



**Jernbaneverket
Utbygging**

Prosjekt Lysaker - Sandvika

NBG

VÅRSLEPPET 2009

**Johan Mykland
Jernbaneverket Utbygging**

**FJELLKVALITET OG ANVENDELSE AV
SPRØYTEBETONG, SPRØYTEBETONGBUER OG
BETONGUTSTØPING I LYSAKER – SANDVIKA
PROSJEKTET**

Presentasjonen er utarbeidet av byggeledelsen



1. Innledning

Dette notatet angir sikringsklasser for permanentsikring av Bærumstunnelen. Det er ut i fra kontrakt og fagrapport "Ingeniørgeologi, prosjekt Skøyen – Asker", bestemt at tunnelene skal kartlegges, deles inn i bergkvalitet og sikringsklasser, og sikres i henhold til disse og de aktuelle forhold på anlegget.

Dette notatet skal brukes av byggherren og angir veiledende sikringsklasser for permanentsikring av Bærumstunnelen. Alle som skal angi permanent sikring skal ha utført praktisk kurs i Q-systemet, og kursmateriellet er tilgjengelig på alle entreprisene. Utføring av geologisk kartlegging og valg av Q-verdi er dermed i utgangspunktet samkjørt for alle entreprisene. Hvis det oppstår store sprang i Q-verdier og evt usikkerhet ved valg av Q-verdi skal dette varsles og tas vare på med erfaringsoverføring innenfor byggeledelsen eller eventuelt en 3dje parts kontroll (ekspertgruppen med Bollingmo m.fl.).

Q-systemet har imidlertid sine begrensninger mht sprekke/sleppeorientering og må derfor benyttes sammen med "Håndbok i Fjellbolting" mht f.eks bruk (lengde og orientering) av bolter ved f.eks bolting av grovblokkig fjell, lagdelt/skifrig fjell og ved krysning av slepper og svakhetssoner. Videre er Håndboken anvendelig ved dimensjonering av sikring av "ras" av enkeltblokker/blokksamling i tunnelhengen og i tunnelveggen. I byggherrens halvtime, som er kontraktfestet skal det være mulig å observere fjellet før sprøyting. Kartlegging av sprekke/sleppeorienteringer og evt blokker/utfall må utføres i dette tidsrommet. "Ras" - kartlegging og dimensjonering av sikring av "ras" må tegnes opp spesielt....

2. Hovedtunnel. Bergkvalitet og permanent sikring

For hovedtunnelen er det satt opp en sikringsmatrise med 6 klasser inndelt fra A til F. Sikringsklassene er satt opp mot bergkvalitet (Q-verdi) for en tunnel med diameter 13,2m (+ tykkelsen på evt buer). Teoretisk hengbue på 18m. Det skal bare sprøytes ned til SOK (=skinne overkant) dvs 3m av vegghøyden. Med en ESR -verdi tilsvarende 1.0 (dvs sikring som gjelder i jernbanetunneler) gir dette en ekvivalent diameter på 13,2 m (+ utvidelse pga buer) som benyttes i figur 1 og som angir sammenheng mellom Q-verdi og sikringsklasser.

For å få optimal sikring i de forskjellige klassene skal boltemønsteret være fleksibelt, dvs ved Q-verdier på grensen mot lavere klasse skal det vurderes å bruke boltemønsteret i denne lavere klassen. Eksempel ved Q-verdi = 1 (klasse D) kan brukes boltemønster for klasse E etc. Dette skal vurderes i hvert enkelt tilfelle under byggherres halvtime.



	A	B	C	D	E
Bergkvalitet	Svært god	God	Middels	Dårlig	Svært Dårlig
Q-verdi	$Q \geq 40$	$10 \leq Q < 40$	$4 \leq Q < 10$	$1 \leq Q < 4$	$0,1 \leq Q < 1$
Bolting i tak c/c og lengde	3,0m x 3,0m L=4m	2,5m x 2,5m L=4m	2,2m x 2,2m L=4m	1,7m x 1,7m L=4m	1,5m x 1,5m L=4m
Bolting i vegg c/c og lengde		Spotbolting L=3m	2,4m x 2,4m L=3m	2,4m x 2,4m L=3m	1,5m x 1,5m L=3m
Sprutbetong Tak (mm)	80mm	80mm	80mm	80mm	120mm Buer ihh J-21091
Sprutbetong Vegg (mm)	80mm	80mm	80 mm	80 mm	80 mm

Tabell 1: Tunnelsikringsklasser for Bærumstunnelen, tverrsnitt 107m².

For ekstremt dårlig fjell gjelder klassen F. I slike områder tilkalles spesialkompetanse.

	F
Bergkvalitet	Extremt dårlig
Q-verdi	$0,01 \leq Q < 0,1$
Bolting i tak c/c og lengde	1,0m x 1,0m L=4m
Bolting i vegg c/c og lengde	1,2m x 1,2m L=3m
Sprutbetong Tak (mm)	200 mm *) Buer D55/8 c/c 2,3m
Sprutbetong Vegg (mm)	160 mm

*)spesialtilpasset, eventuelt utstøping.

Forklaring til Buer:

Eksempel D55/8, c/c 2,3m:

Betongtykkelse på buene er 55cm,
8 stykk armeringsjern Ø16mm i 2 lag,
Avstand mellom buer = 2,3 meter.

Buer J-21091:

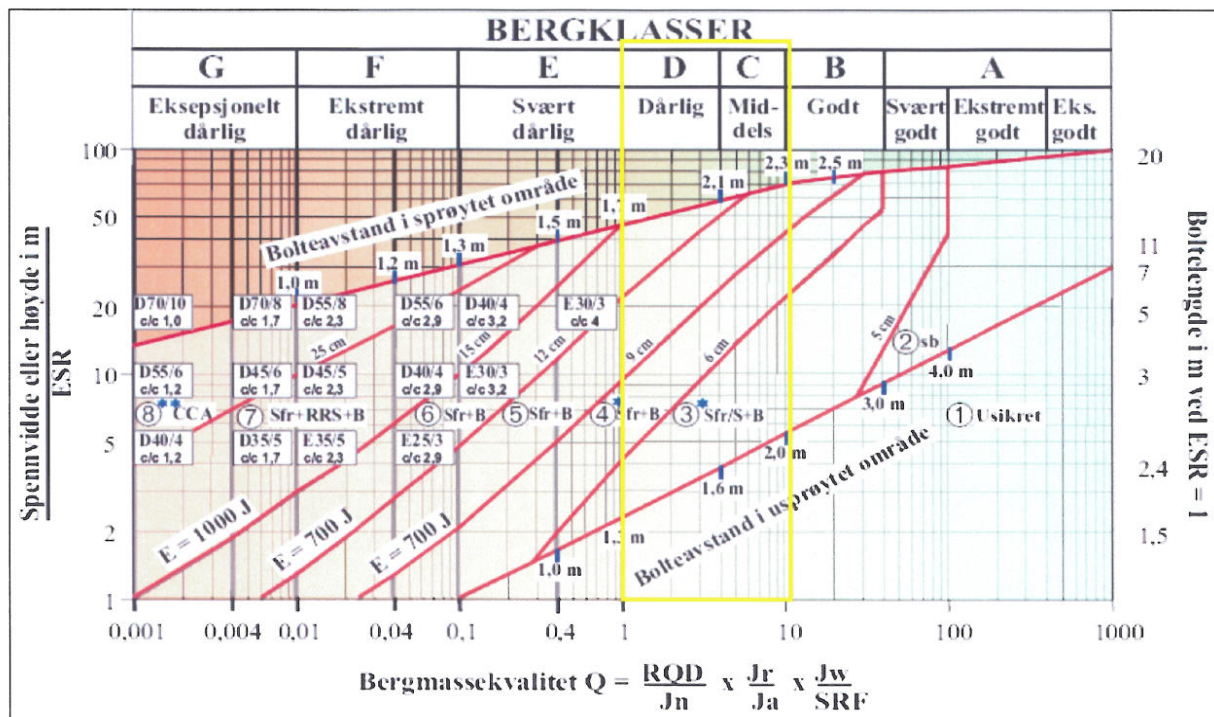
Buer installeres ihh til kontraktstegning:
"USA54-6-T-J21091"

Arbeidssikringen skal så langt det er mulig tilpasses de foreslåtte sikringsklasser slik at den kan integreres i byggherrens krav til permanentsikring. I klasse E og F skal det under driving brukes forbolting/ spiling.

Boltemønsteret som er angitt for de forskjellige klassene er veiledende og gir et bilde av boltetetthet for det aktuelle området. Bolteplasseringen skal tilpasses de lokale forhold i størst mulig grad, og sikre blokker, kiler, sammensynging av slepper etc. Det forutsettes brukt CT bolt som gyses umiddelbart. Ved vannlekkasjer i boltehull brukes "Thor-bolt" som injiseres. Boltelengde er satt til 4 meter i heng og 3 meter i vegger. Bak stuff skal innstøpt kamstålsbolt brukes.

Angitte tykkelser for sprøytebetong gjelder generelt og skal dokumenteres med tykkelsesmålinger. Ved all sikring er det viktig at fjellet er tilfredsstillende rensket/vasket før sprøytebetong påføres. Dette gjelder også i veggene.

Vegghøyden er av byggherre definert som 3 meter over SOK (skinne overkant), som tilsvarer ca 4,0 meter vegghøyde i råsprenget profil.



Figur 1: Her vises anbefalte sikringsmengder ifølge Q-metoden. Eksempelvis i gulmarkert område (klasse C og D, middels og dårlig) er anbefalt bolteavstand 1,7 – 2,3 meter. I denne rapporten er det valgt et boltemønster for klasse C på c/c 2,2 meter, mens det for klasse D er valgt et boltemønster på c/c 1,7 meter, dvs god overensstemmelse med figuren.

Rapporten er ment å være en veiledning til omtrentlige sikringsmengder. På de neste sidene er skisser på sikringsklassene A – F som viser sprutbetong og boltemønster i tverrsnittet. Det er også listet opp omtrentlige sikringsmengder per salve for hver klasse (se også tabell 2 under).

	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Klasse F
Antall bolter	15	20	30	40	60	120
Sprutbetong	16	16	16	16	21	37

Tabell 2: Veiledende sikringsmengder per salve (5 meter).

Klasser	Boltemønster		Boltetetthet		Bolter per salve			Sprutbetong (mm)		Sprutbetong (m3/salve)			Q-verdi
	Heng	Vegg	Heng	Vegg	Heng	Vegger	Totalt	Heng	Vegg	Heng	Vegger	Totalt	
A	3 x 3		0,11		10	0	10	80	80	11	5	16	$Q \geq 40$
B	2,5x2,5	spot	0,16	0,03	15	1	16	80	80	11	5	16	$10 \leq Q < 40$
C	2,2x2,2	2,4x2,4	0,21	0,17	19	7	26	80	80	11	5	16	$4 \leq Q < 10$
D	1,7x1,7	2,4x2,4	0,35	0,17	31	7	38	80	80	11	5	16	$1 \leq Q < 4$
E	1,5x1,5	1,5x1,5	0,44	0,44	40	18	58	120	80	16	5	21	$0,1 \leq Q < 1$
F	1,0x1,0	1,2x1,2	1,00	0,69	91	28	119	200	160	27	10	37	$0,01 \leq Q < 0,1$

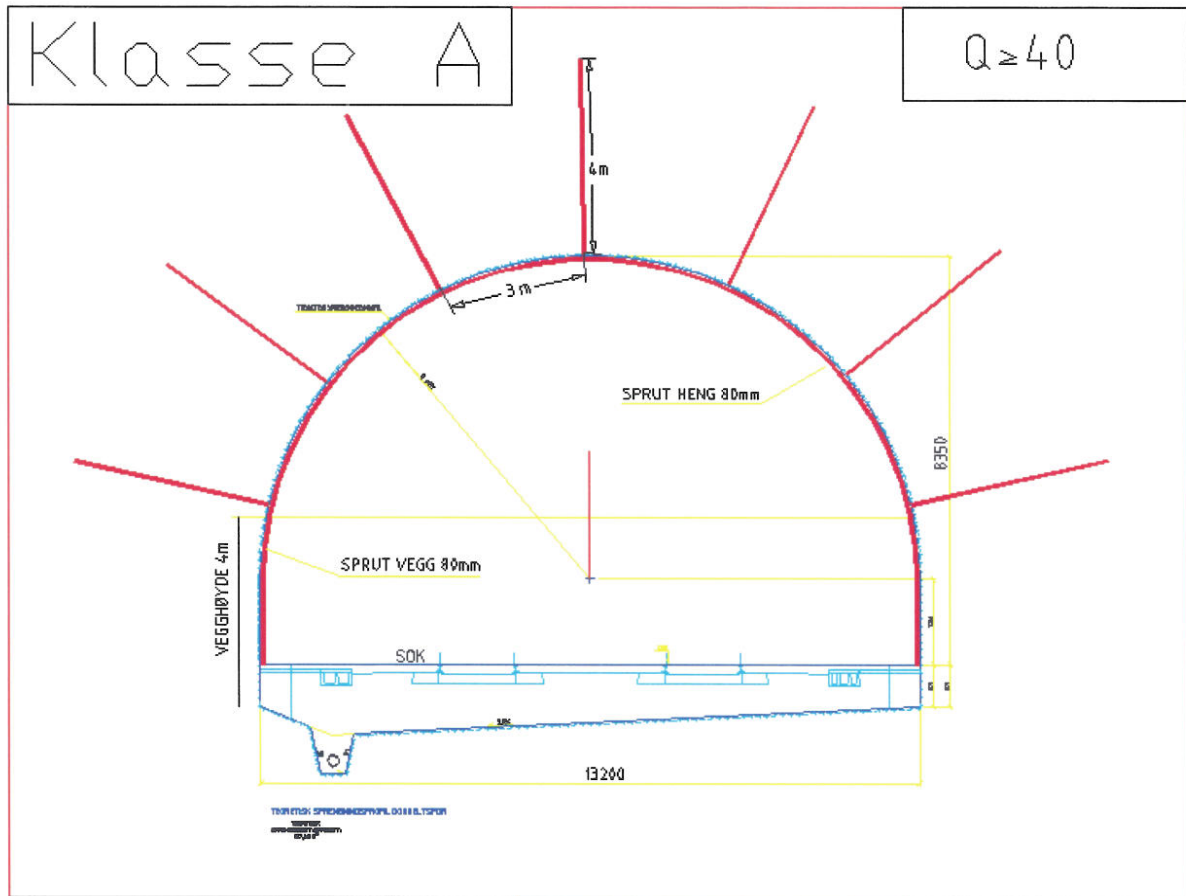
Tabell 3: Beregningsgrunnlag.



3. Illustrasjonstegninger for sikringsklassene i hovedtunnelen

Som illustrasjon til tabell 1 er det laget permanent sikringstegninger for hver sikringsklasse i hovedtunnelen.

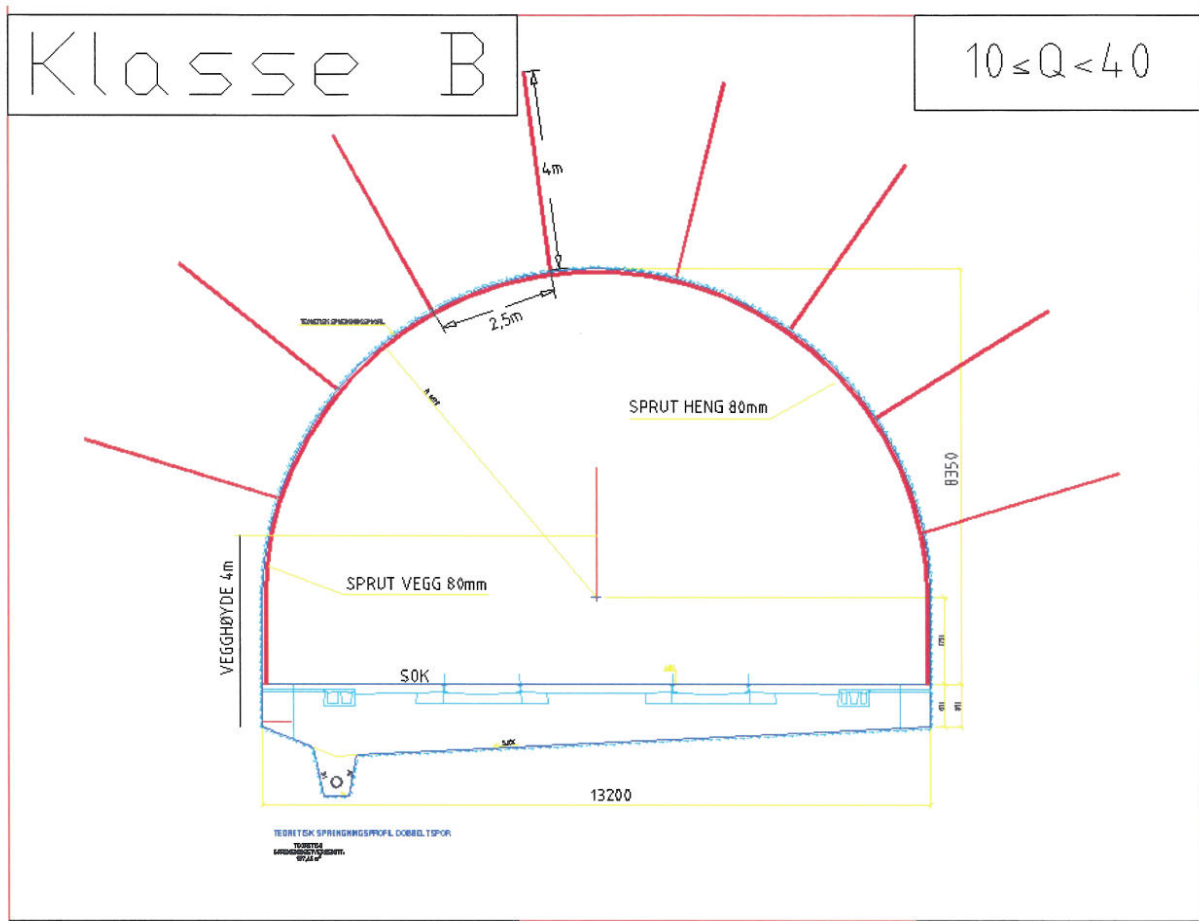
Sikringstegningene omhandler klassene A, B, C, D, E og F.



Figur 2: Sikringsklasse A, svært god fjellkvalitet ($Q \geq 40$)

Boltemønster 3 x 3 meter. Boltelengde 4 meter i heng og 3 meter i vegger, boltene tilpasses blokkstrukturen i fjellet. Sprutes ned til 1 meter over sprengt såle.

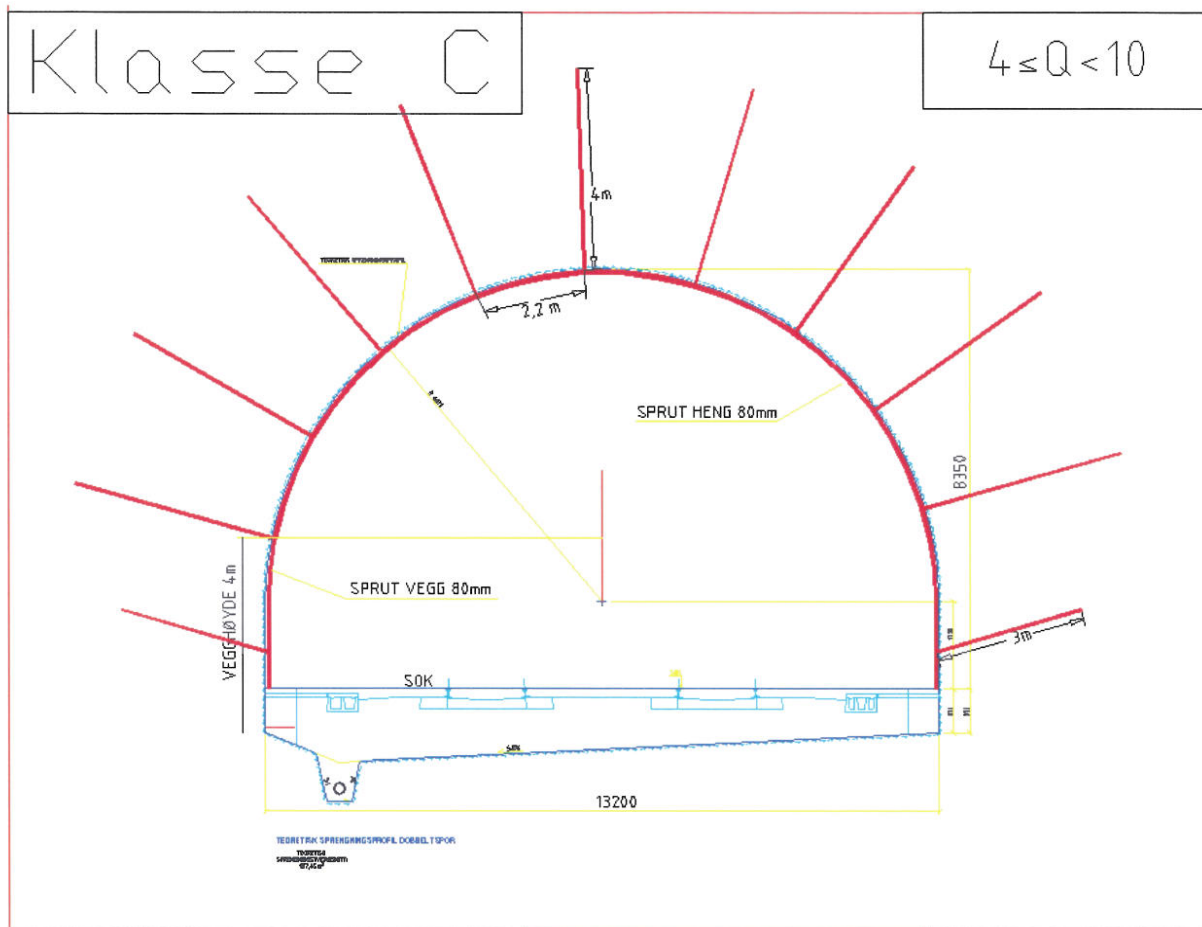
For salvelengde på 5 meter tilsvarer sikringsklasse A : ca 15 bolter
16 m³ sprøytebetong



Figur 3: Sikringsklasse B, god fjellkvalitet ($10 \leq Q < 40$)

Boltemønster 2,5 x 2,5 meter. Boltelengde 4 meter i heng og 3 meter i vegger, boltene tilpasses blokkstrukturen i fjellet. Sprutes ned til 1 meter over sprengt såle (SOK).

For salvelengde på 5 meter tilsvarer sikringsklasse B : ca 20 bolter
16 m³ sprøytebetong



Figur 4: Sikringsklasse C, middels fjellkvalitet ($4 \leq Q < 10$)

Boltemønster 2,2 x 2,2 meter. Boltelengde 4 meter i heng og 3 meter i vegger, boltene tilpasses blokkstrukturen i fjellet. Boltemønster er fleksibelt og skal vurderes ned mot klasse D. Sprutes ned til 1 meter over sprengt såle (SOK).

For salvelengde på 5 meter tilsvarer sikringsklasse C : ca 30 bolter
16 m³ sprøytebetong

