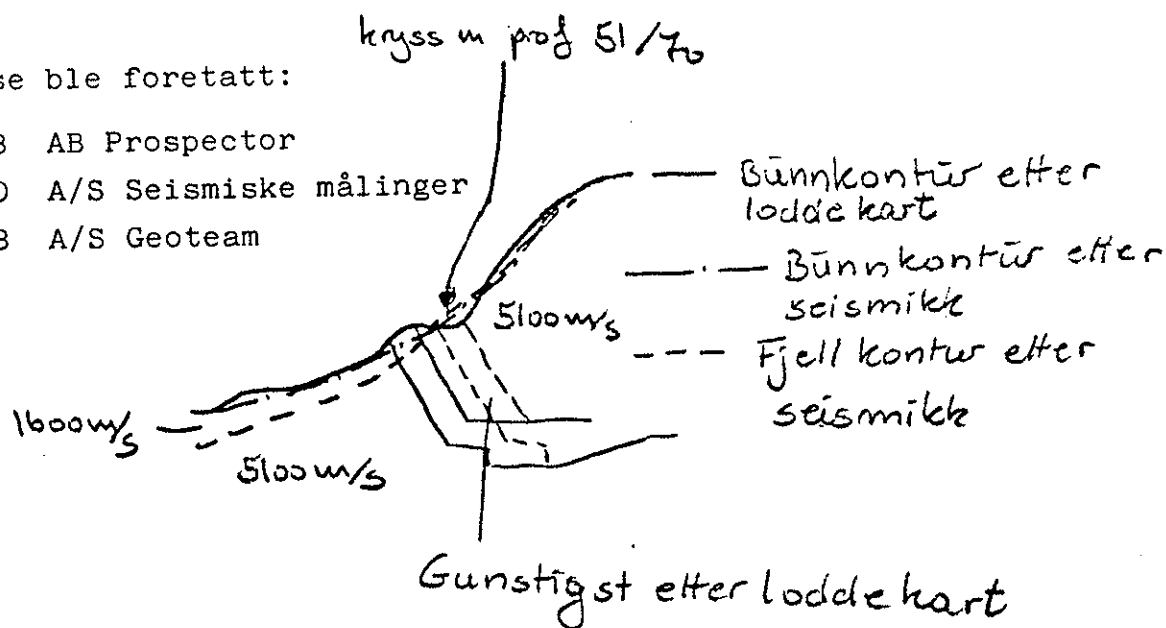
Ved sonderboring av utslagsproppen (gjennom boring) for å kartlegge fjelloverflaten/løsmasser fikk man betydelig lekkasje. Driften måtte stoppes. For å kartlegge fjelloverflaten ble det satt i gang omfattende prøveboringer. Prøveboringene viste uoverensstemmelse med de seismiske målingene.

Folgefonn-anleggene - Juklavatn - vest

Seismiske målinger

Disse ble foretatt:

- 1968 AB Prospector
- 1970 A/S Seismiske målinger
- 1973 A/S Geoteam



Seismisk profil 52/70

Målingene i 1968 og 1970 var av mer sonderende art.

Målingene i 1973 var en nærmere undersøkelse av utslagsstedet, blant annet en profil langs tunnelaksen.

De siste seismiske målingene viste brukbar overensstemmelse med sonderboringene.

Kostnader

Totalkostnader for selve gjennomslaget har vært ca kr. 120.000,- - 130.000,- for Juklavatn vest.

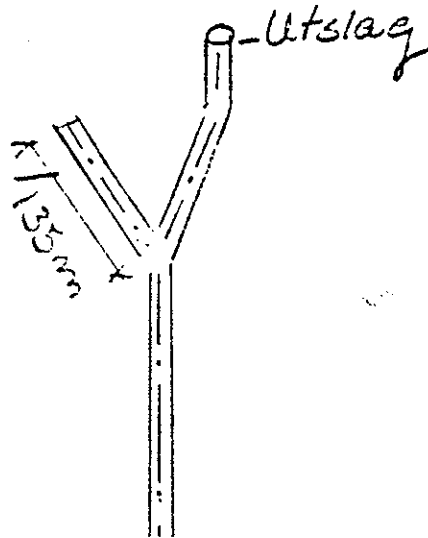
DYNO KONSULENTAS
OSLO

Folgefonn-anleggene, Juklavatn - øst

Dato

Sign.

Blind-
tunnel



Seismiske målinger:

Disse ble foretatt:

- 1964 AB Elektrisk Malmleting
- 1968 AB Prospector
- 1971 AS Siv.ing. O. Kjølseth
- 1973 AS Geoteam

Målingene 1964 og 1968 var av mer sonderende art. Målingene 1971 ble tatt etter at tunneltraséen frem mot utslaget var fastlagt, dvs. nærmere undersøkelse av utslagsstedet. Målingene i 1973 ble foretatt etter at sonderboring hadde vist at utslagsstedet var lite egnet. Målingene 1971 stemte ikke overens med sonderboringen.

Tidsforbruk:

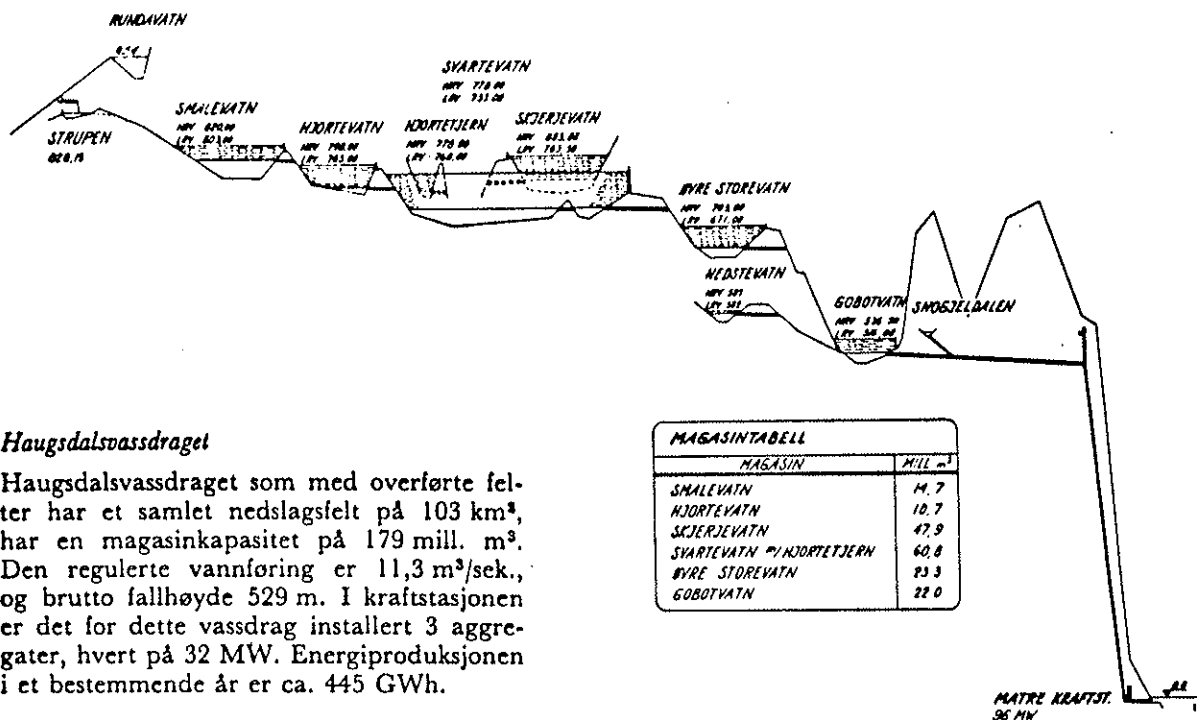
Tidsforbruk de siste 130 metrene frem til nytt utslagssted: ca tre uker.

Inkl. boring av utslagssalven ca 1 mnd.

Det ble en forsinkelse på ca 1 mnd. p.g.a. valg av nytt utslagssted.

Kostnader:

Totalkostnader for utslaget har vært ca kr. 180 000,- - 200.000,- i 1973.

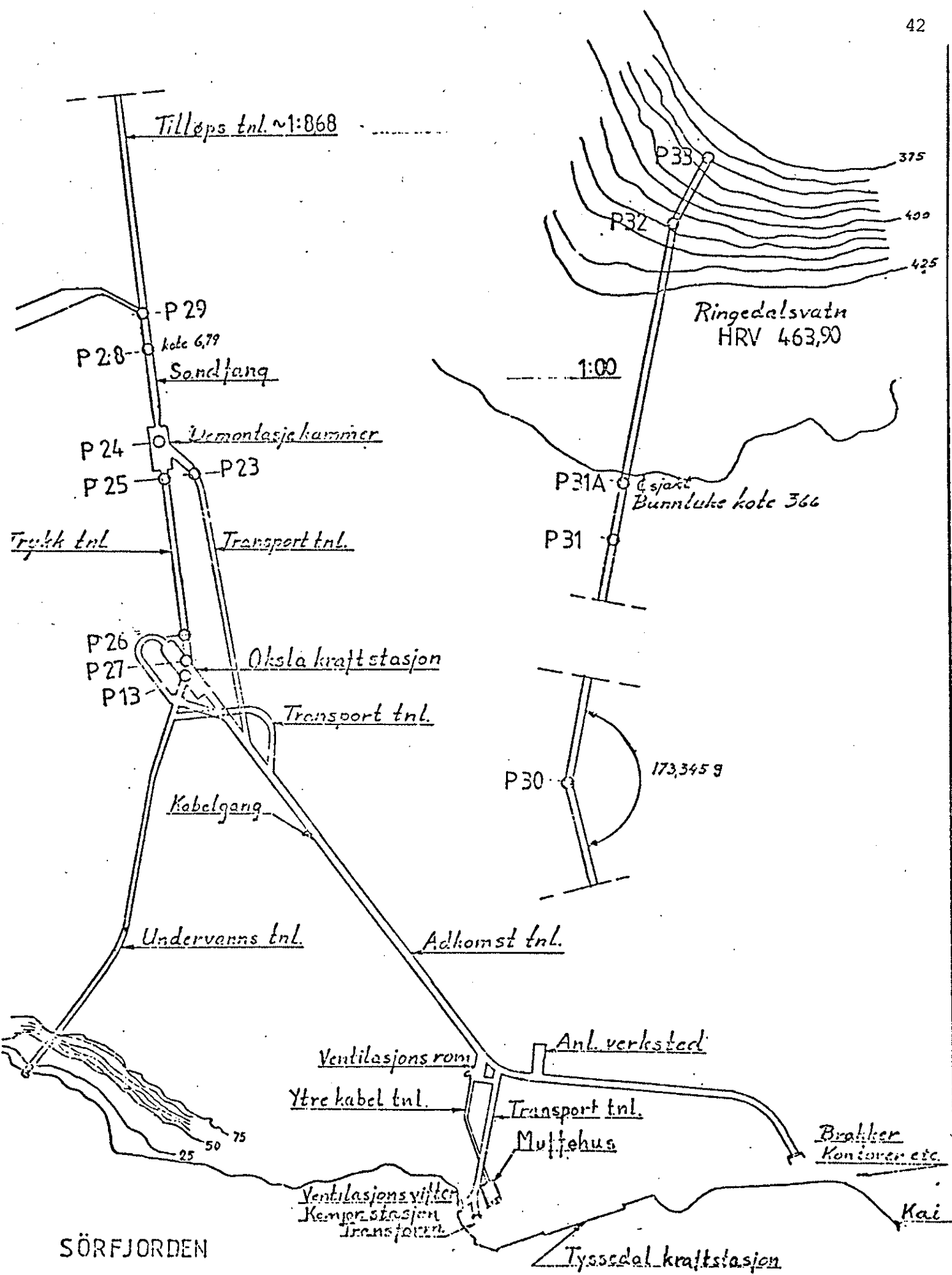


Haugdalsvassdraget

Haugdalsvassdraget som med overførte felter har et samlet nedslagsfelt på 103 km², har en magasinkapasitet på 179 mill. m³. Den regulerte vannføring er 11,3 m³/sek., og brutto fallhøyde 529 m. I kraftstasjonen er det for dette vassdrag installert 3 aggregater, hvert på 32 MW. Energiproduksjonen i et bestemmende år er ca. 445 GWh.

MAGASINTABELL	
MAGASIN	MILL. m ³
SMALEVATN	14,7
HJORTEVATN	10,7
SKJERJEVATN	47,9
SVARTEVATN ^o /HJORTEJERN	60,8
BYRE STOREVATN	23,3
GOBOTVATN	22,0

HAUGDALSVASSDRAGET	100	100
Styremedlem		5865



OVERSIKT KRAFTSTASJONS OMRÅDET.
OKSLA KRAFTVÆRK

M 1: 5000

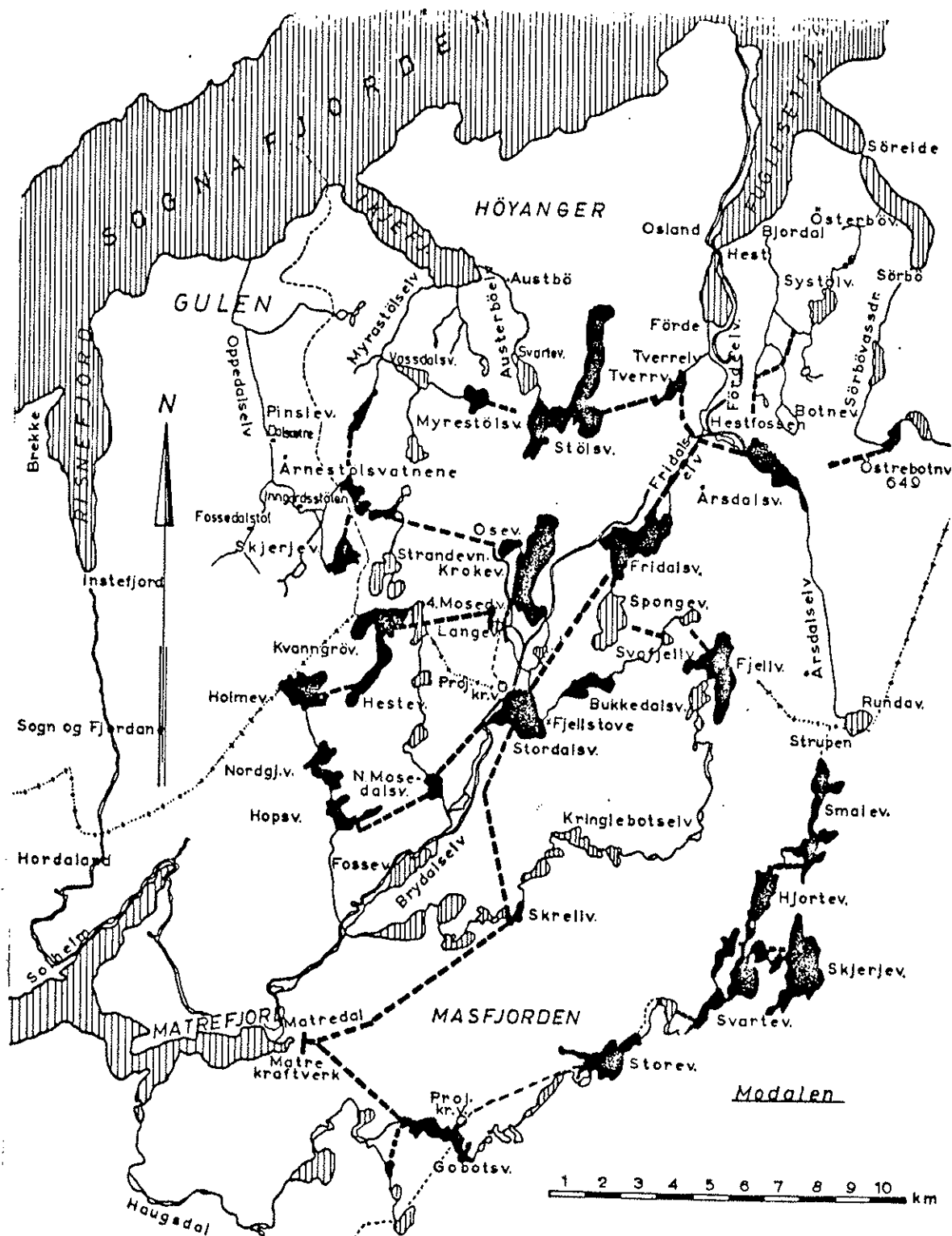


Matre kraftverk

Matre kraftverk utnytter vannføringen i en rekke vassdrag i to separate kraftverk, men i en felles kraftstasjon i Matre, Masfjorden i Nordhordland.

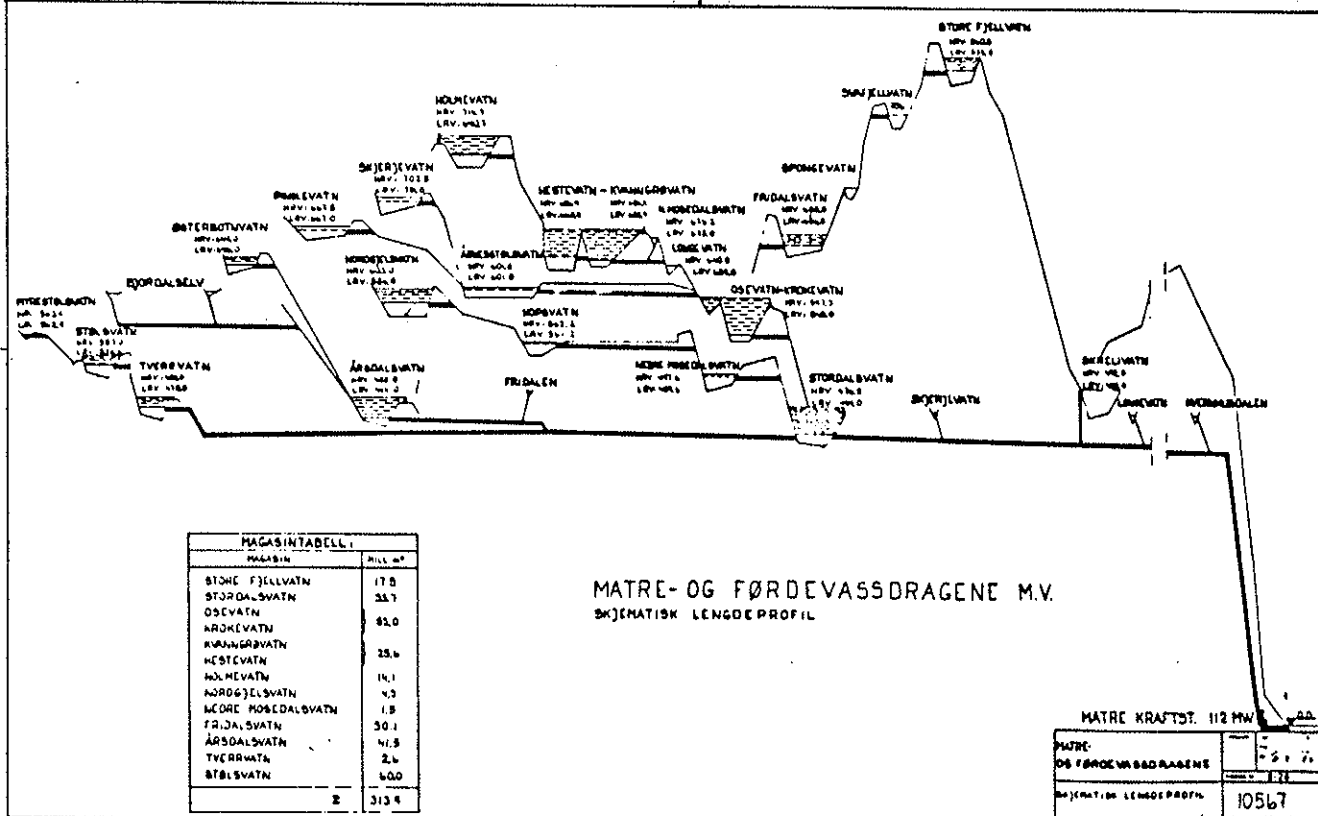
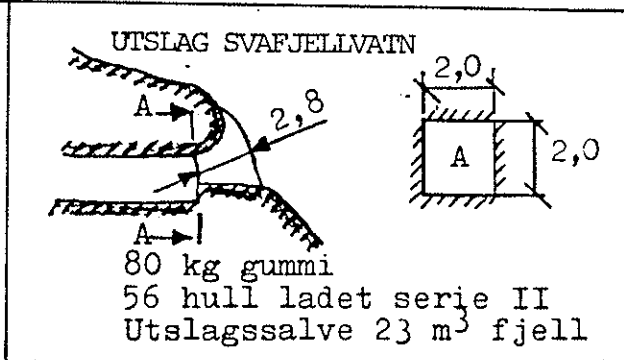
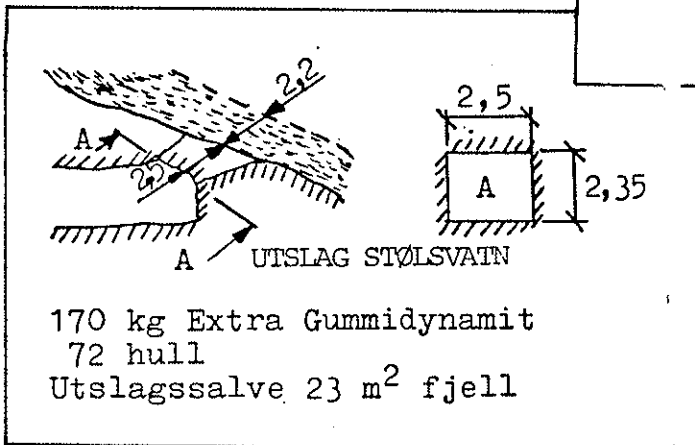
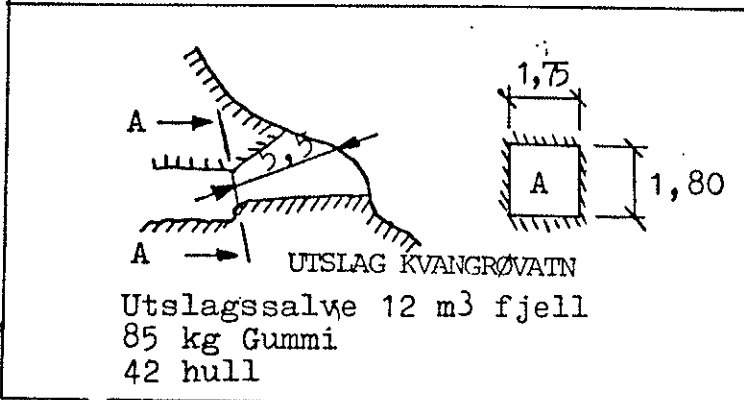
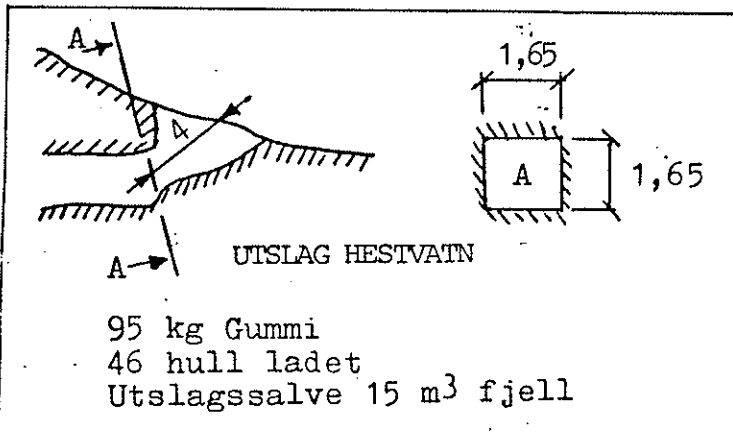
Fallrettighetene ble i det vesentlige samlet på en hånd i årene 1898 til 1908. B.K.K. overtok rettighetene i 1953.

Anleggsarbeidene ble påbegynt i 1952, og det første aggregat på Haugsdalsiden kom i drift i 1956. Det siste på Matresiden ble satt i drift i mai 1963. Man venter at reguleringsarbeidene vil bli ferdig i løpet av 1970–73. Samlet installasjon er 208 MW og produksjon 1082 GWh.



Matre- og Førdevassdraget m.v.

Matrevassdraget består av 3 elver. Kringlebotnelven, Brydalselven og Nordgjelselven, som løper sammen ved foten av Hommelfossen. I 1965 fikk man tillatelse til å overføre Førde-, Ikjeljords- og Sørebovassdragene og i 1969 Oppedals-, Myrestøls- og Bjordalsvassdragene. Alle disse overførte vassdragene har sitt naturlige avlop i Sognefjorden. I alt utnyttet et nedslagsfelt på 219,3 km². Med en planlagt magasinkapasitet på 314 mill. m³ vil man i et bestemmende år få en kraftproduksjon på 637 GWh. Brutto fallhøyde er 476 m og installasjonen består av 2 aggregat a 56 MW.



Beskrivelse av arbeidsplassen.

Arbeidssted Oksla ligger i Tyssedal i nærheten av gml. kraftstasjon Tysso 1 og 2. Arbeider som foregår her er utsprengning og bygging av kraftstasjon og sprengning av lukesjakter, utløpstunnel samt adkomst- og transport-tunneler. Se oversiktstegning. Bilag I.

Tunneldata.

Lengde fra P24 til P32 3535 m.

Stigning 1 : 8,68 fra sandfang til P31, fra P31 til P32 1 : ∞

Planlagt tverrsnitt: 37.5 m² Profilert tverrsnitt: 39.38 m².

Driving. Driftsdata.

Drivetidsrom 9.10.-7.12.78 Oversikt over inndrifter i bilag IV.

Drivinga av tilløpstunnelen ble avslutta 7.12., en gikk da over til driving av utslag ca. 71.5 m som var klargjort i mars-79, utslagsalva gjenstår.

Tunnelen ble så bunnrenska og spylt samtidig som nedrigginga pågikk. Tidsrom: Mars-sept.-79.

Tilrigginger.

Tunnelen ble betjent fra kompressorstasjon, vannopplegg og verksted som var felles for området. Tilrigging av el-forsyning ved overgang til hydraulrigg, men 6" luftledning ble lagt hele tunnel-lengden p.g.a. brannsikring.

Ventilasjonsopplegg.

1 stk. PHM140 vifte plassert ute i enden av transporttunnel.

1 stk. PHM140 hjelpevifte plassert ved sandfang ca. 900 m fra inntak. Ledningsdiameter 150 cm.

Følgende kapasiteter ble målt ved 2100 m tot. lengde på duken.

Ved 10 m: 1300 m³/min. ved statisk trykk 350 mm V.S.

Ved 2050 m: 1000 m³/min ved statisk trykk 50 mm V.S.

Dette gir ca. 11 % tap pr. 1000 m.

Vannforsyning.

Vannforsyning fra kum ved sandfang. PVC slange ø 75 mm innover tunnelen. Pumper type Vogel plassert ved kum og for hver 500-600 m innover i tunnelen.

Ringedalsvatn - Tyssedal

Seismiske målinger.

Disse ble foretatt 1971 og viste

C = 5300 - 5500 m/s i fjellet

C = 1600 - 1700 m/s i løsmasser

Det ble påvist en sleppe parallelt overflaten.

Denne ble påtruffet.

Sonderboringene viste at fjelloverflatens beliggenhet avvek noe fra de seismiske profiler. Utslagsproppen ble trukket 8 - 9 meter tilbake.

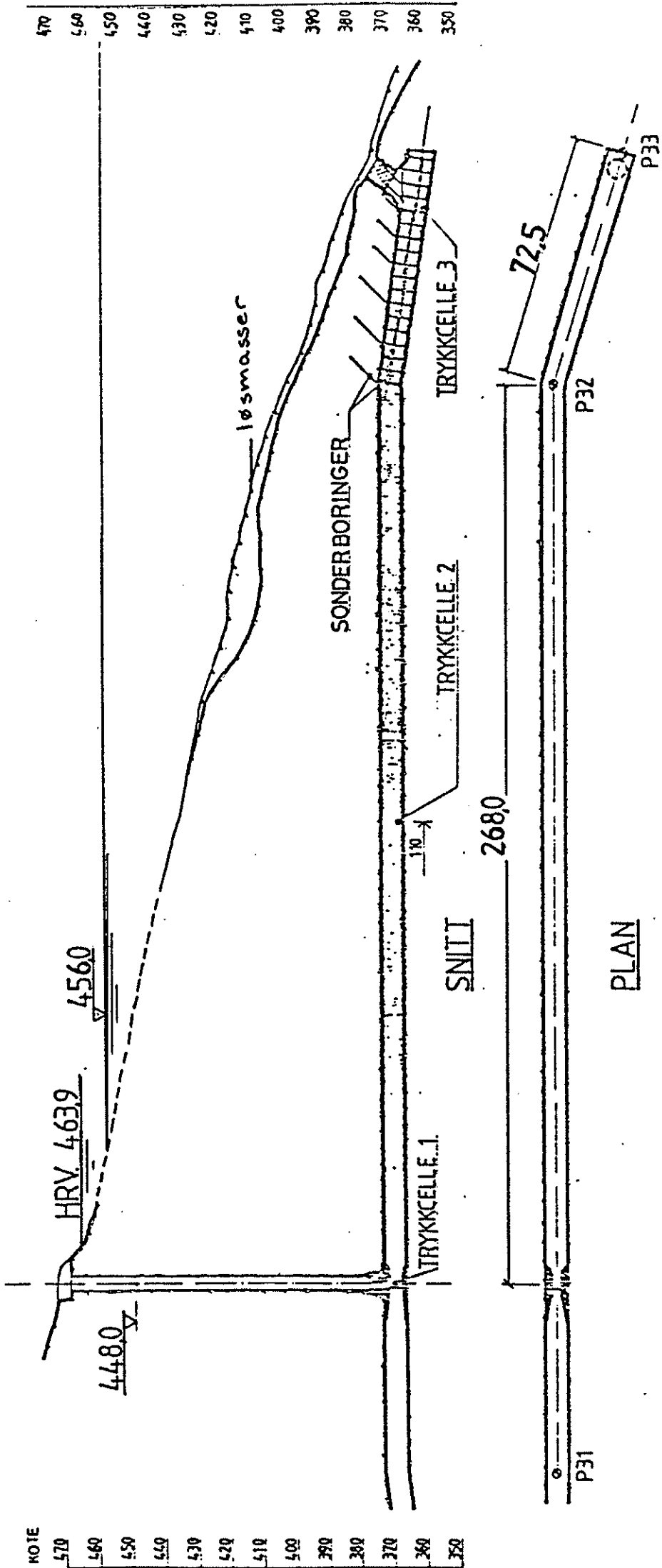
Sleppen parallelt overflaten var større og mer åpen enn antatt.

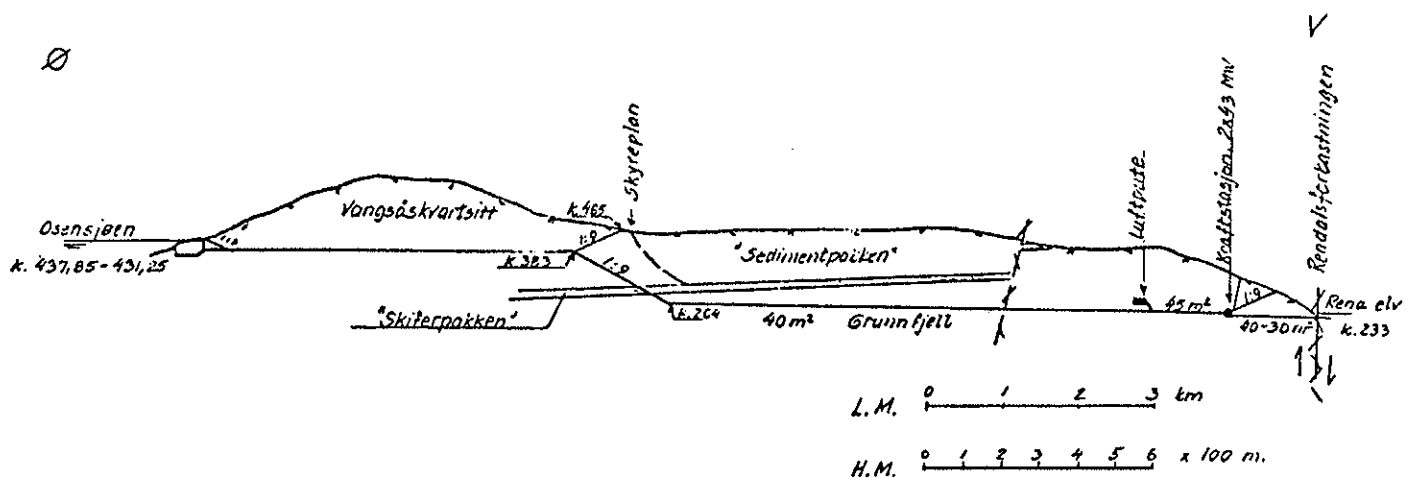
Kostnader: (Konklusjon)

Prosjektert tverrsnitt	37,5	m ²
Profilert tverrsnitt	39,8	m ²
Gjennomsnittlig ukeinndrift	38	m/uke
Høyeste ukeinndrift	65	m/uke
Spesifikk boring	2,58	bm/fm ³
Spesifikt sprengstofforbruk	2,15	kg/fm ³
Totaalt mannetime	12,89	mt/m
Totale kostnader	5162,-	kr/m

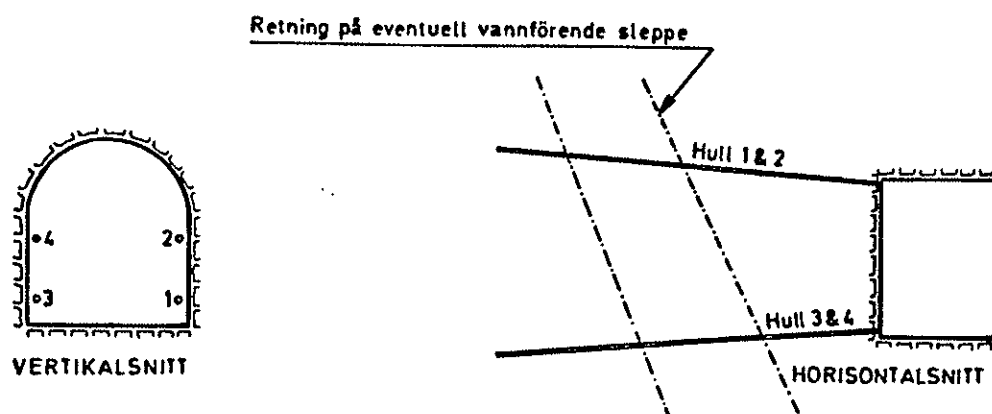
Se ellers bilag Etterkalkyle

Utslag Ringedalsvatn





Lengdeprofil – Nye Osa Kraftverk.



Sonderboring. Hull 1 og 2 bores alltid. Hull 3 og 4 bores dersom noe mistenksomt oppdages i hull 1 og 2.

Nye Osa.

Sonderboring:

Systematiske sonderboringer av ca 15 meters lengde. Det skytes 3 salver før ny prøveboring.

På tross av sonderboring er tunnellen blitt punktert tre ganger → støpe en plate foran stuff.

Vannlekkasjer:

Vanntrykket har vært opp mot 10 - 15 kg. Injeksjon har redusert trykket, men ikke tettete lekkasjene.

Stort vanntrykk vanskeligjør innføringen av sprengstoff i borehullene.

Sprekker og knusningssoner som ofte er årsaken til store vannlekkasjer, kan forårsake tulle borehull.

Grunnfjellet har hatt åpne kanaler i kalkspatslepper. Kvartsitten har hatt tynne kanaler i finknust kvartsitt. De største vannlekkasjene har vært i grunnfjellet.

Noen data:

Utsprengt tunnel	Utstøpt tunnel	Sement til injeksjon	Boring for injeksjon	Boring for sondering
14.800 m	4.000 m	1.800 t	21.000 m	11.000 m

Vannlekkasje fra kraftst.området	Vannlekkasje fra tverrslaget	Vannlekkasje fra inntaket	Totalt utpumpet vann
5.300 lm tunnel	7.000 lm tunnel	2.500 lm tunnel	
125 l/sek.	75 l/sek.	15 l/sek.	16 Mill. m ³

Produksjon som er utført pr. 1.9.80.

TILTAK FOR Å UNNGÅ VANNPROBLEMER VED DRIVING AV INNTAKSTUNNEL, SKIBOTN KRAFTANLEGG.

Sivilingeniør Terje Holm Nygaard, Troms Kraftforsyning.

SAMMENDRAG

I inntakstunnelen under hovedmagasinet til Skibotn Kraftanlegg oppsto en vannlekkasje da det var ca. 160 m igjen å drive frem til utslagsstedet. Lekkasken på ca. 25 l/sek kom fra et vannførende lag noen få meter under tunnelsålen. Propp ble støpt i tunnelen bak lekkasjestedet og ny tunnel ble drevet frem mot utslaget. Det ble sonderboret systematisk og forinjisert etter behov tilsammen 15 tonn sement. Kostnadene pr. m for injeksjon/sonderboring utgjorde ca. 50% av tunnelprisen.

SUMMARY

A concentrated water inflow of 25 l/sec occurred in the tunnel floor of the submerged headrace tunnel at Skibotn Power Station at a point where the tunnel was 160 m from being completed. The tunnel was shut off by a concrete plug and a by-pass tunnel was driven. Systematic drilling of test holes were carried out and grouting performed when necessary. Fifteen tons of cement were used on a 70 m stretch of tunnel. The cost per meter of test holes and grouting amounted to roughly 50% of the tunnelprice.

1. INNLEDNING

Skibotn Kraftanlegg ligger i indre Troms, ikke langt fra grensen mot Finland og Sverige, se fig. 22.1.

Anleggsarbeidene gjenstår nå kun med en overføringstunnel og kraftstasjonen har nylig startet produksjon.

Hovedentreprenør er A/S Høyer-Ellefsen, og konsulent for de bygningstekniske, elektrotekniske og ingeniørgeologiske arbeider er Ingeniør A. B. Berdal A/S. Injeksjonsarbeidene er utført av A/S Grunnboring.

Foredraget er basert på rapporter fra forundersøkelsene, befæringsrapporter under anleggsdriften, samtaler med de involverte firmaer og egen oppfølging av arbeidene.

Anlegget består av 35 km tunnel med tverrsnitt fra 8 til 30 m², 3 fyllingsdammer på tilsammen 500 000 m³ og en kraftstasjon i fjell.

Det totale kostnadsoverslaget er på ca. 450 mill. kroner (1979), hvorav de bygningstekniske arbeider utgjør ca. halvparten. Kraftstasjonen utnytter et fall på ca. 440 m og har en vannføring på maks. 18,5 m³/sek.

På fig. 22.2 vises bl. a. utslagstunnelen under hovedmagasinet Rieppijavri. Det er de siste 200 m av denne tunnelen som har gitt lekkasjeproblemer.

2. FJELLFORHOLD

Hele anleggsområdet ligger i bergarter av kambro-silurisk alder. Hovedsaklig består bergartene i området av krystalline skifere. Bergartene i området er foldet og overskjøvet og området deles opp i tre skyvedekker. Det var forventet problemer der hvor tunnelen gikk gjennom skyvesonene, men dette gikk bedre enn ventet. Det kunne registreres mer oppsprekking parallelt lagdelingen og variasjon av bergartene. Et større stabilitetsproblem var der hvor spennvidden økte (kryss, nisjer) og hvor knusningssoner skar ned gjennom den flattliggende lagdelingen.

Den delen av tilløpstunnelen som omtales i det følgende har en horisontal lagdeling med lokale folder.

Bergartene er stort sett kvartsglimmerskifer og gneis. Sikringsarbeidene var beskjedne (bolt, rensk) og driveforholdene gode.

Fig. 22.3 viser et bilde av en vegskjæring representativ for forholdene i tunnelen.

3. FORUNDERSØKELSER. OBSERVASJONER FRA NÆRLIGGENDE ANLEGGSEDELER

På strekningen fra lukesjakten og frem til utslagsstedet, se fig. 22.4, var det utført seismikk. Denne viste en fjelloverdekning varierende fra 15 til 25 m frem til utslagsstedet. To lavhastighetssoner som kunne være mulige knusningssoner med fare for stabilitetsproblemer og vannlekkasje var indikert. Det var ventet at tunnelen ville krysse et skyvedekke i dette området, forløpet var usikkert p.g.a. overdekning, men under drivingen av omløpstunnelen i damområdet og under injeksjon i damfoten var det påvist dyptliggende silt-/leirfylte slepper i lagdelingen. Dette medførte at det ble valgt å gå med mer fjelloverdekning frem mot utslagsstedet.

Det ble drevet på synk fra lukesjakten slik at det ble 10 m mer overdekning, for deretter å stige svakt mot utslagsstedet.

Fig. 22.4 viser opprinnelig og ny beliggenhet av tunnelen.

4. LOKALISERING AV VANNLEKKASJEN, FORSØK PÅ INJEKSJON

Etter at stoffen var drevet ca. 15 m forbi en utsprengt nisje, ble det registrert behov for større pumpekapasitet i knekkpunktet, se fig. 22.4. Nærmere undersøkelser viste at det strømmet vann opp fra sålen i siste nisjeområdet.

Lekkasjen var kun ca. 6 l/sek., sonderboring ned i sålen ga ikke lekkasje, stoffen var tørr, og en salve ble skutt. Etter utlating viste det seg at lekkasjen i nisjeområdet hadde økt til ca. 25 l/sek., mens stoffen fortsatt var tørr. I nisjeområdet hadde de øverste skiferlagene i sålen løftet seg og blitt sterkt oppsprukket. I et område på ca. 6 m² strømmet det vann opp, og til å begynne med førte vannet som strømmet inn med seg silt og finsand.

Fig. 22.5 viser en skisse av situasjonen.

Det ble etter dette besluttet å sonderbore før videre drift, inntil man hadde en viss oversikt over forholdene rundt stoffen. For store vannlekkasjer ville kunne hindre driften på stoffen og få konsekvenser for ferdigstillingen.

Lagdelingen i fjellet hadde i dette området et fall på ca. 5° mot venstre sett mot stoff og et strøk på ca. 150° med tunnelaksen. Dvs. en stort sett horisontaltliggende lagdeling, og fjellet spaltet lett opp langs glimmerrike lag. Boltehullene i hengen var tørre, og sonderboringen ble konsentrert til under sålenivå.

Fig. 22.6 viser en oversikt over sonderhullene.

Ut fra undersøkelsene ble det konkludert med at lekkasjen kom fra et vannførende lag ca. 3 - 5 meter under sålen.

At enkelte hull var tørre og at andre kom med fullt trykk etter å ha stått åpne en tid, tydet på at lekkasjen kom fra vannførende kanaler i et ellers tett lag, og at et tørt sonderhull ikke nødvendigvis ga trygghet for videre drift. Dersom det vannførende laget hadde samme strøk og fall som lagdelingen i bergarten, ville dette bety en videre drift med store lekkasjeproblemer. Det ble besluttet å tette daværende lekkasje med injeksjon og at videre drift skulle skje med systematisk sonderboring og vanntapsmåling for hver salve. Vanntapsmålingen skulle utføres med minst det dobbelte av vanntrykket i lekkasjen, i tillegg skulle borsynken registreres for å avdekke slepper. Sonderboringen skulle konsentreres om sålen i tunnelretningen. Kriterium for injeksjon var vanninnbrudd i sonderhull, eller målt lekkasje større enn 3 Lugeon.

På grunn av det forholdsvis store området vannet strømmet opp av i sålen, var det svært vanskelig å få kontroll over lekkasjen, og injeksjonsmassene ble straks vasket ut.

Med samtlige vannførende hull åpne, ble det ikke registrert reduksjon av vannlekkasjen opp i sålen, tilførselen var stor.

Det ble forsøkt med grovere injeksjonsmasse i form av finsand opp til 3 mm uten resultat.

Etter ca. 1 ukes forsøk med injeksjon ble dette oppgitt. Forsøkene med injeksjon hadde vist at vannveien var fra stoff mot utgangen i sålen. Lekkasjen var ikke blitt mindre, og de som utførte injeksjonen så en fare i at dersom trykk ble bygd opp under sålen, kunne dette føre til ytterligere å bevege skiferlagene og øke utvaskingen av sleppematerialer.

Følgende muligheter for videre arbeid ble foreslått og vurdert:

- 1) Tunneldriften forsetter og det blir etablert tilstrekkelig pumpekapasitet og pumperør i lavpunktet.
 Dette var en akseptabel løsning dersom lekkasjen med sikkerhet kunne sies å ikke overstige $4 - 5 \text{ m}^3/\text{min.}$, om den gjorde det, ville dette ødelegge vegbanen i tunnel og tverrslag.
 Faren for at hele tunnelen kunne bli satt under vann var også tilstede med de tids- og økonomiske konsekvenser dette ville medføre.
- 2) Boring av et tilstrekkelig antall grove drenasjehull for å avskjære vanntilførselen til området og så injisere dette umiddelbart rundt tunnelen.
 Det var svært usikkert hvorvidt dette ville lykkes. 3 stk. 2 1/2" hull med full vannføring ga ikke synlig resultat. Det var dessuten problemer med tetting av 2 1/2" hull med 30 m vanntrykk p.g.a. den skifrige bergarten.
- 3) Det ble vurdert å støpe et avstemplet betongdekke over nisjesålen og lede vannet ut i en form for rør som var utstyrt med kraner, under selve støpefasen.
 På denne måten ville man ha noe å injisere mot, men tiden dette ville ta og usikkerheten hvorvidt dette ville lykkes i praksis virket skremmende.
- 4) Grovere injeksjonsmasse (utover 3 mm), eventuelt svellende eller hurtigherdnende injeksjonsmasse.

Utstyret på stedet tålte ikke grovere sand enn 3 mm, erfaringene hos partene med andre typer injeksjonsmasse til dette formål var dårlig og dels var midlene nye på markedet slik at erfaring manglet.

- 5) Trekke seg et tilstrekkelig antall meter tilbake i tunnelen, støpe en betongpropp, og drive ny tunnel utenfor lekkasjeområdet med sonderboring, vanntapsmåling og eventuell forinjeksjon av tunnelstuppen.

Denne løsningen var sannsynligvis den mest kostbare i utgangspunktet, men den man med stor sikkerhet kunne si ville lykkes, og det ble den som ble valgt.

Ut fra en vurdering av fjellforholdene og resultatene fra sonderboringen ble betongproppen plassert ca. 10 m bak det vannførende nisjeområdet. Avgreningspunktet for tunnelen utenom lekkasjeområdet ble vurdert ut fra tilstrekkelig avstand fra lekkasjen og akseptabel vinkel m. h. t. den videre drift.

Kravene til avstand ble satt til minimum 15 m fra lekkasjeområdet. For å oppfylle disse betingelsene ble nytt avgreningspunkt valgt 30 m bak betongproppen med en vinkel på 40° fra tidligere tunnel.

Dersom antagelsen om et vannførende sjikt i lagdelingen stemte, ville man passere gjennom dette uansett til hvilken side avgreningen ble lagt.

Avgreningen til venstre ville imidlertid gi større avstand fra sålenivå og ned til sjiktet, noe som ble avgjørende. I tillegg ble det fra avgreningspunktet drevet på stigning 1:10 i 30 m, slik at det ble oppnådd ytterligere 3 m overdekning.

Tunnelsystemet forbi lekkasjeområdet ble da totalt seende ut som på fig.22.7, hvor også utgangssystemet for sonderboring, vanntapsmåling og eventuell injeksjon er vist.

Under driving med systemet 4 stk. sonderhull og vanntapsmåling ble det ikke behov for injeksjon før tidligere stufnivå var passert. Sonderboringen ble endret til 4 stk 16 m lange hull for annenhver salve. Kriteriet for injeksjon var det samme som nevnt foran.

Det ble injisert fra 6 stuffer, dvs. en lengde på ca. 70 lm av 100 lm tunnel. Det ble totalt pumpet inn 15 tonn sement, tilsvarende et ifyllt sprekkvolum på 5 - 7 m³.

Under fremdriften kunne sprekker på flere cm tykkelse med injeksjonsmasse observeres i veggene.

Da det gjensto 75 lm frem til utslagsstedet, ble tunnelen drevet gjennom en ca. 2 m bred knusningssone som skar tunnelen i en vinkel på 20° med aksene og hadde 40° fall mot venstre sett mot stoff.

Svakhetssonen var vannførende, forinjeksjon var nødvendig, og sonen medførte ca. 30 lm full utstøpning. Det var tydelig å se hvordan injeksjonsmassen fyllte opp tidligere vannførende sprekker i sonen. Det er mulig at denne svakhetssonen matet de flattliggende lag med vann. Etter at knusningssonen var passert, bedret lekkasjeforholdene seg frem til utslagsstedet.

5. KONSEKVENSER FOR ENTREPRENØR OG BYGGHERRE

Et opplegg som dette med systematisk sonderboring, vanntapsmåling og injeksjon griper sterkt inn i entreprenørens ønske om inndrift. I tillegg blir den tiden entreprenøren står igjen med til fremdrift sterkt opphakkert og vanskelig å få utnyttet fullt ut. I tilfellet ved Skibotn Kraftanlegg ga oppfølging i tid av systemet med 4 stk. 10 m lange hull med vann-

tapsmåling for hver salve et tidsbehov på gjennomsnittlig 2 timer, mens systemet med 4 stk. 16 m lange hull for annenhver salve ga et gjennomsnitt på 1/2 skift.

Totalt kostet vannlekkasjen byggherren ca. 1.500 000,- kroner (1979), dette er kostnadene til sonderboring, vanntapsmåling, injeksjon, tapt tunnel, betongpropp og kompensasjon for ventetid til entreprenøren.

Dersom man ser på kostnadene fra nytt avgreiningspunkt og frem til utslagsstedet, kostet tiltakene med å sikre tunnelen mot vanninnbrudd ca 1 600,- kroner (1979) pr. m, dvs. ca. 50% av tunnelmeterprisen.

Arbeidene ble i dette tilfellet gjort opp som et regningsarbeid, noe som krever mye oppfølging både fra entreprenør og byggherre. Et alternativ vil være å prissette slike arbeider allerede på anbudsstadiet.

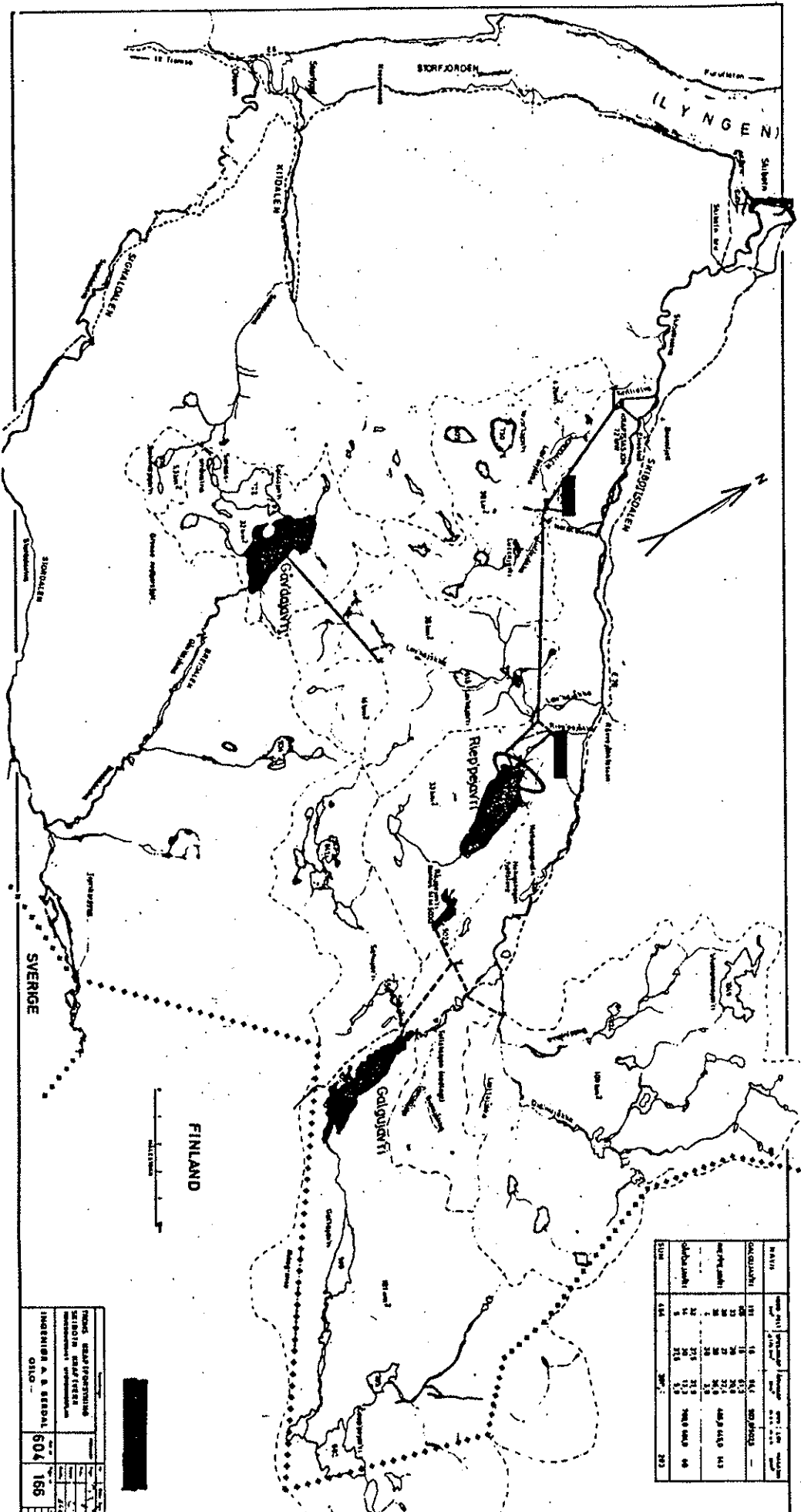
6. SLUTTKOMMENTAR

Injeksjonsarbeidene hadde i denne tunnelen ikke til hensikt å gjøre tunnelen fullstendig tett, men kun å forebygge mot lekkasjer som kunne skape problemer under driften. Det var dessuten av interesse å ikke overstige 1000 l/min i pumpekapasitet.

Det injeksjonsopplegget som ble benyttet ble tilpasset underveis m. h. t. antall hull og plassering. Under en forinjeksjon av denne typen hvor kravet er minst mulig, men tilstrekkelig injeksjon, er erfarne mannskap på injeksjonsarbeidene en selvfølge. Avgjørelsen om når en ny salve kan tas under betryggende forhold må avgjøres på stuff basert på fortløpende oppfølging.

Arbeidsopplegget under injeksjon ble tilpasset slik at injeksjonsmassene fikk herdne om natten og delvis også i helgen. Av denne grunn var ikke behovet for hurtigherdnende injeksjonsmidler akutt på dette anlegget.

Hurtigherdnende injeksjonsmidler kan imidlertid være et middel til økt inndrift.



NAVN	År 2011	År 2012	År 2013	År 2014	År 2015	År 2016	År 2017	År 2018	År 2019	År 2020
DRIFTKOST	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
VEDLIGEHOLD	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
INNHOLD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TID	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ÅR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
SPR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
202	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Prosjekt: **STORFJORDTUNNELN**
 SIVILINGENIØR: **INGENIØR A. & SEEDAL**
 OSLO: **504 155**

Fig. 22.2 Tunnelssystemet ved kraftverket. Innsirklet område er der hvor lekkasjen inntraff.

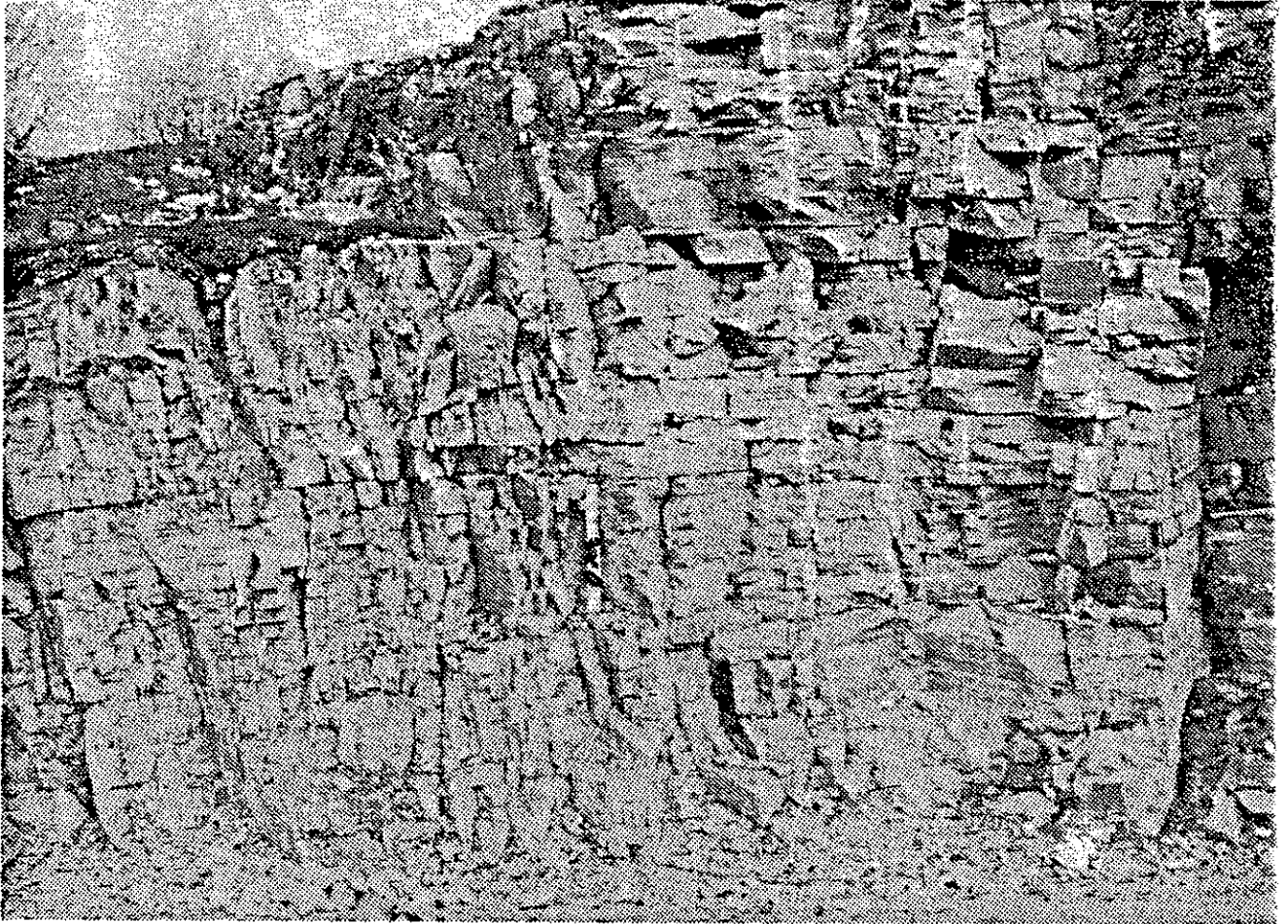


Fig.22.3 Bildene viser den horisontale lagdelingen og variasjonen i bergart og skifrighe

18m² tunnel, målestokk ca. 1:400

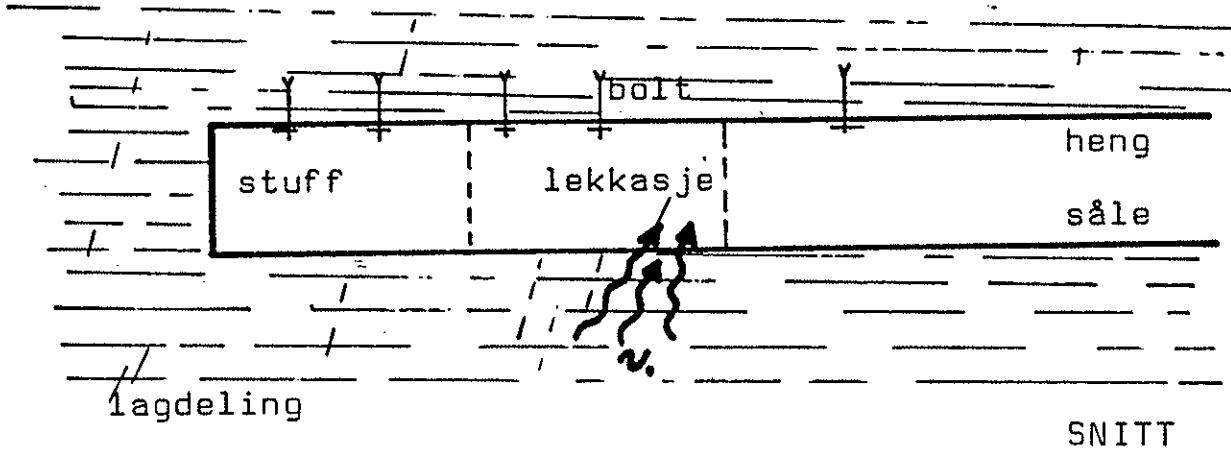
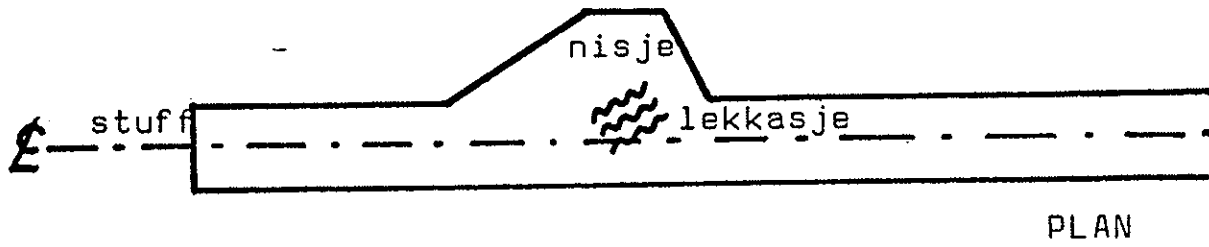


Fig. 22.5 Skisse av situasjonen i tunnelen da vannlekkasjen oppsto opp av sålen i nisjeområdet 15 m bak stuff.

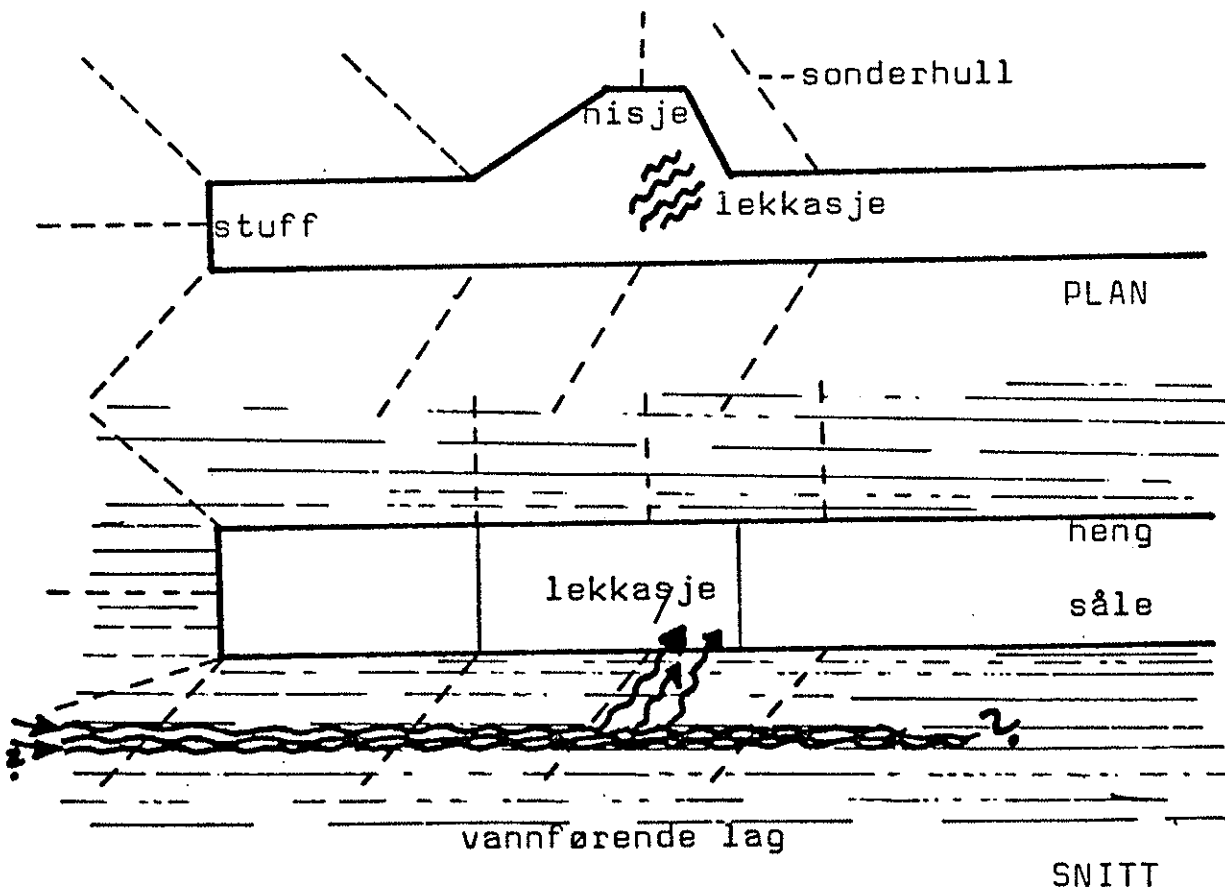
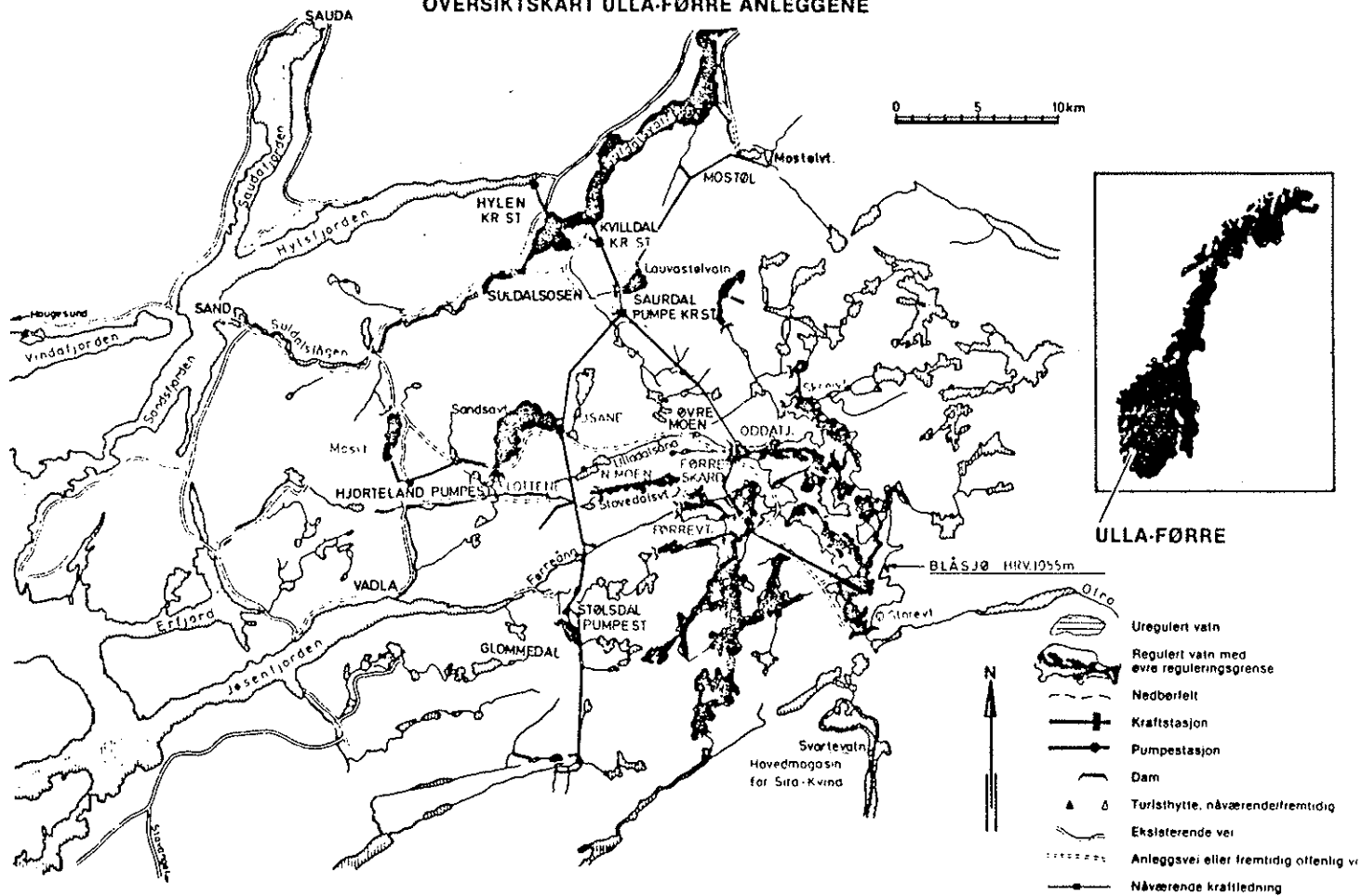


Fig. 22.6 Skisse av plasseringen av sonderhullene og antakelsen om et vannførende lag 3 - 5 m under sålen.

OVERSIKTSKART ULLA-FØRRE ANLEGGENE



NOTAT

GEOLOGISKE FORHOLD VED INNTAK SANDSA

Ved befaring til inntak Sandsa 17.03.80 deltok: Lien fra NGI, Homdrom og Ekkje fra ing. Thor Furuholmen, Walbø og Stokkebø fra SBP og Holen, Høgestøl, Bertelsen fra Ulla-Førre.

Det ble foruten den tidligere omtalte amfibolittgangen, observert en leirsoner og amfibolitt med utgående nede i stuffens venstre hjørne. De geologiske forholdene var dermed noe dårligere enn det som var utgangspunktet for planene utarbeidet av Walbø, SBP.

Etter befaringen ble situasjonen vurdert slik at utslaget kunne utformes som planlagt etter tegning.

Man antok at en del drivesikring med bolter og evt. sprøytebetong ville bli nødvendig, og at bolteforankret, armert sprøytebetong var egnet sikring av endelige flater. Målinger av strøk og fall på amfibolittgangene og leirsleppa tydet på at man kunne få godt berg (gneis) i hengen på utslagssjakten, mens profilet ellers ville bestå av den noe oppsprukket og forvitrede amfibolitten. Det var forutsetningen at omfanget av utstrøssing før gjennomslag skulle vurderes bl.a. ut fra den bergkvalitet man fikk i pilotsjakten.

Etter å ha sprengt seg 3,5 m lenger fram i 61 m² var den geologiske situasjonen som skissert på bilag 1. De to amfibolittgangene danner en linseform. Størstedelen av stuffen besto av amfibolitt. Leirsonen hadde sitt utgående i nederste halvdel av stuffen. Amfibolitten er oppsprukket med forvitrede sprekkeflater. Oppsprekingsgraden er minst på hengsiden og øker ned mot liggsiden og leirsonen. Amfibolitten her på stuffen er ca. 3,5 m mektig. Leirsonen er 0,3 - 0,5 m mektig. Foruten leire finnes bergartsfragmenter og kalkspatmineraliseringer.

Etter å ha sprengt pilotsjakten fram til ca. 4 m fra utslagssalven (bilag 2), ga Furuholmen og Detonik v/siv.ing. Wagstein uttrykk for betenkeligheter med å sprengre videre pga. fjellets beskaffenhet og foreslo at en vridning av utslaget ble vurdert. Betenkelighetene var bl.a. begrunnet med at betydelige mengder stein kunne renskes ned (med Brøyt) etter forsiktig sprenging i pilotsjakten.

På denne bakgrunn kom man til enighet om å foreslå en løfting av utslagssjakten i størrelsesorden 2-3 m for å få en større del av denne i godt berg (gneis).

Dermed vil man oppnå større sikkerhet under driving og mindre rissiko for vanninnbrudd f.eks. som følge av utvasking i leirsonen. Man vil på den annen side få et større strossearbeid etter nedtapping.

Ellers har man gjort den erfaring at sonderboring med borrhigg i slike situasjoner har sin klare begrensning når det gjelder å gi opplysninger om bergkvalitet, oppsprekking og mindre slepper.

Sand, 18.04.80

Geir Bertelsen
Geir Bertelsen

OSANE MOT SANDSAVATN

Tunnellengde: 150 m, tunnelgren fra hovedtunnellen

Tverrsnitt: 61 m²

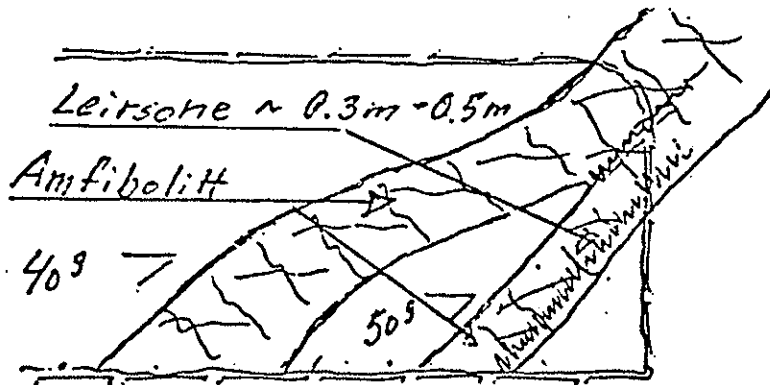
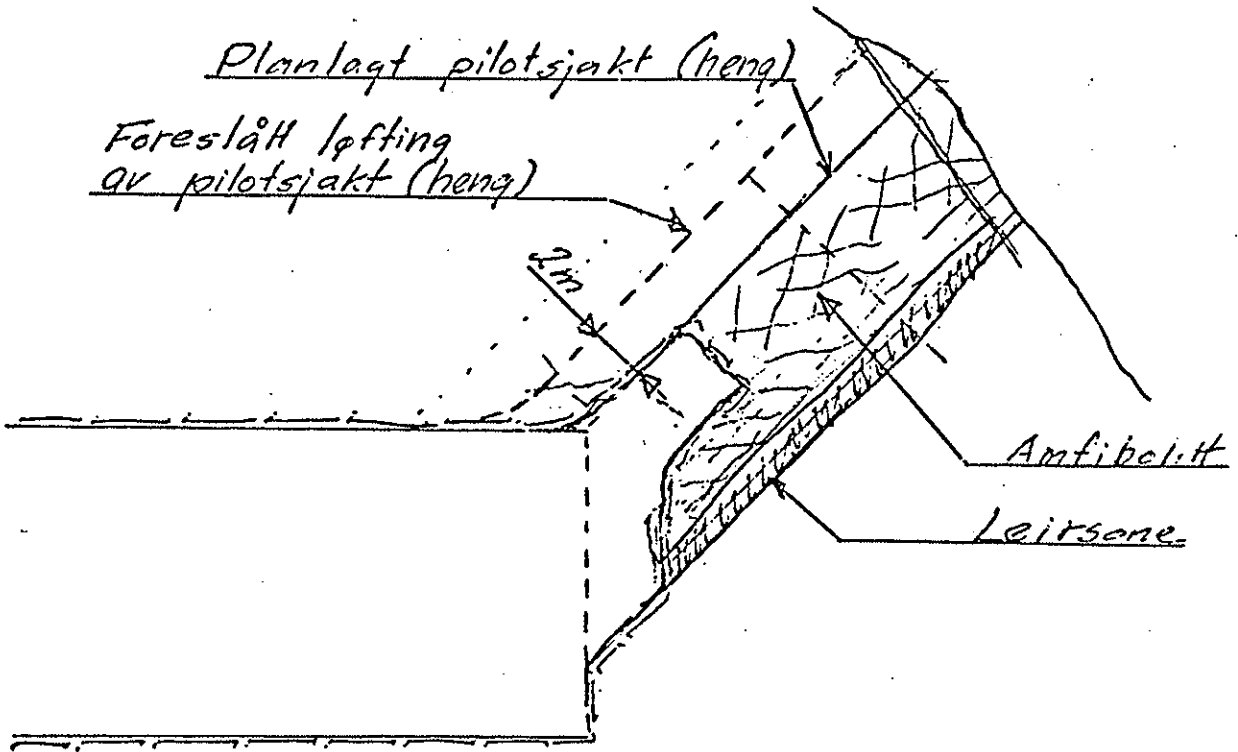
Uke/år	drevet	gjenstår	
4/80	110	30	Bolting prøvebor.
7/80	126	14	8 skift sonderboring for kartlegging av fjelloverflate
8-			
12/80	126	14	6 uker med injeksjon, dårlig fjell
13/80	129	11	1,5 m pilotsjakt for inntakssjakt skutt, dårlig fjell
14/80	129	11	Pilotstoll 2 salver, 2,5 m Driving innstilt

Arbeidet tatt opp igjen senere med noen forandringer, se vedlegg. Dette ga brukbart resultat.

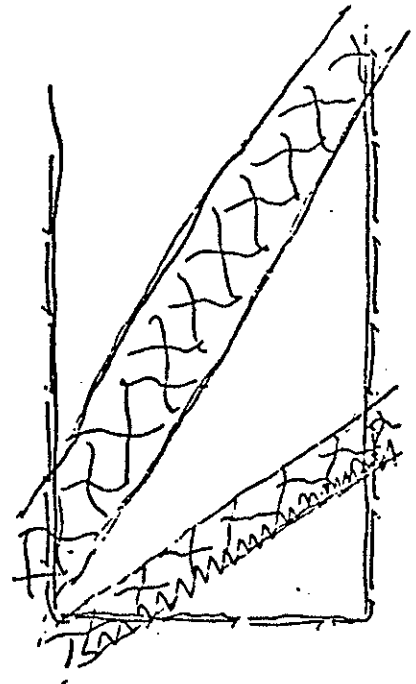
TNL. MOT INNTAK SANDSÅ.

Planlagt pilotsjakt (heng)

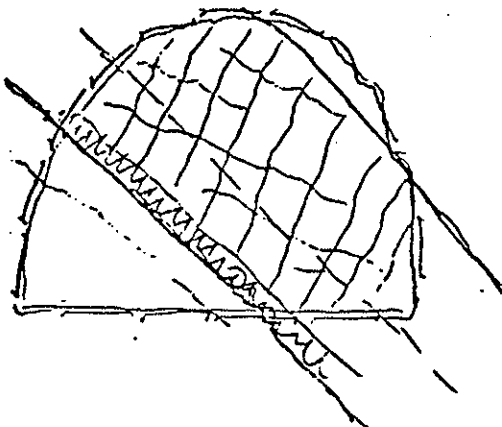
Foreslått løfting av pilotsjakt (heng)



SNITT VENSTRE VEGG

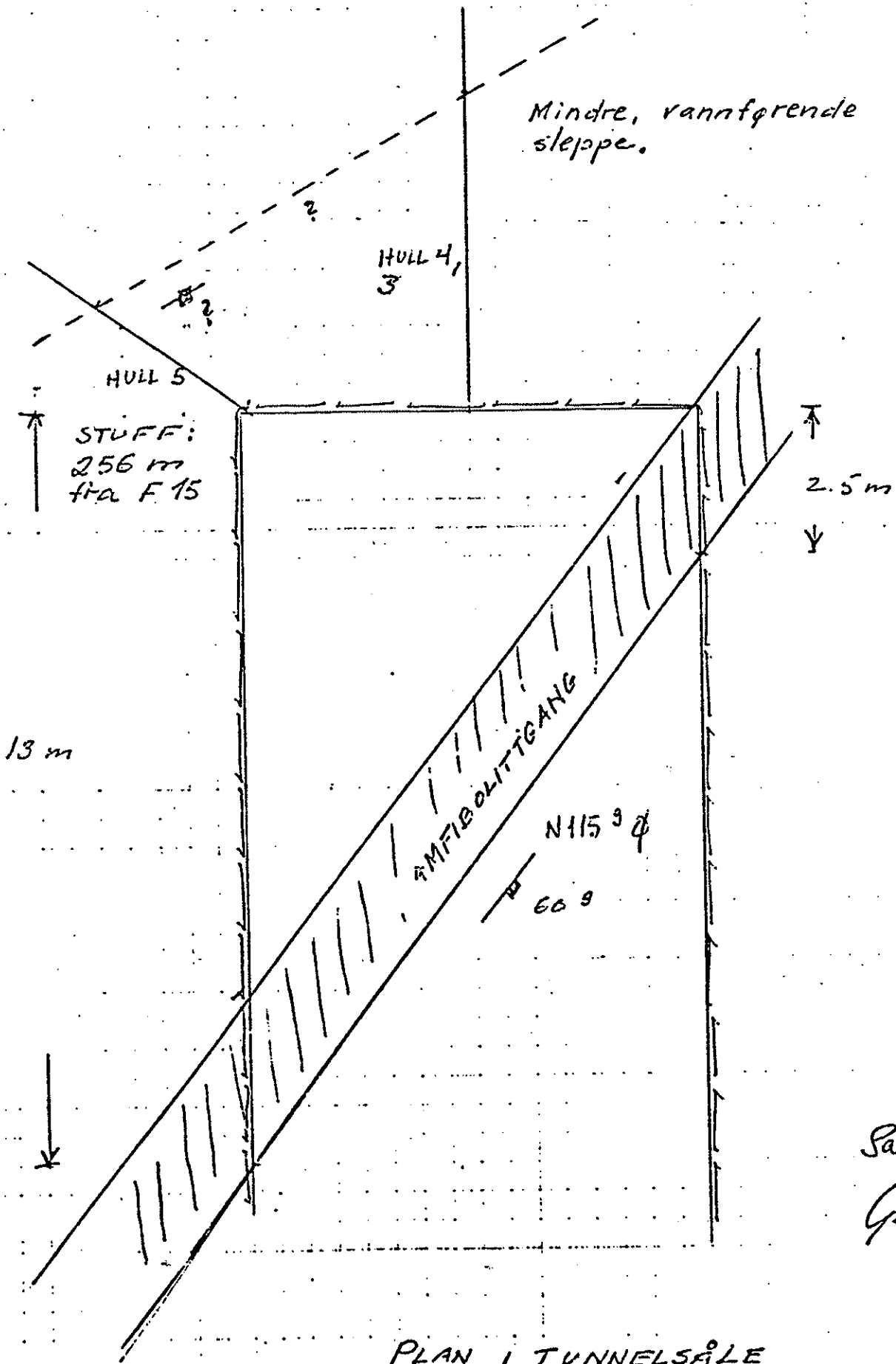


PLAN SÅLE



"STUFF"

FÖRLÖP AV AMFIBOLITTGANG



Sand 1 1/2 -
Geir Berntsen

PLAN I TUNNELSÅLE

Ulla-Førre - Saurdal mot Sandsa

75 m² overføringstunnel på stigning (promille) mot Sandsa.
Tverrslag på synk: 1 : 8.

Bergart: Grov migmatitt, men en middels lys granitt som grunnmasse. Uregelmessig innslag av mørk gneis og amfibolitt.

På veg mot de store lekkasjer:

- Tunnellen passerte flere vannførende slepper, men ingen spesielt store på strekningen 1000 - 2000 meter.
- Ved 2018 m: Større vanninnbrudd i markert sleppe, ved stuff 25 l/sek. Totalt 75 l/sek, pumpekapasitet 100 l/sek.
- Ved 2052 m: Nytt større vanninnbrudd under oppboring av salve. Pumpekapasitet økt. Salven ble skutt i to omganger. Under utlasting brøt vann, stein og grus gjennom. Pumpekapasiteten ble ytterligere økt, men ble for liten. Total innlekkasje 275 l/sek, ved stuff 200 l/sek.
- Tunnellen ble fylt helt med vann i løpet av seks dager.
- Vanninnbruddet fant sted 10.3.79
Pumpingen av tunnelen startet 23.3.79.
- Etter seks uker med injeksjon (150 tonn sement) og over en måned med støpearbeider, var tunnelen klar for driving 4.7.79.
- Total stans p.g.a. vanninnbrudd ca 4 mndr.
- Det har blitt drevet gjennom flere dårlige soner med stekt redusert inndrift, helt ned til 1 salve pr uke (ca 4 meter ukeinndrift). Se utdrag ukerapporter.
- Kostnadsoverslag for 3. kvartal 1979 med store vannlekkasjer:

Kr. 24.400,-/lm tunnel, herav 7575 kr/lm til injeksjon.

Medgått tid: 46 skift til injeksjon, gjennomsnittlig ukeinndrift: 11,5 meter.

Saurdal - mot Sandsa
Ukerapporter fra uke 47/79, 15.11.79,
altså etter vanninnbrudd og stans i 4 mnd.

Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
47/89	1357	2212	8 sk. forsk., støp. Bedring av fjellet
48/79	1353	2216	8 sk. støp 180 m ³ + støp av pumpekum 12 m ²
49/79	1350	2219	7 - 8 sk. støp, forskaling
50/79	1341,5	2227,5	2 sk. prøvebor, 4,5 sk. inj.
51/79	1335	2234	5 - 6 sk. inj., 340 sekker cement
52/79- 1-2/80	1323	2246	1 sk. prøvebor, 1 sk. etterrensk, sleppete fjell
3/80	1313	2256	3 sk. etterrensk, 1 sk. prøvebor, 2 sk. inj. 150 sekker cement
4/80	1298,5	2270,5	4 sk. etterrensk + bolting + prøvebor, 3 sk. inj.
5/80	1276	2293	4 sk. etterrensk + bolting + sprøyting
8/80	1254,5	2314,5	4 sk. " " " "
7/80	1232	2337	5 sk. etterrensk + bolting, Dårlig fjell
8/80	1212,5	2356,5	5 sk. etterrensk + bolting + sprøyting Dårlig fjell
10/80	1408,5*)	2410,5	6 sk. etterrensk + bolting *) Korrigert avstand
11/80	1389,5	2429,5	3 sk. etterrensk + bolting
18/80	1248,5	2570,5	Dårlig sone, etterrensk + bolt + sprøyting
19/80	1240	2579	" " 6 sk. vannpumping, etterrensk + bolting + sprøyting
33/80	957	2862	4 sk. etterrensk + bolting + sprøyting. Storsleppete fjell.
40/80	805,5	3013,5	Meget dårlig sone. 3 sk. etterrensk + bolting
41/80	803	3016	8 sk. etterrensk + bolting + sprøyting + forskaling av støpeskjold
42/80	799	3020	6 sk. forskaling, 3 sk. støp, 1 sk. sprøyting om natta
43/80	795	3024	10 sk. støp + forskaling + sprøyting
44/80	787	3032	7 sk. støp (86 m ³) + sprøyt
45/80	783	3036	1 sk. støp 89, 6 sk. forskaling inkl. flytting av skjold, 1 sk. sprøyt
46/80	779	3040	3 sk. støp. 6 sk. forskaling inkl. flytting av skjold.

Saurdal - mot Sandsa

Side 2

Uke/år	Gjenstår	Drevet	
4/81	599	3220	3 sk. etterrensk + bolt + sprøyt, dårlig fjell
9/81	591	3228	Div. avbrekk p.g.a. annet arbeide 6,5 sk. forskaling + støp 1,5 sk. sprøyting
10/81	587	3232	4 sk. forskaling + støp (100 m ³) + sprøyting, 3 sk. riving + flytting skjold
11/81	581	3238	Etterrensk + bolting + sprøyting, 133 m ³ støp
12/81	573,5	3245,5	Støp 132 m ³ + riving + flytting
13/81	503 *)	3252	*) Korr. lengde 9 sk. forskaling + støping, 263 m ³
Påske			
16-17- 18/81	360,5	3310,5	Korr. lengde. 5 - 6 sk. etterrensk + bolting. 2 sk. sprøyting. Dårlig fjell. Mye vann på stuff
19/81	(342)	3321	3 sk. sprøyting, 2 sk. etterrensk + bolting, mye vann, dårlig fjell
20/81	316	3339	3 sk. etterrensk + bolting, 2 sk. sprøyting
21/81	305,5	3349,5	2 - 3 sk. sprøyting, 1 sk. etterrensk
24/81	236,5	3409,5	Fortsatt mye vann
26/81	198,5	3438,5	2 sk. sprøyting + etterrensk + bolting, 7 sk. forskaling støp 96 m ³ .
27/81	190	3442	8 sk. forskaling + støp, 1. sk. etter- rensk + bolting
28/81	165,5	3453	3 sk. etterrensk + bolting, 4 sk. sprøyting
29/81		3465	7 sk. etterrensk + bolting + sprøyting, dårlig fjell
30-31/ 81		3477	11 sk. forskaling + støp, 5 sk. etter- rensk, bolting + sprøyting
32/81		3484,5	5 sk. forskaling + støp, 2 sk. etter- rensk + bolting + sprøyting
33/81		3497,5	4 sk. etterrensk, 2 sk. sprøyting
34/81		3509	5 - 6 sk. etterrensk + bolting, 1 sk. sprøyt.
35/81	0	3516	2 sk. etterrensk + bolting, 7 sk. støp. Gjennomslag 26.8.81 kl. 14,00 med stuff fra Sandsa/Osane

Beinlei mot Storvatn
Tunnellengde: 4947 meter

Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
51/81	4935	12	Påbegynt 10.12. - 16.12.
25/82	4401	545	½ - 1 sk. vannproblemer
26/82	4283,5	663,5	1 sk. sonderboring + rensk
31/82	4249,5	697,5	4 sk. hovedrensk etter ferie
35/82	4260	787	1 sk. stopp p.g.a. torden
41/82	4027	920	1 sk. inj. 5 sk. hovedrensk
42/82	4012	935	1 sk. inj. 76 sekker cement. Sonderboring
6/83	3760	1187	4 sk. etterrensk + bolting, 2 sk. inj.
9/83	3655	1292	2 - 3 sk. prøvebor - inj. 110 sekker cement
11/83	3576	1371	1 sk. inj. 45 sekker cement
13-14/ 83	3537	1410	2 sk. inj. 150 sekker cement
17/83	3415,5	1531,5	1 - 2 sk. inj. + prøvebor
24/83	3228	1709	Vanninnbrudd: 4 sk. inj. 3000 kg cement
25/83	3206	1741	1 sk. etterrensk + bolting
26/83	3206	1741	Etterrensk + bolting, Vanninnbrudd: 16 000 kg cement
27/83	3194	1753	6 sk. bolting og inj. 6 000 kg cement
28/83	3194	1753	3 sk. bolting og inj. 2 500 kg cement 1 sk. prøveboring
31/83	3194	1753	3 sk. inj. 5 000 kg cement
32/83	3182	1765	1 sk. rensk + bolting, 4 sk. prøvebor og sprøyting 9 m ³ , 2 sk. stopp p.g.a. vann
33/83	3178	1769	9 sk. etterrensk + bolting + inj. 90 sekker cement
34/83	3170	1777	3 sk. etterrensk + bolting, 2 sk. inj. 160 sekker cement, 1 sk. prøvebor + sprøyting
35/83	3166	1781	9 sk. inj. og bolting, 1 200 kg cement
36/83	3158	1789	5 sk. inj. 15 000 kg cement ½ sk. bolting og prøveboring
37/83	3138	1809	5 sk. bolting og rensking
38/83	3126	1821	7 sk. bolting, rensk og sonderboring (Ras i sleppe ved pel 182+1) i stuff
39/83	3126	1821	Forsøk på stabilisering av ras. Boret 5 stk 5" hull og gjort tre forsøk med å pumpe inn betong uten å lykkes.

Beinlei - Storvatn

Side 2

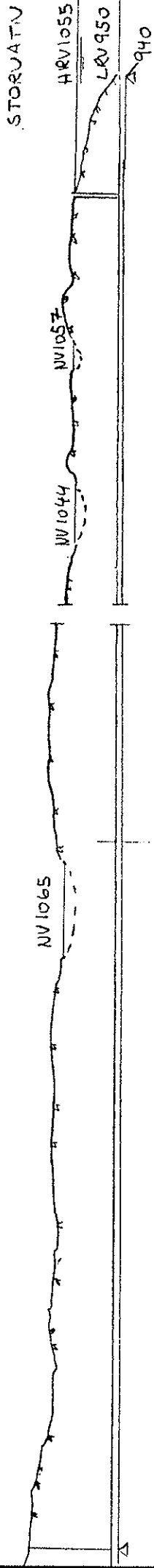
Uke/år	gjenstår	drevet	Anm.
40/83	3126	1821	Pumpet inn 45 m ³ betong i rassleppe. Nytt ras oppsto ved utlastning
41/83	3126	1821	Boring og innsetting av støperør i sleppe. Sprøytet inn 36 m ³ betong. Mont. av støpeskjold, utlastning av nedrast masse.
42/83	3126	1821	Sprøytet i heng ved ras. Lastet ut rasmasse. Montert støpeskjold. Forskalt. Støping pågår.
43/83	3126	1821	Forskaling og støp 8 m. 150 m ³ betong. Sprøytebetong 18 m ³ . 340 m ³ rasmasse utlastet.
44/83	3126	1821	Flytting av støpeskjold. Forskaling og støp av stuff ferdig, 186 m ³ betong.
45/83	3126	1821	Forskaling, støp og prøveboring. Boret 2 stk. 5" hull, pumpet inn 36 m ³ betong. Inj. i høyre vegg.
46/83	3122	1825	2 sk. sprøyting, 2 sk. flytting og montering av skjold, 2 sk. støping 29 m ³ betong.
47/83	3107	1840	6 sk. rensk, flytting av støpeskjold og støping 63 m ³ betong, 1 sk. venting på betongpumpe
48/83	3076	1871	1 sk. sprøyt 12 m ³ betong, 2 - 3 sk. etterrensk + bolting
49/83	3046	1901	2 sk. etterrensk og bolting
51/83	2999	1948	2 - 3 sk. pumping etter strømutkobling
7/84	2776	2171	1 - 2 sk. inj. 95 sekker cement
10/84	2643,5	2303,5	2 sk. inj. 120 sekker cement
13/84	2506,5	2440,5	1 sk. etterrensk + bolting, 1 sk. sprøyt 12 m ³
19/84	2296	2651	1 sk. betong sprøyt 24 m ³
20/84	2266	2687	1 sk. betongsprøyt 24 m ³ , 20 sk. inj. 5 000 kg cement
21/84	2196	2751	2 sk. betongsprøyt 36 m ³
22/84	2196	2751	2 sk. inj. 6 000 kg cement, betong-sprøyt 12 m ³
24/84	2120	2827	1 sk. etterrensk + bolting + sprøyt 6 m ³ , 2 sk. inj. 5 000 kg cement
25/84	2073	2874	1 - 2 sk. sprøyting 36 m ³
31/84	1924	3023	Etterrensk, betongsprøyt 28 m ³
32/84	1897	3050	1 sk. 2 000 kg cement, 1 sk. betong-sprøyt, 6 m ³ .

Beinlei - Storvatn

Side 3

Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
34/84	1788	3159	1 sk. vannproblemer
36/84	1692	3255	3 sk. inj., Vanninntrengning
37/84	1676	3271	2 sk. inj., 14 000 kg cement 2 sk. sprøyt 36 m ³
38/84	1633	3314	1 sk. etterrensk + betongsprøyt 12 m ³
39/84	1609	3338	5 - 6 sk. stopp p.g.a. oversvømmelse
40/84	1584	3362	5 sk. inj. 1620 kg cement, 1 sk. betongsprøyt. 24 m ³
41/84	1577	3370	1 sk. betongsprøyt. 18 m ³ 6 - 7 sk. inj. 11500 kg cement
42/84	1550	3397	1 sk. sprøyt. 12 m ³ 3 sk. inj. 9 400 kg cement, prøveboring
43/84	1515	3432	2 sk. inj. 12 000 kg cement
44/84	1511	3636	3 sk. inj. 6400 kg cement, (5 sk. div. arbeide)
48/84	1491	3456	2 sk. etterrensk, prøveboring + betongsprøyt. 12 m ³ , 4 sk. inj. 8 500 kg cement
46/84	1440	3507	Normalt

TVERSLAG BEINLEI



Pei 182 Ras området

1820

4947

Forandringer		Nr.	Dato, Sign.
OVER FÅRINGSTUNDEL FRA STORVATTN	Målestokk	Tegn.	
		Trac.	
		Konstr.	
		Godkj.	
DYNO KONSULENT AS OSLO			

FORSLAG TIL OMLEGGING AV TUNNELTRASE MOT TREDJEVATN (BEINLEI).

I uke 44 ble tunnelen mot Tredjevatn drevet inn i svært dårlig fjell som skyldes svakhetssonen merket med A på bilag 1. Denne sonen går nær parallelt med tunnelen, og man måtte regne med at den ville gi store problemer på de neste 100 - 150 m.

Det ble derfor bestemt å dreie tunnelen vestover til den kom klar av sone A, for så å dreie tilbake mot et punkt på den opprinnelige traseen, 970 m fra S5. (Stikningsplan 58559, 14.04.80). For å få brukbare fjellforhold ble dreiepunktet trukket 20 - 30 m tilbake fra stuffen.

Etter omleggingen har driften gått uten større problemer, og pr. idag er tunnelen drevet til et punkt merket med kryss på bilag 1.

Man har diskutert om traseen bør omlegges også for resten av tunnelen. Slik den nå er planlagt, vil den gå under vann i et område hvor flere svakhetssoner antakelig krysser hverandre, og hvor overdekningen er ned i mot 50 - 55 m, inkludert eventuelle løsmasser. Dette området kan gi betydelige stabilitetsproblemer og vannlekkasjer.

På bilag 1 er det tegnet inn et forslag til ny trase, som blir ca 60 m lengre enn den planlagte. Den nye traseen vil krysse flere mer eller mindre markerte svakhetssoner, men de fleste vil bli krysset i en gunstig vinkel.

Sannsynligvis vil sone B og C være de vanskeligste. Det er foreslått å brette tunnelen over sone B for å begrense sonens utgående lengde i tunnelen mest mulig. Tilsvarende kan gjøres ved kryssing av sone C, avhengig av erfaringene med B. Vanskelighetsgraden av sonene D, E, F og G er antakelig mindre enn det man er vandt til fra før i denne tunnelen.

Man bør være oppmerksom på at selv om den foreslåtte traseen ikke går direkte under vann, kan det forekomme lekkasjer fra sonene som krysser tunnelen og som har utgående i Tredjevatn.

Imidlertid vil problemene antakelig bli langt mindre enn for den opprinnelige traseen.

Sand, 19.11.84

R. Blesvik
R. Blesvik

Til

Krogh, SBP

Fra

Blesvik, Ulla-Førre

Sak

Tunneltrase mot Tredjevatn

Traseen går nå i hovedsak slik som
i hadde tenkt, og jeg har ingen
innvendinger.

Når det gjelder svakhetssonen
mellom B og C foreslo jeg først å
krysse denne 90° , men vanskelighets-
graden er forhøpentligvis ikke større
enn at det går bra å krysse den
slik som traseen nå er foreslått.
Vi må krysse en lignende sone like
for punkt C.

Endel problemer vi man regne med
uansett, og tatt i betraktning ønsket
om kortest mulig omveg og færrest
mulig brennpunkter, må dette være
en brukbar løsning.

Med tilven

Reidar Blesvik

Ulla-Førre

07.12.84

Til

Blesvik, Ulla-Førre

Fra

Krogsh, SBP

Sak

Tunneltrase mot Tredjevatn.

Vedlagt følger en transparent av ny trase mot Tredjevatn. Den er konstruert på følgende måte:

Tatt kart i målestokk 1:10.000 og "blåst" opp til målestokk som passer med fotografi L3 i serien med nr. 3178 (Fjellangs). Har på dette kartet lagt inn punktene S5, A, B, C, S6 og S7. Har så tegna dette kartet inn på følgende transparent. Legges denne transparenten oppå bilde og bruker stereoskop ser en nøyaktig hvor den nye traseen ligger.

Ser da bla. at B-C krysser en svakhetssone i høybrekket i terrenget.

Du kan sjekke traseen og se om du er tilfreds. Jeg vil svært gjerne ha den tilbake.

Hilsen
Rolf M. Krogsh/SBP

Koordinater	A: X = 150 456 470	Y = 43 037 203
	B: X = 150 240 771	Y = 42 969 203
	C: X = 150 042 000	Y = 42 763 000
	S6: X = 149 631 000	Y = 42 723 000

NV 1030.9

SEISMISK PROFIL
20/78

Loddet-
profil fra
isen

5000 m/s

4100 m/s

mulig svakhetssone

Beinlei - mot (Andre-) og Tredjevatn
Tunneltrasé fra salve 4, påbegynt uke 23/83

Uke/år	Gjenstår	Anm.
23/83	2286	
32/83	7178	2 skift stopp pga. vann
35/83	2111	Dårlig fjellparti
36/83	2100	2 - 3 skift sprøyt. 18m ³ , + 1 skift bolt + rensk
37/83	2081	2 skift sprøyting
38/83	2060	2 skift sprøyting
48/83	1856	2 sk. ekstra rensk + bolting + 1 sk. sprøyt.
2/84	1775	2 - 3 sk. ekstra rensk + bolting
5/84	1704	1 sk. sprøyt. 18 m ³
6 84	1686	4 sk. injisering. 200 sekker
7 84	1666	Sprøyt 30 m ³
8/84	1642	1 sk. sprøyt. 12 m ³
10/84	1596	1 sk. ekstra rensk ² bolt. 1 sk. sprøyt. 12 m ³
11/84	1562	- " -
13/84	1499	Sprøytet 43 m ³ (Dårlig fjell)
15/84	1455	1 sk. sprøyt. " "
21/84	1362	1 sk. sprøyt. 18 m ³
23/84	1318	- " -
37/84	1040	2 sk. bolting ekstrarensk
38/84	1026	1 sk. sprøyt. 24 m ³
39/84	1010	Sprøyt. 20 m ³ , 5-6 stopp pga. vann (Oversvøm.)
40/84	980	2 - 3 sk. ekstra rensk + bolting + prøveboring 1 - 2 sk. sprøyt. 30 m ³
41/84	956	3 - 4 sk. sprøyt 54 m ³ , 1 sk. inj. 750 kg cement
42/84	941	4 sk. sprøyt 30 m ³ 2 sk. bolt ekstra rensk
43/84	917	4 sk. sprøyt 48 m ³ + bolting
44/84	910	STUFF OPPGITT gått tilbake
44/84	927	NY STUFF: 3 sk. sprøyt + rensk 30 m ³ bet.
45/84	880	1 sk. ekstra rensk + bolt, 1 sk. sprøyt 6 m ³
46 84	846	Ingen spesielle problemer.

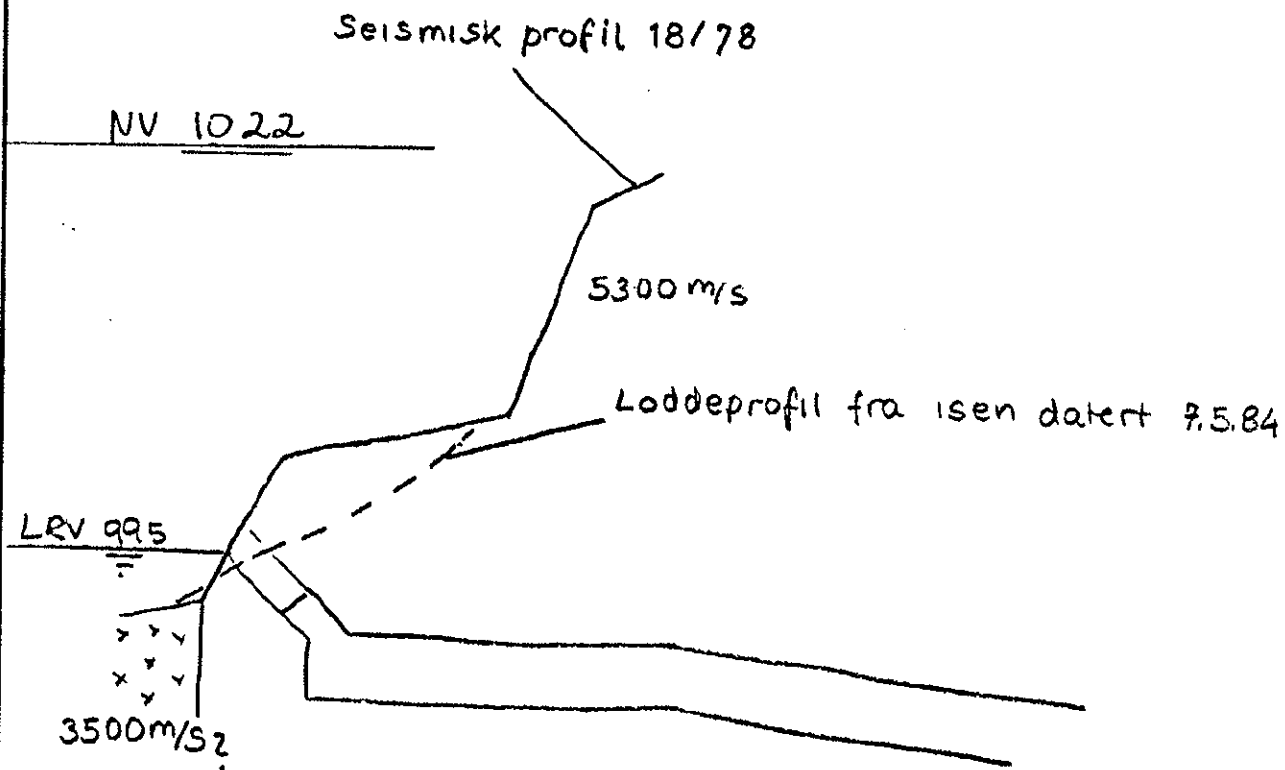
DYNO KONSULENTAS
OSLO

UTSLAG ANDREVATN

Dato

Sign.

M 1:500



DETALJ AV UTSLAG ANDREVATN

Beinlei - mot Andrevatn
(Forgreningstunnel mot Tredjevatt ved S5)

Tunnellengde ca 275 meter + 6 = 281 meter

Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
14/84	275+6	8	Stross for etabl. av kryss 2 sk. ekstra rensk + bolting + sprøyt. 30 m ³
19/84	223	58	3 sk. sprøyt. 60 m ³
20/84	203	78	2 sk. sprøyt. 19 m ³
22/84	167	114	1 sk. rensk og bolting + sprøyt 24 m ³
23/84	144	137	Sprøyt 6 m ³
24/84	127	154	1 sk. etterrensk + bolting 1 sk. sprøyt 12 m ³
25/84	103	178	1 - 2 sk. inj. 5 500 kg cement
26/84	95	186	1 sk. sprøyt 6 m ³ 1 sk. inj. 1 600 kg cement
27/84	95	186	Inj. 10 000 kg cement, sprøyt. 6 m ³
28/84	95	186	Inj. 5 000 kg cement, sprøyt. 6 m ³
29-32/ 84	95		Stans (ferie)
33/84	91	190	1 sk. sprøyt, 1 sk. etterrensk + bolting + prøveboring
34/84	85	196	1 sk. rensk, prøveboring, 2 - 3 sk. inj. 5 500 kg cement + sprøyt. 6 m ³
35-37/ 84	85	196	Venter på inj., sprøyt. 6 m ³
38/84	81	200	1 sk. prøveboring, 1 sk. inj. 1 700 kg cement
39-45/ 84	81	200	Bolting (sikring) + 4 sprøyt. 54 m ³
46/84	74	207	3 - 4 inj., 2 500 kg, sprøyt. 24 m ³

Beinlei mot Underknotvatn

Utslag kote 935)
 Vannstand 992) Vanntrykk 57 meter

Tunnellengde fra tverrslag: 2362 meter

Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
27/82		637	1 sk. stopp p.g.a. tordenvær
31-32/ 82		649 661	8 sk. (à 4 sk.) hovedrensk etter ferien
41/82		852	5 sk. hovedrensk
46/82		994	2 sk. inj. 120 sekker
47/82		1029	1 sk. stopp p.g.a. torden
2/83		1173	2 sk. stopp p.g.a. torden
9/83	992,5	1369,5	2,5 sk. prøveboring
16/83	771	1591	Dårlig fjell, ekstra rensk + bolting
26/83	504	1858	3 sk. ekstra rensk + bolting
27/83	493	1869	3 sk. " " "
32/83	459	1903	Bolting, sprøyting (3 m ³)
33/83	445	1917	1 sk. bolting, 2 sk. sprøyting 18 m ³
34/83	425	1937	1 sk. rensk + bolting, sprøyting
35/83	397	1965	rensk + bolting + sonderboring
36/83	369	1993	2 sk. ekstra rensk + bolting
40/83	291	2071	1 sk. sprøyting, 1 sk. bolting
41/83	283	2079	1 sk. " 1 sk. " 10 m ³
42/83	273	2089	1 sk. sprøyting, 2 sk. rensk + bolting
43/83	273	2089	1 sk. " 18 m ³
44/83	265	2097	Mye ekstra rensk + bolting
45/83	259	2103	2 sk. rensk + bolting 1 sk. sprøyting 18 m ³
46/83	259	2103	1 sk. rensk + bolting, sprøyt 16 m ³
47/83	255	2107	1 sk. sprøyt 3 sk. inj. 7 500 kg
48/83	242	2120	2 sk. ekstra rensk + bolting 1 sk. sprøyt 12 m ³
49/83	230	2132	3 sk. ekstra rensk + bolting, sprøyt 24 + 12 m ³

Beinlei mot Underknotvatn

Side 2

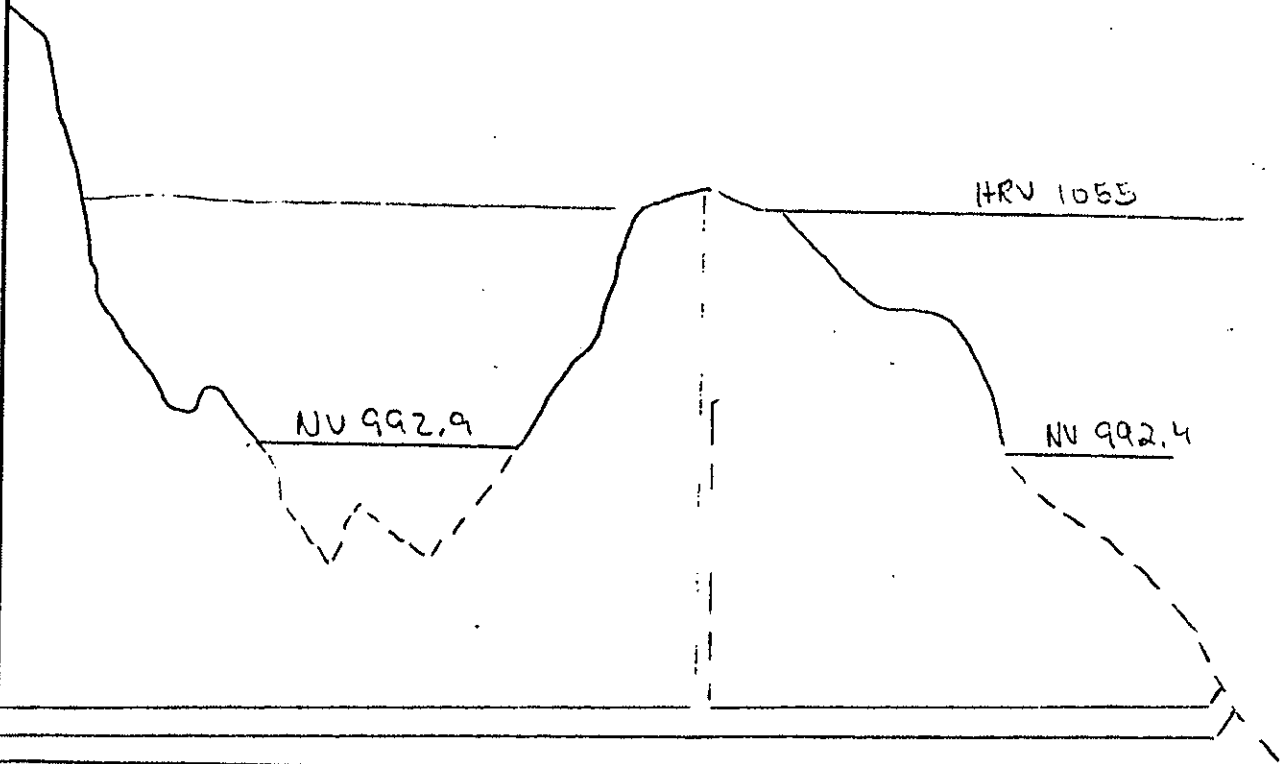
Uke/år	Gjenstår	Drevet	Anm.
51/83	210	2152	1 sk. bolting 2 - 3 sk. vannpumping
2-4/ 84	210	2152	Venting på betong
5/84	189	2173	1 sk. sprøyt 12 m ³
9/84	90	2272	1 sk. sprøyt 24 m ³
11/84	20	2342	Ingen vesentlige problemer
12/84	1	2361	1 sk. inj. 90 sekker, prøveboring, gjennomboring

DYNO KONSULENTAS
OSLO

Oddatjorn mot Underkneiven
Utslag i Underkneivvatn

Dato 8.1

Sign.

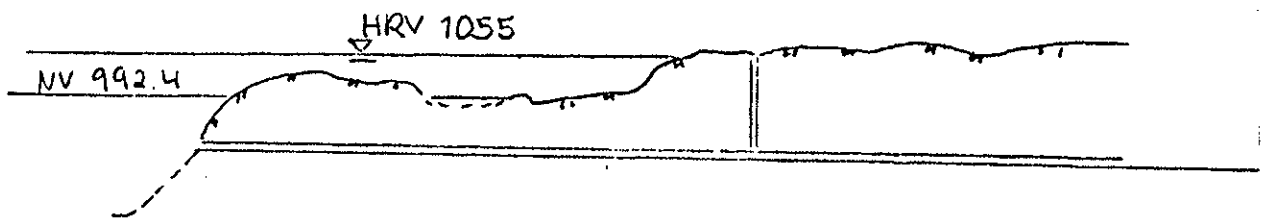


DYNO KONSULENTAS
OSLO

Utslag i Underkneivvatn
tunnel fra Beinrei

Dato

Sign.



Karmsund krysning

Seismiske målinger ble foretatt

- En knusningssone ble registrert målt til ca 70 meter.
- I virkeligheten strakte denne sonen seg over et område på over 400 m.

Da man kom til sonen:

- tiltagende vanninntregning
- klare tendenser til rasutvikling
- stoffen ble støpt igjen
- kjerneboringer ble utført

Karmsundet

Metoden går ut på følgende:

1. Boring av drenasjehull.

Med jevne mellomrom ble det boret en skjerm av drenasjehull foran stoffen. Skjermen besto av 8 - 10 stk 51 mm hull. Lengden varierte fra 15 til 20 m avhengig av fjellforhold. Hullene ble boret ca 5 m bak stoff i utstøp parti og med nødvendig overlappning. Hullene var vinklet utover med 1 : 4 i forhold til tunnelaksen.

2. Salveboringen foregår gjennom et lag av fiberarmert sprutbetong. Salvelengder på ned til 1 m var ikke uvanlig. Hullene bores og lades forsiktig. Årsaken til at fiberbetong ble benyttet var at erfaring viste at vi ikke fikk uarmert betong til å sitte på leira.

3. Salven sprenges.

Før røysa lastes ut, sprøytes den blottlagte hengen og de deler av stoffen som ikke er dekket av røysa.

Årsaken til at dette gjøres er at man må forsegle fjellet så hurtig som mulig for å unngå rasutvikling.

4. Deretter lastes røysa ut. En får da blottlagt et nytt parti av leirsonen.

5. Etter at utlastingen er ferdig sprutes den resterende del av stoffen og veggene, slik at hele salven over såle nå er dekket av sprutbetong.

6. Den siste operasjonen i syklusen er utstøping.

Støpesjoldet skyves frem til stoff. Endeforskalingen gjøres klar og stemples av mot stoffen før betongen pumpes i.

Denne fremgangsmåten medførte at krysningen av sonen kunne utføres uten spesielle problemer.

Spesielt fremheves at drenasjehullene synes å ha avlastet poretrykket i leirmassen vesentlig.

En annen forutsetning for at metoden skulle lykkes var at fjellet ble forseglet umiddelbart etter blottlegging. Nøkkelen lå derfor i sprutbetongutstyr med kort tilriggingstid, stor rekkevidde og høy kapasitet. Det var nødvendig at sprutbetong og betong var klart før salven ble sprengt.

SIKRINGSMENGDE

	På stuff	Bak stuff	Totalt
Bolter	19258 stk	5121 stk	24379 stk
Sprøytebetong	8055 m ³	1469 m ³	9525 m ³
Utstøping	2452 lm	269 lm	2721 lm

Driving:	0,6 - 0,8	m	pr time
Sonderboring:	40 - 50	b.m.	pr time
Bolting:	8 - 15	stk	pr time
Sprøytebetong:	4 - 8	m ³	pr time
Utstøping:	0,3 - 0,4	m	pr time

	Skift pr meter		
	Prognose	Utført	
Karmsundet	0,16	0,26	+ 63%
Førdesfjorden	0,26	0,45	+ 73%
Førlandsfjorden	0,26	0,26	

Tunnel Rafnes - Herøya

Forundersøkelser:

- Det ble foretatt seismiske og akustiske målinger. Disse viste bra overensstemmelse.

Vannproblemer:

- Tunnellen ligger på kote 250.
- Netto lekkasjemengder (eks. borvann) 1 600 l/min for hele tunnellen. Totalt under byggeperioden 500 000 m³ = 8 x tunnelvolumet.
- Saltvannet ga spesielle problemer p.g.a. krypstrømmer og korrosjon på utstyret.
- Grunnfjellet ga større lekkasjer enn de sedimentære skiferbergartene.

Noen data:

- Tunnellengde 3 630 t m
- Boring av sonderhull 10.500 b m
- Injisert cement 31 tonn
- Sprøytebetong 450 m³
- Bolter 2 500 stk
- Forskaling 4 500 m²
- Støpebetong 4 500 m³
- + armering + flettverksnetting

Kostnader:

- Sprengning inkl. pumpeystem : 100 %
rør og nødstrøm

Tillegg:

- Sikringsarbeider : 30 %
- Sonderboring + inj. + vannulemper : 25 %
- Totalkostnader : 155 %

=====

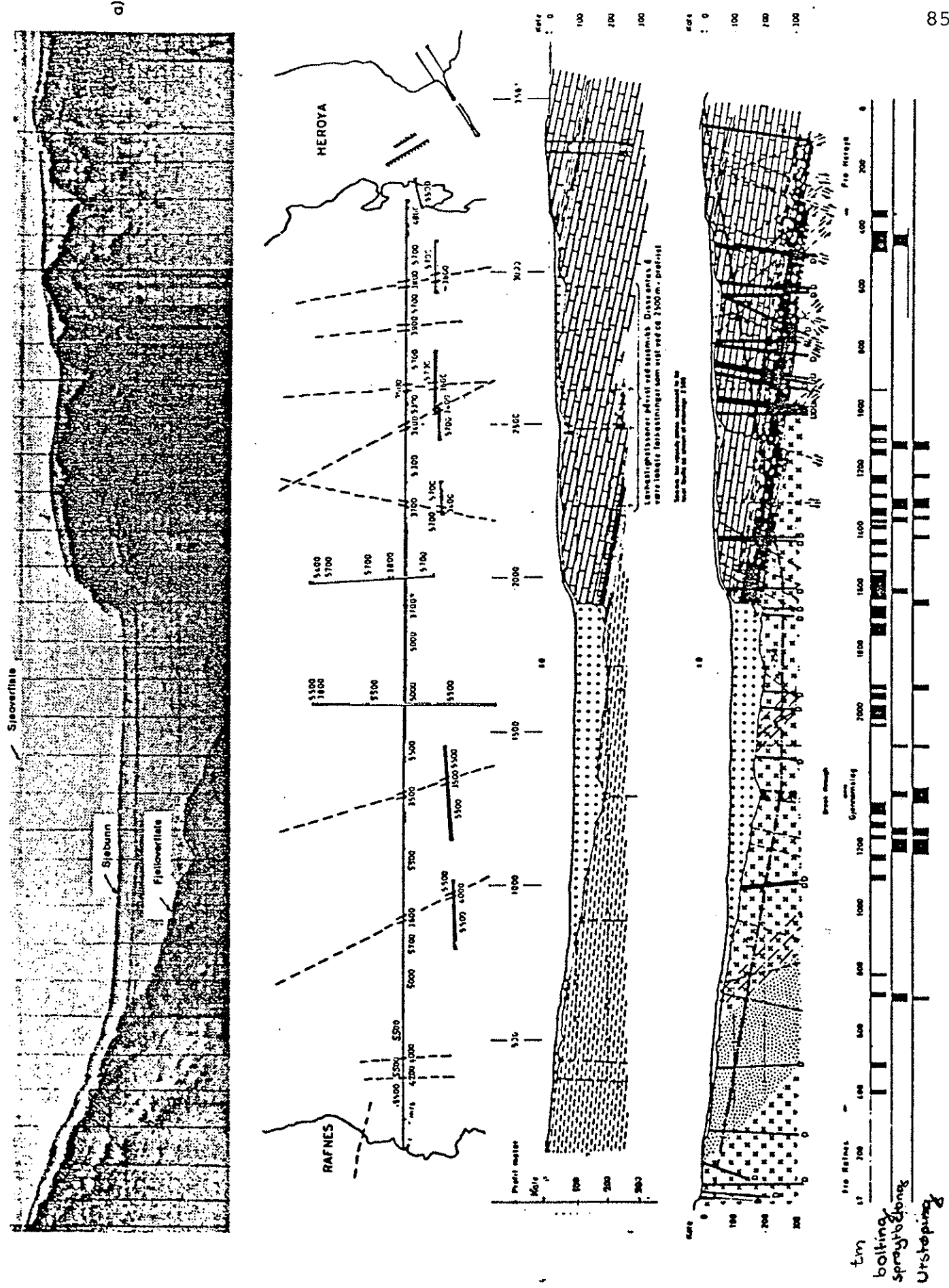


Fig.17.1 Sammenstilling av forundersøkelser og resultat av kartlegging og utført sikring for undersjøisk tunnel Rafnes - Herøya.
 a) Akustisk profil - Boomer (Geoteam A/S) b) Plan som viser seismiske profiler - Refraksjon (Terratest A/B) c) Geologisk profil - Prognose
 d) Geologisk profil - Tunnelkartlegging e) Oversikt over utførte sikringsarbeider

DRIFTSRESULTATER VARDØ TUNNEL

Gjennomslaget i tunnelen skjedde 24. juli 1981 etter omlag 26 måneders drift. Driften kom igang ca. 3 uker forsinket, og ble avsluttet omlag 2 måneder seinere enn planlagt. Dette har medvirket til at entreprenørens ferdigstillelse ser ut til å bli 15. desember 1982 istedet for 4 måneder tidligere.

Årsakene til disse forsinkelsene kan være mange. Vegvesenet har blant annet akseptert en generell kompensasjon for en viss tidsforlengelse, samt for en del ekstra regningsarbeid under driften, vesentlig etter 22. mai h.h.vis 26. mai 1981 som var de kontraktsbundne dataer Vardø/Svartnes. Videre er det gitt kompensasjon for heft som blant annet tilskrives de geologiske forhold. Dette gjelder vanskeligheter med boring og ladning, samt større overmasser enn hva entreprenøren regnet med.

Ettersom det ennå vil drøye en tid til det endelige oppgjør, er det for tidlig å ha noen formening om størrelsen på summen av de totale driftsutgifter. Summen av utbetalinger utover kontraktsummen er til nå ca. 3 mill. kroner.

Anvendte sikringsmidler.

Følgende sikringsmidler er anvendt under og etter drift:

1. Bolter med tilbehør:

Totalt antall innstøpte bolter (ITECO-rørbolter og kamstål)	ca. 18 250 stk.
Herav ca. 8000 stk. under drift.	
Varmforsinket stigeband (etter drift)	ca. 2 800 lm
Nylon sikringsnett (etter drift)	ca. 4 500 m ²

2. Betong:

Sprøytebetong (vesentlig under drift)	ca. 2 100 m ³
Enkel utstøping mot forskaling	ca. 560 lm
Herav ca. 215 lm bak stuff/etter drift.	
Utstøping 2. gang med membran	ca. 70 lm
Ovverbygg: Svartnes 100 lm	
Vardø 62 "	162 lm
(Ytterligere ca. 100 lm vil antagelig bli støpt).	

3. Injeksjon:

Injeksjonsmasser, hovedsakelig sement ca. 83 tonn

4. Ekstra rensk:

Antatt betaling for følgende medgåtte arbeidstid ca. 7 600 tv.

5. Vann/frostsikring:

Antatt lengde, dobbelte platehvelv ca. 2 000 lm

Lekkasjene i tunnelen fører til at det til enhver tid pumpes ca. 1 m³ vann pr. minutt ut av tunnelen. Uten at nøyaktige målinger ennå er kommet igang, synes dette tallet foreløpig å være noenlunde konstant. Pumpekapasiteten er ca. 3 m³ pr. minutt.

Å bedømme omfang og kostnader til sikring kan være vanskelig, selv på bakgrunn av en omfattende grunnundersøkelse. Dette kan skyldes flere faktorer: De metoder som har vært til rådighet ved undersøkelsene har kan hende ikke kunnet gi tilstrekkelige svar på viktige spørsmål eller avdekket problemer som har oppstått under driften senere. Videre kan driftsopplegg og -metoder være høyst forskjellige, og dette kan gi varierende utslag i kostnader. Kravene til standard kan også endres.

Dersom man sammenfatter prognosene i foreliggende tilfelle og ser på omfanget av den faktiske sikringen, er det god overensstemmelse på flere punkter. Man må imidlertid være klar over at det i rapporten ble antydte alternative sikringstiltak som ikke direkte gir grunnlag for sammenligning.

1. Man antok at ca. 40% av tunneldriften ville foregå i sandstein med middels god fjellkvalitet. Ca. 60% av driften ville gå gjennom silt- eller leirstein med middels til mindre god fjellkvalitet. Med andre ord: Middels kvalitet hva gjelder borbarehet/sprengbarhet som et rimelig gjennomsnitt. Viktig unntak fra dette var antagelsen om at 240-300 lm tunnel ville måtte drives gjennom svakhetssoner, der fjellkvaliteten tilsa sannsynlighet for utstøping mot stuff.

Sammenligning: Støp på stuff totalt ca. 245 lm, delvis utført med reduserte salve- og støpelengder.

2. For å redusere større lekkasjer, ble det foreslått å forinjisere tunnelen systematisk gjennom 35 m lange hull, fortrinnsvis i den 1800 m lange saltvannsonen. Man antok også at sementinjeksjon ville kunne få en viss fjellforsterkende virkning ved dette. Lengden for vannsikring med dobbelte platetak skulle da forhåpentlig kunne reduseres til anslagsvis 300-600 lm totalt.

Sammenligning: De erfaringer man høstet ved sementinjeksjon utført på stuff, tydet på at i soner med store lekkasjer har metoden bidratt til å minske lekkasjemengden en del, men ikke spredningen av dem. Kjemiske midler ble brukt i så liten utstrekning at dette ikke gav tilstrekkelige erfaringer. Hvorvidt injisering har hatt noen fjellforsterkende virkning, er vanskelig å bedømme. Svakhetssonene ble forsert med utstøping etter hver salve.

Konklusjonen etter dette må bli at mulighetene til å få redusert omfanget av sikringen med platehvelv synes ikke realistisk med sementinjeksjon alene.

3. Det totale omfang av antatt utstøpt hvelv (med membran) var anslått til å ligge mellom 300 og 500 lm (utenom overbygg).

Til sammenligning er den totale lengden blitt ca. 560 lm, hvorav ca. 70 lm med membran.

Avløpstunnel i Oslo-området

Sonderboring:

Fast antall sonderhull bores frem for stuff ca lengde 24 meter i tunnellens lengdeakse.

Hvis nødvendig, bores ytterligere injeksjonshull.

Vanlige etappelengder mellom hver forinjeksjonsomgang ligger omkring 20 meter for fullprofilmaskin TBM.

For konvensjonell drift: Antall salver mellom hver forinjeksjonsomgang varierer. (Ca 2 - 4 salver).

Større injeksjonsskjerm ved konvensjonell drift (ca 3 meter) enn ved TBM (ca 1,5 meter) p.g.a. oppsprekking fra sprengning.

Det har vært nødvendig med en del etterinjeksjon.

Tunnelstrekning	Utført tunnel-lengde pr. 1.10.80(m)	Forinjeksjon. Gjennomsnittlige mengder pr. meter tunnel		
		Borhull(m)	Sement (kg)	Kjemiske midler(1)
Majorstua - Torshov	2660	29,3	91,1	147,0
Majorstua - Ruseløkkv	1090	24,4	38,3	85,8
Skarpsnotunnelen	545	35,1	155,7	252,7
Sandvika - Lysaker	6167	8,9	139,0	31,2
Stabekktunnelen	455	5,8	51,6	37,7
Holmen - Sandvika	4757	6,7	70,7	5,5
Holmen - SRV	5020	8,0	137,0	10,1

Medgåtte injeksjonsmengder gjelder fullprofilborede tunneller, gjennomsnittlige mengder pr meter tunnel.

Vannlekkasjer:

Tunnel	Drive-metode	Tunnel-lengder m	Lekkasjer 1/min/100m
Majorstua - Torshov	TBM	2670	4.7
Majorstua - Skarpsno	TBM	1710	5.1
Filipstad. Adkomst	Konv.spr.	300	1.7
Filipstad. Avløpstunnel	Konv.spr.	90	0.6
Pipervika. Adkomst	Konv.spr.		1.9
Pipervika. Avløpstunnel	Konv.spr.	190	0.5

Målte lekkasjemengder for en del av tunnellene. Tallene er ikke endelige, noe etterinjeksjon gjensto da tabellen ble satt opp.

Det er byggherren som bestemmer antall borhull og antall injeksjonsomganger med forinjisering. Oppgjør skjer etter utførte mengder. Anleggstiden reguleres etter bestemte regler i samsvar med utførte mengder.

Prinsippet for plassering av hull for forinjeksjon er vist på fig. 11.3 og 11.4.

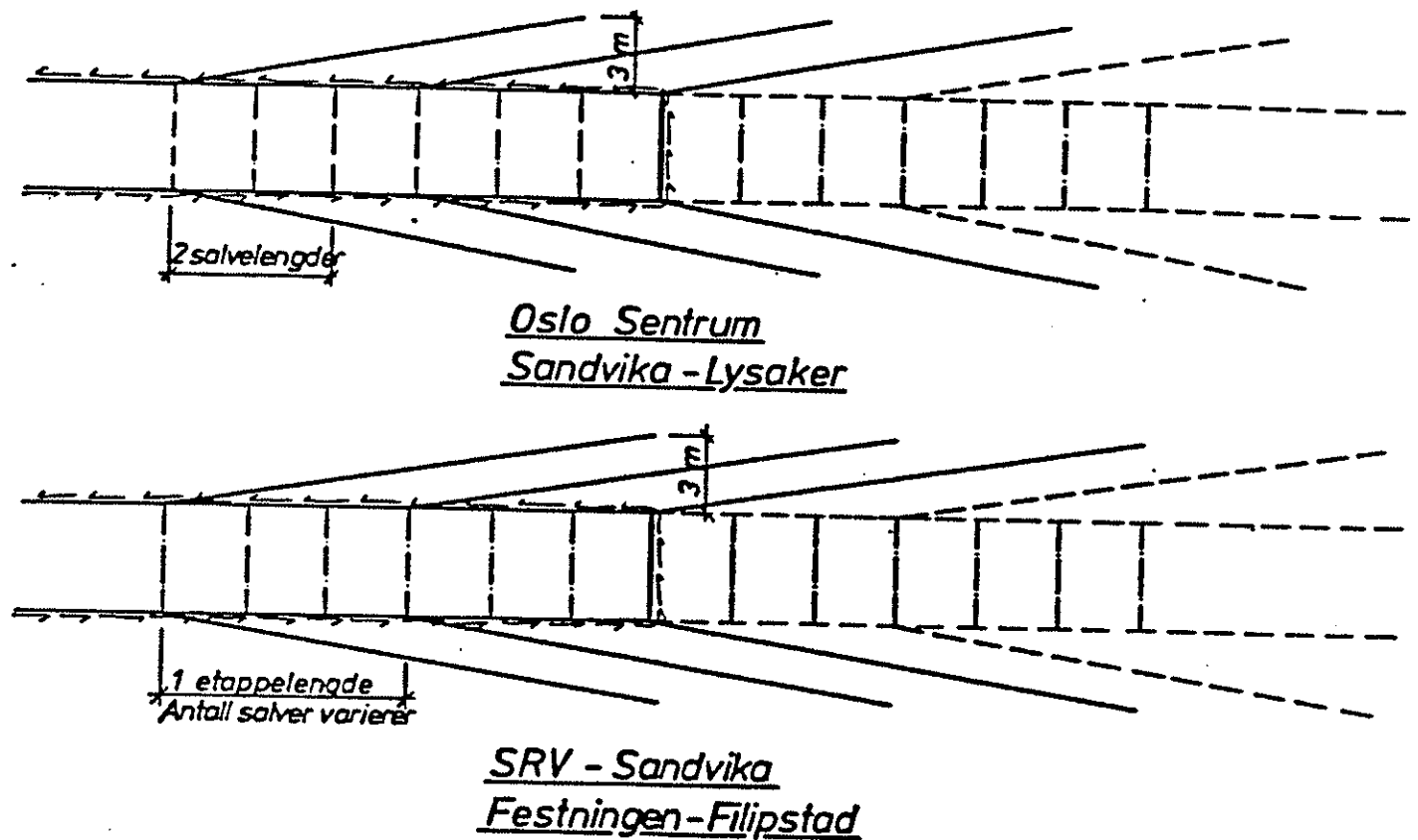


Fig. 11.3 Utsprengte tunneler. Prinsipp for sonder- og forinjeksjonshull.

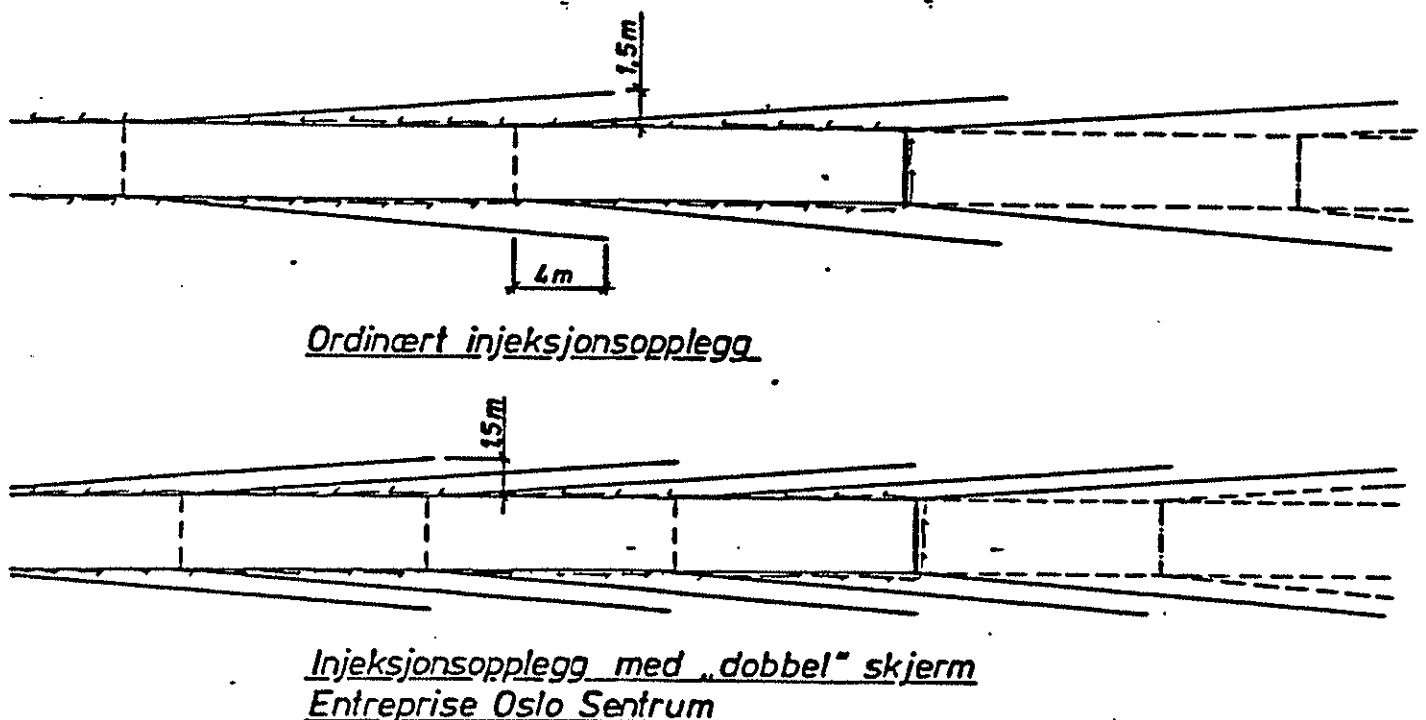


Fig. 11.4 Fullprofilborede tunneler. Prinsipp for sonder- og forinjeksjonshull.

Kostnader:

Tunnelstrekning	Pris-nivå	Drive-metode	Tunnel-lengder pr. 1.10.80	Kostnader kr. pr. m tunnel		
				Tunnel-driving	Sikring på stuff	For-injeksjon
Majorstua - Torshov	Høst 67	TBM	2666	3124	226 (7)	3.955 (127)
Majorstua - Skarpsno	»	TBM	1635	3358	116 (4)	4.007 (119)
Sandvika - Lysaker	»	TBM	6167	3470	84 (2)	1.343 (39)
Stabekktunnelen	»	TBM	455	3445	0 (0)	879 (26)
Holmen - Sandvika	Vår 77	TBM	4757	2426	85 (4)	720 (30)
Holmen - SRV	»	TBM	5020	2421	35 (2)	1.102 (46)
Filipstad - Rådhusplassen	Høst 78	Sprengt	398	3645	3342 (92)	12.199 (335)
Rådhusplassen - Festningen	»	Sprengt	414	4016	1170 (29)	10.410 (259)
Adkomst Ola Narr	Høst 76	Sprengt	171	3312	303 (9)	6.592 (199)

Kostnadene er ikke korrigert for prisstigning. Tallene i parentes angir i prosent kostnader i forhold til selve tunneldrivingen.

Noen hovedpunkter

Fellestrekk

- Sprekkene må stå steilt og i midtre vinkel til en av de omliggende store forkastningssoner
- De må ligge i sterke, stive bergarter med dårlige krypeegenskaper og i en fjellmasse med moderat til liten oppsprekning, dvs. de må ventes først og fremst å finnes i våre sterke og stive kvarts- og/eller feltspatdominerte bergarter.
- De er utholdende slepper, sleppetog eller knusningssoner, og kan i visse tilfeller registreres på flyfoto.
- De finnes oftest i områder vinkelrett ut fra steder hvor store forkastningssoner skifter karakter eller retning.
(Kjerneboring og vanninnpresningsdorsøk synes å være nødvendig for å avklare saken. Vet ikke hva geofysiske målinger kan gi).

Praktiske erfaringer:

Forhold som er ugunstige/uheldige:

- Tverrslag/tunnel på synk/stup.
- Sprengning inn i en storlekkasje før en har fått injisert, eller det som verre er, sprengning så nær lekkasjesonen at en får hydraulisk splitting i stoffen.
- Når det ikke preinjiseres tilstrekkelig, systematisk og langt nok ut i omliggende fjell til å unngå hydraulisk splitting av fremtidige tunnelflater.
- Når lekkasjesonen er leirførende og vanskeliggjør spredning av injeksjonsmasse. Leikassevannet vil røpe et evt. leireinnhold.
- Når sonen står i spiss vinkel til tunnelaksen og bevirker lange injiseringsstrekninger.
- Mangel på sonerboring foran stoff når det er grunn til å frykte store lekkasjer, slik at en injiseringsplan kan legges i tide.

Ulla-Førre (Osane):

Tverrslag på synk, 75 m² tunnel på svakt fall i driveretning

Etter 2 300 meter tunneldrift

- Injisert cement 1 100 tonn
- Ekstra kostnad 10 mill. kroner
- Inntil 175 tonn injisert fra én stoff
- Vanntrykk på ca 15 bar korresponderte med fjelloverdekningen på stedet.

Nye Osa:

- Vannproblemene kostet ca 41,5 mill kroner 50% fordyrelse når kostnadene fordeles på hele det 17 km lange tunnelsystemet. Ingen store enkeltlekkasjer.

Kjela:

- På en 2 km lang strekning oppsto 15 lekkasjeområder. Dette krevde 4,5 km ekstra boremeter, 165 tonn cement, 5 500 ekstra arbeidstimer.
(Ca 18 m³/min)
12 - 15

Fra Kjela

Tverrslag Turvelid mot Bordalsvann ved E 68 Edland - Haukeliseter. Tverrslag på synk. Ved P 1800.

- Påboret vann med 23 bar statisk trykk 6 - 7 meter foran stoff. Fullstendig injeksjon ble avsluttet etter 3 - 6 skift skutt salve inn i området.

Resultat 12 - 15 m³/min.

Etter et halvt år lekkasjen under kontroll, og ny tunnel drevet rundt (proppen/lekkasjestedet).

P-319 TUNNELDRIFT UNDER VANN

Kilder:

Arkiv Dyno Konsulent A.S

Anleggsledere og byggherrerrepresentanter

Norske Kraftverker I og II, Fredrik Vogt/Arne Solem
Teknisk Ukeblads Forlag

Litteraturhenvisninger:

Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen:
Utbygd vasskraft i Norge pr. 1.1.1968

Aust-Agder Kraftverk 1919 - 1969 - 1979, Birger
Dannevig

Kraftlaget Opplandskraft 1954 - 1979: 25 år med
vannkraft

Svein Rudnå: Data for nyere norske kraftverker
(1948 - 1964) samlet og bearbeidet
Norges Tekniske Høgskole,
Vannkraftlaboratoriet

Bernt Lorentzen: Fossekraften temmes,
BKK gjennom 30 år
Bergens kommunale kraftselskap
1920 - 1950

Ludvig Thronsen: Buskerud Kraftverker 50 år, 1969
Firdakraft L/L 25 år 1947 - 1972

R. Ahlström: Sprängning av avloppstunneln för
Hjälta Kraftverk 1950
(Svenska Vattenkraftför.)

- Willy Greiner jr: A/S Skafså kraftverk (1956)
- Halvor Landsverk: Felles krafttak i femti år,
Skiensfjordens kommunale
kraftselskap 1912 - 1962
- Odd Vollan: Tafjord Kraftselskap 1917 - 1967
- Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen-Statskraftverkene:
Tokke-anleggene (1961)
- Rolf Baggethun: Vestfold Kraftselskap 50 år (1970)
- Vest-Agder Elektrisitetsverk
gjennom 25 år
- Tormod Moxnes: Trondheim elektrisitetsverk,
utbygninger i Neavassdraget i årene
1946 - 1966, Generalrapport over 20
års byggeperiode (1967)
- Samkjøringen: Beskrivelse av kraftverker i
samkjøringsområdet (1963)

