

SAMMENDRAG

SAMMENDRAG

Fra januar til april 1995 ble en 579 m lang 63 m² vegtunnel ved Finneidfjord i Nordland drevet med et omfattende forsøksprogram. Forsøksprogrammet ble gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Statkraft Anlegg AS, Statens vegvesen, Dyno Nobel og Institutt for bygg- og anleggsteknikk, seksjon anleggsdrift (IBA) ved NTH.

Statkraft Anlegg AS stilte med motivert mannskap og ledelse.

Det ble gjennomført sprengningstekniske forsøk med hovedvekt på lange salver og 64 mm borhulldiameter med fulldatarigg. Oversikt over resultat og prognoser for normalisert drift er utarbeidet for ulike borhulldiameter og salvelengder. Ved normaliseringen er det lagt vekt på data og erfaringer fra andre tunnelanlegg.

Geologi

De første 150 m av tunnelen består av kalkspatmarmor og glimmerskifer med glimmersoner. Resten av tunnelen er drevet i glimmergneis med kalkspatsoner.

Lagdelingen har strøk tilnærmet parallelt med tunnelaksen og fall 20-40° mot vest. Overdekningen varierer mellom 25-80 m.

Sprengbarheten er middels til god. [kap. 1.4 Geologi]

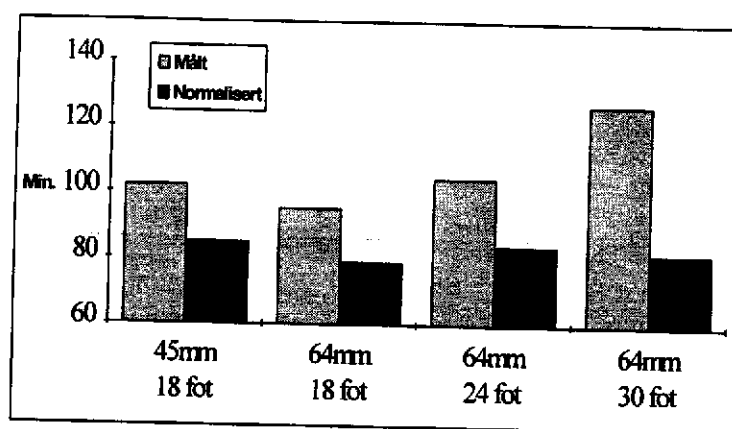
Tidforbruk for salvesyklus

Forsøkene viste at i en 63 m² vegtunnel vil salver drevet med 18 fot borrør og 64 mm borhulldiameter gi det laveste tidforbruket pr. tunnelmeter i en salvesyklus når sikring er utelatt. Dette skyldes bedret brytning og lavere tidforbruk for boring, lading, kobling og skyting.

	18 fot 45 mm		18 fot 64 mm		24 fot 64 mm		30 fot 64 mm	
	Målt	Norm.	Målt	Norm.	Målt	Norm.	Målt	Norm.
Boring, lading,skyt	52	35	44	31	59	38	74	37
Ventilasjonstid	5	4	4	4	3	4	3	4
Lasting/utkjøring	32	33	32	33	31	32	40	32
Løpende rensk	13	13	15	12	11	10	9	9
Totaltid u/sikring	102	85	95	79	104	84	127	82

Tabell 1. Tidforbruk i minutter pr. tunnelmeter målt/normalisert. Automatisk stangskjøting forutsatt brukt på normaliserte verdier på langesalver.

SAMMENDRAG



Figur 1.

Oversikt over totaltid i minutter pr. tunnelmeter for hver salve-syklus uten sikring.

Riggetider

	64 mm - 18 fot	64 mm - 24 fot	64 mm - 30 fot	45 mm - 18 fot
Målt Neset	23 min = 11%	32 min = 9 %	32 min = 6 %	34 min = 15%
Normalisert	16 min = 11%	16 min = 7 %	16 min = 6 %	16 min = 10%

Tabell 2. Riggetider for boring, lading og skyting i minutter og prosentandel av prosessen.

Borenøyaktighet

Nøyaktig boring er en forutsetning for å oppnå tilfredstillende brytning på lange salver (> 18 fot). 64 mm borhulldiameter gjør det mulig å bruke stivere stenger. Forsøkene viste at 56 mm borrør i kombinasjon med datastyrt borrhjelp gjør det mulig å bore salver opp til 30 fot med ubetydelig boravvik. [kap. 7.13 Borenøyaktighet..]

Borsynk

Borsynken for 64 mm borhull var 73 % av borsynken for 45 mm borhull, h.h.v. 163 og 224 cm/min. Ved skjøtboring var borsynken på andre stang 75-80 % av borsynk første stang. Den store reduksjonen i borsynk skyldes manuell skjøting. Våre studier av automatisk stangskjøting bl.a. hos LKAB i Malmberget, Sverige, viser en reduksjon i borsynk på 3 % på andre stang.

Borstål

Slitasjen på 64 mm-borkronene var liten, og kronebyttefaktoren lavere enn ved 45 mm borkroner. Borstålet er bedre tilpasset bormaskinene ved bruk av 56 mm bor-rør og 64 mm-borkroner enn ved bruk av drifterstenger og 45 mm-borkroner. Borstålet får høyere levetid med 64 mm borhulldiameter. [kap. 6.2 Levetider..]

SAMMENDRAG

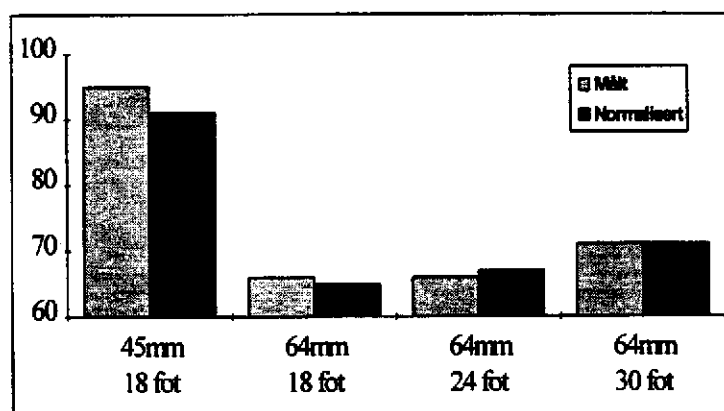
Stangskjøting

Salvelengder på 22, 24 og 30 fot og 64 mm borhulldiameter ble drevet både med maskinelt skjøteutstyr og ved skjøting for hånd. Det maskinelle utstyret fungerte ikke tilfredstillende. De normaliserte verdier forutsetter 1,86 min/hull til stangskjøting som målt hos LKAB i Malmberget, Sverige.

Antall borhull

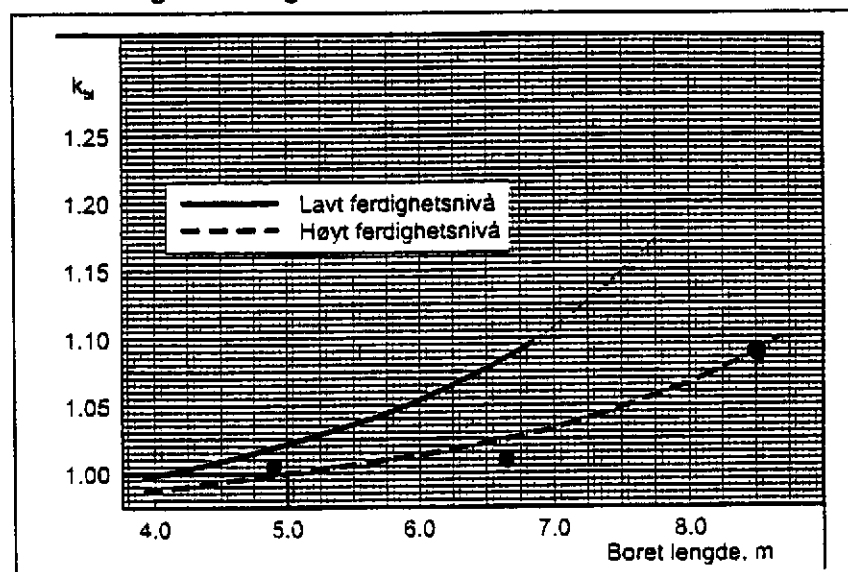
Ved overgang fra 45 til 64 mm borhulldiameter ble antall borhull redusert med 30 % for 18 fot salvelengde. (H.h.v. 94 og 66 borhull under like fjellforhold)

Ved salvelengder over 18 fot økes antall borhull. [kap. 2.41 Oversikt over forsøk]



Figur 2.

Antall borhull for tilnærmet like fjellforhold for de ulike borhulldiameterne og salvelengder.



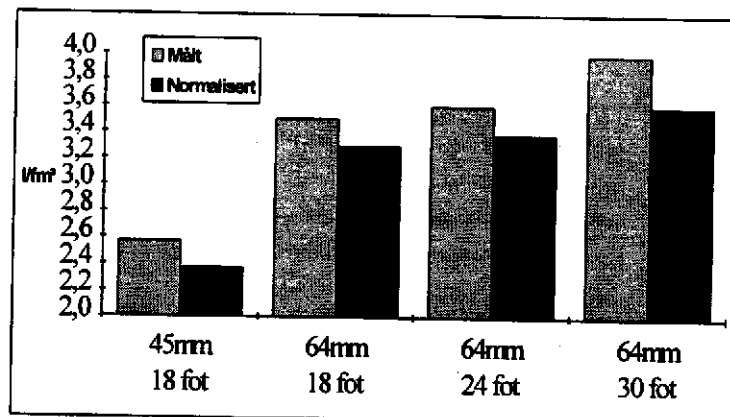
Figur 3.

Korreksjonsfaktor for boret lengde forskjellig fra basis (5,0 m) Gjelder antall 64 mm borhull. For 45 mm borhull har vi ikke observasjoner for salvelengder over 18 fot. (Fra PR 2A-95)

SAMMENDRAG

Utboret volum

Utboret volum øker med borhulldiameter og salvelengde.

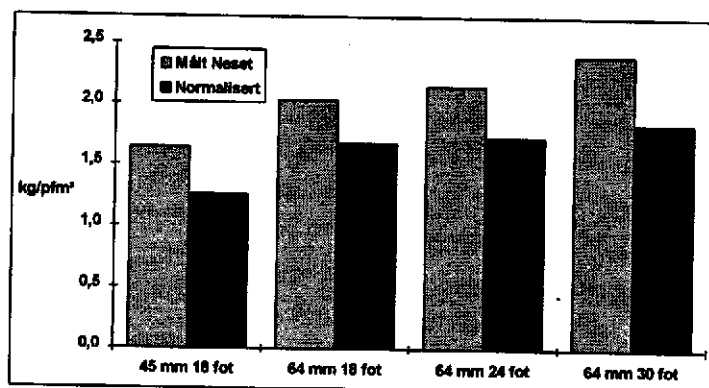


Figur 4.

Utboret volum som funksjon av borhulldiameter og salvelengde.

Sprengstoff-forbruk

64 mm borkroner gir mindre ladeproblemer, men større spesifikt sprengstoff-forbruk. Sprengstoff-forbruket øker også med salvelengden.



Figur 5.

Målinger og normaliserte verdier for totalt spesifikt sprengstoff-forbruk for ulike salvelengder og borhulldiameter.

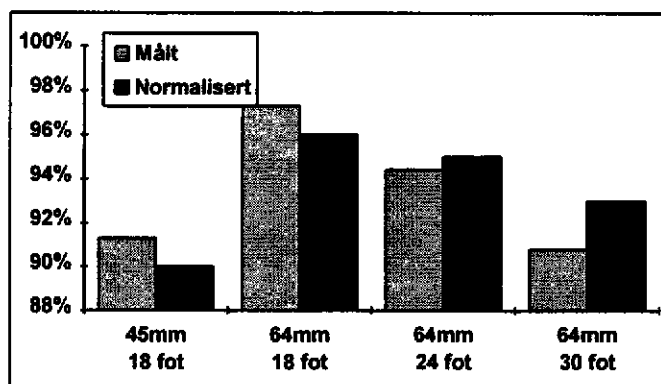
Overforbruket av sprengstoff skyldes at for kort ulada lengde. Forsøkene med optimalisering av ulada lengde ble stoppet av de dårlige fjellforholdene. [kap. 7.22 Dynamit-forbruk]

Anolitan delen er høyere for de lange salvene enn for 18 fot. For 45 mm borhulldiameter er anolitan delen målt til 86,7 %, og for 30 fot salver med 64 mm borhulldiameter er den i gjennomsnitt 96,4 %.

SAMMENDRAG

Brytning

Nøyaktige målinger av boret lengde og inndrift pr. salve viser at salver med 64 mm borhulldiameter bryter gjennomsnittlig 6 % bedre enn med 45 mm borhulldiameter for samme salvelengde.

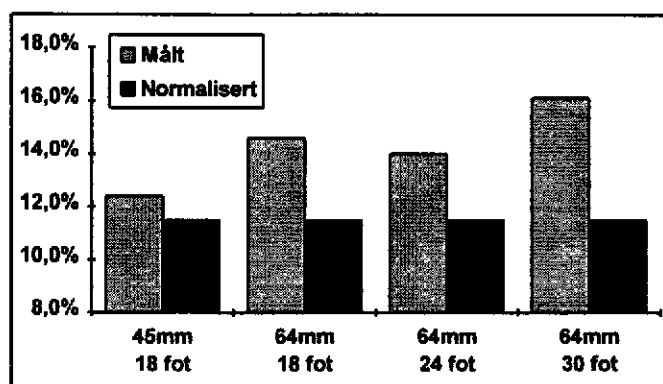


Figur 6.

Brytningsprosent som funksjon av salvelengde og borhulldiameter.

For økende salvelengder går brytningen noe ned.

Overmasse



Figur 7.

Overmasse i prosent for de ulike borhulldiameter og salvelengder.

18 fot salver med 64 mm ble drevet over en lang periode i tildels dårlig fjell. Geologisk betinget nedfall utgjør derfor en større del av overmassen enn for salver med 45 mm borhulldiameter. Når det gjelder overmasse som funksjon av salvelengde viser målingene ingen entydig trend. Årsaken er den varierende geologien i tunneltraséen.

SAMMENDRAG

Kontur

Detonerende lunte (80g/m) ble benyttet isteden for gule rør i konturen. Lunta er rask og enkel å lade med, men krever mer forarbeid enn bruk av rør. Konturhullene ble lada med tennpatron, lunter og 1,5 kg Anolit. Med godt resultat ble det i en lengre periode drevet 18 fot salver med annenhver 2 og 4 m lange lunter i konturen. 2. konturrast ble lada som stross. [kap. 7.31 Det. lunte i konturhull]

Det kunne ikke påvises forskjell i konturkvalitet hverken m.h.p. borhulldiameter eller salvelengde. Avstanden mellom og antallet 64 mm borhull var uendret i konturen på de ulike salvelengdene. Konturhullsavstanden varierte mellom ca. 0,7-1,2 m, avhengig av lagdelingen og sleppene i fjellet.

Detaljmålinger av ruhet i konturen viste en noe glattere overflate for 45 mm borhulldiameter enn for 64 mm borhulldiameter. [se overmasse s. 5]

Målingene viste at økning i salvelengde ikke influerer på ruheten.

Forsplinting ble forsøkt uten særlig hell. [kap. 7.32 Presplitt i konturen]

Rensk

Det er registrert noe økt rensketid for 64 mm borhulldiameter. Dette kan skyldes geologiske forhold. [s. 3 overmasse]

Røysa blir høyere ved økende salvelengde. På 30 fot salver ble fri høyde under en halv meter, og spettrensk fra røys umulig.

Lasting og utkjøring

Det ble ikke målt forskjell i lastekapasitet for 64 og 45 mm borhulldiameter ved lasting av en 18 fot salve.

Lastekapasiteten viste liten endring ved lasting av 24 fot salver. For 30 fot salver ble røysa høy og tung å laste, og lastekapasiteten gikk ned.

Elektroniske tennere

Elektroniske tennere ble testet i kutt/kontur, bare i kontur, og i hele salva. De elektroniske tennere gir god konturkvalitet, god brytning og bedret lastbarhet.

Resultater fra forsøkene kan tyde på at elektroniske tennere gir bedre konturkvalitet enn Nonel GT/T tennere, men dette er vanskelig å dokumentere p.g.a. den dårlige fjellkvaliteten i forsøksfasen.

SAMMENDRAG

Brukervennligheten er foreløpig dårligere enn andre tennsystemer, og prisnivået for høyt på de elektroniske tennene. På sikt kan de likevel være et reelt alternativ til dagens tennsystem i tunneler. [kap. 7.5 Elektroniske tennere]

RESYMÈ

Forsøksprogrammet i Neset tunnel har vist at det er mulig å sprengne salver opp til 30 fot. Forutsetningene er økt borenøyaktighet som oppnås ved stive borstenger og datastyrt boring. Den økte borhulldiameteren er gunstig sprengningsteknisk (større detonasjonshastighet).

Optimal salvelengde vil avhenge av flere faktorer enn det sprengningstekniske, og vil variere i hvert enkelt tilfelle.

Prosjektrapportene 2A-95 TUNNELDRIFT Sprengningsplaner
2B-95 TUNNELDRIFT Prognoser konvensjonell drift
2C-95 TUNNELDRIFT Kostnader konvensjonell drift *
gir metode og data for beregning av optimal salvelengde.

* = Utgis desember 1995.

INNHold

INNHold

SAMMENDRAG	1
0. BAKGRUNN	11
1. NESET TUNNEL	12
1.1 GEOMETRI	12
1.2 UTSTYR	12
1.3 BEMANNING	12
1.4 GEOLOGI	13
2. FORSØKSDRIFTEN	14
2.1 GENERELT	14
2.2 MÅLSETTING	14
2.3 FORSØKSPLAN	14
2.4 GJENNOMFØRTE FORSØK	14
2.41 Oversikt over forsøk	15
2.5 DATAREGISTRERING	17
2.6 BAKGRUNN FOR PROGNOSE	17
3. RESULTAT 18 FOT SALVER	18
3.0 GENERELT	18
3.1 SALVESYKLUS	18
3.11 Resultat	18
3.12 Kommentarer til salvesyklus	19
3.2 KAPASITETSTALL	21
3.3 SPRENGNINGSRESULTAT	25
3.31 Konturkvalitet	25
3.32 Røysprofil og framkast	25
4. RESULTAT 24 FOT SALVER	26
4.0 GENERELT	26
4.1 SALVESYKLUS	26
4.11 Resultat	26
4.12 Kommentarer til salvesyklus 24 fot	27
4.2 KAPASITETSTALL	28

INNHold

4.3 SPRENGNINGSRESULTAT	31
4.31 Konturkvalitet.....	31
4.32 Røysprofil og framkast	31
5. RESULTAT 30 FOT SALVER.....	33
5.0 GENERELT	33
5.1 SALVESYKLUS.....	33
5.11 Resultat	33
5.12 Kommentarer til salvesyklus for 30 fot.....	34
5.2 KAPASITETSTALL	35
5.3 SPRENGNINGSRESULTAT	37
5.31 Konturkvalitet.....	37
5.32 Røysprofil og framkast	37
6. NØKKELDATA.....	39
6.1 OVERMASSE.....	39
6.2 LEVFTIDER BORSTÅL	39
6.21 Borstålforbruk.....	40
6.3 LASTEKAPASITET	40
6.4 TIDFORBRUK PR. TUNNELMETER	40
6.5 SIKRING.....	41
6.6 RENSK	41
6.7 RYSTELSESMÅLING	42
7. ANDRE ERFARINGER	43
7.1 BORING.....	43
7.11 Datariggen - AMV 3 GBC CC	43
7.12 Kutt	43
7.13 Borenøyaktighet.....	44
7.14 Boretid	44
7.2 LADING.....	44
7.21 Anolit.....	44
7.22 Dynamit-forbruk.....	45
7.23 Ulada lengde	45
7.3 KONTURKVALITET.....	46
7.31 Detonerende lunte i konturhull	46
7.32 Presplitt i konturen	46

INNHOOLD

7.4 STANGSKJØTING.....	46
7.41 Problem med automatisk stangskjøting.....	46
7.42 Alternativ skjøtemetode 24 fot.....	47
7.43 Alternativ skjøtemetode 30 fot.....	47
7.5 ELEKTRONISKE TENNERE.....	48
7.51 Oppbygging av en elektronisk tenner.....	48
7.52 Lading og kobling av salva.....	48
7.53 Konturkvalitet med elektroniske tennere.....	49
7.54 Rystelsesmåling.....	49
7.55 Røysprofil og fragmentering.....	49
7.56 Brytning.....	50
7.6 PRAKTISKE ERFARINGER.....	51
7.61 Boring.....	51
7.62 Lading.....	52
7.63 Lasting.....	52
7.64 Borhulsdiameter.....	52
8. BOR- OG TENNPLANER.....	53
8.1 EKSEMPLER PÅ BORPLANER.....	53

BILAG - 1

- 1 OVERSIKT OVER FORSØK OG SALVERAPPORTER
- 2 KOMMENTARER TIL SALVESYKLUS I SALVERAPPORTER
- 3 SALVERAPPORTER MED RYSTESESMÅLINGER
- 4 RYSTESESMÅLINGER FRA SALVER MED ELEKTRONISKE
 TENNERE
- 5 KURVER OVER RYSTESESMÅLINGER SALVE 1-30

- Ringperm nr. 1 -

BILAG - 2

- 1 TVERRPROFIL AV HELE TUNNELEN INKL. KJØREBANE
- 2 TVERRPROFIL FOR RUHETSMÅLINGER
- 3 TVERRPROFIL ETTER STROSSING OG UTTAK KJØREBANE
- 4 BOR- OG TENNPLANER MED DATALOGG SALVE 1-71

- Ringperm nr. 2 -

0. BAKGRUNN

0. BAKGRUNN

Konvensjonell tunneldrift er i rivende utvikling, og avdekker behovet for datagrunnlag for optimalisering av salvelengde, borhulldiameter og utstyr.

Forsøksprogrammet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom Statkraft Anlegg AS, Statens vegvesen Nordland, Dyno Nobel og Institutt for bygg- og anleggsteknikk, seksjon for anleggsdrift (IBA) ved NTH.

1. NESET TUNNEL

1.1 GEOMETRI

Neset tunnel er en del av opprustningen av E6 i Nordland, og ligger ca. 25 km sør for Mo i Rana. Tunneltverrsnittet er T8,5, prosjektert råsprengt 62,85 m², og lengden er 600 m. Tunnelen er tilnærmet rettlinjert, og drevet på 1,5 % stigning mot nord.

1.2 UTSTYR

Utstyret som ble brukt var en AMV GBC 3 CC 1994-modell (fulldata 3-boms borrhogg). Bormaskinene var Montabert HC-90 på 18 fot materbjelker. Borrhoggen hadde utstyr for manuelt stangskifte. Datasystemet var levert av Bever Control a.s.

Borstålet ble levert av Secoroc:

- 64 mm borkroner med ballistiske stifter
- TAC 56 borrhør i 6, 12 og 18 fots lengder
- 45 mm borkroner med ballistiske stifter
- R32/38 18 fots drifterstenger.
- 102 mm opprømmingskrone

Lasteutstyr var en Cat 980 F, to lastebiler og en dumper.

Ventilasjonsutstyret var en Korfmann GAL 14 vifte og 120 cm duk (blåsende ventilasjon).

1.3 BEMANNING

To skifts flytende drift hver på 7,5 h/dag fem dager i uka. Hvert skift består av tre mann, med en fast borer, en stufferarbeider/reparatør og en bakstuffer/laster. På anlegget var det også en dagreparatør og en formann.

1.4 GEOLOGI

De første 150 m av tunnelen består av kalkspatmarmor og glimmerskifer, som gjennombrytes av flattliggende, tildels kraftige soner med biotitt og muskovitt. Resten av tunnelen er i hovedsak mørk glimmerrik middelskornet gneis, med kalkspatsoner.

Lagdelingen har strøk tilnærmet parallelt med tunnelaksen og fall 20-40° mot vest. Over korte strekninger er glimmer- og kalkspatgangene tildels svært foldet.

De fleste sleppeflatene har strøk N-S og fall fra vertikalt til 80° mot øst. Videre finnes en del slepper med strøk NØ-SV med fall 80° mot S-Ø.

Bergart	Gneis	Kalkmarmor
Kvarts	25 %	Spormengder
Kalkspat	-	90 %
Plagioklas	42 %	3 %
Dolomitt	-	5 %
Glimmer	19 %	Spormengder
Kalifeltspat	6 %	-
Epidot	6 %	Spormengder
Densitet	2,89 g/cm ³	2,72 g/cm ³
Kvartsinnhold (DTA)	27 %	4 %
Borsynkindeks (DRI)	60 - Høy	61 - Høy
Borslitasjeindeks (BWI)	28 - Middels-lav	11 - Meget lav
Sprengbarhetsindeks (SPR)	0,547	0,435

Tabell 1.1 Resultat fra analyser ved Ingeniørgeologisk laboratorium.

Geologien på stoff var lite ensartet, og de to bergartsprøvene er ikke representative for bor- og sprengbarheten for stoffen som helhet. Oppsprekkingen og dens orientering, samt de geologiske forhold ellers ble vurdert slik at sprengbarheten er antatt å ligge mellom middels og god.

Det var lite vannproblemer under driving, og få borhull krevde lading med patronert sprengstoff. Dette var omtrent som forutsatt i geologiske undersøkelser. I en antatt svakhetssone var det problemer med mer vann på stoff, og slepper med leirebelegg og forvitret dagfjell.

Overdekningen var 25-80 m, og det var ikke observert spenningsytringer under drivingen.

2. FORSØKSDRIFTEN

2.1 GENERELT

Drivingen av hele Neset tunnel ble avsatt til forsøksdrift. Bemanning og framdriftsplaner ble fastsatt med dette som utgangspunkt.

2.2 MÅLSETTING

Undersøke potensialet for reduserte kostnader, økt framdrift og bedret kvalitet ved bruk av 64 mm borhullsdiameter og boret lengde på inntil 8-9 m ved konvensjonell tunneldrift.

2.3 FORSØKSPLAN

1. 18 fot (5,2 m) boret lengde, 15 salver
2. 22 fot (6,4 m) boret lengde, 12 salver
3. 25 fot (7,3 m) boret lengde, 12 salver
4. 28 fot (8,2 m) boret lengde, 12 salver
5. 30 fot (8,8 m) boret lengde, 12 salver

2.4 GJENNOMFØRTE FORSØK

22, 25 og 28 fots salvene ble ikke boret som planlagt. Isteden ble 24 fot boret med 18 + 6 fot borrhør, eller 12 + 12 fot borrhør.

18 fot - 4,90 m boret lengde,	64 mm borkroner, 69-81 borhull	77 salver
22 fot - 6,10 m boret lengde,	64 mm borkroner, 72 borhull	1 salve
24 fot - 6,65 m boret lengde,	64 mm borkroner, 70-72 borhull	12 salver
30 fot - 8,50 m boret lengde,	64 mm borkroner, 74 borhull	5 salver
18 fot - 4,90 m boret lengde,	45 mm borkroner, 92-99 borhull	6 salver

Resultat er vektlagt fra 64 mm salvene med totalt 70 hull og de lange salvene. De seks salvene med 45 mm borkroner er referanser for 64 mm-forsøkene.

I tillegg ble det boret noen 64 mm - 18 fots salver med 70-73 borhull avhengig av fjellforholdene som ikke er detaljoppfulgt.

2. FORSØKSDRIFTEN

2.4 Gjennomførte forsøk

2.41 Oversikt over forsøk

I påhuggssonen ble 28 m drevet med 45 mm borkroner og drifterstenger.

Salve	Borhull	Salvetype	Rapport	Borplan
1		18 fot - 64 mm		1
2	77	18 fot - 64 mm		2
3	81	18 fot - 64 mm	*	3
4	77	18 fot - 64 mm	*	2
5	77	18 fot - 64 mm	*	->-
6	77	18 fot - 64 mm	*	->-
7	74	18 fot - 64 mm	*	7
8	74	18 fot - 64 mm	*	->-
9	74	18 fot - Første salve med det.lunte	*	->-
10	74	18 fot - 64 mm	*	->-
11	73	18 fot - 64 mm	*	11
12	72	18 fot - Presplitt	*	12
13	72	18 fot - 64 mm	*	->-
14	72	18 fot - Test konturspr.	*	->-
15	72	18 fot - 64 mm	*	->-
16	72	18 fot - 64 mm	*	->-
17	72	18 fot - 64 mm	*	->-
18	72	18 fot - Test 22 fot - Kutt venstre	*	18
19	72	22 fot - Skjøteutstyr		12
20	72	24 fot - 64 mm	*	->-
21	72	18 fot - 64 mm	*	->-
22	72	24 fot - 64 mm	*	->-
23	72	24 fot - 64 mm	*	->-
24	70	24 fot - 64 mm - Ny kutt	*	24
25	70	24 fot - 64 mm	*	->-
26	70	24 fot - 18 + 6 fot - Ny tennplan	*	26
27	69	18 fot - 64 mm	*	27
28	70	24 fot - 18 + 6 fot	*	24
29	70	24 fot - 64 mm		->-
30	70	24 fot - 64 mm	*	->-
31	70	24 fot - 64 mm	*	->-
32	70	24 fot - 64 mm	*	->-
33	71	24 fot - 64 mm - Ekstra liggerhull	*	33
34	75	30 fot - 18 + 12 fot	*	34
35	69	18 fot - 64 mm	*	27
36	75	30 fot - 18 + 12 fot - Hull på kast	*	36
37	71	18 fot - Test konturspr. - Kutt venstre	*	37
38	75	30 fot - 64 mm	*	36

2. FORSØKSDRIFTEN

2.4 Gjennomførte forsøk

Salve	Borhull	Salvetype	Rapport	
39	69	18 fot - 64 mm - Test konturspr.	*	27
40	70	18 fot - 64 mm - Ekstra hull	*	27
41	70	18 fot - 64 mm - Det.lunte i ligg.hull	*	24
42	70	18 fot - 64 mm	*	->-
43	70	18 fot - 64 mm - Det. -lunte i kontur	*	->-
44	70	18 fot - 64 mm - 4 m det. lunter	*	->-
45	92	18 fot - 45 mm	*	45
46	97	18 fot - 45 mm	*	46
47	97	18 fot - 45 mm	*	46
48	99	18 fot - 45 mm - Kutt venstre	*	48
49	98	18 fot - 45 mm	*	49
50	98	18 fot - 45 mm - Liggere uten rør	*	49
51	70	18 fot - 64 mm - Nisje	*	24
52	70	18 fot - Nisje - test konturspr.	*	->-
53	70	18 fot - 64 mm	*	->-
54	70	18 fot - 64 mm - Ny kutt	*	54
55	70	18 fot - 64 mm - Liggere uten rør	*	->-
56	70	18 fot - 64 mm	*	->-
57	70	18 fot - 64 mm	*	->-
58	70	18 fot - 64 mm		->-
59	70	18 fot - 64 mm		->-
60	70	18 fot - 64 mm		->-
61	70	18 fot - 64 mm	*	->-
62	70	18 fot - 64 mm	*	->-
63	72	18 fot - 64 mm	*	->-
64	70	18 fot - 64 mm		->-
65	75	30 fot - 64 mm	*	36
66	70	18 fot - 64 mm		55
67	70	18 fot - 64 mm	*	->-
68	70	18 fot - 64 mm	*	->-
69	75	30 fot - 64 mm	*	36
70	70	18 fot - 64 mm	*	55
96	73	18 fot - Elektroniske tennere	Notat	96
97	73	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	-<-
98	70	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	55
99	70	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	-<-
100	70	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	-<-
101	70	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	-<-
102	70	18 fot - Elektroniske tennere	-<-	-<-

Tabell 2.1 Oversikt over forsøkene i kronologisk rekkefølge og hvilke bor- og tennplaner som er brukt. [se kap. 8] Salverapporter er i bilagsdelen.

2.5 DATAREGISTRERING

Ressursforbruk

Forbruk av borstål, sprengstoff, tennmidler og tidforbruk ble registrert i detalj for hver salve.

Borenøyaktighet

Et representativt antall borhull ble logget m.h.p. retning og avbøyning.

Sprengningsresultat

Framkast, brytningsprosent og konturkvalitet ble registrert for hver salve.

Geologi

Stoff og heng/vegger ble kartlagt for hver salve. To representative bergartsprøver ble tatt ut og sendt til NTH for laboratorieanalyse av borbarhet og sprengbarhet.

Rystelser

Alle salvene ble overvåket med digital rystelsesmåler.

Profilering

Hele tunnelen ble tverrprofilert for hver femte meter.

2.6 BAKGRUNN FOR PROGNOSE

Prognosene er utarbeidet på bakgrunn av arbeidsstudier og statistikk fra tunnelanlegg i Norge med velorganisert drift.

Prosjektrapport 2A-95 TUNNELDRIFT Sprengningsplaner (utgitt mai 1995) og prosjektrapport 2B-95 TUNNELDRIFT Prognoser konvensjonell drift (utgis i september 1995) ligger til grunn for prognosene.

3. RESULTAT 18 FOT SALVER

3.0 GENERELT

Tabellene er basert på fullskalaforsøk med tilærmet like fjell- og utstørsforhold. For normaliserte resultat er middels til god sprengbarhet, 63 m² tverrsnitt, høyt ferdighetsnivå og PR 2A- 95 og PR 2B- 95 lagt til grunn.

3.1 SALVESYKLUS

3.11 Resultat

	Målt 45 mm	Norm. 45 mm	Kommentar
BORING, LADING OG SKYTING			
Riggetider	34 min	16	
Boring 18 fot	133 min	106	
Lading og kobling etter boring	36 min	18	
Tilfeldige tapstider	29 min	15	11,1 % i prognose
SUM	232 min	155	
VENTILASJON	23 min	19	
LASTING OG UTKJØRING			
Riggetider	11 min	19	
Lastetid	125 min	111	Lastekap. 167 vfm ³
Tilfeldige tapstider	9 min	14	11,1 % i prognose
SUM	145 min	144	
LØPENDE RENSK	56 min	56	
TOTALTID	456 min	374	
Sikring	24 min	-	Kun bolting
Totaltid med sikring	480 min	-	
Inndrift pr. salve	4,47 m	4,41	
Ukeinndrift for 101 h/uke	-	71,5 m	
Tidforbruk pr. tunnelmeter totalt	107,4		Min./tunnelmeter

Tabell 3.1 Salvesyklus for 45 mm borhulldiameter Neset tunnel.

3. RESULTAT 18 FOT SALVER

3.1 Salvesyklus

	Målt 64 mm	Norm. 64 mm	Kommentar
BORING, LADING OG SKYTING			
Riggetider	23 min	16	
Boring 18 fot	118 min	96	
Lading og kobling etter boring	39 min	18	
Tilfeldige tapstider	29 min	14	11,1 % prognose
SUM	209 min	144	
VENTILASJON	20 min	19	
LASTING OG UTKJØRING			
Riggetider	16 min	19	
Lastetid	135 min	119	Lastekap.167 vfm ³
Tilfeldige tapstider	3 min	15	11,1 % i prognose
SUM	154 min	153	
LØPENDE RENSK	71 min	56	
TOTALTID	454 min	372	
Sikring	35 min	-	Kun bolting
Totaltid med sikring	489 min	-	
Inndrift pr. salve	4,77 m	4,70 m	
Ukeinndrift for 101 h/uke	-	76,5 m	
Tidforbruk pr. tunnelmeter totalt	102,5		Min./tunnelmeter

Tabell 3.2 Salvesyklus for 64 mm borhulldiameter Neset tunnel.

3.12 Kommentarer til salvesyklus

Riggetid for boring, lading og kobling er 11 minutt høyere for 45 mm-salvene enn for 64 mm-salvene. Dette skyldes i stor grad mye boring i knøler og i sålen på de få salvene. Riggetidene for 64 mm-drift varierer mellom 8 til 39 minutt.

Forskjellen i boretid for målt og prognosert drift er stor for begge borhulldiametre. Dette kan forklares med at det er forsøksdrift uten akkordlønn. I tillegg er faste tider under boring mye høyere i målingene enn forutsatt i prognosene [tabell 3.3].

Ventilasjonstiden er kortere for 64 mm-salver enn 45 mm-salver. Dette kan skyldes at målingene er tatt over hele tunnelens lengde, med ulikt ventilasjonsbehov, mens 45 mm-salvene ble registrert over en kortere periode.

Lastetiden er lengre for 64 mm-drift, men skyldes den økte inndriften. Relativt sett er lastetiden like stor. Lastekapasitet er satt lik den målte med Cat 980 F og lastebiler.

Forskjellen for begge borhulldiametre m.h.t. tilfeldige tapstider for lasting i målinger og prognoser, skyldes at heft og venting på bil ikke er målt under lasting.

Rensketiden øker tilsynelatende for 64 mm. Dette kan skyldes geologiske forhold under forsøkene. I prognosene er dårlig sprengbarhet lagt til grunn, fordi lagdelingen i tunnelen krevde ekstra mye rensk.

Tid for sikring er geologisk betinget.

3. RESULTAT 18 FOT SALVER

3.2 Kapasitetstall

3.2 KAPASITETSTALL

Kapasitetstall		Enhet	45 mm målt	45 mm norm.	64 mm målt	64 mm norm.
Gjennomsnittlig boret lengde		cm	490	490	490	490
Brytning		%	91,3	90	97,3	96
Antall borhull, ekskl. ulada hull		stk.	92,8	91	66,7	65
Borneter pr. salve ekskl. ulada hull		bm	454,7	445,9	326,8	318,5
Antall grovhull		stk.	4	3	4 *	3
Overmassefaktor			1,124	1,115	1,146	1,115
Spesifikk/nødvendig boring		bm/fm ³	1,62	1,60	1,09	1,07
Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk		kg/pfm ³	1,64	1,26	2,03	1,68
Anolit-andel		%	86,7	92,8	93,6	94,5
Boring - kapasiteteter						
Netto borsynk		cm/min	224	-	163	-
Netto borekapasitet		bm/h	92,8	100	76,6	76,6
Borsynk-opprømning til 102 mm		%	64	-	88	-
Boretid for et grovhull		min	5,61	6,51	6,42	6,45
Samtidighetsfaktor			0,9647	-	0,9478	-
Skjevboringsfaktor			0,9563	-	0,8862	-
Kronebyttefaktor			0,9038	-	0,9850	-
Faste tider		s/hull	58	45	53	45
Matetrykk		bar	55 - 62	-	55 - 65	-

Tabell 3.3 Kapasitetstall for 45 og 64 mm borhulldiameter.

* = To ulike kutt-typer benyttet.

Boret lengde

18 fot salvelengde gir målt boret lengde 490 cm, uavhengig av stang- og krone-diameter. Årsaken til at boret lengde er såpass kort er stangskifteutstyret.

Brytning

Brytning målt over seks 45 mm salver.

Gjennomsnittlig for alle 64 mm salvene med 69-75 borhull er 475 cm; 97 %.

Kutt-typer

To ulike kutter er benyttet for 64 mm 18 fot salver:

- 1) 2 x 102 mm grovhull og 4 x 64 mm ulada hull.
- 2) 4 x 102 mm grovhull.

Kutten for 45 mm 18 fot salver hadde fire 102 mm grovhull.
Alle kuttene hadde 13 lada hull.

Overmassefaktor

Overmassefaktoren er usikker for 45 mm-salvene, da datagrunnlaget var lite. Den geologiske betingede overmassen er relativt sett større for 64 mm-salvene. Nisjen er utelatt fra beregningen.

Overmassen i den normaliserte driften er lik uansett borhulldiameter og bare avhengig av tunneltverrsnittet. Snunisjer ikke medregnet.

Spesifikk/nødvendig boring

Grovhullsareal er ikke medregnet. Nødvendig boring ved bruk av h.h.v. 91 og 65 borhull for salver med 45 mm og 64 mm borkroner i prognoser. Der 64 mm borhull har vært ulada i kutten er gjennomsnittlig antall borhull brukt.

Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk

Forbruket er beregnet fra prosjektert tverrsnitt. I tillegg til avlest enhet fra PR 2A-95, er detonerende lunte i kontur inkludert i det normaliserte forbruket. Dette medfører at andelen dynamitt er høyere for salvene med 45 mm borhulldiameter enn de med 64 mm borhulldiameter.

Total gjennomsnittlig sprengstoffmengde 45 mm salver = 460 kg.

Total gjennomsnittlig sprengstoffmengde 64 mm salver = 610 kg.

Fire av de seks 45 mm-salvene hadde redusert ladning i ligghullene med 41 mm foringsrør i plast for å stoppe vanninntrenging i Anoliten. Det viste seg å fungere bra uten rør også, Anoliten ble ikke ødelagt. Uten bruk av foringsrør økte sprengstoffmengden med 40 kg eller 9 %.

Netto borsynk

Netto borsynk er veid gjennomsnitt for alle tre bormaskiner. For 45 mm-salvene er borsynken 2,5 % høyere på høyre bormaskin, og lavest på senter-maskinen.

For 64 mm-salvene er borsynken jevnere på alle tre bormaskiner, men med litt høyere verdi for venstre bormaskin. Dette kan skyldes geologiske forhold, eller maskinens egenskaper.

Opprømning av grovhull

Faktoren er basert på målt borsynk av h.h.v. 45 mm og 64 mm borhullsdiаметer, der bare opprømning inngår. I prognosen er både første gangs boring og opprømning inkludert. Faktorene er derfor ikke direkte sammenliknbare.

Borsynken for opprømning av 64 mm borhull har vært svært høy i Neset tunnel i de tilfellene fastboringsautomatikken ikke har slått inn. Med justering av mate-trykket før opprømning vil fastboringen reduseres og boringen gå lettere.

Korreksjonsfaktorer

Samtidighetsfaktoren er beregnet fra tid for samtidighet under boring.

Skjevboringsfaktoren er beregnet fra de ulike start- og slutt-tidspunktene for hver bom, og utelater selve salveboringen.

Korreksjonsfaktorene for normalisert drift i datastyring kommer i endret form i PR 2B-95. Faktorene er derfor ikke sammenliknbare.

Korreksjonsfaktorene gir lave verdier for netto borekapasitet for Neset tunnel i forhold til godt organisert drift i andre tunneler. Dette har sammenheng med at de sprengningstekniske forsøkene ble prioritert.

Matetrykk

Ytelsen for Montaberts HC 90-maskiner er fremdeles ikke entydig. Disse bormaskinene er avhengig av tett oppfølging og justering for å kunne yte sitt beste.

Før boring med vanlige drifterstenger og 45 mm borkroner ble ikke matetrykket justert eller de andre tekniske innstillingene vurdert. Dersom matetrykket ble justert opp kunne nok borsynken blitt høyere på 45 mm-salvene, mens borstålforbruket kunne økt.

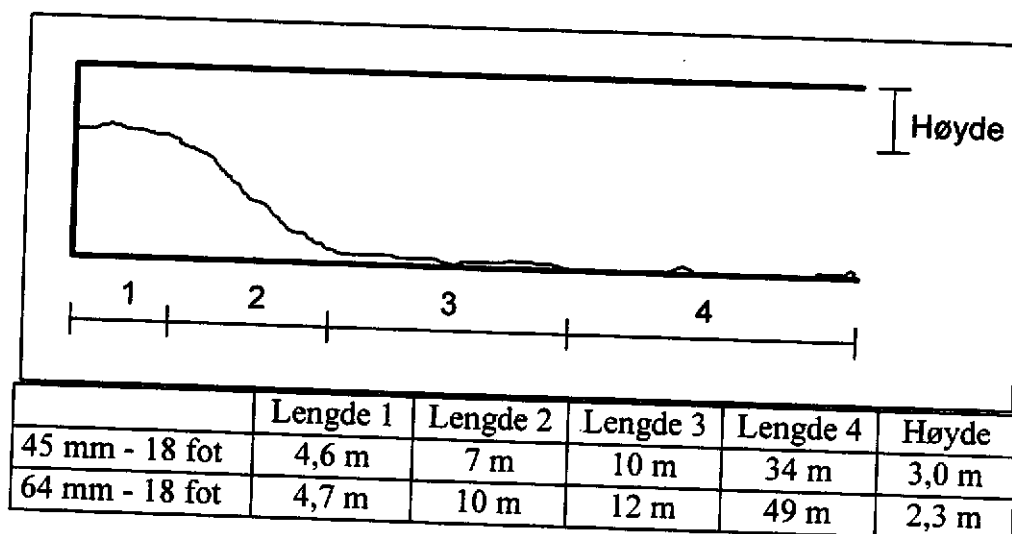
Matetrykket er vanligvis lavere på midtmaskinen p.g.a. opprømmingen.

3.3 SPRENGNINGSRESULTAT

3.31 Konturkvalitet

Gjenstående borpiper avhenger av lagdelingen, evnt. slepper, boreøyaktighet og ladningsmengden i konturhullene. Registreringer for 45 mm salver viser spredning fra 18 til 60 m synlige borhullpiper av mulige 120 m pr. salve. Gjennomsnittet for 45 mm-salvene er 32,5 % synlige borpiper/salve. For 64 mm-salvene er spredningen 21-68 meter av mulige 105/110 m pr. salve. Gjennomsnittet for 64 mm-salvene er 37,4 % borpiper/salve.

3.32 Røysprofil og framkast



Lengde 1: Fra stuff til øverste knekkpunkt på røysa.

Lengde 2: Lengde på røysskråning.

Lengde 3: Lengde fra røysfot og til det jevne steinteppet slutter.

Lengde 4: Fra steinteppet til ytterste stein.

Høyde: Fri høyde på røysa 2 m fra stuff.

Figur 3.1 Figuren for framkast og røysprofil fra salverapportene. Verdiene er gjennomsnittet for de ulike salvetypene.

Røysa ligger vanligvis med tyngdepunktet litt mot venstre. Dette skyldes tverrfallet som er lagt inn på sålen under sprengning, og at hullene detoneres først på denne siden. Totalt er framkastet 20 m lenger for 64 mm-salvene enn for 45 mm-salvene. Selv om røysa var høyere for 64 mm salvene, ga det ikke problem for rensk.

4. RESULTAT 24 FOT SALVER

4.0 Generelt

4. RESULTAT 24 FOT SALVER

4.0 GENERELT

Tabellene er basert på fullskalaforsøk med tilnærmet like fjell- og utstyrforhold. For normaliserte resultat er middels til god sprengbarhet, 63 m² tverrsnitt, høyt ferdighetsnivå og PR 2A-95 og PR 2B-95 lagt til grunn.

4.1 SALVESYKLUS

4.11 Resultat

	Målt 24 fot	Norm. 24 fot	Kommentarer
BORING, LADING OG SKYTING			
Riggetider	32 min	16	Inkl. stangskjøting
Boring 18 fot	115 min	Totalt 177	
Boring 6 fot	147 min		Inkl. tapstider, heft
Lading og kobling etter boring	34 min	21	
Tilfeldige tapstider	41 min	24	11,1 % i prognose
SUM	370 min	238	
VENTILASJON	21 min	25	
LASTING OG UTKJØRING			
Riggetider	15 min	19	
Lastetid	180 min	161	Lastekap.167 vfm ³
Tilfeldige tapstider	- min	20	11,1 % i prognose
SUM	195 min	200	
LØPENDE RENSK	69 min	65	
TOTALTID	655 min	528	
Sikring	14 min	-	
Totaltid med sikring	669 min	-	
Inndrift pr. salve	6,28 m	6,32	
Ukeinndrift for 101 h/uke	- m	72,5 m	
Tidforbruk pr. tunnelmeter	106,5		Min./tunnelmeter

Tabell 4.1 Salvesyklus for 64 mm borhulldiameter Neset tunnel.

4.12 Kommentarer til salvesyklus 24 fot

Boretiden for prognosen er beregnet med borsynk fra 64 mm - 18 fot salvene, p.g.a. datagrunnlaget. Borsynk for andre stang ved skjøting er redusert med 3 % av dette. Tid for stangskifte er satt til 1,86 min/hull. Dette er satt utifra målinger på andre anlegg der automatisk skjøting har fungert og er en forutsetningen for prognosen.

Borslitasjen er middels til lav.

Ventilasjonstiden for 24 fot er i prognosen økt med 1 minutt pr. fot i forhold til 18 fot.

Summen av lastetiden for målt og prognosert drift er forskjellige både fordi tilfeldige tapstider for lasting ikke er detaljmålt for 24 fot salver og fordi lastekapasiteten for målt ligger litt under prognosen..

For rensketiden i prognosen er dårlig sprengbarhet lagt til grunn, fordi lagdelingen i tunnelen krevde ekstra mye rensk.

4.2 KAPASITETSTALL

Kapasitetstall	Enhet	24 fot Målt	24 fot norm.	Kommentar
Gjennomsnittlig målt boret lengde	cm	665	665	
Brytning	%	94,4	95	Snitt alle salver
Antall borhull, ekskl. ulada hull	stk.	66,6	67	
Bormeter pr. salve ekskl. ulada hull	bm	442,9	445,6	
Antall grovhull	stk.	4	4	
Overmassefaktor		1,140	1,115	
Spesifikk/nødvendig boring	bm/fm ³	1,12	1,12	
Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk	kg/pfm ³	2,15	1,73	
Anolit-andel	%	96,1	94,3	
Boring - kapasiteteter				
Netto borsynk 18 fot	cm/min	160	163	BS 6 '= 120
Netto borekapasitet	bm/h	75,0	-	
Opprømming borhull til 102 mm	%	82 %	-	
Boretid for et grovhull	min	9,2	8,9	

Tabell 4.2 Kapasitetstall for tolv 24 fot salver i Neset tunnel. 64 mm borhulldiameter.

Boret lengde

Målt boret lengde for 6 fot rør i forlengelse er 175 cm. Boret lengde av 18 fot stang er uendret 490 cm, totalt 665 cm.

Brytning

Gjennomsnittet for alle tolv salvene er 6,28 m; 94,4 %. Dersom beste og dårligste brytning holdes utenfor, er brytning for de ti andre salvene 94,3%.

Overmassefaktor

Faktoren er beregnet som gjennomsnitt fra alle tolv salvene med 24 fot lengde, inkludert uttatt kjørebane.

Spesifikk/nødvendig boring

Grovhullsareal ikke medregnet. 64 mm lada borhull, prosjektert tverrsnitt og inndrift er med i beregningen.

Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk

Forbruket er beregnet fra prosjektert tverrsnitt. Inkludert i det totale forbruket er både Anolit og konturladning.

Det totale gjennomsnittlige sprengstoff-forbruket var 850 kg.

Fem av de tolv salvene hadde:

- En halv Dynamit 50 x 400 som bunnpatron i stross, kutt og kontur.
- En halv Dynamit 30 x 400 i ligg.
- Ligghullene ladet med 52 mm foringsrør fylt med Anolit.

De sju siste salvene i 24 fot lengde hadde:

- En Dynamit 40 x 200 som tennpatron i alle hull.
- Ligghullene fulladet med Anolit.

Ved å skifte type bunnpatron gikk Anolit-andelen opp 1%, og ved å sløyfe foringsrørene gikk sprengstoff-forbruket gjennomsnittlig opp 42 kg/salve, eller 5%.

Netto borsynk

Netto borsynk er veid gjennomsnitt for alle tre bormaskiner. Opprømming av grovhull ikke inkludert. I prognosen er borsynk målt fra 18 fot lange salver brukt.

Netto borekapasitet

Borekapasiteten er beregnet fra borsynken for 18 fot borrør, da borsynken på andre stang var vanskelig å måle.

Opprømming av grovhull

Faktoren er basert på opprømming fra 64 mm hulldiameter. For normalisert verdi i prognosen er både første gangs boring og opprømming inkludert. Verdiene kan derfor ikke sammenliknes.

4.3 SPRENGNINGSRESULTAT

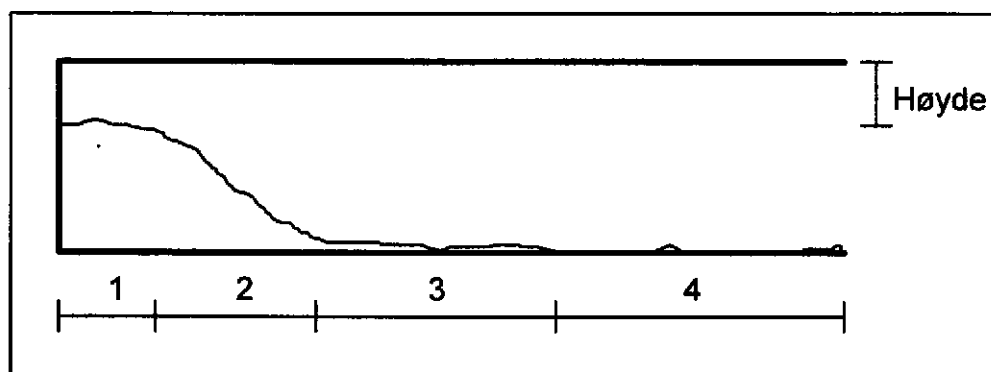
4.31 Konturkvalitet

Gjenstående borpiper avhenger av lagdelingen, evt. slepper, borenøyaktighet og ladningsmengde i konturhullene. Mengden varierer mellom 39 og 81 m, av totalt 139,7 bormeter i konturen. Gjennomsnittet var 42 % gjenstående borpiper, og karakteriseres som bra.

Det kan ikke påvises forskjell i konturkvalitet mellom 18 fot og 24 fot salvelengde med bruk av 64 mm borhulldiameter.

4.32 Røysprofil og framkast

Røysa ligger vanligvis med tyngdepunktet litt mot venstre. Dette skyldes tverrfallet som er lagt inn på sålen under sprengning, og at hullene detoneres først på denne siden.



	Lengde 1	Lengde 2	Lengde 3	Lengde 4	Høyde
64 mm - 24 fot	5,6 m	9 m	18 m	50 m	1,5 m

Lengde 1: Fra stuff til øverste knekkpunkt på røysa.

Lengde 2: Lengde på røysskråning.

Lengde 3: Lengde fra røysfot og til det jevne steinteppet slutter.

Lengde 4: Fra steinteppe til ytterste stein.

Høyde: Fri høyde på røysa 2 m fra stuff.

Figur 4.1 Framkast og røysprofil i gjennomsnitt for 24 fot salvene.

Framkastet til røysfot varierer lite på 24 fot salvene. Størst variasjon er det i lengden av det totale framkastet; fra 63 til 109 m.

Fri høyde på røys varierer lite, mens høyden på røysa i tverrsnittet varierer sterkt. Midt på røysa, vel to meter fra stuff, er høyden mellom 1 og 2 m. Dette gir en vesentlig høyere røys enn for 18 fot salvene. Spettrensk fra røysa er mulig, men ikke over hele tverrsnittet.

5. RESULTAT 30 FOT SALVER

5.0 Generelt

5. RESULTAT 30 FOT SALVER

5.0 GENERELT

Tabellene er basert på fullskalaforsøk med tilærmet like fjell- og utstyrsforhold. For normaliserte resultat er middels til god sprengbarhet, 63 m² tverrsnitt, høyt ferdighetsnivå og PR 2A-95 og PR 2B-95 lagt til grunn.

5.1 SALVESYKLUS

5.11 Resultat

	Målt 30 fot	Norm. 30 fot	Kommentarer
BORING, LADING OG SKYTING			
Riggetider	32 min	16	Inkl. stangskjøting
Boring 18 fot	98 min	Totalt 221	
Boring 12 fot	354 min		Inkl. tapstider, heft
Lading og kobling etter boring	59 min	24	
Tilfeldige tapstider	30 min	29	11,1 % i prognose
SUM	573 min	290	
VENTILASJON	26 min	31	
LASTING OG UTKJØRING			
Riggetider	18 min	19	
Lastetid	253 min	210	Lastekap. 159 vfm ³
Tilfeldige tapstider	38 min	25	4 av 5 m/ omskyt
SUM	309 min	254	
LØPENDE RENSK	72 min	73	
TOTALTID	980 min	648	
Sikring	28 min	-	Målt snitt uten
Totaltid med sikring	1008 min	-	stangskifteutstyr
Inndrift pr. salve	7,72 m	7,91	
Ukeinndrift for 101 h/uke	-	74 m	
Tidforbruk pr. tunnelmeter totalt	130,6		Min./tunnelmeter

Tabell 5.1 Salvesyklus for fire 64 mm-salver og 30 fot salvelengde.

5.12 Kommentarer til salvesyklus for 30 fot

Boretiden for prognosen er beregnet med borsynk fra 64 mm - 18 fot salvene, fordi dette er en større datamengde. Borsynk for 2. stang ved skjøting er redusert med 3 % av dette. Tid for stangskifte er satt til 1,86 min/hull. Borslitasje er middels til lav. Forutsetningen for prognosen er at stangskifteutstyret fungerer.

Lastetiden og tilfeldige tapstider for lasting er lavere i prognosen enn de målte verdiene, og dette forklares med plunder og heft ved og etter omskytingene på alle disse salvene. I prognosen er lastekapasiteten redusert med 5 % i forhold til 18 fot salver, fordi Cat 980 F får problem når røysa blir tyngre.

For rensketiden i prognosen er dårlig sprengbarhet lagt til grunn, fordi lagdelingen i tunnelen krevde ekstra mye rensk.

5.2 KAPASITETSTALL

Kapasitetstall	Enhet	30 fot målt	30 fot norm.	Kommentar
Gjennomsnittlig målt boret lengde	cm	850	850	
Brytning	%	90,8	93	Målt over 5 salver
Antall borhull, ekskl. ulada hull	stk.	71	71	
Bormeter pr. salve ekskl. ulada hull	bm	603,5	603,5	
Antall grovhull	stk.	4	4	
Overmassefaktor		1,161	1,115	
Spesifikk/nødvendig boring	bm/fm ³	1,24	1,21	
Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk	kg/pfm ³	2,40	1,84	
Anolit-andel	%	96,4	96,2	
Boring - kapasiteteter				
Netto borsynk for 18 fot	cm/min	173	163	BS 12 fot =140
Netto borekapasitet	bm/h		-	
Opprømming borhull til 102 mm			-	
Boretid for et grovhull	min		10,5	

Tabell 5.2 Kapasitetstall for fem 30 fot salver i Neset tunnel.

Boret lengde

Målt boret lengde for 12 fot rør i forlengelse er 360 cm. Boret lengde av 18 fot borrør er uendret 490 cm, tilsammen 850 cm.

Brytning

Brytning målt over alle fem 30 fot salver. På de fem salvene varierer brytningen fra 82 til 96,5 %, og tilsammen hadde de 5 omskytinger. Prognosen er satt litt lavere enn for de kortere salvene fordi statistikken er liten for 30 fot salver.

Overmassefaktor

Overmassefaktoren er gjennomsnittet for alle de fem 30 fot salvene, inklusive uttatt kjørebane.

Spesifikk/nødvendig boring

Grovhull og ulada borhull ikke medregnet. Lada 64 mm borhull, prosjektert tverrsnitt og inndrift er med i beregningen. Den store forskjellen mellom målinger og prognose skyldes brytningen.

Spesifikt totalt sprengstoff-forbruk

Forbruket er beregnet fra prosjektert tverrsnitt. Inkludert i det totale forbruket er både Anolit og konturladning. Omskyting er utelatt.

Det totale gjennomsnittlige målte sprengstoff-forbruket var 1200 kg pr salve.

Foringsrør ble tapet sammen for å hindre vanninntrenging i Anoliten. I de to siste salvene ble foringsrør utelatt, med relativt godt resultat og god inndrift. Sprengstoffforbruket økte imidlertid med 53 % i de 9 ligghullene.

Andelen patronert sprengstoff ble høyere for de salvene der doble tennere ble benyttet i kutt og ligghull. En tennpatron ble brukt innerst i hullet, og en midt i.

Netto borsynk

Netto borsynk er veid gjennomsnitt for alle tre bormaskiner.

Netto borekapasitet

Borekapasiteten er beregnet fra borsynken for 18 fot borrhør.

Borekapasiteten er litt høyere enn for de salvene som bare er 18 fot [kap. 3.2]. Dette skyldes at borsynken for disse salvene er litt lavere.

5.3 SPRENGNINGSRESULTAT

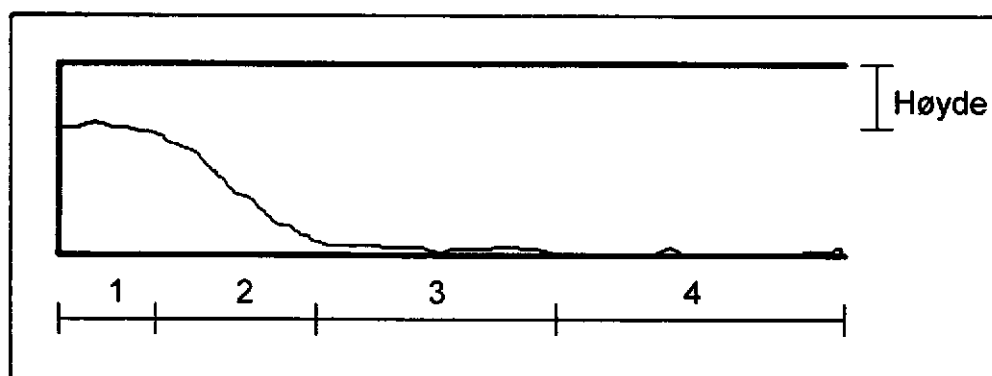
5.31 Konturkvalitet

Antall gjenstående borpiper avhenger av lagdelingen, evt. slepper, boreøyaktighet i hengen og ladningsmengden i konturhullene. Lengden varierer mellom 58 og 89 m, av totalt 178,5 bormeter pr. salve i konturen. Gjennomsnittet var 43 % gjenstående borpiper, som karakteriseres som bra.

Det kan ikke påvises forskjell i konturkvalitet mellom 18 fot, 24 fot og 30 fot salvelengde med bruk av 64 mm borhullsdiаметer. Det var ikke mer knøl enn ellers, og oppslissingen mellom hullene var god.

5.32 Røysprofil og framkast

Røysa ligger vanligvis med tyngdepunktet litt mot venstre. Dette skyldes tverrfallet som er lagt inn på sålen under sprengning, og at hullene detoneres først på denne siden.



	Lengde 1	Lengde 2	Lengde 3	Lengde 4	Høyde
64 mm - 30 fot	6 m	12 m	20 m	58 m	0,4 m

Lengde 1: Fra stuff til øverste knekkpunkt på røysa.

Lengde 2: Lengde på røysskråning.

Lengde 3: Lengde fra røysfot og til det jevne steinteppet slutter.

Lengde 4: Fra steinteppe til ytterste stein.

Høyde: Fri høyde på røysa 2 m fra stuff.

Figur 5.1 Framkast og røysprofil for 30 fot salver.

Det totale framkastet varierer mellom 76 og 122 m. Det korteste framkastet ble oppnådd med ligghull full-lada med Anolit. På disse salvene er også røysa så høy at rensk fra røys er umulig, fri høyde er under en halv meter.

Høyt sprengstoff-forbruk er ikke ensbetydende med langt framkast.

6. NØKKELDATA

		Kommentarer
Tunnelens lengde	579 m	
Tverrsnittsareal	62,85 m ²	
Overmasse	14,6 %	Inkl. fjernet kjørebane

Tabell 6.1 Nøkkeltall Neset tunnel

6.1 OVERMASSE

Knøler innenfor teoretisk tverrsnitt ble pigget, eller boret og skutt ned etter slutt driving, og utgjorde 1,3 % av den totale prosjekterte masse i tunnelens lengde, totalt 50 m³.

Utenom knøler innfor det prosjekterte tverrsnittet ble det ikke etterstrosset.

Kjørebane utgjorde 6,8 prosentpoeng av overmassen.

De ulike salvetypene kan ikke differensiseres m.h.t. andel knøl.

6.2 LEVETIDER BORSTÅL

Levetider borstål	Vanlig	Skjøting	Kommentarer
Drifterstenger R32	266	266	Ikke skjøting 45 mm
18 fot borrhør TAC 56	1425	1170	
12 fot borrhør TAC 56		332	
6 fot borrhør TAC 56		780	
45 mm borkroner	270		- "-
64 mm borkroner	582	582	
102 mm grovkrone	617	617	
Lange nakker	4235	4235	Totalt for alle

Tabell 6.2 Levetider i bormeter for borstål Neset tunnel

6.21 Borstålforbruk

Borstålet som brukes med for 64 mm-salver har lengre levetid enn borstål for 45 mm. Forbruket var svært høyt ved boring med 45 mm borkroner og vanlige drifterstenger.

Dette skyldtes bendboring i slepper, med stangbrudd til følge. Slitasjen på kronene er svært lav i det lettborede fjellet, både for 45 og 64 mm diameter.

Å slå løs 64 mm borkroner fra rørene var tidkrevende og vanskelig. Skjørtet på borkronen ligger ned på røret for å stive opp hele rørets lengde. Løsningen viste seg å være å slippe vekk en liten millimeter av skjørtets lengde.

6.3 LASTEKAPASITET

Lastekapasiteten er beregnet ved bruk av en Cat 980 F, to lastebiler og en dumper. En snunisje ble benyttet. Antatt 6,3 fm³ pr. transportenhet.

Netto lastekapasitet = 256 fm³/h

Brutto lastekapasitet = 167 fm³/h

6.4 TIDFORBRUK PR. TUNNELMETER

	18 fot 45 mm	18 fot 64 mm	24 fot 64 mm	30 fot 64 mm
Boring, lading og skyting	51,9	43,8	58,9	74,2
Ventilasjonstid	5,1	4,2	3,3	3,4
Lasting og utkjøring	32,4	32,3	31,1	40,0
Løpende rensk	12,5	14,9	11,0	9,3
Totaltid uten sikring -målt	102,0	95,2	104,3	126,9
-»- Prognoser	85	79	84	82

Tabell 6.3 Antall minutter pr. tunnelmeter målt i Neset tunnel.

Tabellen viser at 18 fot salver med 64 mm borhulldiameter ga det laveste tidforbruket i Neset tunnel, selv om rensketiden har vært høy. Prognosene viser også at 18 fot salver med 64 mm borhulldiameter gir det laveste tidforbruket pr. tunnelmeter, når en sammenlikner med lange salver med skjøting.

De faste tidene med stangskifteutstyr utgjør en mindre del av boretiden for 30 fot salver enn for 24 fot salver. For lengre salver blir lastekapasiteten redusert fordi røysa blir tyngre.

6.5 SIKRING

Sikringen var spredt bolting med polyesterforankrede 2,4 m kamstålbolter. Bolteboring gjøres før salveboring med midt-bommen, og montering gjøres samtidig med salveboring.

Riggen må ofte flyttes fram før riggen er i posisjon for salveboring. For de lange salvene blir det ofte to flytt fram før stuff for å sikre hele salvelengden. Dette skyldes at en stor del av boltene settes opp i salveskjøten.

Antallet bolter pr. salve er mer avhengig av geologiske forhold enn av salvelengde. Gjennomsnittlig antall bolter pr. salve er ca. 5, som gir 1 bolt/tm.

I det området der 24 fot salvene ble drevet, er bolteantallet svært lavt, og antall gjenstående hullpiper høyt. Fin kontur gir lite sikring og mindre rensk i salveskjøt.

I et dårlig område med mye nedfall ble det sprøytet med sprøytebetong, tilsammen 32 m³ på 2-4 salver. I tillegg ble det sprøytet 4 m³ i påhuggsonen.

6.6 RENSK

Rensk foregår etter endt lasting med en rensekorg montert på lastemaskinen Cat 980 F. To mann bruker spett, og merker for bolting. Stoffen renskes, men i all hovedsak er det løse blokker mellom stuff og salveskjøt som renskes.

På 18 fot salver rensket en mann på røys under lasting.

Fri høyde på røys ble redusert med økende salvelengde. På 24 og 30 fot salver reduseres fri høyde til henholdsvis 1,5 og 0,4 m. Spettrensk fra røys er derfor vanskelig, og rensketiden fra korg kan derfor øke.

6.7 RYSTESESMÅLING

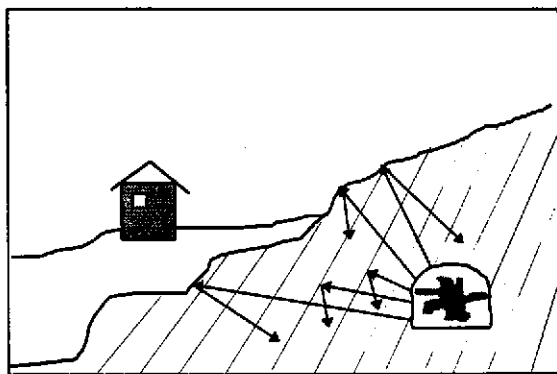
Under hele driveperioden ble resultater fra rystelsesmålerne på de tre husene som lå nærmest tunnelpåhugget registrert og vurdert. Måleinstrument og geofoner ble levert og installert av Dyno Nobel. Geofonene var plassert h.h.v. 40, 185 og 167 m fra tunnelpåhugget, slik at avstanden til sprengingen ble stadig større. Etter 210 m driving ga ikke målerne utslag ved sprengning, fordi svingehastigheten var under 1 mm/s. En måler ble da flyttet til et hus ved tunnelutslaget. Den var plassert ca. 100 m fra tunneltraséen på det korteste.

Rystelseskravene var fastsatt av byggherren m.h.t. svingehastighet og amplitude. Tillatt svingehastighet var 30 mm/s og tillatt amplitude var 50 μm .

Registrerte rystelser var lavere enn byggherrens krav gjennom hele perioden, med unntak av en salve med for høy amplitude. Dette kan ikke forklares med bor-, lade- eller tennplan, da de er tilnærmet like de foregående salvene. Årsaken til avviket antas å være målefeil eller geologisk betinget.

Rystelsesmålingene er ikke analysert i detalj. Nivået for amplitude, frekvens og svingehastighet endres ikke nevneverdig ved overgang til en grovere borhulls-diameter. For de avstandene som målerne gjelder for vil rystelsesnivået bestemmes av enhetsladningen og standardavviket for nominelt tenntidspunkt. Ved bruk av elektroniske tennere gir nøyaktig tenning større rystelser. [kap. 7.5]

Rystelsesmålingene viste lavere verdier enn det som var forventet/beregnet på forhånd. Dette antas å ha direkte sammenheng med de lokale geologiske og topografiske forhold.



Figur 6.1 Topografien ga høy grad av refleksjon, mens geologien ga både demping og refleksjon.

Rystelsesmålingene for hver enkelt salve finnes blant salverapportene i bilag 1.

7. ANDRE ERFARINGER

7.1 BORING

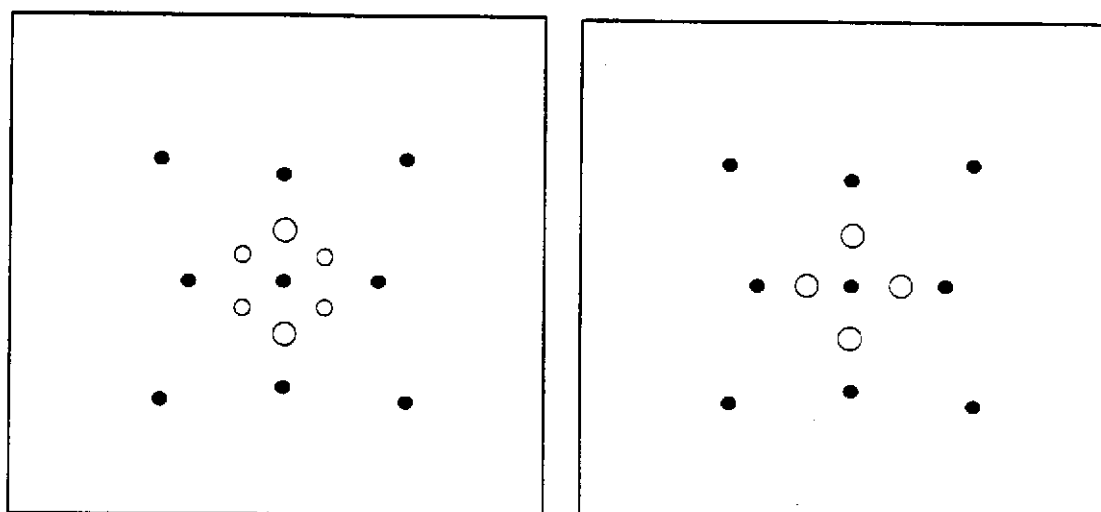
7.11 Datariggen - AMV 3 GBC CC

Boringen har stort sett vært problemfri. Operatørene var godt opplærte, og utnyttet datariggens potensiale. 95 % av salven ble boret i data, bare med "kvittering" fra operatør. Skjøtestyret var ubrukelig m.h.t tid og kostnader.

Problem med riggen som følge av det påmonterte stangskjøtestyret var i all hovedsak større hyppighet av hydraulikkslangebrudd. I tillegg gikk Anolit-slangene svært ofte tett. Dette skyldes at lufttilførselen og blåsekapasiteten er for liten for 64 mm borhull. En grovere slange kunne vært løsningen her.

7.12 Kutt

En svensk kutt-type ble forsøkt i salve 2. Dette gav brytning på 3-3,5 m for 18 fot borrhør. Kuttet i de etterfølgende salvene ble boret med 2 grovhull (102 mm) i tillegg til 4 ulada 64 mm hull. Dette ga god brytning, men av og til hadde man problem med sammenboring. Senere ble en ny type kutt med fire grovhull prøvd, som vist i figur 7.1. Denne ga mindre sammenboring i kuttet, og ble senere benyttet i størstedelen av tunnelen i modifisert utgave.



Figur 7.1

- 1: Modifisert utgave av 64 mm kutt fra Malmberget.
- 2: Kutt med fire grovhull for 64 mm.

Nye kutt typer ble alltid testet på 64 mm borhulldiameter og 18 fot salver. Kutten ble boret med datastyring med svært godt resultat.

Sjansen for kollisjon mellom bom og geider ble redusert ved å plassere kutten til venstre for senter. Ulempen med dette er at antall hull hver bormaskin skal bore lett kan bli ujevnt.

7.13 Boreøyaktighet

Boreøyaktigheten er svært god og boravviket er minimalt, også på 30 fot salver. For 8,5 m boret lengde boret med borrører er maksimalt boravviket målt å ligge under 3 cm. Boring med borrør er en fordel i slepper, da de er stivere og mer motstandsdyktige mot bendboring. Dersom fastboring i slepper skulle forekomme, er det desto vanskeligere å få borrøret ut igjen. Kapping av røret har da ofte vært eneste utvei.

Den høye boreøyaktigheten har sannsynligvis vært hovedårsaken til at lange salver har fungert sprengningsteknisk.

7.14 Boretid

Boretiden for de første 18 fot i de lengste salvene er kortere enn ved 18 fot salver. Dette kan skyldes at konflikt mellom lading fra korg og salveboring i heng/øvre stross elimineres. Bruk av mange ulike sekvensplaner og varierende fjellforhold forklarer også hvorfor boretiden for alle 18 fot salvene med 64 mm borhulldiameter er sterkt varierende.

Boretiden for 18 fot salver boret med 45 mm borhulldiameter ligger litt over 18 fot salver boret med 45 mm borhulldiameter.

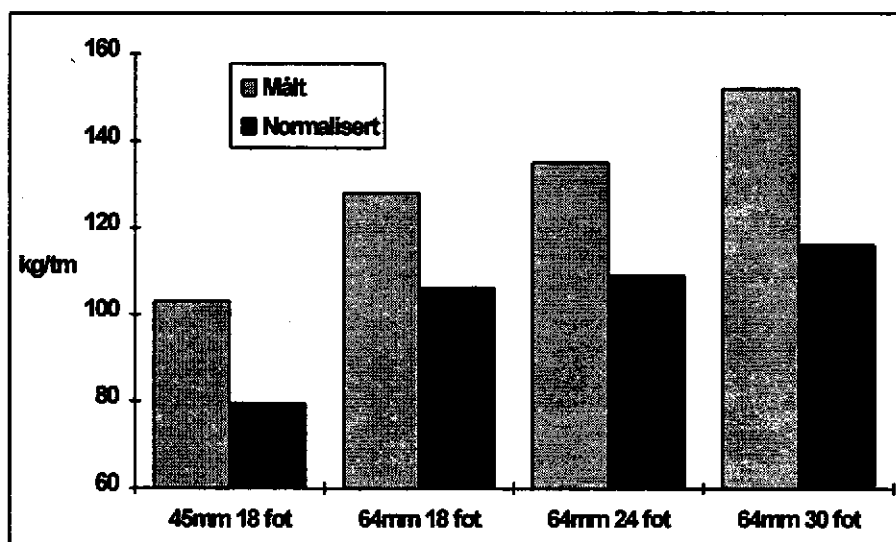
7.2 LADING

7.21 Anolit

Tetting av Anolit-tilførselen var et problem under lading av mange av salvene med 64 mm borhulldiameter. Etterfylling av Anolitkinna var også tidkrevende med 25 kg sekker. Foringsrør i ligghullene ble utelatt på noen salver, og dette ga enkelte ganger større ladeproblemer.

7.22 Dynamit-forbruk

Ulike tennpatroner ble benyttet. Det er en fordel å bruke så kort patron som mulig, med tanke på kostnader og sprengstoff-forbruk. Dynamit-forbruket pr. salve reduseres med å bruke foringsrør lada med Anolit i ligghullene. Enkelte ganger fikk man da omskyting i sålen, og da ble Dynamit benyttet.



Figur 7.2 Sprengstoff-forbruk pr. tunnelmeter som funksjon av salvelengde og borhulldiameter.

7.23 Ulada lengde

Forsøkene med optimal ulada lengde ble ikke fullført p.g.a. det kraftig oppsprukne fjellet i sluttfasen av prosjektet. I tillegg er skepsisen mot lang ulada lengde generelt stor.

	18 fot 45 mm	18 fot 64 mm	24 fot 64 mm	30 fot 64 mm
Kontur	1,5 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Øvre stross	1,5 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Nedre stross	1,5 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Vegg	1,5 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Ligg	0,5 m	0,5 m	0,7 m	0,85 m
Kutt	0,5 m	0,5 m	0,7 m	0,85 m

Figur 7.3 Anbefalte verdier for ulada lengde etter forsøk i Neset tunnel.

7.3 KONTURKVALITET

7.31 Detonerende lunte i konturhull

Detonerende lunte 80g/m i konturhullene gir bedre kontur enn gule rør. Resultatet ble ikke så bra der lagdelingen gikk på tvers av slisseretningen. Dette gjelder for både gule rør og detonerende lunte.

I de første forsøkene ble lunta kappet i 5 m lengde, tapet fast på en halv dynamittgubbe (50 x 400), og puttet i borhullet med ladeslangen. En «dusj» Anolit (ca. 1,5 kg) skulle holde tennpatronen i bunnen av hullet.

18 fot salvene med 64 mm borhulldiameter ble skutt med svært godt resultat med annenhver 2 og 4 m lange detonerende lunter i konturen. Bare ett vegg hull i tillegg til hjørneliggeren på hver side ble ladet med Anolit.

7.32 Presplitt i konturen

Presplitt med bare detonerende lunte fra hull til hull ga ikke bra resultat. Hullene i konturen skulle tennes på 0. Brytningen var for dårlig. For stor hullavstand (70 til 120 cm) og slepper kan være noen av årsakene til dette.

Forsøk med bare én tenner og detonerende lunte mellom 8 konturhull førte til at to hull ikke detonerte, og tre hull sto igjen med full lengde. Lunta var sannsynligvis kuttet av før detonasjon.

7.4 STANGSKJØTING

7.41 Problem med automatisk stangskjøting

Utstyr for skjøting av TAC 56 borrhør ble levert av AMV. Stangskjøting ble forsøkt på 22 fots salva. Boringen tok nesten et døgn. Skjøteutstyret som ble levert med borrhøgen fungerte ikke tilfredstillende hverken med hensyn på brukervennlighet eller tidforbruk.

Tidforbruket for faste tider under boring ble stort. Det var vansker med å gjenge av borrhørene i riktig ende.

Unøyaktighet i festeskruer, klemmer og skjøteklypene ga svikt i systemet, slik at gjengene ikke traff hverandre. Dessuten ble borstålet utsatt for kraftig slitasje i gjengepartiet.

7.42 Alternativ skjøtemetode 24 fot

Salva bores i to operasjoner. Først blir 18 fot boret med auto-styring, så skjøtes borrhørene manuelt på alle tre bormaskiner (2 stk 12 fot rør for 24 fot salva, eventuelt 18 + 6 fot) manuelt, og så bores salva manuelt på nytt i de samme hullene.

Problem

- Salva må bores to ganger, som er krevende for operatøren, og øker sjansen for bendboring.
- Riggens plasseres langt fra stuff for å få plass til de seks for lange stang-endene som stikker utenfor bommene.
- Dersom slitte kroner ble benyttet under autoboring av 18 fot, måtte man bruke enda mer slitte kroner etter at borrhørene var skjøtet.
- Returneringen og den negative rotasjon var for dårlig synkronisert på bormaskinene.

7.43 Alternativ skjøtemetode 30 fot

Salva bores i to operasjoner. Hele 18 fots salva bores i auto-styring, så settes et 12 fots borrør med borkrone manuelt inn i hvert borhull. Bommene føres fram uten borkrone på det 18 fots borrhøret som er montert på. Stengene gjenges sammen, og tilsammen 30 fot bores manuelt.

Problem

- Salva må bores to ganger, som er krevende for operatøren, og øker sjansen for bendboring.
- Det samme problemet med de slitte kronene som ved manuell boring 24 fot.
- I tillegg må man ha minst to operatører utenom borer, en for flytting av borrør i øvre del av salva, og en for flytting fra sålen. Dette er en tid- og ressurskrevende metode.

7.5 ELEKTRONISKE TENNERE

Elektroniske tennere og tennsystem ble testet ut for 18 fot salver med borplaner med 70-73 hull. I alle forsøkene ble 64 mm borhulldiameter benyttet. I alt ble sju salver med elektroniske tennere i hele eller deler av salva avfyrt.

7.51 Oppbygging av en elektronisk tenner

En elektronisk tenner er i prinsippet en vanlig tenner der forsinkerelementet er erstattet av en databrikke som programmeres fra tennapparatet rett før skyting. Databrikken kan programmeres slik at forsinkertiden mellom tennere varieres fra 1 til 100 ms. Usikkerheten m.h.t. tenntidspunkt er under 0,5 ms, ordinære Nonel GT/T-tennere har en usikkerhet opptil 200 ms på de høyeste numrene.

Foreløpig er ikke brukervennligheten god nok for driving i tunnel.

7.52 Lading og kobling av salva

Elektroniske tennere i kontur

Ved bruk av elektroniske tennere i konturhull ble tennerne koblet opp med en egen «bus-wire» og koblet sammen med detonerende lunte for resten av Nonel-tennerne i salva. Det ble brukt ca. 1,5 kg Anolit i bunnen av hvert av konturhullene, i tillegg til 80 grams detonerende lunte i borhullenes fulle lengde. Salva ble ellers lada med Anolit.

Elektroniske tennere i hele salva

Alle tennere fra 0 til nummer 25 fikk 100 ms intervallforsinkelse. Salva ble parallellkoblet med «bus-wires» og antent med tennapparat. 1,5 kg Anolit og 4 m lange detonerende lunter i konturen, ellers Anolit i salva.

Elektroniske tennere i kontur og kutt

Tennere fra nummer 0-9 som vanlig i kutt, 100 ms intervallforsinkelse. I konturen elektroniske tennere nummer 43 med Anolit og lunte som i foregående forsøk. Resten av salva med Anolit og Nonel-tennere fra nummer 14 til 40. Konturhullene gikk 300 ms etter 2. konturrast.

7.53 Konturkvalitet med elektroniske tennere

De geologiske forholdene i tunneltraséen var i forsøksperioden tildels uegnet for å oppnå god konturkvalitet. Den dominerende bergartstypen var en mørk, glimmerrik gneis, med kalkspatsoner og innslag av kalkspatmarmor. Tildels ugunstige slepperetninger med mektige forekomster av forvitret bergartsmateriale gjorde at konturen for enkelte salver ble ujevn.

Konturkvaliteten var merkbart bedre for de to første salvene ved bruk av elektroniske tennere i konturen, sammenlignet med tilsvarende salver med Nonel-tennere. Dette skyldes sannsynligvis den nøyaktige samtidige tenningen, som gjorde at konturhullenes detonasjoner kunne samvirke.

- Økningen i antall gjenstående borpiper er 30 % ved bruk av elektroniske tennere i forhold til bruk av samme antall Nonel-tennere i konturhullene.
- Ved elektroniske tennere i hele salva ble det hverken knøler eller bakkbrytning.

7.54 Rystelsesmåling

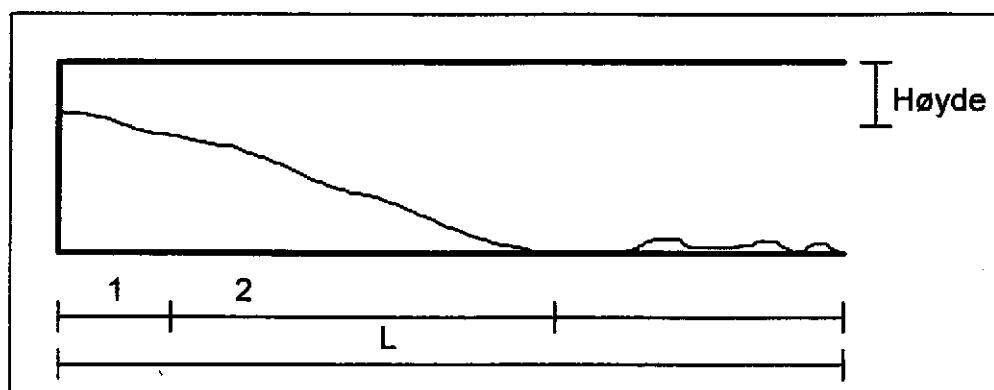
Detonasjonen varte i 2,3 sekund når hele salva ble skutt med elektronisk tennsystem. Tilsvarende for Nonel GT/T-systemet er 6 sekund. Ved å utnytte alle numrene kan den totale detonasjonstiden for det elektroniske tennsystemet også bli 6 sekund, og ved å hoppe over tennernummer kan intervalltidene i salva variere.

Rystelsesmålinger viser at høye tennernummer med Nonel GT/T gir stor spredning i tenntidspunkt, mens de elektroniske tennene viser liten spredning.

Samme bor- og ladeplan ble brukt for både Nonel-systemet og elektroniske tennere. De elektroniske tennene ga en økning på 100 % av amplituden på rystelsesmålingene på grunn av den nøyaktige opptenningen.

7.55 Røysprofil og fragmentering

Røysa hadde lenger framkast og var merkbart lavere enn ved Nonel-tennere. Dette resulterte i at spettersk på røysa ble vanskeligere.



FRAMKAST - 18 fot	Lengde 1	Lengde 2	Lengde L	Høyde
64 mm - elektroniske tennere	4 m	15 m	65 m	3,5 m

Lengde 1: Fra stuff til øverste knekkpunkt på røysa.

Lengde 2: Lengde på røysskråning.

Lengde L: Lengde fra stuff til ytterste stein.

Høyde: Fri høyde på røysa 2 m fra stuff.

Figur 7.4 Framkast og røysprofil for elektroniske tennere.

Fragmenteringen var finere og ga bedret lastbarhet. Blokker ble ikke registrert.

7.56 Brytning

Brytningen økte med 1 prosentpoeng i forhold til opptenning med vanlige Nonel-tennere, fra 97 til 98 %.

7.6 PRAKTISKE ERFARINGER

De fleste forsøkene ble gjennomført som planlagt, og med godt samarbeid mellom alle parter.

7.61 Boring

Driverne var generelt godt fornøyde med fulldatariggen, som ble brukt for første gang. En slik ny rigg gir lite feil og reparasjoner, og driverne ble lite heftet av det. Unntaket var hyppigheten av nippelbrudd som følge av stangskjøteutstyret som var montert på, og at riggen da var uegnet til å grave fram sålen for å bore hull i liggen o.s.v.

En fordel var at den kan betjenes av en mann, slik at reparatøren blir fristilt til annet arbeid.

Det var full enighet om at stangskjøteutstyret ikke var tilfredstillende, og de fleste mente at dersom lengre salver skulle bores, var evtuellet to 24 fot bommer og en teleskopbom i midten mer ideelt.

Bolteboring blir vanskeliggjort ved at ønsket boret lengde ikke kan programmeres inn fra hytta. Dette ble etterlyst, og kunne også vært en ekstra sikkerhet for nøyaktig boring der kortere salver var ønskelig.

Driverne sa ellers at sekvensplanen ikke fungerte tilfredstillende, den må justeres slik at lading fra sålen kan gjøres mer samtidig med boring.

7.62 Lading

Detonerende lunte i konturhullene gikk litt fortere å lade med enn gule rør, men krevde mer forarbeid. En «dusj» - ca. 1,5 kg - Anolit i bunnen av borhullet er imidlertid nødvendig for at dette skal fungere tilfredstillende.

Foringsrør i ligghullene letter ladearbeidet, og er en fordel der nedrasing fra stoff er et problem.

7.63 Lasting

Lastingen gikk generelt sett lettere når Dynamit ble brukt i liggen, mente lasterne. På noen av langsalvene var det problem med knøl i sålen, og dette ga heft under lasting, og ekstra forsinkelser med omskyting.

7.64 Borhulldiameter

Etter den sjette 45 mm salva sa den ene basen at han «håpte det var den siste 45 mm salva han skulle bore i sitt liv». Generelt sett var alle svært fornøyde med 64 mm salvene med 18 fot borrør, det var få kronebytter og stangbrudd pr. salve, stor borenøyaktighet og lite bendboring.

Likevel sa noen av driverne at sammenlikningsgrunnlaget med 45 mm salver var for lite, for de to diametrene burde bores i samme tunnel over en lengre periode.

8. BOR- OG TENNPLANER

8.1 EKSEMPLER PÅ BORPLANER

Avhengig av knusningssoner på stoffen har kutten vekselvis vært plassert i senter av stoff eller i venstre side. Prinsippene for tennplaner ble vurdert og endret etter hvert for å bedre lastbarheten og fragmenteringen, og å minimere rystelsene.

Salve 2:

Utgangspunktet for salveplaner med 64 mm borhulldiameter var 81 hull. Salve 2 viser at hullantallet ble raskt redusert fra 81 til 77.

Salve 12:

Stabilt hullantall på 72 en lengre periode. Bor-og tennplan benyttet for både 18 og 24 fot salver.

Salve 18:

Eksempel på borplan med 72 hull og kutt flyttet til venstre side.

Salve 24:

Ny kutt og tilsammen 70 borhull. Fire grovhull som er ulada, og ni fullada hull i kutten.

Salve 36:

Salveplan for 30 fot salvene. 75 borhull. I tillegg ble hjelperne nærmest kutten gitt kast innover på enkelte av disse lange salvene. To hull ekstra på hver side av kutten i forhold til den vanlige salveplanen.

Salve 46:

Den bor-og tennplanen med 45 mm borhulldiameter som ga god brytning hadde 97 borhull. Kutten måtte flyttes i venstre side på noen av 45 mm salvene p.g.a. dårlig fjell. Hjelperne ble gitt kast mot kutten.

Salve 54:

Ny kutt, de fire grovhullene er flyttet for å gi mindre sammenboring under opprømming til grovhull. 70 borhull. Denne borplanen ble brukt svært lenge.

TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stuff:

Dato: 2. februar 1995

Planl: AR

Mrk: Salve 2

Tverrsnitt: - m²

Hulldybde: 5,10 m

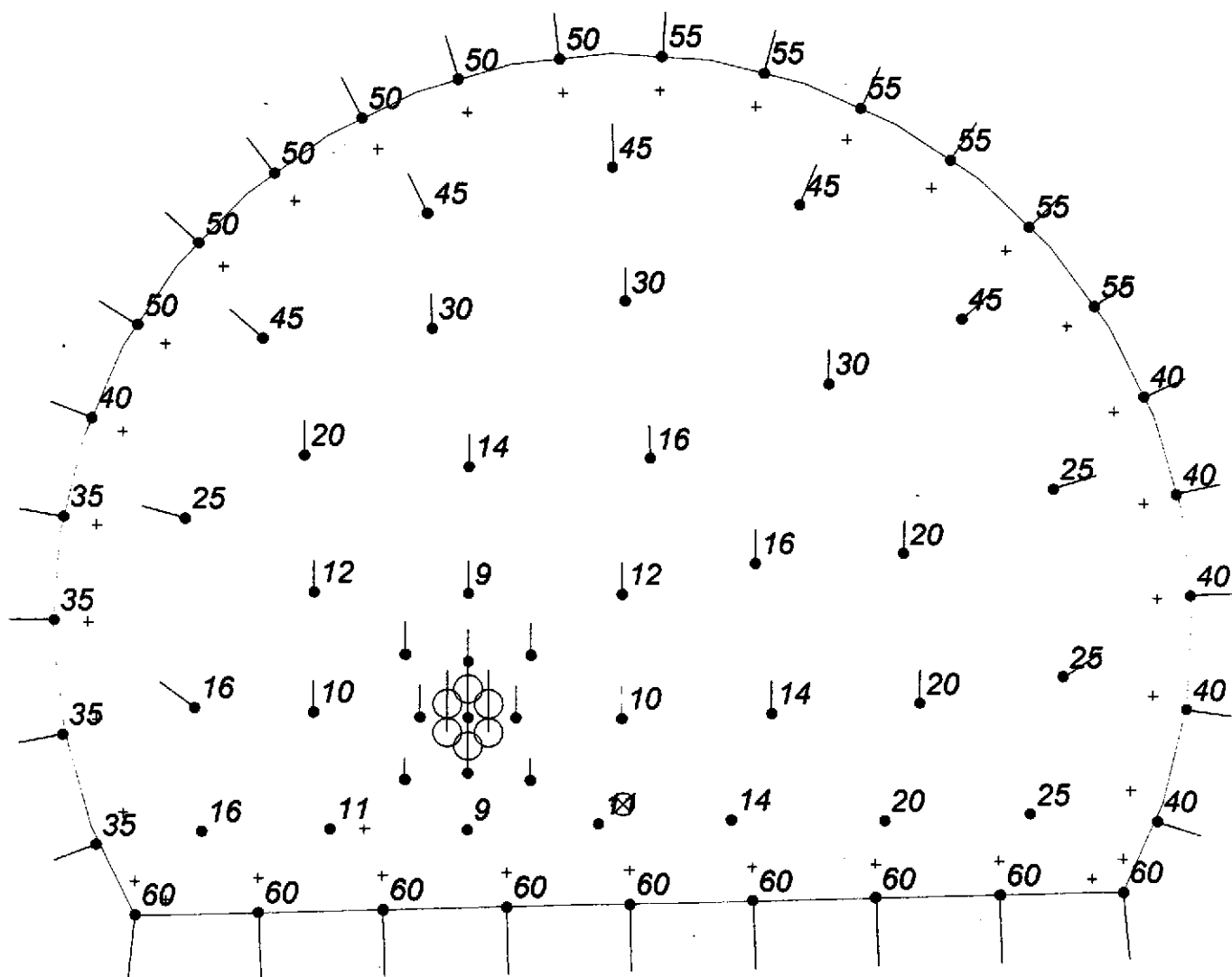
Hulldiameter: 45 mm

Ant hull, lada: 71

Ant hull, ulada: 6

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stoff:

Dato: 12. januar 1995

Planl:

Mrk: Salve 12

Tverrsnitt: 62,9 m²

Hulldybde: 5,10 m

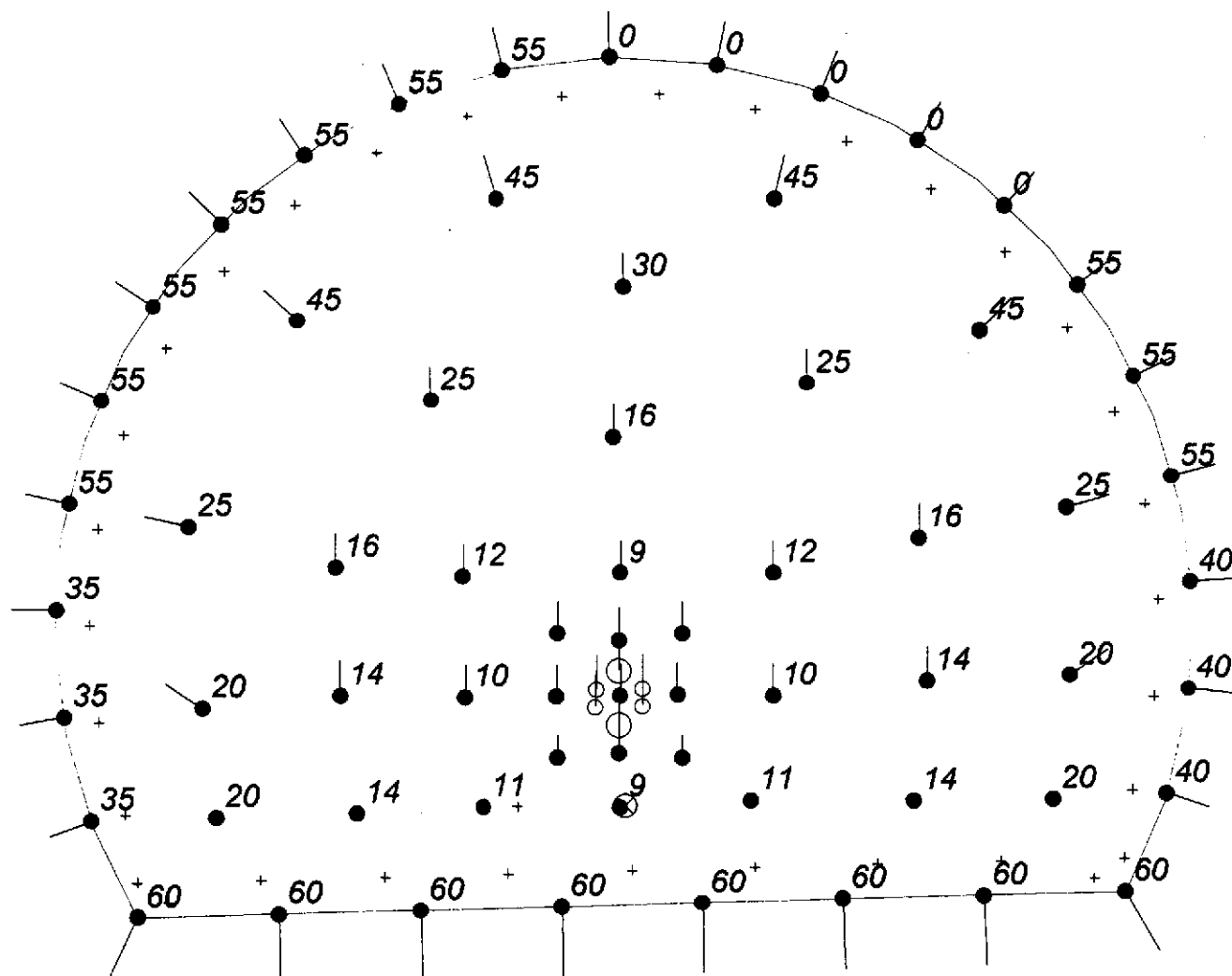
Hulldiameter: 64 mm

Ant hull, lada: 66

Ant hull, ulada: 6

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stoff:

Dato: 170195

Planl:

Mrk: Salve 18

Tverrsnitt: 62,8 m²

Hulldybde: 5,10 m

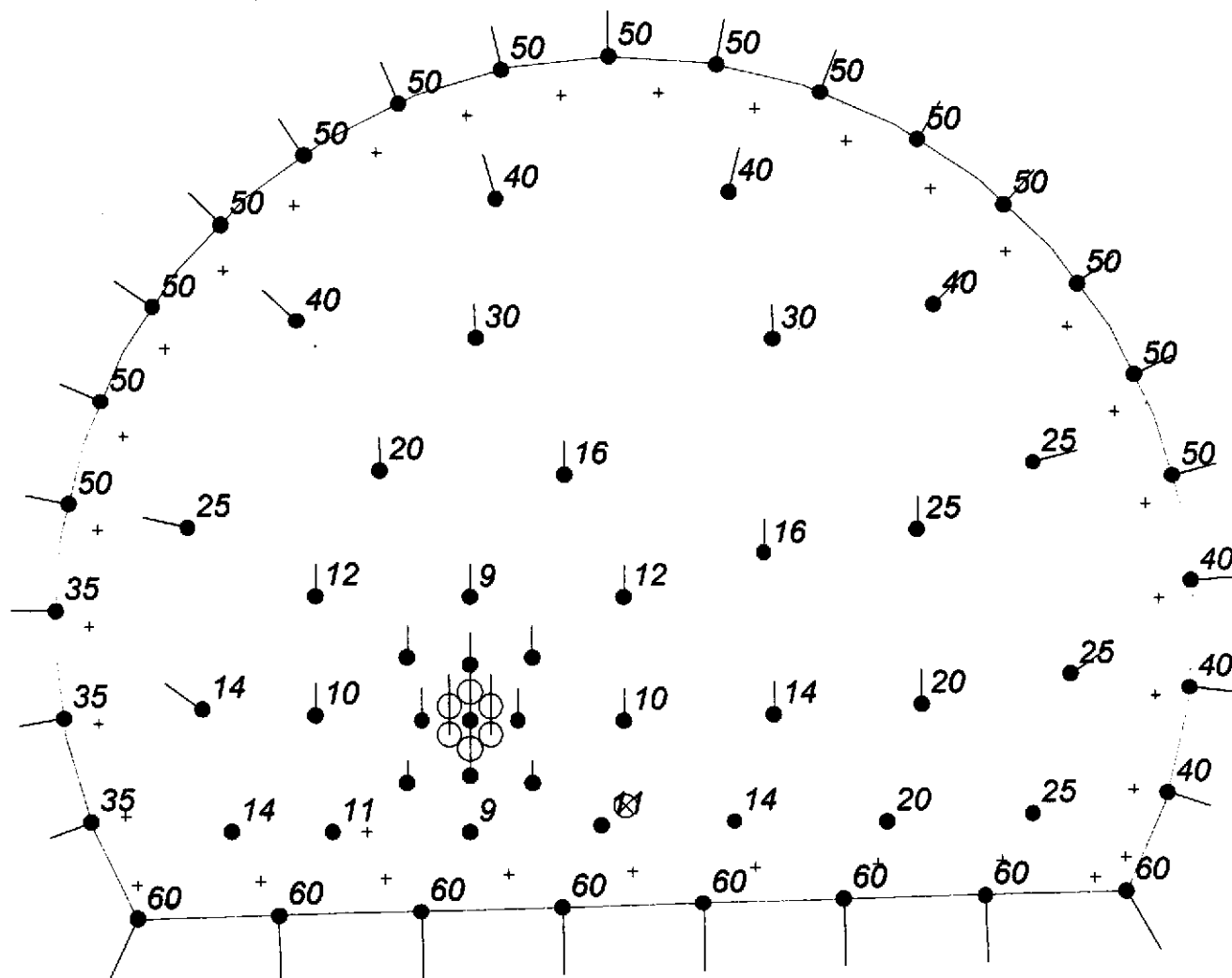
Hulldiameter: 64 mm

Ant hull, lada: 66

Ant hull, ulada: 6

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stoff:

Dato: 21. februar 1995

Planl:

Mrk: Salve 24

Tverrsnitt: 62,9 m²

Hulldybde: 5,10 m

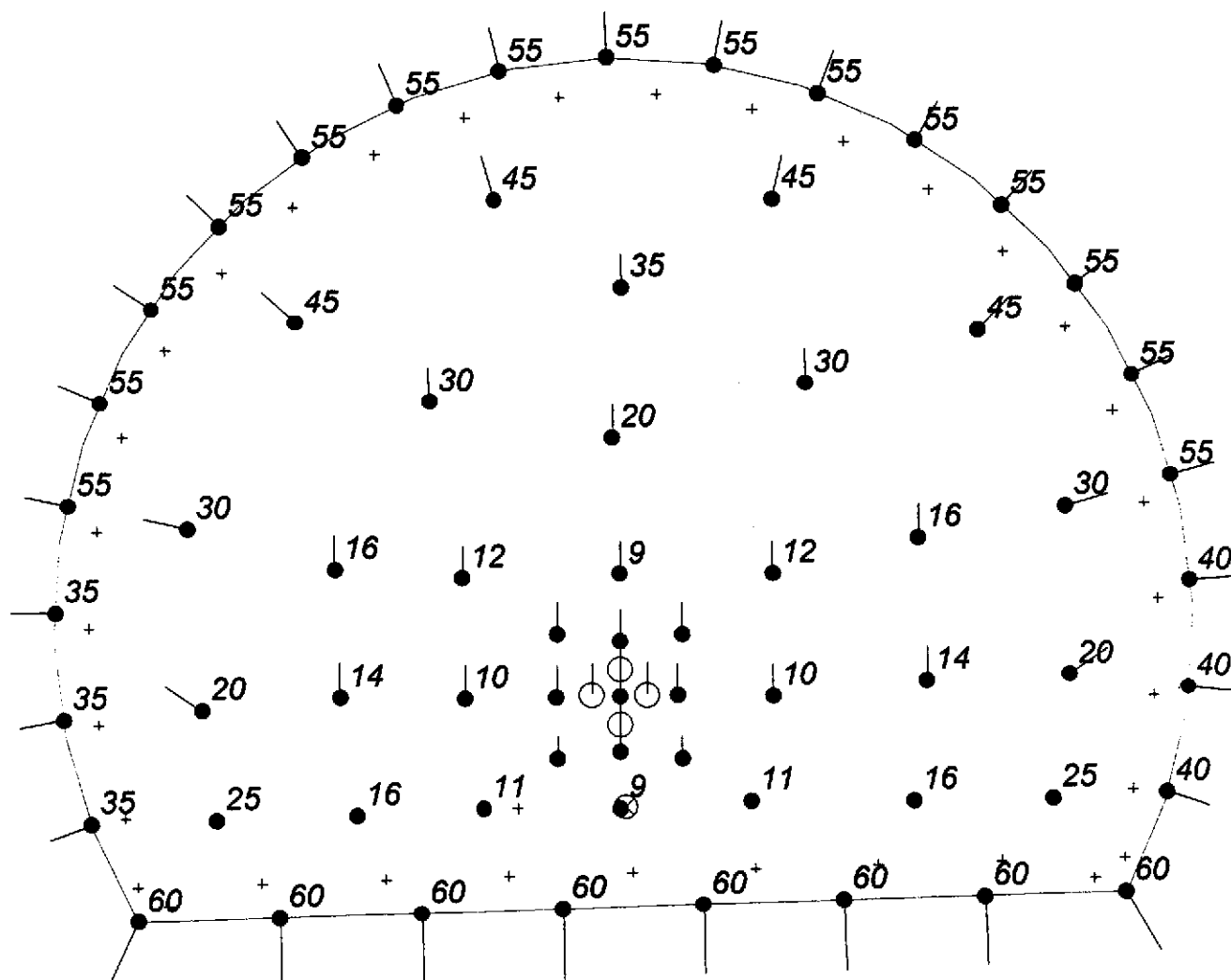
Hulldiameter: 64 mm

Ant hull, lada: 66

Ant hull, ulada: 4

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stoff:

Dato: 6. februar 1995

Planl:

Mrk: Salve 36 - 30 fot

Tverrsnitt: 62,9 m²

Hulldybde: 5,10 m

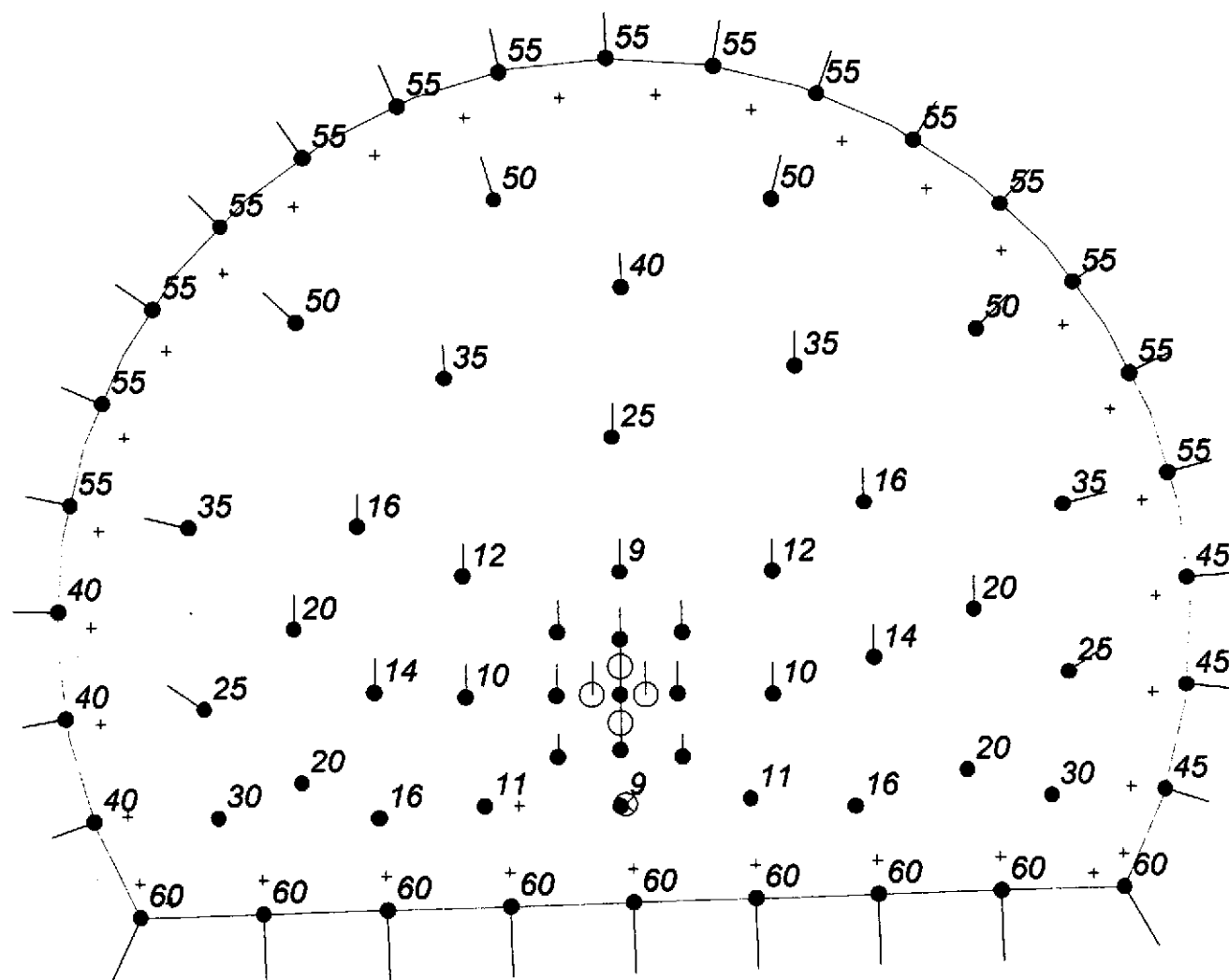
Hulldiameter: 64 mm

Ant hull, lada: 71

Ant hull, ulada: 4

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stuff:

Dato: 14. februar 1995

Planl:

Mrk: Salve 46 - 18 fot, 45 mm

Tverrsnitt: 62,8 m²

Hulldybde: 5,10 m

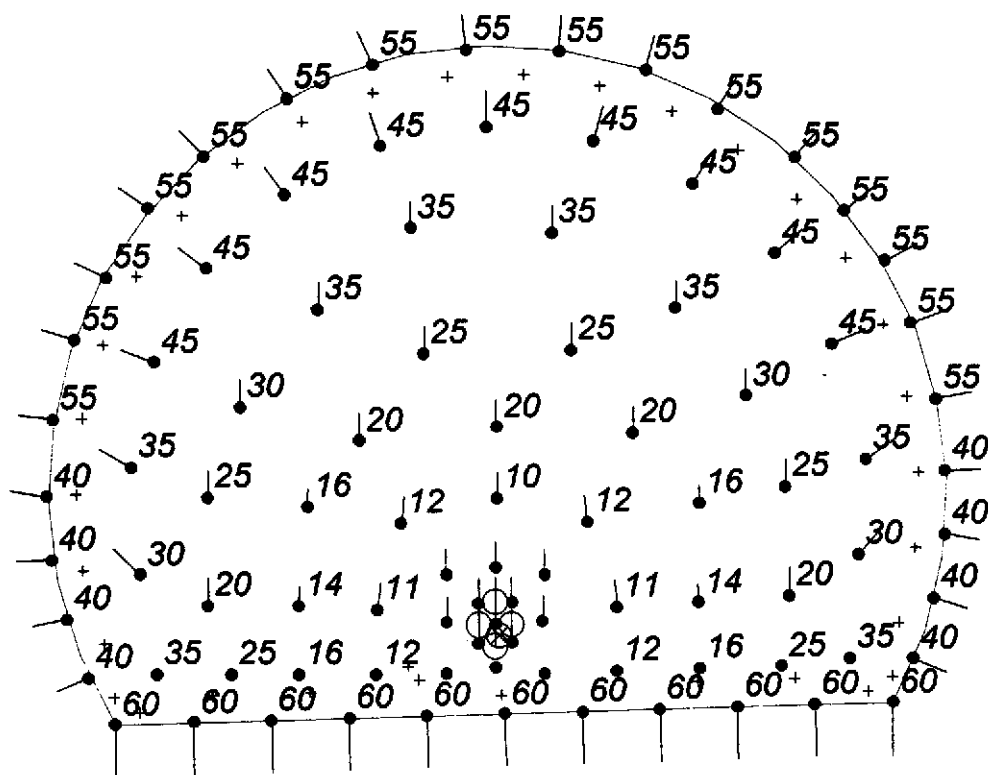
Hulldiameter: 45 mm

Ant hull, lada: 93

Ant hull, ulada: 4

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60



TunnPlan - Utskrift borplan

Anlegg: Neset tunnel

Stoff:

Dato: 21. februar 1995

Planl:

Mrk: Salve 54

Tverrsnitt: 62,8 m²

Hulldybde: 5,10 m

Hulldiameter: 64 mm

Ant hull, lada: 66

Ant hull, ulada: 4

SPR: 0,47

Målestokk: 1 : 60

