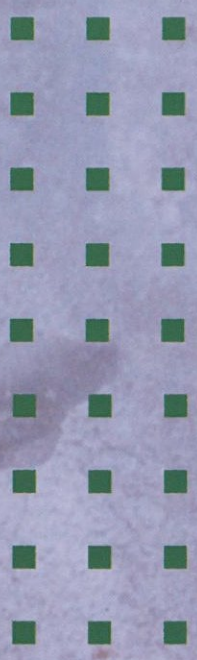


RIKTIG BRUK  
AV SPRØYTEBETONG I TUNNELER



*Innkjøring- og  
midtsoner*



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet



# ***DEL A***

## **INNKJØRING- OG MIDTSONER**

Design og produksjon: Optimal a.s  
Forsidefoto: Portal i Ringnestunnelen, Akershus  
Tekst og foto: Kjell Inge Davik, Vegdirektoratet  
Oktober 1997

Forord	4
1. Innledning	5
2. Bakgrunn for delprosjektet	6
3. Datagrunnlag	8
4. Diskusjon og anbefalinger	9
4.1 Hva er levetid	9
4.2 Hvilke erfaringer har vi ?	10
4.3 Hva er levetiden i innkjøringssoner ?	10
4.4 Forslag til krav for nye tunneler	11
4.5 Forslag til tiltak i eksisterende tunneler	11
5. Referanser	12

**Vedlegg 1:**  
Fotografier av portal i Ringnestunnelen



## For ord

*Prosjektet «Riktig bruk av sprøytebetong i tunneler» ble etablert i 1995. I forbindelse med prosjektet har det blitt arrangert 4 temadager som er rapportert separat.*

Rapporteringen av prosjektet er bygget opp ved en rapportserie på 6 rapporter:

- I. HOVEDRAPPORT FOR HELE PROSJEKTET
- II. Delrapport A: Innkjøring- og midtsoner
- III. Delrapport B: Undersjøiske tunneler
- IV. Delrapport C: Frostsoner
- V. Delrapport D: Sprakefjell
- VI. Delrapport E: Brannsikring på PE- skum

Hver av delrapportene er igjen bygget opp med fundament i erfaringer fra vegkontorene og Jernbaneverket, diplomoppgaver fra NTNU, konsulent-rapporter, laboratorieanalyser, temadagsrapport mm.

Dette delprosjektet og denne rapporten er således en løsrevet bit av prosjektet og problemstillingene som tas opp må sees i sammenheng med vurderinger og konklusjoner i hovedrapporten.

Styringsgruppen vil rette en stor takk til alle bidragsytere i fylkene som har gjort at gjennomføringen av det praktiske prøveprogrammet har gått knirkefritt.

Sprøytebetong har vært benyttet i norske vegtunneler siden 1960-årene. Dårlige erfaringer og urealistiske forventninger, spesielt med hensyn til vannetting og avskallinger, resulterte da i at anvendelsen av sprøytebetong stagnerte. Det har siden vært en kontinuerlig utvikling i metoder og kvalitet.

I de senere årene har det skjedd en betydelig økning i bruken av sprøytebetong i Statens vegvesen, med en årlig investering på rundt 50 millioner kroner. I dagens tunnel-drift blir metoden benyttet som arbeids- og permanent-sikring i varierende tykkelser. Det kan imidlertid reises tvil om denne utviklingen er riktig da vi vet for lite om metodens holdbarhet. Skader på øvrige betong-konstruksjoner de senere år poengterer også hvor viktig betraktninger og dokumentasjon av levetid vil være for metodens bruksområder i fremtiden.

Med dette som bakgrunn startet Vegdirektoratet i 1995 prosjektet « Riktig bruk av sprøytebetong i vegtunneler ».

### Trinn 1:

I samarbeid med nøkkelpersoner på vegkontorene i «tunnelfylker» søkte prosjektet i første trinn å dokumentere kvalitet og kvalitetsutvikling i eksisterende tunneler. Med dette som grunnlag ville én forsøke å estimere nedbrytnings-hastighet og levetid. I tillegg har dette stadiet av prosjektet vurdert hvordan man lettere kan lokalisere kritiske soner og deretter beskrive tiltak før eventuelle nedfall.

### Trinn 2:

Status for arbeidet i første trinn dannet grunnlag for andre trinn: «Dimensjonering og HMS».

Styring mot riktig bruk av sprøytebetong i tunneler oppnås deretter ved nødvendig revisjon av dimensjoneringsregler, prosesskoder, normaler og retningslinjer, anbuds-dokumenter etc.

Styringsgruppen består av:

**Eirik Øvstedal** (formann), Statens vegvesen Oslofjordforbindelsen

**Karl Melby**, Statens vegvesen Møre og Romsdal

**Håvard Østlid**, Statens vegvesen Rogaland (til 20.06.1996)

**Jan Eirik Henning**, Statens vegvesen Vegdirektoratet  
(fra 20.06.1996)

**Ole Fromreide**, Statens vegvesen Oslofjordforbindelsen

**Arnstein Aarset**, Jernbaneverket

**Kjell Inge Davik** (prosjektleder), Vegdirektoratet



**Bak grunn**

*for delprosjektet*

*Sprøytebetong har forskjellig levetid under ulike forhold. Miljøbelastningenes aggressivitet og fjellets beskaffenhet avgjør i høy grad sikringens levetid.*



Innkjøringssoner vil i tettbygde strøk være særdeles belastet i og med at tilstøtende vegnett saltes på vinterstid. I tillegg vil man i tunneler med høye trafikkmengder gjennomføre vedlikeholdsrutiner som innbefatter vask av vegger.

I hele tunnelens lengde vil i tillegg den nederste delen

(1- 1,5 m), såkalt «sprutsonen», være spesielt belastet på grunn av spruting av saltholdig vann fra vegbanen.

Innover i tunnelen vil andre miljølaste også kunne gjøre seg gjeldende ved at CO<sub>2</sub> kombinert med et ugunstig fuktnivå reagerer med betongens kalsiumhydroksid Ca(OH)<sub>2</sub>

og danner kalsiumkarbonat (karbonatisering). Dette fører til at betongens pH senkes og mulighetene for armeringskorrosjon øker.

Delprosjektet «Innkjøring- og midtsoner» ble etablert for å analysere levetid av sprøytebetong og kritiske parametere i disse sonene separat.

## Data grunnlag

Følgende vegtunneler danner grunnlag for vurderingene:

Fylke:	Rv	Tunnel	Byggeår	Kartlagt:	Rapportering:
Finnmark	E.69	Skarvberg	1970 (tørrspr.'65-'67)	1994	Fidjestøl, T, NTH
Hordaland	Rv. 555	Damsgård V-Ø	1993 (støpte portaler)	1994	Fidjestøl, T, NTH
	Rv.1	Eidsvåg N	1988 (støpte portaler)	1994	Fidjestøl, T, NTH
	Rv. 540	Løvsstakk	1968 (utstøpte port., tørrspr.)	1994	Fidjestøl, T, NTH
Buskerud	E18	Fosskollen, NH	1967 (kontakt-støp)	1994	Fidjestøl, T, NTH
Akershus	E6	Ringnes	1986 (spr.bet-portaler)	1994	Fidjestøl, T, NTH
Oslo	Rv.160	Smestad	1983 (støpte portaler)	1994	Fidjestøl, T, NTH
	Fv. 166.02	Strandvei	1992	1994	Fidjestøl, T, NTH

I tillegg har generelle erfaringer fra fylkene Oslo og Akershus dannet grunnlag for et erfaringsseminar i Drammen, der alle fylker ble involvert i diskusjonen. Denne diskusjonen, og

evaleringen av denne, er således en viktig del av del prosjektets konklusjoner.

Det er viktig å påpeke at prosjektet ikke har benyttet

store ressurser for å oppnå 100 % løsninger, men ansett klare tendenser som tilstrekkelige for evalueringer av levetid og tiltak.



## 4.1 HVA ER LEVETID ?

### Krav

Håndbok 163 «Vann- og frostsikring av vegtunneler» krever en levetid på 50 år hvis ikke annet er angitt.

Begrepet levetid må imidlertid sees i forhold til konsekvensene av reparasjoner og kostnad for samfunnet, avhengig

av beliggenhet, trafikkmengde, omkjøringsmuligheter og omkjøringskonsekvenser.

Levetidskostnader vil derfor måtte prosjektdifferensieres utfra konstruksjonens viktighet. For eksempel kan det ved tunnelanlegg i klasse E

være totaløkonomisk hensiktsmessig å sette krav til levetid til 100 år. Minimumskrav bør uansett være 50 år.

### Definisjon

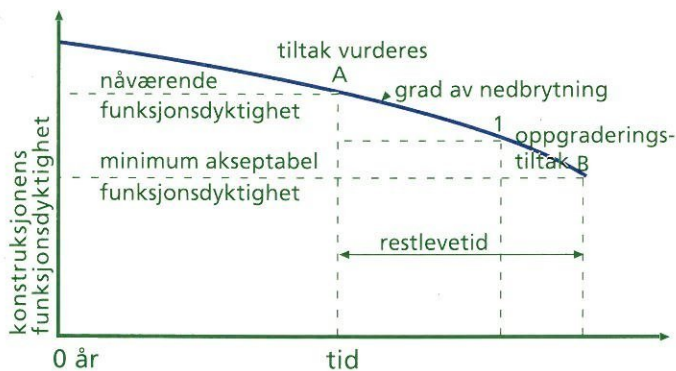
For konstruksjoner av sprøytebetong bør levetid defineres som den tid konstruksjonen fungerer som

forutsatt (figur 1). Levetiden ansees som over når sikkerhetsfaktoren for hele eller deler av konstruksjonen er under 1. Det vil si at nedfall kan forventes og fare for trafikantene oppstår.

Tiltak må iverksettes før dette skjer.

FIGUR 1

Reduksjon av konstruksjonens funksjonsdyktighet



#### 4.2 HVILKE **Karbonatisering**

#### ERFARINGER HAR VI ?

Tunneler på vestlandet viser få tegn til karbonatisering og tilsvarende er observert for utendørs betongkonstruksjoner.

I tunneler uten ventilasjon viser tendenser at karbonatiseringsdybden er størst nede og midt i tunnelen.

I ventilerte tunneler viser imidlertid karbonatiseringsdybden i hengen seg å være dypere enn nede. Grunnen til dette er trolig at viftene drar avgassen opp i tverrsnittet, samt at ventilasjonen sørger for en større grad av uttørking av betongen i hengen.

Alle observerte karbonatiseringsdyper er små (max 10 mm), slik at karbonatisering utfra dette ikke kan sies å være noe problem.

Det er påvist at selv rimelige malinger har gunstige effekter på karbonatiseringshastigheten, men ingen av beleggene har imidlertid vist tegn til å virke kloridbremsende.

#### **Kloridinntrenging**

De høyeste kloridverdiene ble observert i et belte fra 0,2 m - 1 m over vegbanen. I vederlaget viste målingene et betydelig lavere kloridinnhold.

I tillegg er det en ikke overraskende tendens at kloridnivået

varierer med tunnelens høyde over havnivå, med høyest verdier nærmest havet. Kloridnivået i undersjøiske tunneler blir behandlet i delprosjekt B.

#### **Generelt**

Vi har de vesentligste problemer der veget saltes.

Da større trafikkmengder kombinert med høye frostmengder som regel initierer behov for salting, er karbonatisering og kloridinntrenging et økende problem med høyere ÅDT og hastigheter.

Tunnelen får større miljøbelastninger når dagsonen har fall inn i tunnelen, særlig ved stort lengdefall og hjulspor i vegdekket. I tillegg vil hyppighet av salting og type salt (tørt/lake) spille inn på de totale miljøbelastninger som kan påvirke betongen.

#### 4.3 HVA ER LEVETIDEN I INNKJØRINGSSONER?

Utfra dagens datagrunnlag og usikre faktorer er levetid vanskelig å forutsi.

I Ringnestunnelen (1986) ansees miljøbelastningene for å være store og levetid av denne konstruksjonen er allerede 10 år. Tunnelportalene er utført i armert sprøytebetong

og erfaringene stammer herfra. Observasjoner tilsier at armeringskorrosjon er sannsynlig. Hvorvidt nedbrytning tar 10 eller 20 år er vanskelig å forutsi, men nedbrytningsprosessen kan bremses ved hjelp for eksempel overflatebehandling.

I tillegg bør tunnelen følges opp med tette intervaller i årene som kommer.

Erfaringsgrunnlaget ellers er stort sentes hentet fra plasstøpte tunnelportaler. I Fosskollen tunnel (1967) har vi snart 30 års erfaring, uten alarmerende tegn til nedbrytning av betongen. Her har tunnelen vært påført maling med 2- 3 års intervaller noe som har hatt innvirkning på konstruksjonens bestandighet.

Generelt kan man si effektene av kloridinntrenging er at armeringskorrosjon kan starte i tillegg til at betongens frostresistens nedsettes. Frostresistensen er imidlertid også avhengig av betongens fuktinnhold. For sprøytebetong vil selve betongens frostresistans sannsynligvis være bedre enn for heftsonen mellom fjell og betong.

#### 4.4 FORSLAG TIL KRAV FOR NYE TUNNELER

Vi vet generelt endel om hvilke miljøbelastninger man kan forvente i innkjøringssoner i tettbygde strøk.

I innkjøringssoner bør følgende forusetninger legges inn med hensyn på bruk av sprøytebetong:

- I tunnelklasse C,D og E bør sprøytebetong ikke benyttes i innkjøringssoner opptil 3,5 m. Veggelementer bør brukes fra tunnelklasse C. Disse har god kvalitet på overflaten og kan i tillegg til maling ev.t påføres klorbrems.

- De første 1-1,5 m over overkant vegbane i tunnelklasse C,D og E ,bør veggelementer eller sprøytebetongkonstruksjoner gis en overflatebehandling for å oppnå et bestandigere produkt. Normalt vil det av estetiske hensyn være gunstig å fullføre denne behandlingen helt opp til 3,5 m. Alternativt kan man sikre levetid ved å gi armeringen i elementene større overdekning. Ved plastøpt betong vil antakelig overdekning være tilstrekkelig.

- I tunneler med lavere trafikkmengder, men med salting av tilstøtende veger, bør overflatebehandling gjennomføres helt inn til og med overgangssone I (se håndbok 021).

- For å unngå at avrenningsvann fra trafikk og vegsalt renner inn i tunneler på fall, bør tiltak i verksettes. Avrenningsfuger har påkalt et stort vedlikeholdsbehov på bruer. Det kan derfor være en fordel å sikre dette på andre måter som for eksempel ved hjelp av store sluk ved inngang til tunnel eller som tidligere nevnt ved økt overdekning på betong.

#### 4.5 FORSLAG TIL TILTAK I EKSISTERENDE TUNNELER

Kloridinntrenging vil trolig være den avgjørende faktor for kvalitetsforringelse av sprøytebetong i innkjøringssoner. De største belastningene har som tidligere nevnt vært veggene opp til 2 meter, og armerte konstruksjoner vil være mest utsatt. Lokale nedfallutfall vil trolig ikke være til hinder eller fare for trafikken.

Rutinene i vedlikeholdsstandarden (håndbok 111) forutsettes fulgt, dvs. bomkontroll og at prøver av sprøytebetong tas for hvert 5. år. Ved unormale sprekker eller skader bør særskilte tiltak i verksettes.

Er skader imidlertid av en slik art at det kan innebære fare for trafikanter, bør i første omgang oppmontering av fjellsikringsnett vurderes. I noen tilfeller kan supplering av sprøytebetong med bolter være en riktig løsning.

Det bør i tillegg til kloridproblematikken også vies oppmerksomhet til utviklingen med hensyn på karbonatisering.

### Prosjektreferanser:

Davik, K.I 1995. Rapportreferat fra temadag om sprøytebetong i Drammen 1995. Statens vegvesen, Driftsteknisk avd.

Fidjestøl, T.M 1994. Betong i tunnel. Tilstand - Levetid. Hovedoppgave ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH.

### Øvrige referanser:

Bamforth, P. 1996. «Materially affecting durability». Artikkel i «Concrete» Jan/Febr. '96.

Kompen, R 1994. Sprøytebetong til betongreparasjoner. Internrapport nr. 1700. Statens vegvesen, Veglab.

Kompen, R 1994. Sprøytebetong til fjellsikring. Internrapport nr. 1695. Statens vegvesen, Veglaboratoriet.

Kompen, R 1994. Sikring av overdekning for armering. Internrapport nr. 1731. Statens vegvesen, Veglaboratoriet.

Leeming, M. 1995. «Durability is only skin deep». Artikkel i «Concrete» Nov/Des. '95.

Norsk Betongforening 1993. Sprøytebetong til fjellsikring. Norsk betongforenings publikasjon nr. 7.

Statens vegvesen 1995. Håndbok 163, Vann- og frostsikring i vegtunneler, Konstruksjoner for avskjerming. Funksjonskrav og dimensjoneringsregler, Anleggskontoret, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen 1994. Håndbok 025, Prosesskode - 1. Standard arbeidsbeskrivelse for vegarbeidsdriften, Anleggskontoret, Vegdir.

Statens vegvesen 1993. Temahefte til håndbok 111, Vedlikeholdsstandard for riksveger, Driftsavdelingen, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen 1992. Håndbok 021, Vegtunneler, Vegdirektoratet.

Østlid, H 1993. «The Norwegian road to improved bridge quality», Nordic Road & Transport Research No. 2.

## Vedlegg 1:

*Billedokumentasjon  
fra Ringnestunnelen*

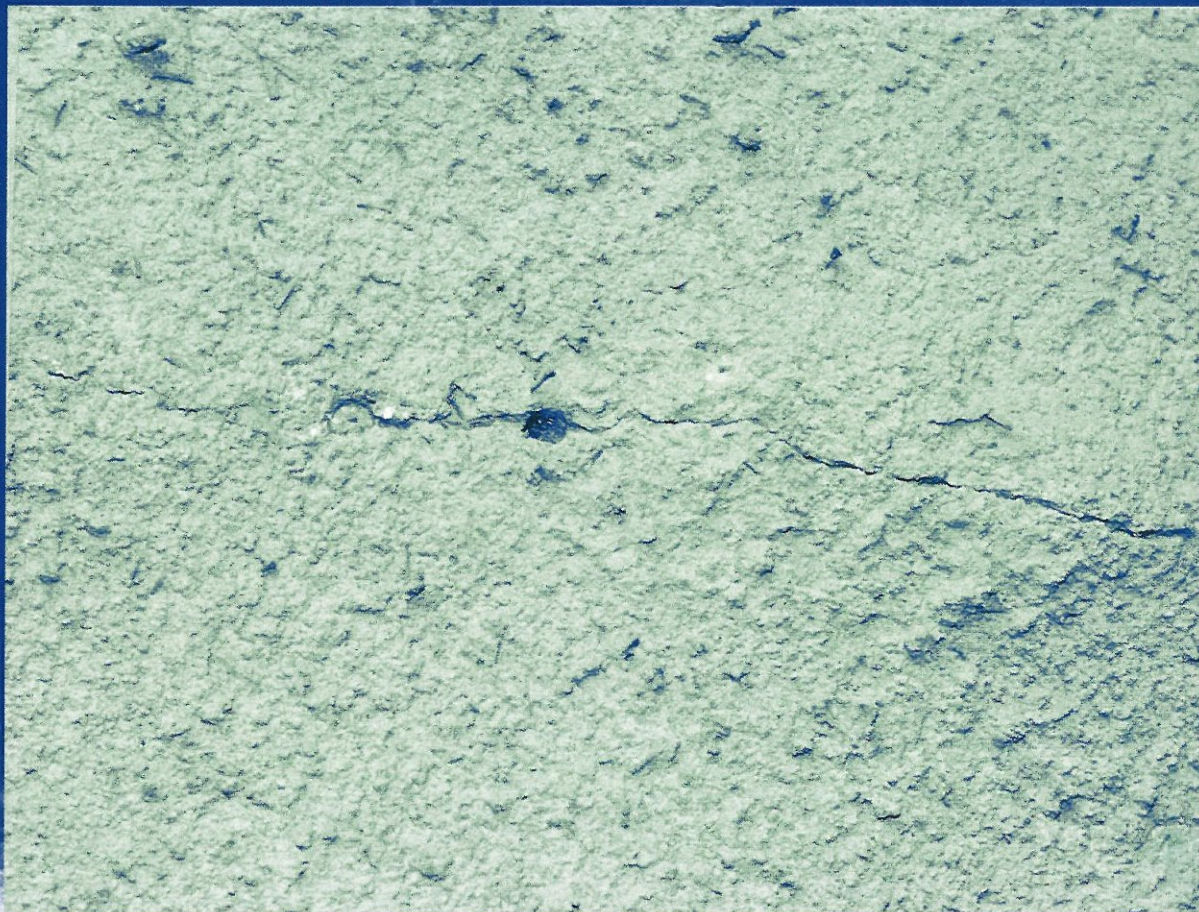


*Sprøytebetongportalen  
i Ringnestunnelen*

*Portalen i Ringnestunnelen sett fra innsiden*



Prøveboringshull



SLUTTRAPPORT



*Innkjøring- og  
midtsoner*



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet