



**Statens vegvesen**

# Tunnel, geologi og betong. Teknologidagene 2010

**RAPPORT**

Teknologiavdelingen

Nr. 2618

Tunnel- og betongseksjonen  
Dato: 2010-11-19





**Statens vegvesen**

## TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2618

Tittel

**Tunnel, geologi og betong.  
Teknologidagene 2010**

Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Tunnel- og betongseksjonen

Dato:

2010-11-19

Saksbehandler

Mona Lindstrøm

Prosjektnr:

Kontrollert av

Kjersti K. Dunham

Antall sider og vedlegg:

102/0

### Sammendrag

Teknologidagene 2010 ble arrangert i Trondheim 11. til 14. oktober, av Trafikksikkerhet-, Miljø- og Teknologiavdelingen. Fullstendig program og presentasjoner fra konferansen finnes på [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no) - Fag - Forskning og utvikling.

Denne rapporten presenterer foredragene som ble holdt av Tunnel- og betongseksjonen under fagdagene i forbindelse med konferansen:

- Moderne vegtunneler
- Geologi/geoteknikk og tunnel
- Betongteknologi

### Summary

Emneord:

Foredrag





Innhold		side
<b>MODERNE VEGTUNNELER</b>		
Moderne vegtunneler. Etatsprogram 2008-2011	Harald Buvik	3
Tunnelstrategi for nye vegtunneler	Ole Chr. Torpp	7
Novapoint Geologi og bergsikring	Tore Humstad	11
Kontursprengning	Terje Kirkeby	17
Brannforsøk. Dokumentasjon av alternativ pp-fiber	Karen Klemetsrud	24
Levetid sikringsmidler	Alf Kveen	29
<b>GEOLOGI OG TUNNEL</b>		
Resistivitetmålinger, muligheter og begrensninger	Jan S. Rønning, NGU	33
Resistivitetmetoden for karakterisering av svakhetssoner i fjell, - eksempler fra tunnelprosjekter	Guri Ganerød, NGU	41
;Fra samarbeidsprosjekt med NGU om forundersøkelser for tunnel.		
Telehiv i tunneler	Knut Borge Pedersen	49
Høye bergskjæringer. Retningslinjer	Terje Kirkeby	53
<b>BETONGTEKNOLOGI</b>		
Nye sementer; bestandighetskonsekvenser, nye betongspesifikasjoner?	Reidar Kompen	57
Forsøksprosjekt, overflatebehandling av tunnelelementer av betong	Karen Klemetsrud	61
Gimsøystraumen bru. Oppfølgingsprosjektet	Jan-Magnus Østvik	65
Regelverk for betongrehabilitering. Implementering av NS-EN 1504-serien	Eva Rodum	69
NS-EN 13670 Utførelse av betongkonstruksjoner	Reidar Kompen	75
Alkalireaksjoner i betong, hvordan håndterer vi dette?	Eva Rodum	78
Vanntette betongkølverter i Bjørvika og på Skansen	Øyvind Bjøntegaard	87
Herdeteknologi. Nye sementers innvirkning på rissrisiko	Øyvind Bjøntegaard	93
Elektrokjemiske metoder ved reparasjon av betongkonstruksjoner	Jan-Magnus Østvik	97





**Statens vegvesen**

# Moderne vegtunneler

Etatsprogram 2008 - 2011

Teknologidagene 2010, Trondheim

Harald Buvik  
Tunnel og betongseksj.  
Trafikksikkerhet, Miljø og Teknologivd.  
Vegdirektoratet

vegvesen.no

## Moderne vegtunneler - delprosjekter

- Tunnelstrategi
- Tunnel som planelement
- Tunnelskole
- Standard og sikkerhet
- Tunnelkledning
- Brannsikkerhet
- Dokumentasjon
- Tunnelutforming
- Drift og vedlikehold
- Oppgradering



2004  
vegvesen.no

Statens vegvesen

## Moderne vegtunneler

- Underlagt "Trafikksikkerhet-, Miljø- og Teknologivdelingen" i Vegdirektoratet v/Tunnel- og betongseksjonen
- Prosjektleder: Vegdirektør Terje Moe Gustavsen
- Prosjektleder: Harald Buvik
  - Styringsgruppe for prosjektet:
 

-Lars Aksnes	Styretsleder, Vegdirektoratet
-Lars Erik Hauer	Veg og transportavd. Vegdirektoratet
-Marit Brandtsegg	Trafikksikkerhet, Miljø og Teknologivd. Vegdirektoratet
-Per Morten Lund	SVV Region øst
-Nils Magne Simde	SVV Region Vest
-Kjersti K.Dunham	Trafikksikkerhet, Miljø og Teknologivd. Vegdirektoratet
-Mona Lindstrøm	Trafikksikkerhet, Miljø og Teknologivd. Vegdirektoratet

2004  
vegvesen.no

Statens vegvesen

## Dp: Tunnelstrategi

- Grunnleggende forutsetninger:
  - Levetid
  - Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø
  - Kvalitet
  - Tunnelkonsept (utforming og profil)

2004  
vegvesen.no

Statens vegvesen

## Tunnelstrategi – status og videre arbeid

- Strategi for tunnelbygging – forslag klart for fremlegging
- Strategi for tunnelsikkerhet
- Strategi for tunnelplanlegging
- Strategi for drift og vedlikehold
- Strategi for oppgradering/rehabilitering

Samlet tunnelstrategi ferdig høsten 2011

2004  
vegvesen.no

Statens vegvesen

## Strategiske mål

- Økt **kvalitet** for å forlenge bergkonstruksjonens levetid til 100 år og derved unngå rehabiliteringer eller nybygg.
- Ut fra SHA-hensyn vil vi fjerne behovet for inspeksjon bak hvelv
- Redusere bruk av pe-skum
- Bedre forholdene for drift og vedlikehold
- Høy trafikksikkerhet og sikre tunneler
- Energieffektive tunneler
- Byggekostnadene holdes på et akseptabelt nivå
- Høy oppetid

Arbeidet er foreløpig konsentrert om nye tunneler.

2004  
vegvesen.no

Statens vegvesen

## Tunnelstrategi - Levetid

- Vi foreslår at tunnelkonstruksjonen og bergsikringen skal bygges for 100 års levetid.
- Dette er i samsvar med europeisk og norsk standard (NS-EN 1990:2002+na2008). Her heter det at monumentale bygningskonstruksjoner, bruer og andre anleggskonstruksjoner skal ha veiledende dimensjonerende brukstid på 100 år.
- Frittstående vann- og frostsikringskledning skal dimensjoneres for levetid på 50 år
- Tunnelkonstruksjonen skal være dimensjonert og utformet for planlagte fremtidige utskiftningsarbeider.



2004  
vegvesen.no



7

## Tunnelstrategi – Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø

- Vi foreslår at fremtidens tunneler skal utformes og bygges slik at det ikke er behov for manuell inspeksjon bak kledning.
- I spesielle tilfeller hvor det vil være behov for inspeksjon skal dette skje ved bruk av teknisk/optiske metoder.



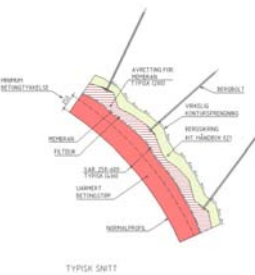
2004  
vegvesen.no



8

## Tunnelstrategi – kvalitet og utforming

- Dagens utforming
- Nytt utformingskonsept



2004  
vegvesen.no



9

## Tunnelstrategi – konsekvenser (1)

- Ikke behov for inspeksjon av berget bak hvelv
- Strengere krav til konturkvaliteten av sprengingsprofilen
- Økt tidsforbruk ved driving og økte investeringskostnader. Tids- og kostnadsøkningen er anslått til ca. 10 – 25 % avhenging av tunnelklasse, geologiske forhold m.v.
- Alle ett- og to-løpstunneler med ÅDT > 2000 skal ha profil T10,5 og med 1,0 m forsterket midtoppmerking i ett-løpstunnelene
- Årlige kostnader til drift og vedlikehold (inkl. trafikkomleggingskostnader) av tunneler vil bli redusert som følge av de foreslåtte tiltakene. Kvantifisering av disse reduksjonene er imidlertid vanskelig å anslå.

2004  
vegvesen.no



10

## Tunnelstrategi – konsekvenser (2)

- Økt oppetid for tunnelene i levetiden vil uansett bli et resultat i og med færre planlagte stenginger som følge av enklere vedlikehold og færre uplanlagte som følge av langtidsstabil konstruksjon.
- Stenging av tunneler medfører at det normale trafikkavviklingsmønsteret må legges om og det kan medføre store konsekvenser for det omkringliggende vegnett. Dette vil i mange tilfeller være en større utfordring enn gjennomføring av selve oppgraderingsarbeidet over et begrenset tidsrom.
- Med "Helstøpt tunnelhvelv" blir tunnelene bygd med materialer som innebærer at konstruksjonen ikke blir brennbar.

2004  
vegvesen.no



11

## Dp: Tunnel som planelement i vegsystem og lokalsamfunn

- ✓ Tunnel vs veg
- ✓ Hvorfor bygge tunnel – konsekvr
- ✓ Alternativ til tunnel – konsekvr
- ✓ Konsekvr for framtidig d/v og sikkerhet
- ✓ Faglige vurderinger vs lokale ønsker



2004  
vegvesen.no



12

### Dp: Tunnelskole

- ✓ Bygge opp og utvikle tverrfaglig og helhetlig tunnelkompetanse:
- Forvaltning, drift og vedlikehold av tunneler
- Styring og ledelse i tunnelplanlegging
- Tunnelutbygging
- Videreformidling av kunnskap
- ✓ -----
- ✓ Tatt ut av Moderne vegtunneler
- ✓ Kull 3 hadde søknadsfrist i august
- ✓ 65 søkere



2004  
vegvesen.no

13



### Dp: Standard og sikkerhet

- ✓ Sammenheng mellom teknisk standard og trafikkkulykker
- ✓ Utvikling av en moderne risikoanalysemetodikk (samarbeid med sveitsiske vegmyndigheter)
- ✓ Utvikling av begreper som aksept og toleranse for risiko
- ✓ Evakuering ved stenging av tunnel



2004  
vegvesen.no

14



### Dp: Kledninger

- ✓ Brannsikre løsninger
- ✓ Nye materialer
- ✓ Stabilitet og bæreevne
- ✓ Testekriterier membraner



2004  
vegvesen.no

15



### Dp: Brannsikkerhet

- ✓ Harmonisering og standardisering av brannprøving
- ✓ Virkemåten til viktige brannsikringsløsninger
- ✓ Kompetanseheving innen brann og tunneler



Bilder viser hvordan brannen kan spre seg når ventilasjonsretningen er utadtil



2004  
vegvesen.no

16



### Dp: Tunneldokumentasjon (1)

- ✓ Komplette overordnet forvaltnings- og rapporteringssystem for tunneler med utgangspunkt i dagens løsninger



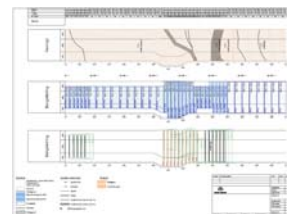
2004  
vegvesen.no

17



### Dp: Tunneldokumentasjon (2)

- ✓ Det er utviklet standardisert, enkel og funksjonell metodikk for registrering, presentasjon og lagring av geologi- og sikringsdata i tunneler; "NovaPoint geologi og bergsikring".



2004  
vegvesen.no

18



### Dp: Tunnelutforming

- ✓ Konturkvalitet
  - ansett
  - nøyaktig boring
  - hullavstand
  - tilpasset sprengstoff
- ✓ Kvivsvegen
- ✓ Stor-krifast



2004  
vegvesen.no

19  
Statens vegvesen

### Dp: Drift og vedlikehold

- ✓ Hovedmål: oppnå langsiktige mål for tunnelstandarden samt sørge for enhetlig tenking og bevisstgjøring av hvilken funksjon vedlikeholdet skal ha
  - livsløpstenking
  - organisering/forvaltning
  - kompetanse

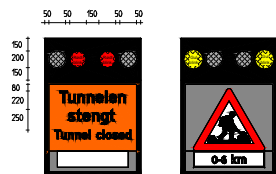


2004  
vegvesen.no

20  
Statens vegvesen

### Dp: Oppgradering

- ✓ En strategi for oppgradering må ta utgangspunkt i bl.a.: årsaken til oppgraderingsbehov, differensierte oppgraderingskrav etter ÅDT og/eller vegrute(r), geometri og teknisk utstyr, omkjøringsproblematikk, etc




2004  
vegvesen.no

21  
Statens vegvesen



### Strategiske mål for nye tunneler:

- 100 års levetid for berg og bergsikring
- 50 års levetid for frittstående vann og frostsikringskledning
- Fjerne behovet for inspeksjon bak hvelv
- Høy trafiksikkerhet
- Teknisk sikre tunneler
- Det skal ikke brukes materialer som gjør tunnelkonstruksjonen brennbar
- Gode forhold for drift og vedlikehold
- Energieffektive
- Høy oppetid




### Levetid

Vi foreslår at berg og bergsikringen i norske tunneler skal bygges med levetid på 100 år. Dette er i samsvar med norsk og europeisk standard: NS-EN 1990:2002+ NA2008 (Eurokoden)

Her heter det at monumentale bygningskonstruksjoner ... skal ha veiledende dimensjonerende brukstid på 100 år.

For frittstående vann og frostsikringskledning er vurderingen at disse kan bygges for dimensjonerende brukstid på 50 år. Dette er også i samsvar med Eurokoden.

Levetid for ulik teknisk utrustning er ikke med i vår foreliggende vurdering.




### Levetid vs vann og frost





### Tiltak for økt levetid

- Vektlegge geologiske og geotekniske forundersøkelser
- Kreve tilstrekkelig bemanning med kompetanse på stoff
- Håndbøker og krav til kvalitetssikring skal følges
- Fraviksmeldinger skal brukes
- Utføring av bergsikring skal dokumenteres. Det gjelder både før (*planlegging, prosjektering*), under (*arbeidsutføring*) og etter (*fullføring*) driving
- Forsiktig sprengning, redusert uttak av berg og tilstrebe jevn bergkontur skal vektlegges



### Tiltak for økt levetid

- Benytte riktig kvalitet på sikringsmidler som skal hold tunnelens levetid. Det pågår nå arbeid med nye krav til sprøytebetong og bolter.
- Vann i tunneler er et problem. Vi vil redusere gjennomsnittlig vanninntrengning i nye tunneler.
- Vi vil øke bruk av forinjeksjon og membran.



### Behov for å ha folk bak hvelv. Ja eller nei?

- Etter raset i Hanekleivtunnelen er det gjennomført et omfattende inspeksjonsarbeid av vegtunneler med sikte på å avdekke behov for ettersikring.
- Inspeksjonsarbeidet krever betydelige menneskelige og økonomiske ressurser og det er ikke ufarlig. Inspeksjonsarbeid medfører i tillegg ulemper for trafikantene.
- Om vi likevel må inspisere bak hvelv også i nye tunneler må tunnelene tilrettelegges som arbeidsplasser.



### Inspeksjon bak hvelv



### Tunnelstrategi: Inspeksjon bak hvelv (Oslofjordtunnelen i 2004)



### Helse, miljø og sikkerhet og arbeid i trafikkerte tunneler

Vi foreslår at fremtidens tunneler skal bygges slik at det *ikke* er behov for manuell inspeksjon bak kledning.

- I spesielle tilfeller hvor det vil være behov for inspeksjon bør dette skje ved bruk av teknisk/optiske metoder, eventuelt at rommet bak kledning tilrettelegges som en arbeidsplass.
- Utformingen av tunneler skal foretas både med hensyn på drift og vedlikeholdsarbeid og av hensyn til trafikantene. Universell utforming skal vektlegges.

Er det riktig å si nei til å ha folk bak hvelv?



### Trafikksikkerhet i tunneler

I arbeidet med strategidelen for "Moderne vegtunneler" har vi forutsatt:

- at alle endringer bør føre til bedret trafikksikkerhet, og
- det er et krav at endringer *ikke* skal føre til redusert trafikksikkerhet.



### Brennbare materiale

Vi foreslår at det i fremtiden *ikke* benyttes materialer som gjør tunnelkonstruksjonen brennbar.

Dette betyr at vi kan ha brennbare materialer i lukkede konstruksjoner. Eksempelvis membran innelukket i betong.

Men hva med dagens bruk av pe-skum? Jeg tar gjerne imot synspunkter tilslutt.





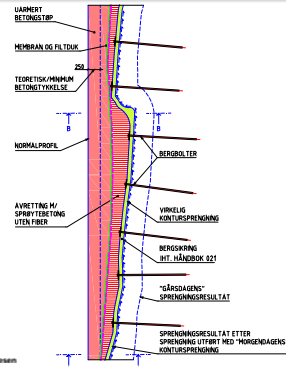
### Tunnelkonsepter

Det er behov for å finne fram til tunnelkonsepter som har 100 års levetid samtidig som de andre strategiske målene ivaretas på en god måte.

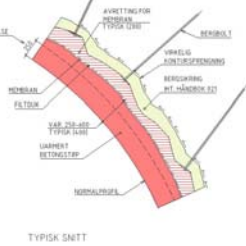
- Konseptet som foreslås ivaretar forutsetningen om at berget fortsatt brukes som byggemateriale.
- Bergsikringen foretas med forinjeksjon, bolter og betong.
- Konseptet kalles "Helstøpt tunnelhvelv". Konseptet er uarmert og drenert.



### Helstøpt tunnelhvelv, plansnitt



### Nåtid og framtid?



TYPISK SNITT



### Tunnelklasser



### Tunnelklasser og -profil

Dagens tunnelklasser		Forslag til nye tunnelklasser		
Dagens	ÅDT	1 eller 2 løp	Profil	
A: < 300	T5,5	< 2.000 <sup>1)</sup>	1 løp	T5,5
B: 300 - 4.000	T9,5 <sup>2)</sup>	2.000 - 8.000	1 løp <sup>3)</sup>	T10,5
C: 4.000 - 8.000	T10,5	8.000 - 12.000	1 løp <sup>4)</sup>	T10,5
D: 8.000 - 12.000	T10,5	12.000 - 40.000	2 løp <sup>5)</sup>	2 x T10,5
E: 12.000 - 50.000	T10,5	> 40.000	2 løp	2 x T13
F: > 50.000	T10,5			

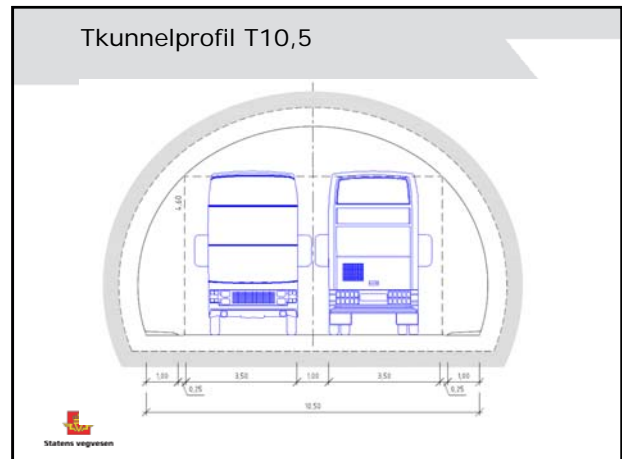
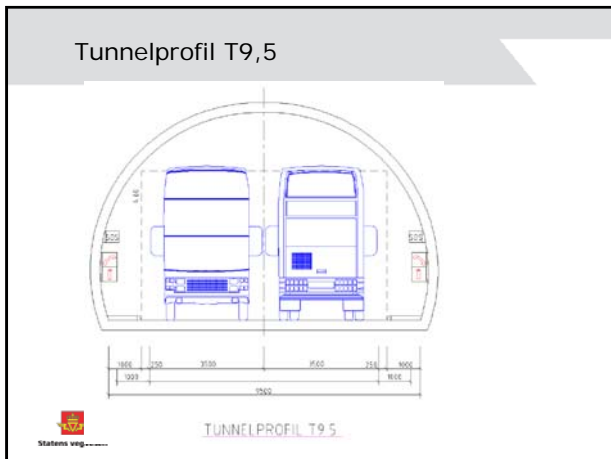
<sup>1)</sup> Løp for T5,5 under ÅDT 1000  
<sup>2)</sup> Løp > 300 T5,5 kan opprettes, fravik  
<sup>3)</sup> Kan gis fravik fra nødutganger  
<sup>4)</sup> 1 løp hvis nødutganger  
<sup>5)</sup> 2 løp uten nødutganger



### Forslag til tunnelklasser og -profil

- T5,5 kan ved fravik aksepteres for ÅDT < 300.
- Bruk av T9,5 foreslås videreført for ÅDT < 2.000
- For ÅDT mellom 2.000 og 8.000 kreves T10,5 med 1,0 m forsterket midtfelt.
- For ÅDT mellom 8.000 og 12.000 krever ett løp med nødutganger eller to løp.
- For ÅDT > 12.000 krever to løp.
- For ÅDT > 40.000 kreves minst T13 med tre felt i hvert løp.





### Valg av tunnelkledning

- Vi foreslår at undersjøiske tunneler bygges som oversjøiske hva gjelder berg og bergsikring samt kledning.
- Vi foreslår at tunneler med  $\text{ÅDT} > 4.000$  utføres etter konseptet "Helstøpt tunnelhvelv".
- For tunneler med  $\text{ÅDT} < 4.000$  kan i tillegg til konseptet "Helstøpt tunnelhvelv" øvrige godkjente konsepter benyttes i samsvar med gitte kriterier.
- Generelt åpnes det for tunneler med  $\text{ÅDT} < 4.000$  å gi avvik fra valg av konsept for tunnelsikring ved særlig godt bergforhold.

Statens vegvesen

### Byggherre - kontraktsforhold

- Kontraktsforholdene mellom byggherre og entreprenør er viktige for å oppnå de strategiske målene.

Vi ønsker å samarbeide med bransjen om dette og vi vil ta initiativ til samhandling for en slik utvikling.

Statens vegvesen

### Noen konsekvenser

- 100 års levetid for bergkonstruksjon og bergsikring
- Ikke behov for inspeksjon av berget bak hvelv
- Strengere krav til konturkvalitet av sprengingsprofilen
- Økt tidsforbruk ved driving
- Økte investeringskostnader på ca. 10 – 25 % avhengig av tunnelklasse, geologiske forhold m.v.
- Ett-løpstunneler med  $\text{ÅDT} > 2.000$  foreslås å ha profil T10,5 med en meter forsterket midtoppmerking .
- Årlige kostnader til drift og vedlikehold av tunnelene vil bli redusert.
- Oppetiden vil øke
- Konstruksjonen "Helstøpt tunnelhvelv" vil ikke være

Statens vegvesen

**Statens vegvesen**  
Norgesvegvesen  
Administrativt

## Tunneldokumentasjon - geologi og bergsikring

Status i Moderene vegtunneler, dp6,  
(Novapoint Tunnel), oktober 2010

Tore Humstad

vegvesen.no

## Organisering


**Delprosjekt 6 i "Moderne vegtunneler"**

- ▾ Delprosjekt 0 Strategi for vegtunneler
- ▾ Delprosjekt 1 Tunnel som planelement i vegsystem og lokalsamfunn
- ▾ Delprosjekt 2 Tunnelskole
- ▾ Delprosjekt 3 Tilstrekkelig standard og sikkerhet i vegtunneler
- ▾ Delprosjekt 4 Tunnelledninger
- ▾ Delprosjekt 5 Brannsikring og materialkrav
- ▾ **Delprosjekt 6 Tunneldokumentasjon**
  - Forvaltningssystem
  - **Geologi og sikring**
- ▾ Delprosjekt 7 Tunnelutforming

vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norgesvegvesen  
Administrativt

## Utgangspunkt for nye verktøy



**TUNNELSIKKERHET**

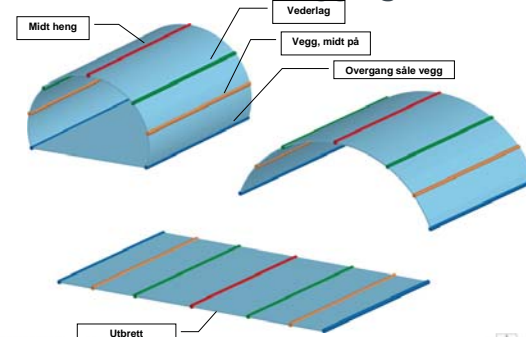
Rapport  
Etterarbeid av tunnelprosjektet  
sikkerhetsoppfølging av  
R2, R17, E6 og Sørøstveggen

Andreas Nordahl og Gunnhildur  
Ingvaldsen, Forlaget Opplysningsvesen

- **Bransjerapport "Tunnelsikkerhet" (2007)**
  - Bør gjøres mer enhetlig
  - Mer systematisk bruk av foto
- **Rundskriv 2007/3: "Nye bestemmelser..."**
- **Håndbok 025 Porsesskode-1 (2007)**
  - Prosess 33.6 Registrering og kartlegging av bergmassekvalitet (33.61 el. 66.62)
  - Dokumentasjon, kontroll og prøvetaking
- **Håndbok 021 Vegtunneler (2009)**
  - Kap 12: Dokumentasjon
- **Teknologirapport 2538 (2009)**
  - Sammenheng bergklasser - sikringsklasser

Statens vegvesen  
Norgesvegvesen  
Administrativt

## Tunnelkartlegging



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norgesvegvesen  
Administrativt

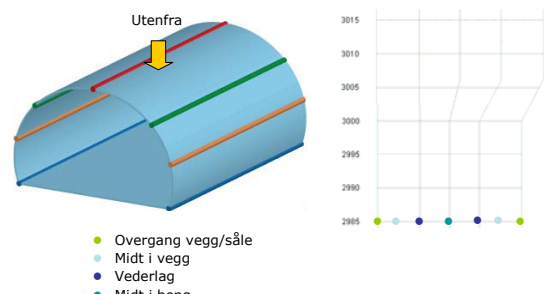
## Tunnelkartlegging (på stoff)



Haukabo tunnelen  
(Rv. 662 Haukaboen)

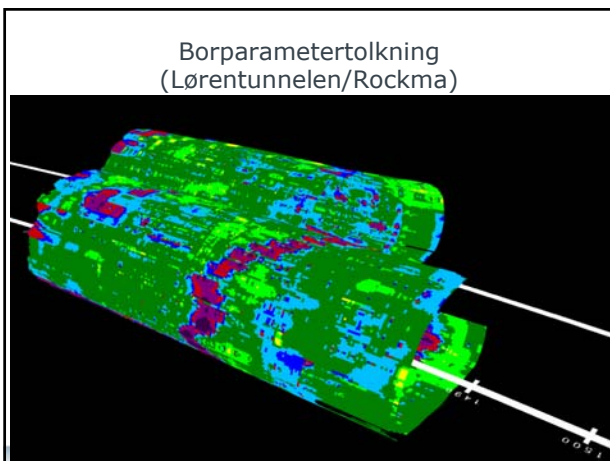
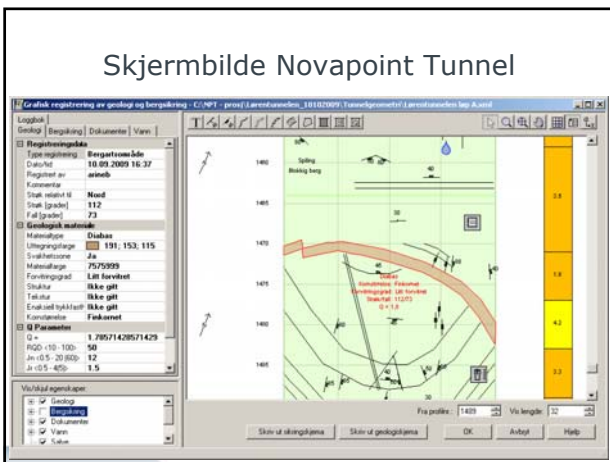
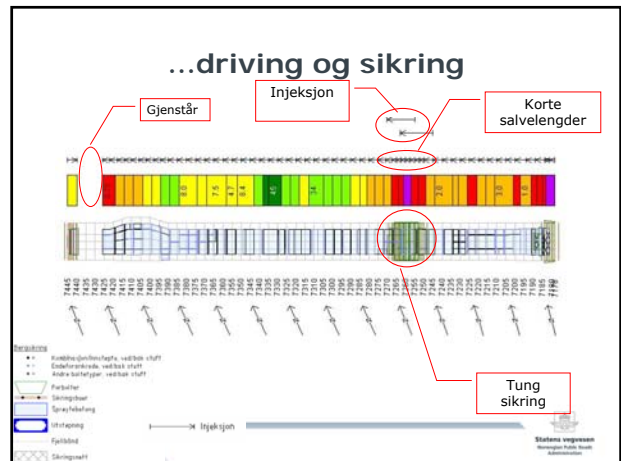
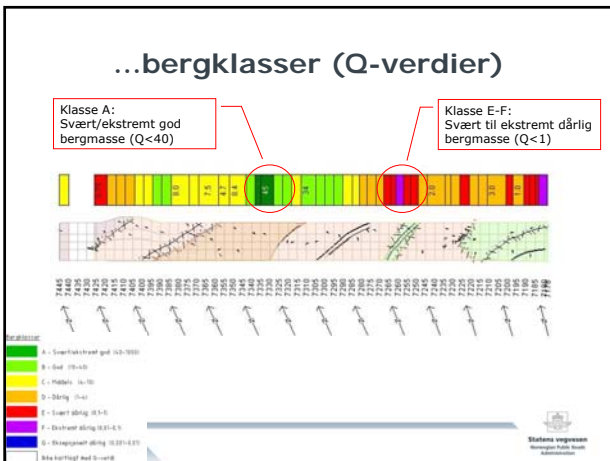
Statens vegvesen  
Norgesvegvesen  
Administrativt

## Tunnelkartlegging (sett utenfra)

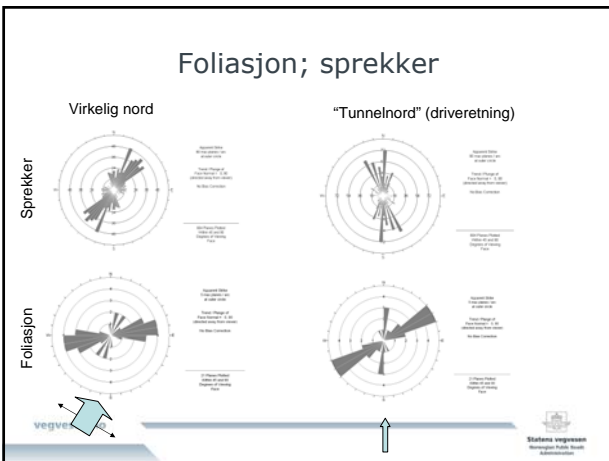
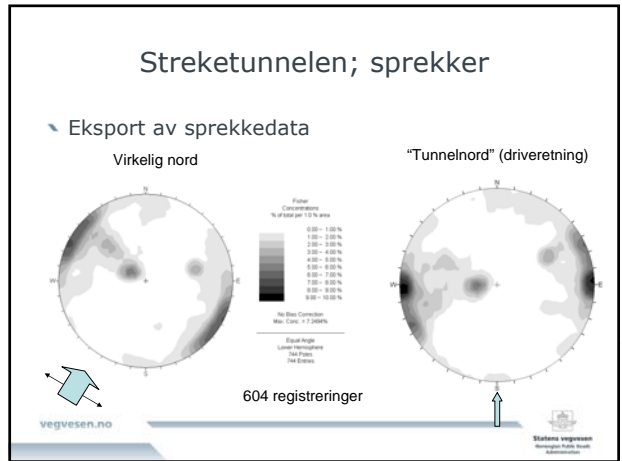
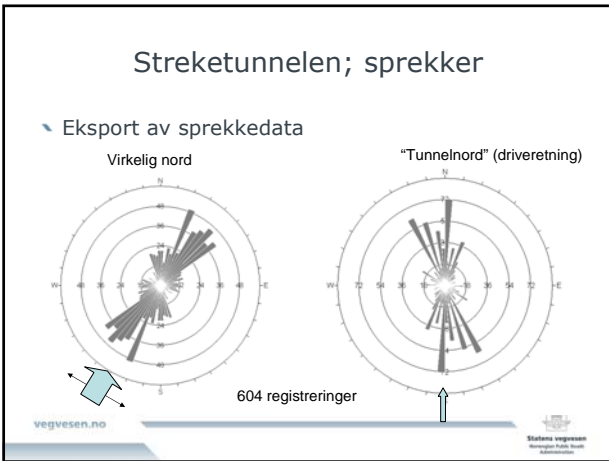


vegvesen.no

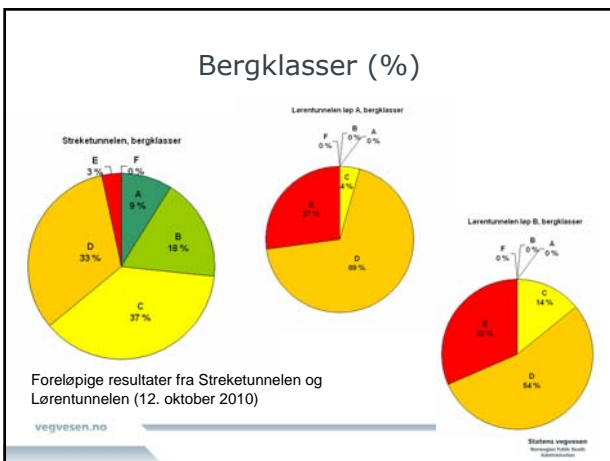
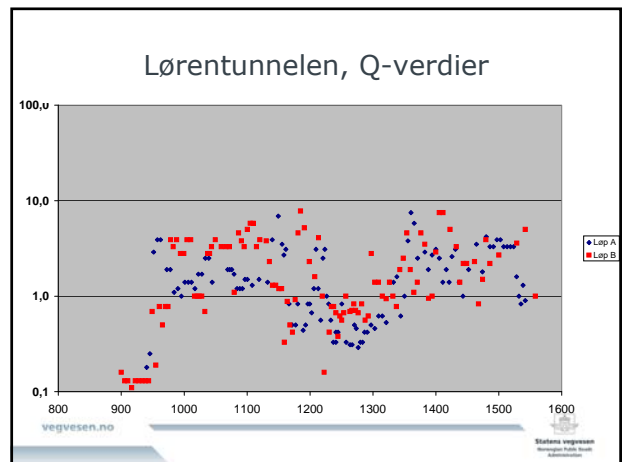
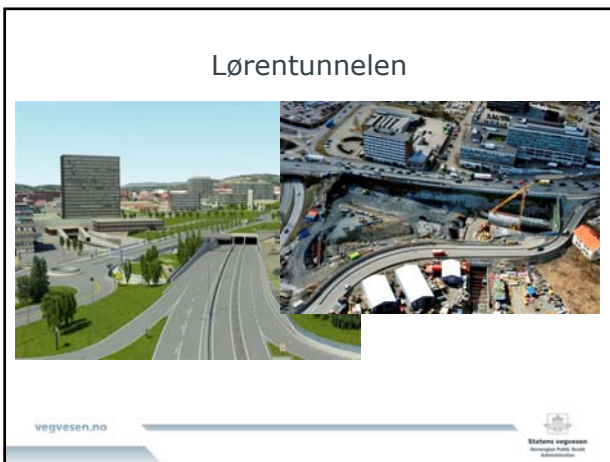
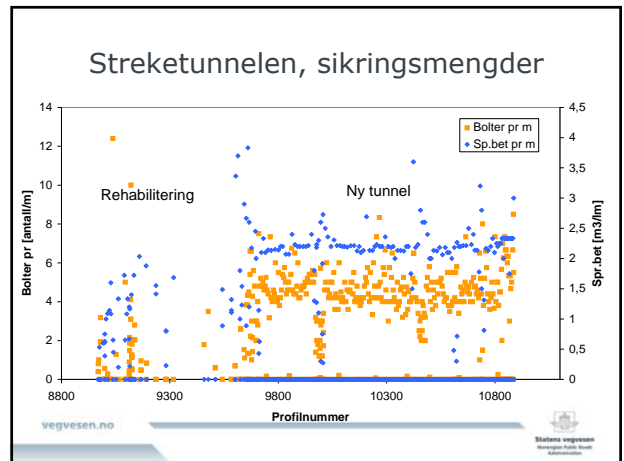
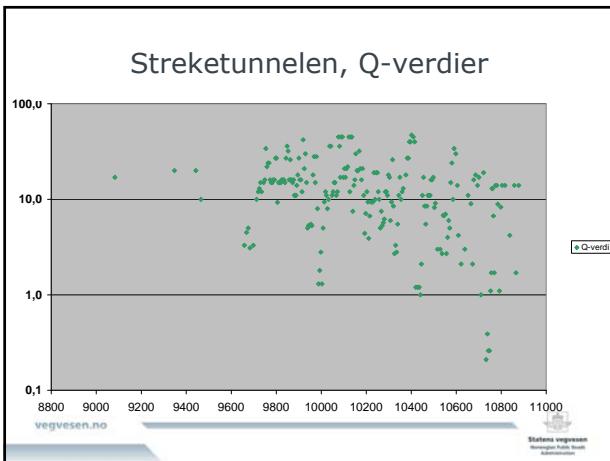
Statens vegvesen  
Norgesvegvesen  
Administrativt



- ### Status tunnedomokumentasjon: Novapoint Tunnel
- 2009: Første versjon presentert i fjor
  - 2010: Andre versjon under utvikling
    - Vann og frostsikring
    - Nye eksport-muligheter til Excel
    - Nye import-muligheter (bakgrunnsbilder)
    - Enklere innlegging av bergsikring
    - Forbedring av tunnel-loggboka
    - Bruk av skannerdata

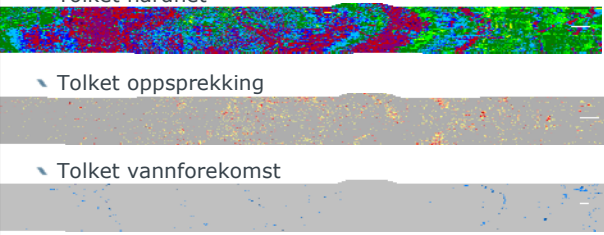






### Bakgrunnsbilder: Borparametertolkning

- ↳ Tolket hardhet
- ↳ Tolket oppsprekking
- ↳ Tolket vannforekomst



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen

### Kommer: Skannerfunksjonalitet

- ↳ Du har:
  - En innmålt referanselinje (senterlinje)
  - En eller flere punktskyfiler med skannerdata
- ↳ Du kan da:
  - Modellere eksisterende skannet tunnel
  - Etablere en eller flere triangellmodeller
  - Utføre beregninger mot triangellmodellene
  - Rapportere og lage tegninger

vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen

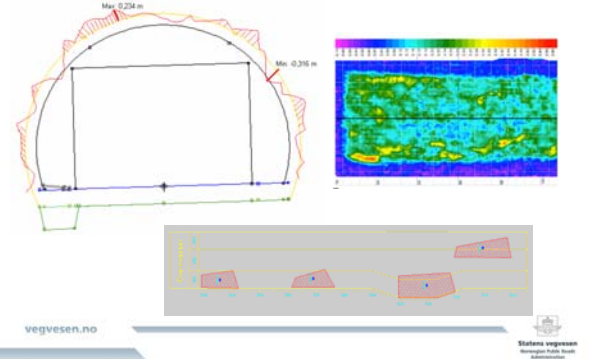
### Kommer: Skannerfunksjonalitet



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen

### Kommer: Skannerfunksjonalitet



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen


### Kommer: Prosjektfaser (i tunnelens liv)

- ↳ Prosjektering
- ↳ Byggefase
- ↳ Driftsfase
- ↳ Rehabilitering



Hensikt å dokumentere


- ↳ Avvik mellom prosjektering og "som bygget"
- ↳ Kartlegging og tiltak som utføres i driftsfase
- ↳ Hva som ble gjort under rehabilitering og hva som var startproduktet
- ↳ Sammenstille alle faser i hele tunnelens levetid



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen

### Lørentunnelen



vegvesen.no

Statens vegvesen  
Norges vegvesen





# Kontursprengning



Teknologidagene  
2010  
Trondheim

Terje Kirkeby, Vegdirektoratet

vegvesen.no



## MODERNE VEGTUNNELER


Etatsprogrammet **Moderne vegtunneler** ble startet opp etter flere hendelser i både europeiske og norske tunneler de siste tiårene, samt føringene i bransjerapporten **Tunnelsikkerhet (juni 2007)** og **Agendarapporten (okt. 2007)**.

I perioden 2008 – 2011 skal prosjektet arbeide med å **utvikle en enhetlig strategi for vegtunneler i etaten**, som blant annet skal omfatte:

- Planlegging** (bl.a. hvorfor bygge tunnel, alternativ, tekniske/økonomiske avgrensninger, konsekvenser, sikkerhet, økonomi, miljø, trafikantopplevelser, ensartet praksis)
- Bygging** (profilutforming, utførelse, stabilitetssikring, kledninger, materialutvikling, teknisk utstyr)
- Drift og vedlikehold** (bestillerkompetanse, elektro, erfaringsoverføring, teknisk utstyr)
- Forvaltning** (organisering og forvaltningssystem)
- Tilgjengelighet og sikkerhet** (tilstrekkelig standard og sikkerhet, funksjonalitet, oppetid, dokumentasjon, brannsikring)
- Levetid** (dokumentasjon av levetidskostnader, dimensjonerende levetid, oppgradering)
- Økonomi og konsekvenser**
- Tverrfaglig kompetanse, ledelse og styring**
- Normaler og retningslinjer** (håndbøker, standardisering og harmonisering)

vegvesen.no

Mer på [www.vegvesen.no/Fag](http://www.vegvesen.no/Fag)



### Moderne vegtunneler, delprosjekter:

**Dp0 Strategi for vegtunneler** Torpp  
Utvikle strategier som skal sikre høy kvalitet, lang levetid, sikkerhet og forutsigbarhet i forhold til planlegging, bygging og drift/vedlikehold av vegtunneler


**Dp1 Tunnel som planelement** Reinsborg  
Konsekvenser av tunnelbygging i forhold til kostnader og sikkerhet. Når skal vi ut fra faglig vurdering anbefale og når skal vi fraråde bygging av tunneler?

**Dp2 Tunnelskolen** Haug  
Heve den tverrfaglige tunnelkompetansen i Statens vegvesen, etter hvert også med eksterne deltakere. Samarbeide med NTNU. Fristilt, tatt ut av etatsprogrammet.

**Dp3 Standard og sikkerhet** Amundsen  
Tunnelsikkerhetsforskriften gir krav om risikoanalyser ved tunnelbygging. En modell for beregning sikkerhetsnivå i tunneler er utviklet i samarbeid med Sveits.

**Dp4 Tunnelkledninger** Lindstrøm  
Videreutvikle brannsikre vann- og frostsikringsløsninger. Oppdatering av håndbok 163 Vann- og frostsikring i tunneler pågår.

vegvesen.no



### Moderne vegtunneler, delprosjekter:


**Dp5 Brannsikkerhet og materialkrav** Larsen  
Brannsikkerhet mangler internasjonalt regelverk, med fokus på harmonisering og standardisering av branttester i internasjonalt samarbeide. Runehamartunnelen er en viktig europeisk testtunnel for fullskalaforsk.

**Dp6 Tunneldokumentasjon** Kveen  
Tunnelportalen; et Forvaltning/Drift/Vedlikeholdssystem som henter data fra NVDB, Brutus, Plania og Novapoint tunnel; geologi og bergsikring. Novapoint tunnel; geologi og bergsikring er et system for registrering, presentasjon og lagring av data. Tatt i bruk som et standardssystem i Statens vegvesen

**Dp7 Tunnelutforming** Kirkeby  
Drivemetoder for tunneler slik at gjenstående berg blir minst ødelagt samtidig som tunnelveggene blir mest mulig jevne. Fokus på boring og lading. Fullskalaforsk.

**Dp8 Drift og vedlikehold – oppgradering**  
Ivareta den langsiktige tunnelstandarden, langsiktig kostnadsperspektiv og fokus helt fra planprosess og bygging. Oppgradering av eksisterende tunneler.


vegvesen.no



### kort om delprosjekt 7 – Tunnelutforming

- .. sett i sammenheng med økonomi, sikkerhet, oppetid og levetid og tekniske installasjoner i ulike tunnelklasser, og oppgradering av eldre tunneler
- Viktig her er tunnelens geometri/utseende, dvs. hvordan ser konturen ut etter sprengning:
  - Hva er ønsket utseende?
  - Hvordan oppnås dette?
  - Hvorfor er dette så viktig?
  - Praktiske kontursprengningsforsøk på utvalgte anlegg


vegvesen.no

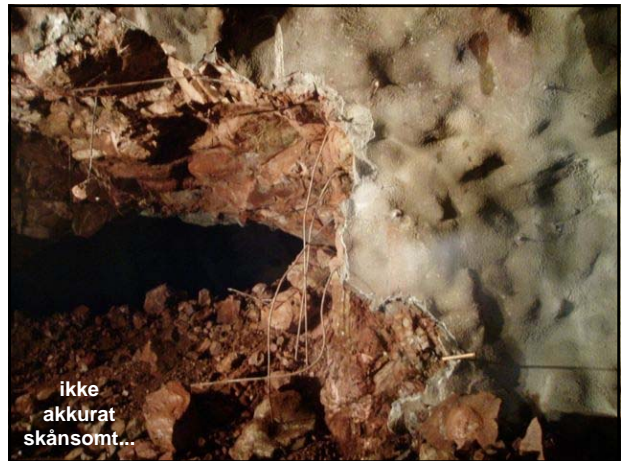
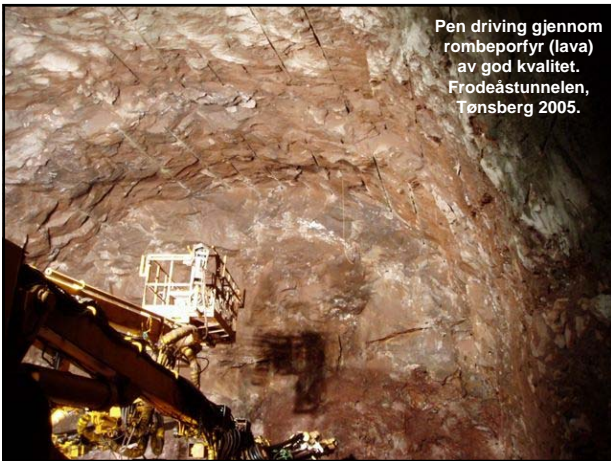


### Hva er god kontur?

- Jevnest mulig tunnelprofil etter sprengning, dvs. parallelle og synlige borpiper, minst mulig utfall av berg og ingen gjenstående knøler.
- Oppnådd tunnelprofil skal ligge nærmest mulig prosjektert kontur, med tilstrekkelig plass til nødvendig sikring. Lite overmasser.
- Ikke bare for hver salve, men også mellom salvene, dvs. helst små og avrundete hakk i salveskjøtene (minst mulig stikning).

vegvesen.no





### Hva er god kontur?

- Jevnest mulig tunnelprofil etter sprengning, dvs. parallelle og synlige borpiper, minst mulig utfall av berg og ingen gjenstående knøler.
- Oppnådd tunnelprofil skal ligge nærmest mulig prosjektert kontur, med tilstrekkelig plass til nødvendig sikring. Lite overmasser.
- Ikke bare for hver salve, men også mellom salvene, dvs. helst små og avrundete hakk i salveskjøtene (minst mulig stikning).

vegvesen.no

### Tunnelkontur f.eks. langs hengen, sett fra siden:

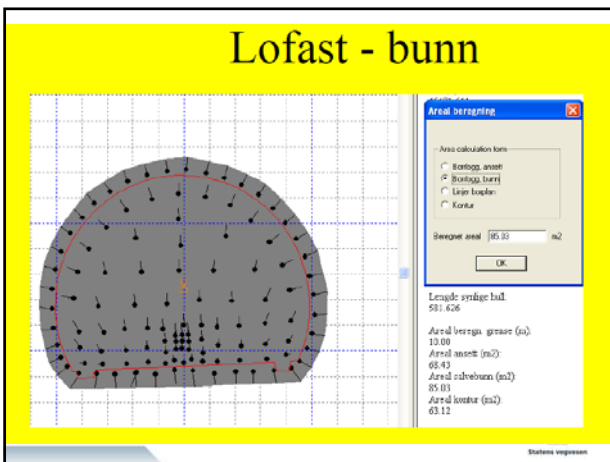
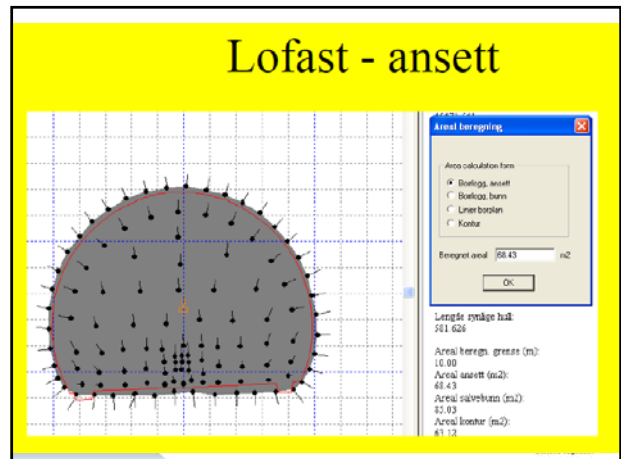
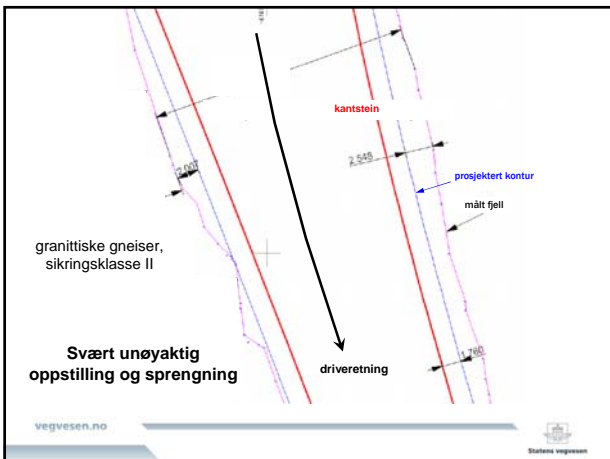
Teoretisk  $15+10 = 25$  cm overmasse

Hvor mye overmasse i praksis?

- Norge: 40-60 cm
- Eksempler fra andre land:
  - Sverige: 30-50 cm
  - Sveits, Spania: 25-45 cm

(fra Håndbok 025)

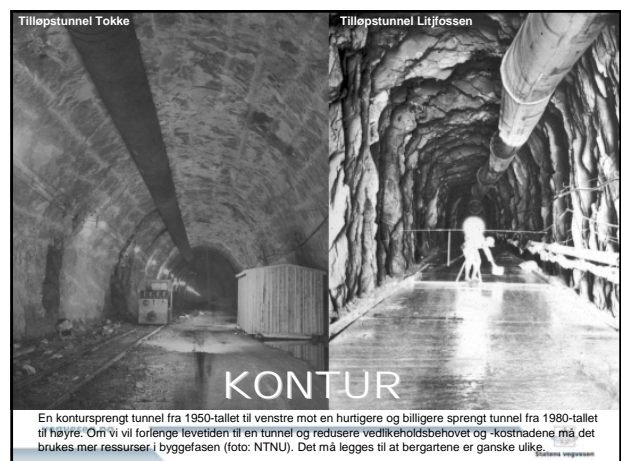
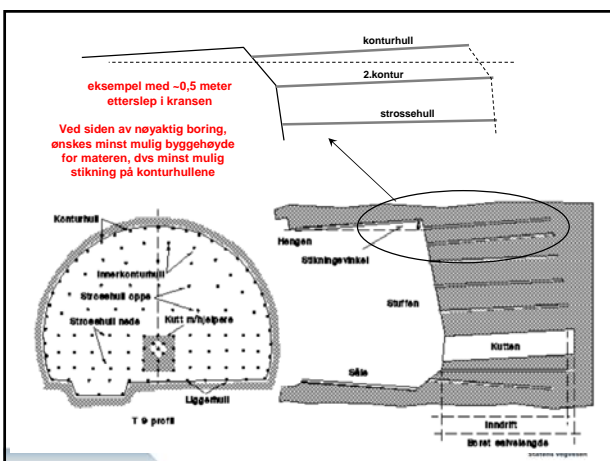
vegvesen.no



### Hva er god kontur?

- Jevnest mulig tunnelprofil etter sprengning, dvs. parallelle og synlige borpiper, minst mulig utfall av berg og ingen gjenstående knøler.
- Oppnådd tunnelprofil skal ligge nærmest mulig det teoretiske sprengningsprofil, med plass til tilstrekkelig sikring.
- Ikke bare for hver salve, men også mellom salvene, dvs. helst små og avrundete hakk i salveskjøtene (minst mulig stikning).

vegvesen.no







### Hvordan få god kontur?

- Hovedprinsippet er svake og godt/jevnt fordelte ladninger med nøyaktig tenning
- En gjennomtenkt bor- og ladeplan tilpasset både geologi og geometri
  - Tilstrekkelig med hull, redusert hullavstand/forsetning mot konturen og liten innspenning for det enkelte hull
  - Noe mer boring
  - Svakere ladninger i og nær konturen
  - Nøyaktige tennere (over til mer bruk av elektroniske)
  - Alle hull, spesielt i konturen, slutter på samme profilnummer (rett, eller symmetrisk stuff tilstrebes)
  - 2.konturen har samme stikning som kranzen
  - Et lite etterslep i kransullene (f.eks. ½ meter)

vegvesen.no



### Hvordan få god kontur?

- Endre bor- og ladeplan etter forholdene, helst ha flere planer liggende klare
- Nøyaktig boring mht. både ansett og retning er viktig(!), mest mulig parallelle hull
- Utnytt datariggene, bruke fulldata-modus iallfall i kontur og 2.kontur (+ raskere rigger, tiden for posisjonering er avgjørende)
- En felles forståelse for viktigheten av god kontur
- Unngå taktisk prising
- Kvalitet og god kontur belønnes, ikke framdrift

vegvesen.no



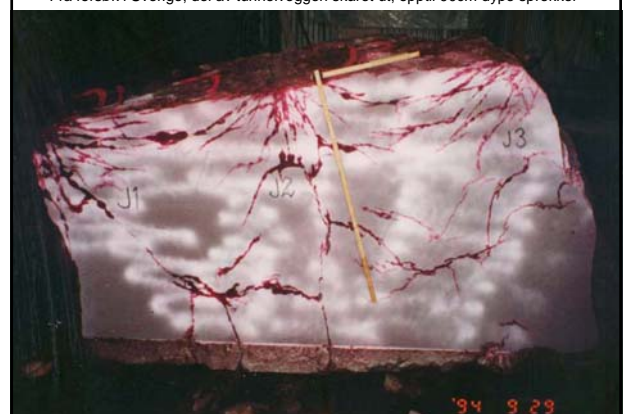
### Hvorfor god kontur, byggefasen?

- Mindre (over)masser, kortere lastetid og redusert transport
- Mindre sprengningsskader på gjenstående berg
- Mindre driftsrensk, bedre HMS på stuff
- Redusert oppsprekking og mindre innlekkasje
- Redusert forbruk av bolter og (sprøyte)betong
- Enklere innredning, spesielt mht vann/frostsikring
- Reduserte byggekostnader
- Redusert byggetid (raskere syklus)
- Det ser rett og slett bedre ut, kvalitetsarbeide

vegvesen.no



Fra forsøk i Sverige, del av tunnelveggen skåret ut, opptil 90cm dype sprekker





### Hvorfor god kontur, i driftsfasen:

- Færre tiltak mht drift og vedlikehold, dermed reduserte kostnader
  - Redusert forfall i konturen, derfor
  - Mindre rensk og ettersikring
  - Mindre vann, færre utskiftninger
  - Bedre HMS, også for trafikkantene
- Forlenget levetid

vegvesen.no

### Fullskalaforsøk i tunnel

- er ikke noe nytt, ble utført i Holmestrandtunnelen rundt 1980, selvfølgelig med datidens utstyr
- Konklusjonen den gang var ikke uventet at det for totaløkonomien var mye å hente på forsiktig sprengning (rensk/sikring, stabilitet/levetid)
- Nye forsøk med moderne utstyr ble gjennomført i Fyrdsberg tunnelen på E39 Kvivsvegen mellom Sunnmøre og Nordfjord sen vinteren 2010.
- Siden på StorKriFast (Høgset- og Eikrem tunnelene)

vegvesen.no

### Konturprosjektet 2010

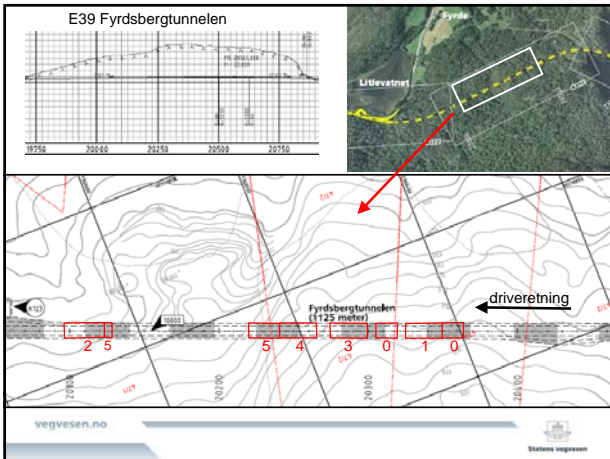
- Samarbeide mellom
  - NTNU (Institutt for anleggsdrift)
  - Utbyggingsavdelingen Region midt
  - Vegdirektoratet (TMT)
- E39 Kvivsvegen / Fyrdsberg tunnelen (foreløpig rapport foreligger)
- E39 Høgset- og Rv.80 Eikrem-tunnelene (oppstart tunneler okt/nov)

vegvesen.no

### Opprinnelig fra Orica (Fauske):

Forsøk nr.	gule rør		orange rør	orange rør	blå rør
	1	2	3	4	5
Konturrast lades med	Emulsjon SSE 0,35 kg/m 2 kg/hull 6,4 MJ/hull 0,6 kg/m <sup>3</sup> 1,9 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 6'	Emulsjon SSE 0,35 kg/m 1,8 kg/hull 5,8 MJ/hull 0,6 kg/m <sup>3</sup> 1,9 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 6'	Rørladninger Dynotex 1 0,20 kg/m 1 kg/hull 3,4 MJ/hull 0,7 kg/m <sup>3</sup> 2,3 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 6'	Rørladninger Dynotex 1 0,20 kg/m 0,8 kg/hull 2,7 MJ/hull 0,7 kg/m <sup>3</sup> 2,3 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 6'	Rørladninger Dynotex 3 0,24 kg/m 1,1 kg/hull 1,8 MJ/hull 1,4 kg/m <sup>3</sup> 1,8 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 6'
Hullavstand x forsetning	0,7m x 0,9m	0,7m x 0,9m	0,5m x 0,5m	0,5m x 0,5m	0,3m x 0,5m
Nest ytterste rast lades med	Emulsjon SSE 0,8 kg/m 4,0 kg/hull 12,8 MJ/hull 0,75 kg/m <sup>3</sup> 2,4 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 5,6'	Emulsjon SSE 0,8 kg/m 3,6 kg/hull 11,5 MJ/hull 0,75 kg/m <sup>3</sup> 2,4 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 5,6'	Rørladninger Dynotex 1 0,20 kg/m 1 kg/hull 3,4 MJ/hull 0,7 kg/m <sup>3</sup> 2,3 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 5,6'	Rørladninger Dynotex 1 0,20 kg/m 0,8 kg/hull 6,4 MJ/hull 0,7 kg/m <sup>3</sup> 2,3 MJ/m <sup>3</sup> Nonel LP 5,6'	Rørladninger Dynotex 3 0,24 kg/m 1,1 kg/hull 1,8 MJ/hull 1,4 kg/m <sup>3</sup> 1,8 MJ/kg/m <sup>3</sup> Nonel LP 5,6'

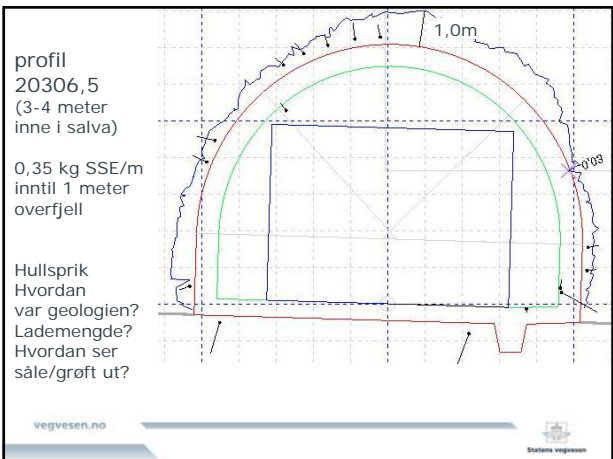
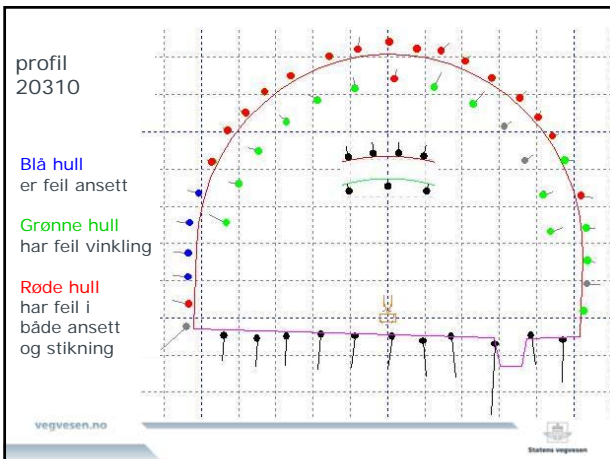
vegvesen.no



- Mye unøyaktig boring
  - Liten hensikt å variere hullavstand/ladningsmengde når feilboring overskygger effekten en ville ha fått av godt fordelte borhull med tilpasset ladning
  - Mye ansett utenfor ansettlinja, og med mindre stikning (men kan derimot være fordelaktig mht jevnhet)
  - Bruke fulldataboring iallfall i kontur og nest ytterste rast
  - og innskjerping ved manuell overstyring
- Problemer med rørladningene
  - Ingen overraskelse, detonerende lunte ble ikke benyttet
  - Gjenstående knøler
  - Mye avgasser
  - Utvikle løsninger med emulsjon/slurry (tilstrekkelig nøye med ladepumpe/streng (kalibrert), evt fylling i plastrør)

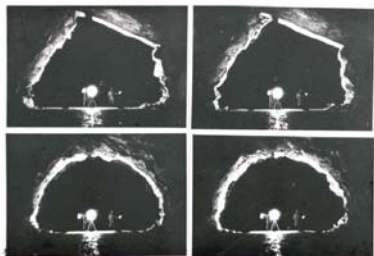
- Til dels dårlig fjell
  - Lite annet å gjøre enn å forskyve forsøkene
  - Borparametertolkning (MWD) hjelpemiddel for varsling
  - Men generelt er det i dårlig fjell spesielt viktig å bore mer og nøyaktig, med mindre ladning pr hull
- Sent innkommen dokumentasjon
  - Sent innkomne borlogger, sen/ingen innskjerping på boringen, feilboring kunne vært rettet opp
  - Manglende rutiner på levering. Hele driveprosessen (boring, sprengning, lasting, sikring, og rapportering) må være velfungerende, før noe forsøk kan iverksettes

- For mange ulike forsøk
  - Det var 5 stk ulike bor/ladeplaner
  - Kunne vært færre
  - Og flere salver pr forsøk
- Forberedelse/gjennomføring
  - Manglende forberedelse fra entreprenør og byggherre
  - Gass- og rystelsesmålere for sent på plass
  - For lite informasjon til driverne
  - For uerfarne folk til oppfølging på egen hånd
  - For dårlig oppfølging/kontroll fra vegdir



## Geologi

- Geologien får ofte skylden for dårlig kontur.
- Men tilpasses sprengningsteknikken godt nok til geologien?



NTNU  
Statens vegvesen

## Bore/ladeplan StorKrifast

	Kontur 1	Kontur 2	Kontur 3
Hullavstand x forsetning i kontur:	0,7m x 0,9m	0,6m x 0,7m	0,5m x 0,5m
Sprengstoff tilsvarende:	1,1 MJ/m *	0,9 MJ/m	0,7 MJ/m **
Hullavstand x forsetning i nest ytterste hullrad:	0,9m x 1,0m	0,9m x 1,0m	0,8m x 0,8m
Sprengstoff tilsvarende:	2,5 MJ/m	2,5 MJ/m	2,0 MJ/m

\*) tilsvarer 22mm gule rør eller 0,35 kg SSE/m

\*\*\*) tilsvarer 17mm orange rør

vegvesen.no

Statens vegvesen

### Prosesskoden/kontraktsformen endres?

- Bort fra akkord og premiering av framdrift
- Bort fra detaljerte beskrivelser og forsøk på kontroll i byggefasen
- Inn med premiering av skånsom sprengning og jevn kontur
- Ingen detaljerte beskrivelser, men entreprenøren svarer for resultatet (en jevn kontur vil gi bedre inntjening)

vegvesen.no

Statens vegvesen





## Moderne vegtunneler delprosjekt 5

### Brannsikkerhet og materialkrav

Brannforsøk - dokumentasjon av alternativ pp-fiber


Teknologidagene 2010, Trondheim 11-14 okt

Karen Klemetsrud  
Tunnel- og betongseksjonen  
Vegdirektoratet


vegvesen.no

## Bakgrunn

- SVV ønsker å utvikle en testmetode for dokumentasjon av alternativ polypropylen fiber (PP-fiber)
- Per i dag har vi en spesifikasjon som medfører bruk av fiber fra kun en produsent
- Claus K. Larsen, prosjektleder
- Karen Klemetsrud




vegvesen.no




## Mikro polypropylen fiber (PP-fiber)

- Mikro PP-fiber av type monofilament (enfibret tråd)
- Passiv brannbeskyttelse
- Beskytter mot avskalling




vegvesen.no



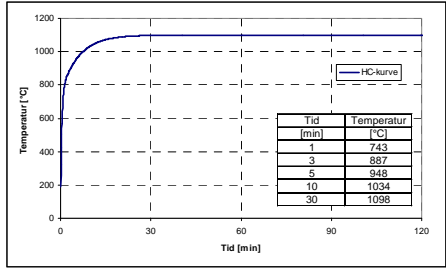
## Testprogram

- 25 testelementer
  - 9 veggelementer (3 serier i vertikalovn)
  - 16 kulvertelementer (4 serier i horisontalovn)
- 3 typer pp-fiber, referanseelementer uten pp-fiber
- 3 av 4 serier kulvertelementer oppspent
- HC-kurve i 2 timer

vegvesen.no




## HC-kurve

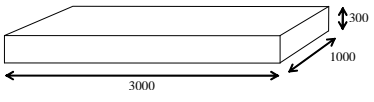


Tid [min]	Temperatur [°C]
1	743
3	887
5	948
10	1034
30	1098

vegvesen.no




## Veggelement



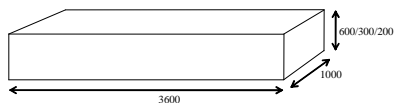
- Representerer et vanlig tunnelement mhp
  - Betongtype
  - Tykkelse
  - Armering
- Bredden er gitt ut ifra praktiske hensyn
  - Ovnsdimensjon
  - Mulighet til å kjøre parallelle tester

vegvesen.no





### Kulvertelement



- Representerer et element i en kulvertkonstruksjon
- Bredden er litt gitt ut fra:
  - Begrense vekt på elementene
  - Gir mulighet for parallelle tester i samme brannforsøk
- Lengden er gitt fra
  - Den fysiske dimensjonen til horisontal ovnene

vegvesen.no



### Produksjon av testelementene



vegvesen.no



### Etterbehandling av elementene

- Forseglet med plast
- Lagret i 2-3 måneder før testing

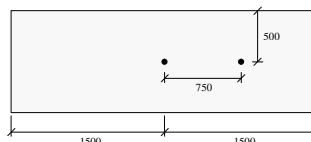


vegvesen.no



### Temperaturmålere

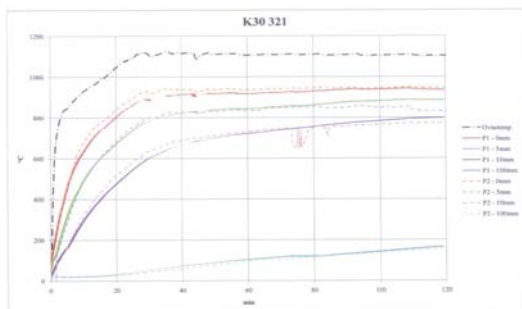
- Termoelementer montert i 2 punkter for å registrere temperaturutviklingen i betongen
- 4 sjikt (0, 5, 10 og 100 mm fra den branneksponte overflaten)
- Stripset fast i forskalingen
- Før test ble det montert termoelementer for å registrere temperaturutviklingen på uekspontert overflate



vegvesen.no



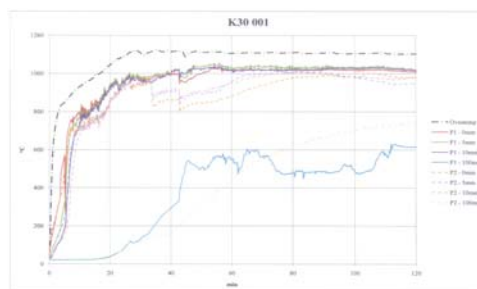
### Temperaturutvikling



vegvesen.no



### Temperaturutvikling



vegvesen.no



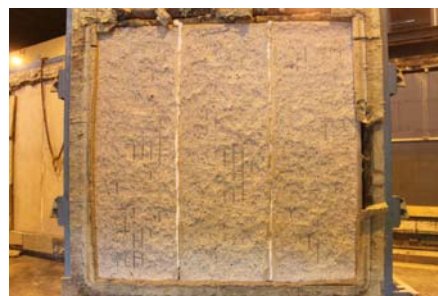
Veggelementer uten PP-fiber under test



vegvesen.no



Veggelementer uten PP-fiber etter test



vegvesen.no



Veggelementer med PP-fiber etter test



vegvesen.no



Avkjøling av veggelementer



vegvesen.no



Kulvertelementer rett etter test



vegvesen.no



Kulvertelement uten PP-fiber



vegvesen.no



### Kulvertelement med PP-fiber



vegvesen.no



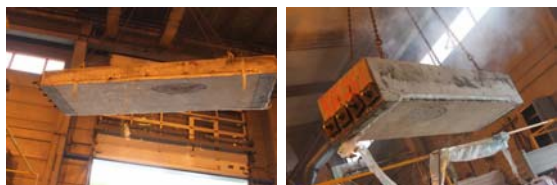
### Kulvertelementer uten PP-fiber



vegvesen.no



### Kulvertelementer med PP-fiber



vegvesen.no



### Resultater

- Betong uten fiber får til dels stor avskalling
- Betong med pp-fiber får ikke avskalling
- Trykkbelastning har en effekt mhp avskalling
- Relativt lite avskalling på veggelementene uten fiber

vegvesen.no



### Utforming av standardtest

- Liknende testprosedyre
- Viktigst å teste kulvertelementer med oppspenning – mer avskalling
- Kulvertelement med 300 mm

vegvesen.no



### Videre arbeid

- Sammenfatte testmetodikk i rapportform
- Tilsvarende testing av sprøytebetong



vegvesen.no



Takk for oppmerksomheten!



vegvesen.no





## Levetid sikringsmidler

Alf Kveen  
Tunnel og betong  
Vegdirektoratet

## Sikringsfilosofi

- Berget som byggemateriale
- Betong
- Stål

## Moderne vegtunneler 100 års levetid på bergsikring

Vann er alltid en problemstilling for alle installasjoner

- Sprøytebetong - ?
- Støp - 100 år
- Bolter - ?



## Sprøytebetong

- Sprøytebetongprosjektet
- Dr.grad på nedbrytingsmekanismer, Per Hagelia, ref Tek.dagene 2008
  - Vannkjemi
  - Prøvefelt

## Bolter

- Endeforankret
  - Mekanisk - arbeidssikring
  - Polyester
- Innstøpte bolter
  - Kam
  - Selvborende
  - Stag
- Kombinasjonsbolt
  - CT
  - Endeforankret innstøpt
  - (rørbolt)



## Sprøytebetong

- Sprøytebetongprosjektet
- Dr.grad på nedbrytingsmekanismer, Per Hagelia, ref Tek.dagene 2008
  - Vannkjemi
  - Prøvefelt

## Bolter

- Endeforankret
  - Mekanisk - arbeidssikring
  - Polyester
- Innstøpte bolter
  - Kam
  - Selvborende
  - Stag
- Kombinasjonsbolt
  - CT
  - Endeforankret innstøpt
  - (rørbolt)



## Krav til bolt

Hb 025 Prosesskode 1 November 2007  
Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter

- Prosess 33.2 Sikringsbolter
- 20mm bolt med stål kvalitet B500NC – NS3576-3
- Varmforsinkes (65 my, NS-EN ISO 1461)
- Pulverlakeres med epoxy prEN13438
- Mutter, halvkule, plate

## HB 021

Tabell 7.1 Kommentarer til tabell:

- Bolter til permanent sikring skal normalt være omsluttet av betong og gyst med godkjent boltemørtel, for lengst mulig levetid



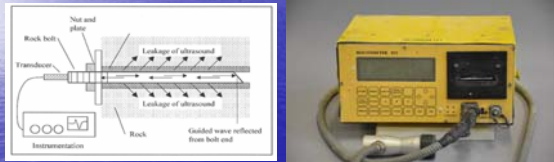
*Tor V. Brunton*



## RBT/ND

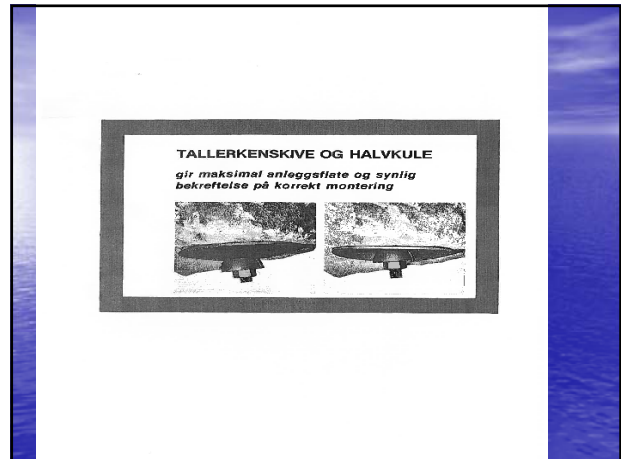
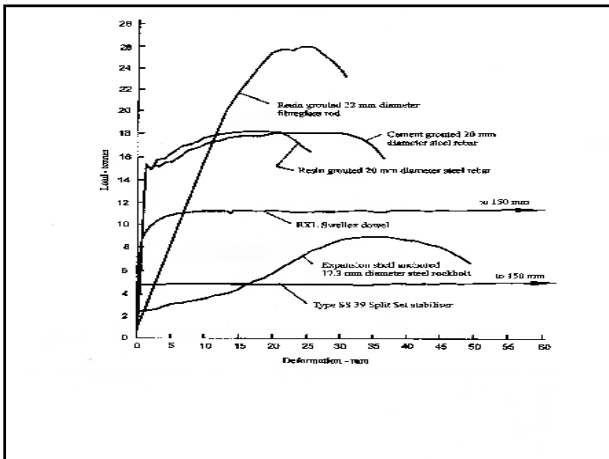
- Nytt liv i ikke destruktiv metode for å teste innstøpt bolt, "Boltometer"
- Nordisk samarbeidsprosjekt satt i gang av Geoequipment
- Ultralyd / ny software

## Boltometer



## Hva gjør vi nå?

- Bolteprosjekt
- 1 Samler inn erfaringer om levetid bolt
  - Visuelt
  - Prøvetrekking
  - Utboring
  - Bolt fra tunneler under rehabilitering
- 2 Neste trinn
- Ser på om hvilke krav som skal gjelde fremover
  - lengst mulig levetid på bergkonstruksjonen







## Resistivitetstmålinger, muligheter og begrensninger.

by  
**Jan S. Rønning**  
Dalsegg, E., Ganerød, G.V., Reiser, F. & Solberg, I-L  
Geological Survey of Norway

SVV Teknologidagene 2010, Tunnel, betong og geologi.  
Royal Garden Hotel, Trondheim, Oct 14. 2010.

## Innhold

- Metodebeskrivelse.
- Talkingsmodeller
  - Kvikkleire
  - Svakhetssoner i fjell
- Effekt av inversjonsparametre
- Modellberegninger
  - Svakhetssoner i fjell
  - Kvikkleire
- Resistivitet på andre tema
- Oppsummering

## Description of 2D resistivity method

## Description of method (2)

- Apparent resistivity
- Pseudodepth
- Pseudosection

## Description of method (3)

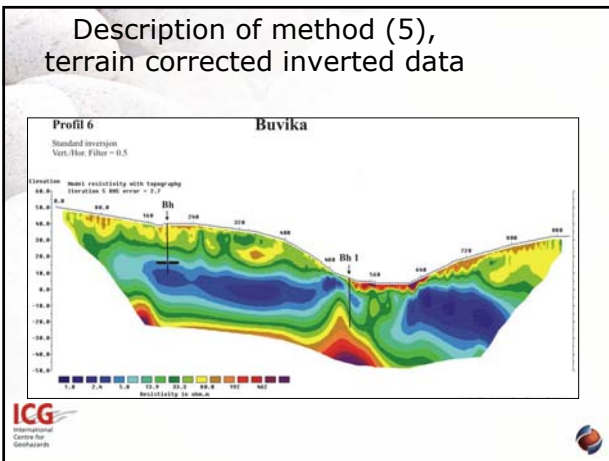
- Inversion to find "true" resistivity (Loke 2007)
- Subsurface divided in prisms which are given a start resistivity value, these are adjusted until responses from model fits measured data

## Description of method (4), Inversion

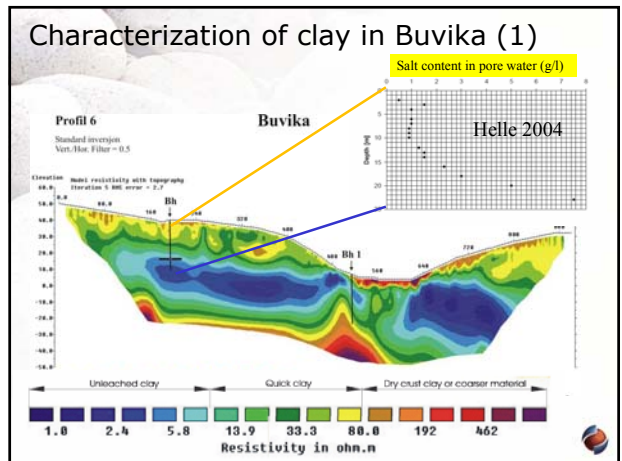
- Measured pseudosection
- Pseudosection from calculated physical model
- Calculated physical model

Starting resistivity values in each prism are changed until response from inverted model fits measured values. (Pseudosection from model equal measured pseudosection).

Description of method (5), terrain corrected inverted data

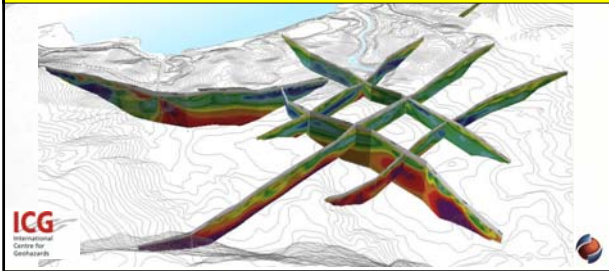


Characterization of clay in Buvika (1)

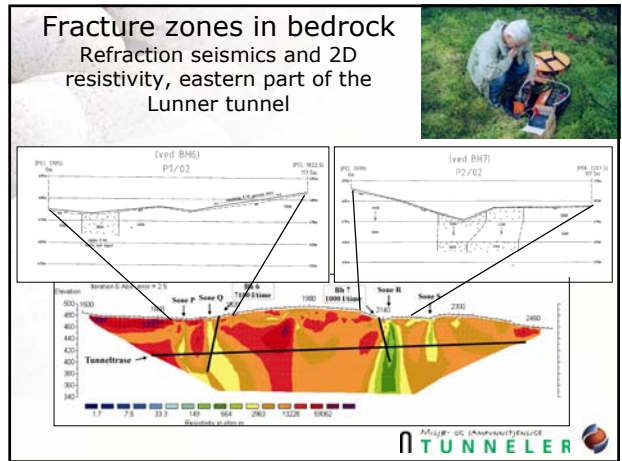


Characterization of clay in Buvika(3)

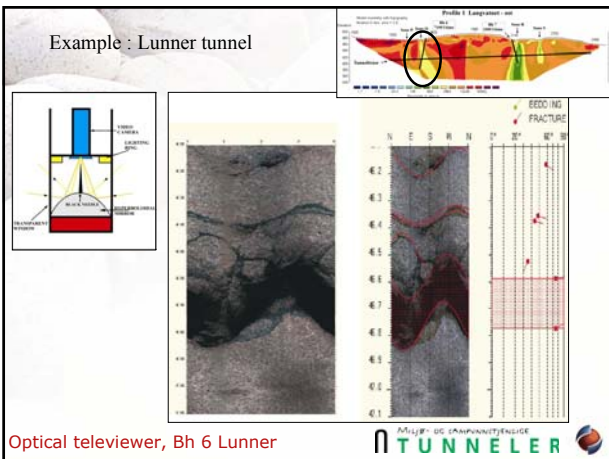
- Conclusion based on results from all areas:
- Resistivity <8 - 10 ohmm: unleached clay
  - Resistivity 10 – 80 ohmm: quick clay, beyond quick, silty material
  - Resistivity > 80 ohmm: dry crust clay, coarser materials



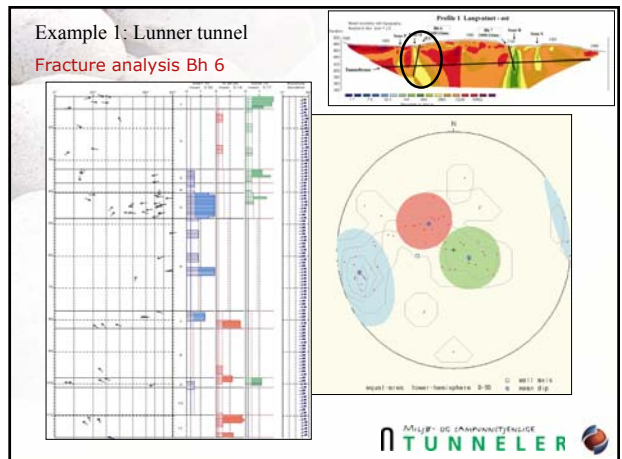
Fracture zones in bedrock  
Refraction seismics and 2D resistivity, eastern part of the Lunner tunnel

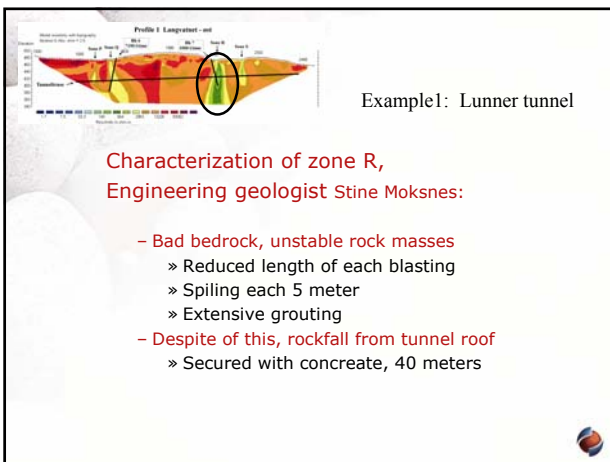
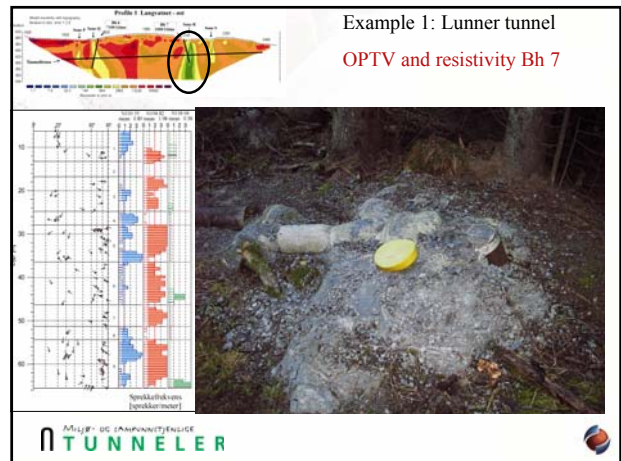
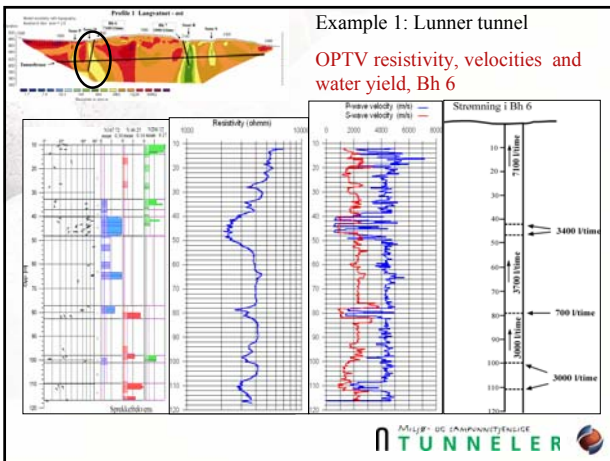


Example : Lunner tunnel



Example 1: Lunner tunnel  
Fracture analysis Bh 6





At the Lunner tunnel

- Three borehols with resistivity < 500 ohmm, all collapsed, and there were serious construction problems
- Three zones with resistivity from 1000 to 3000 ohmm, all with water problems during tunnel construction

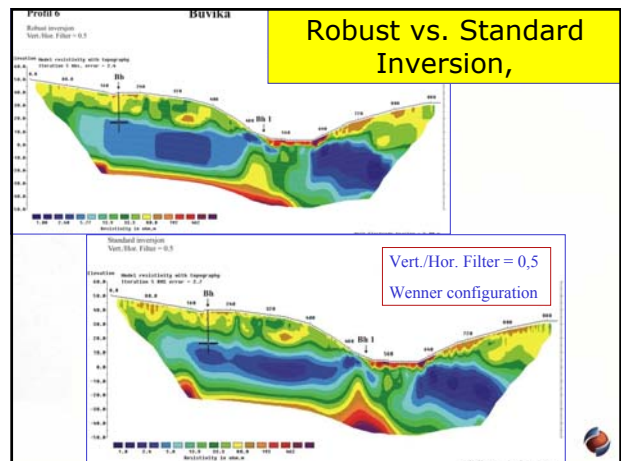
Proposed interpretation model from the Lunner tunnel:

$\rho > 3000 \Omega\text{m}$ :	Stable bedrock
$3000 < \rho < 500 \Omega\text{m}$ :	Water problems
$\rho < 500 \Omega\text{m}$ :	Water problems and unstable bedrock

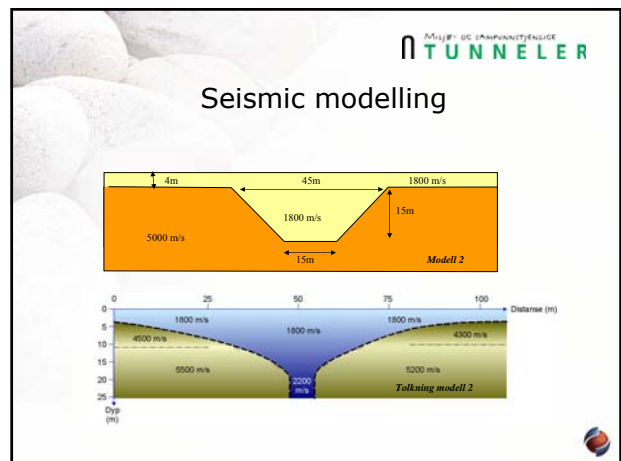
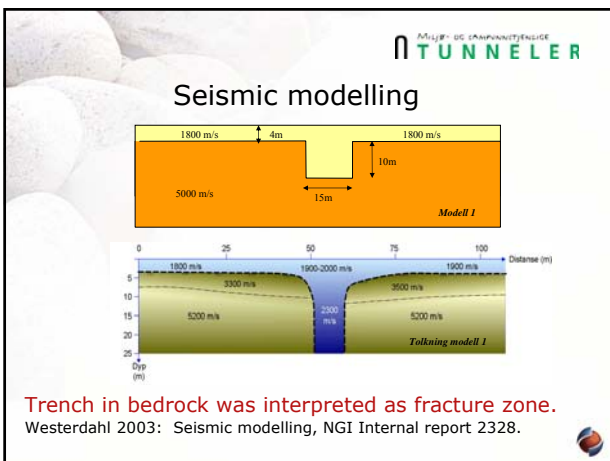
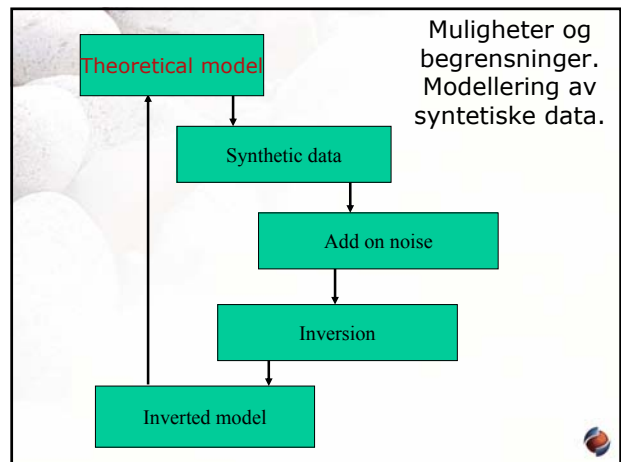
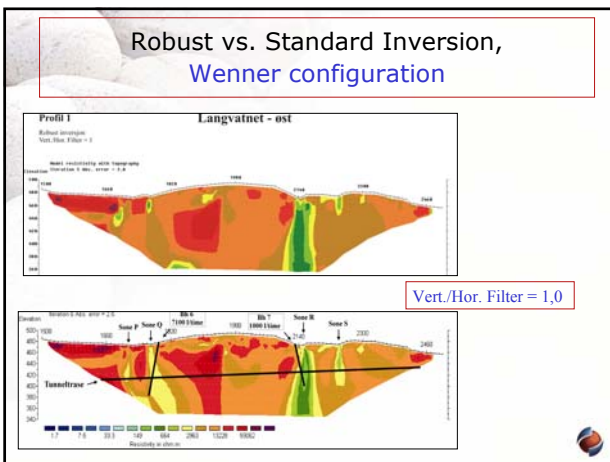
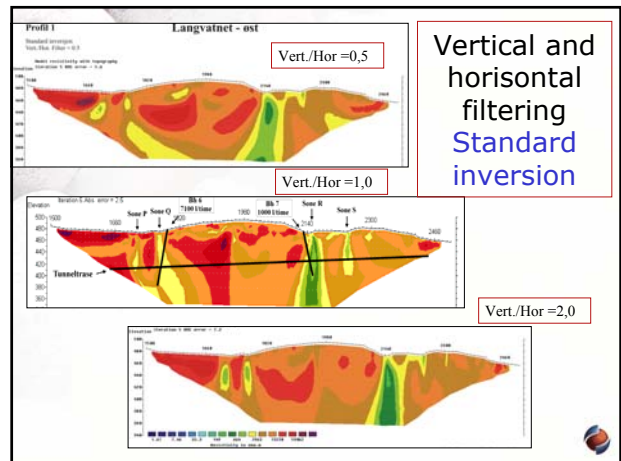
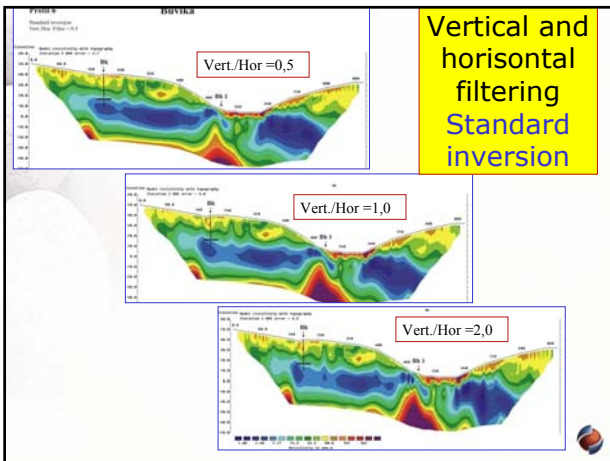
Model confirmed at 10 other problem zones in other areas.

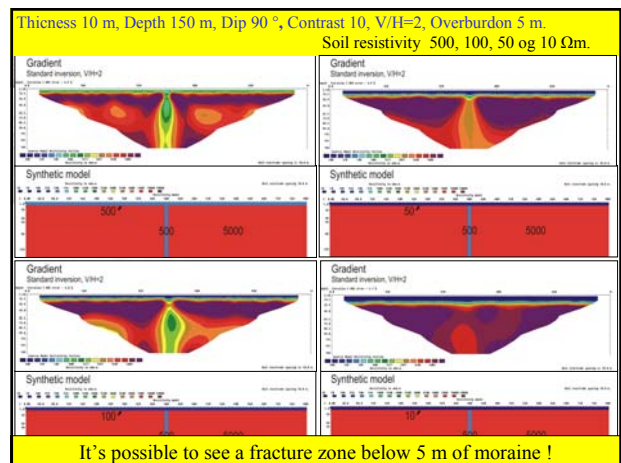
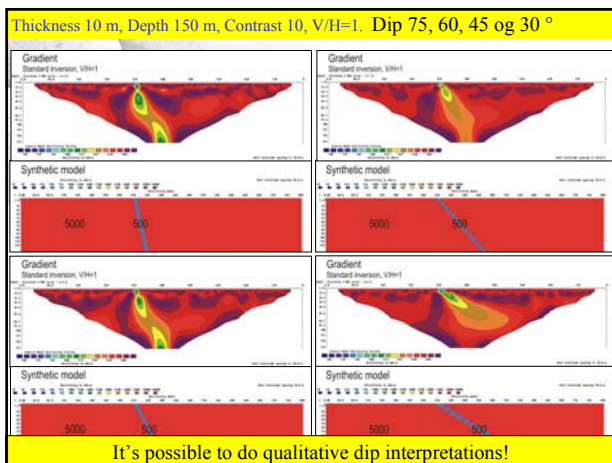
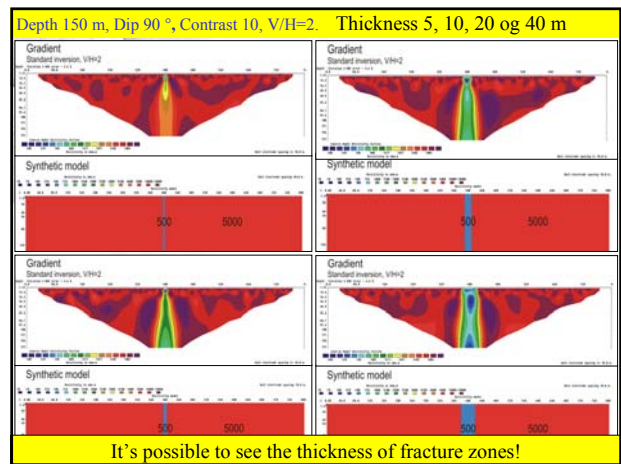
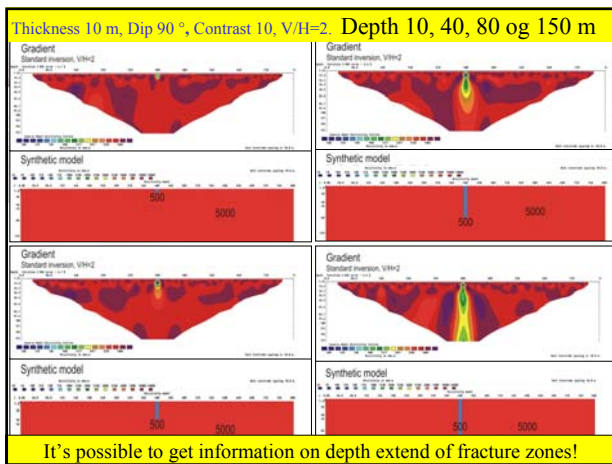
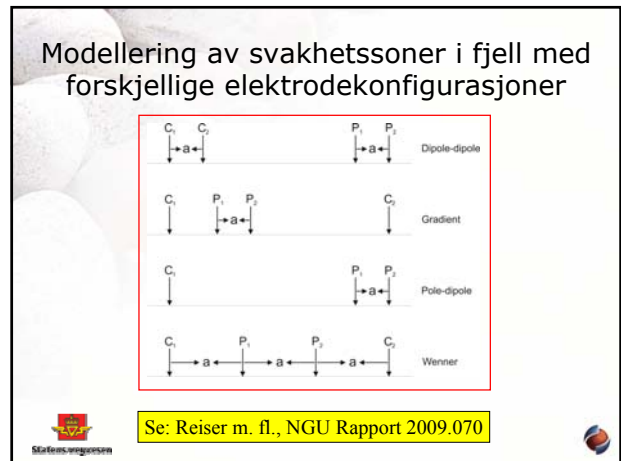
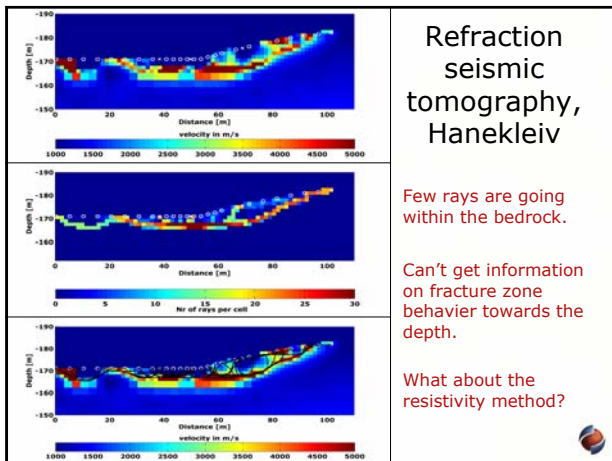
Effekter av inversjonsparametre

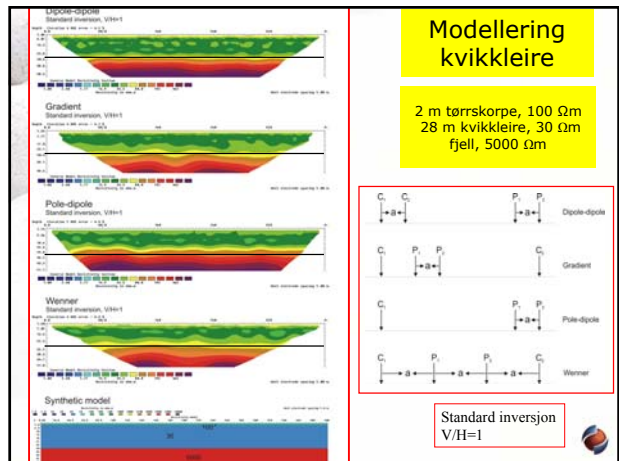
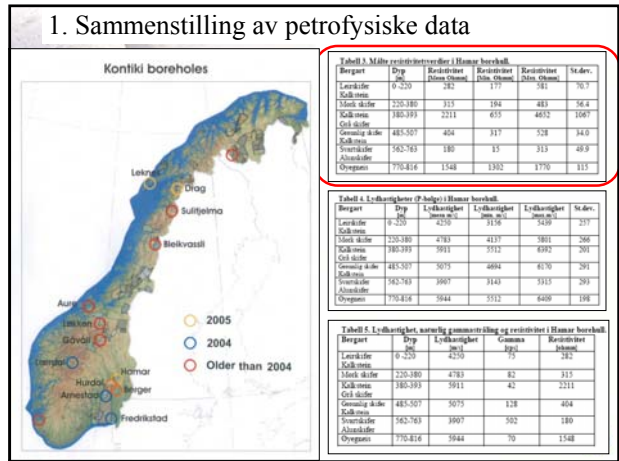
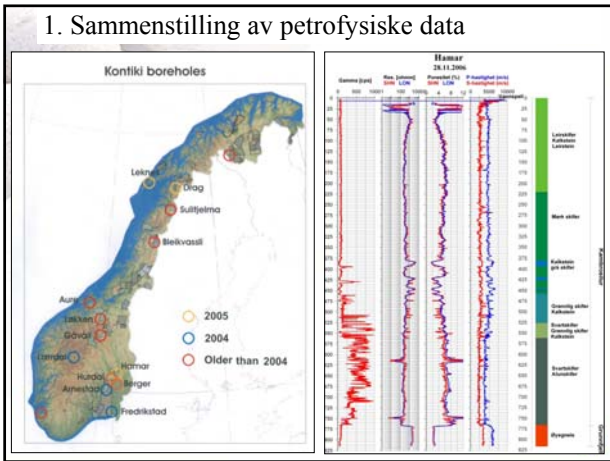
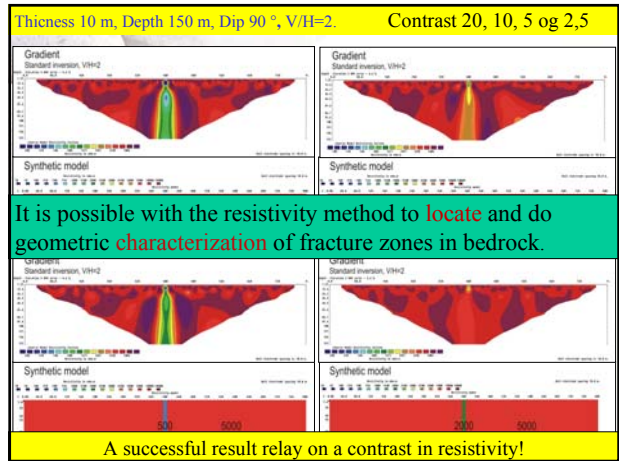
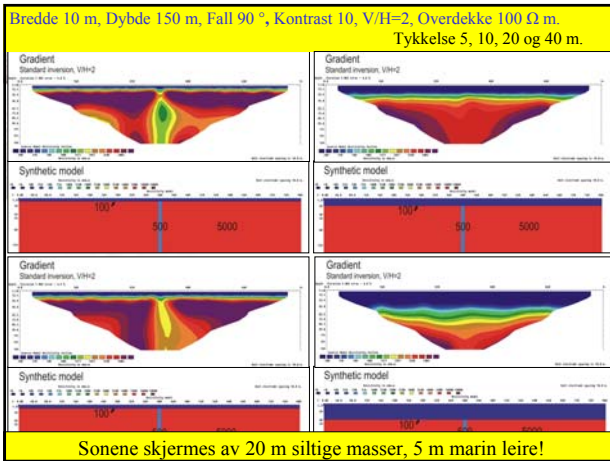
- Standard inversion
- Robuste inversion
- Horizontal – vertical filter



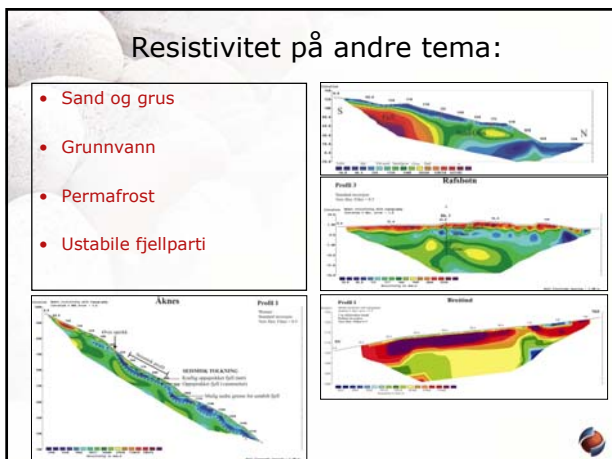
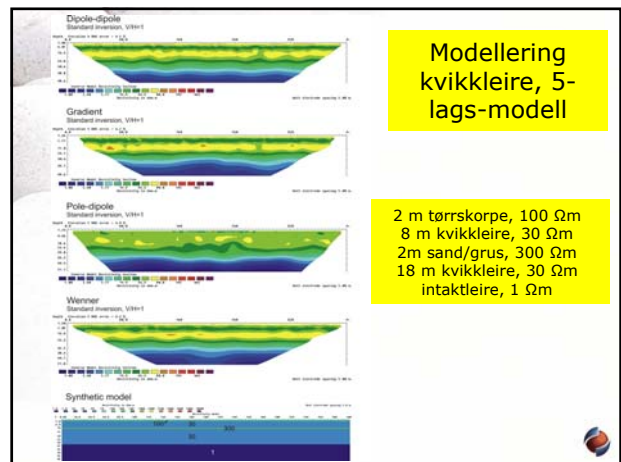
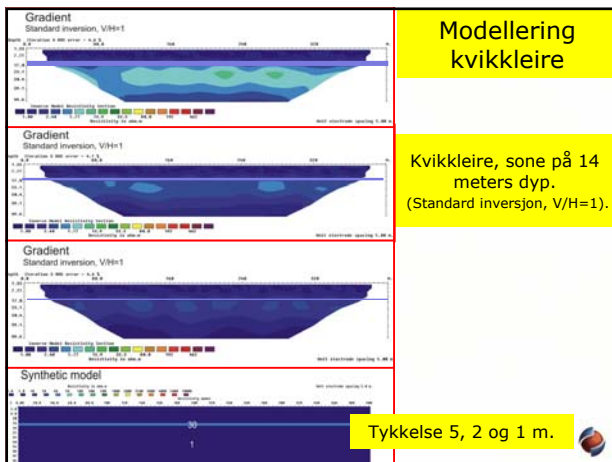
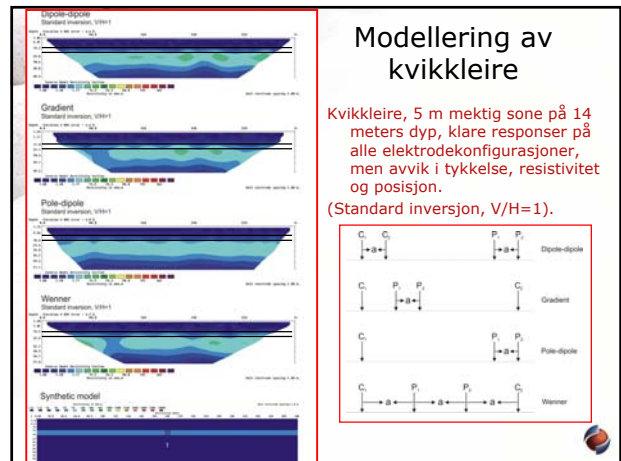
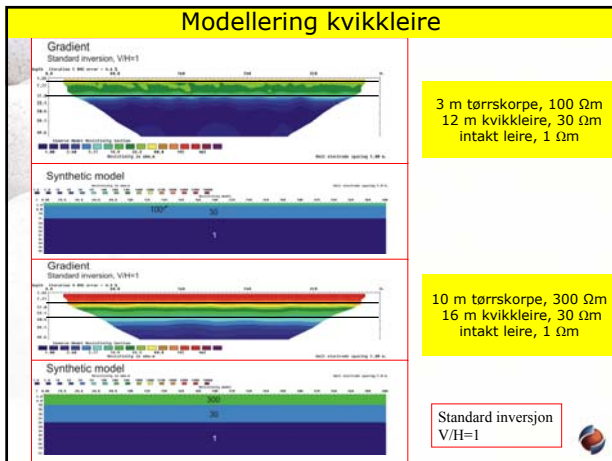












### Oppsummering:

- Resistivitet kan karakterisere svakhetszoner i fjell
  - Geometrisk karakterisering
  - Sonens dyptgående
  - Sonens tykkelse
  - Sonens fall
  - Løsmasseoverdekke
  - Mineralogisk karakterisering
  - Vannproblem og/eller ustabilitet
- En vellykket karakterisering avhenger av kontrast i resistivitet
- Resistivitetmålinger kan bidra til karakterisering av leire
  - Inntakt salt leire, mulig kvikkleire, tørrskorpe.
  - Størrelse på mulige linser av kvikkleire
- Må arbeide videre med å teste ut tolkningsmodeller
- Må utarbeide veiledere for hvordan målinger bør utføres

**Takk for oppmerksomheten!**





## Resistivitetmetoden for karakterisering av svakhetssoner i fjell; eksempler fra tunnelprosjekt

Guri V. Ganerød, Jan Steinar Rønning, Einar Dalsegg, Jan Fredrik Tønnesen & Aline Saintot (NGU)

Teknologidagene  
Trondheim 14. oktober 2010

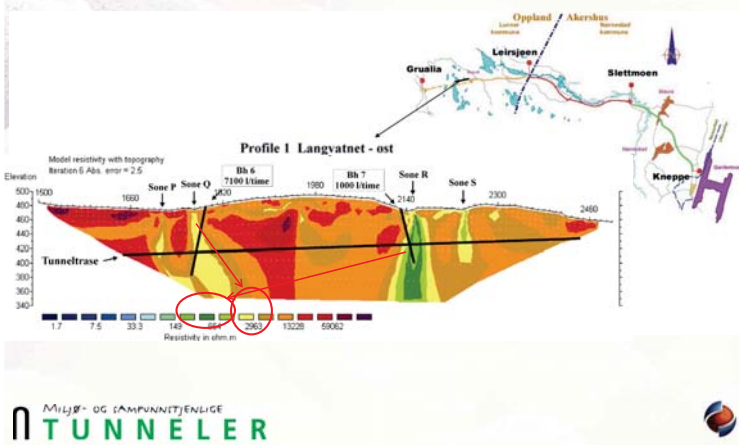


## Oversikt

- Resistivetsmodellen
- Eksempler av 2D resistivitet fra tunneler
  - Lunnertunnelen, Rv 35, Oppland
  - Hanekleivtunnelen, E 18, Vestfold
  - Vadfosstunnelen, Rv 38, Kragerø i Telemark
  - Ravneheiatunnelen, Rv 465, Farsund i Vest-Agder
  - Ringveg Vest, Bergen, Hordaland
  - Eikrem tunnelprosjekt, Rv 70, Møre og Romsdal
- Oppsummering

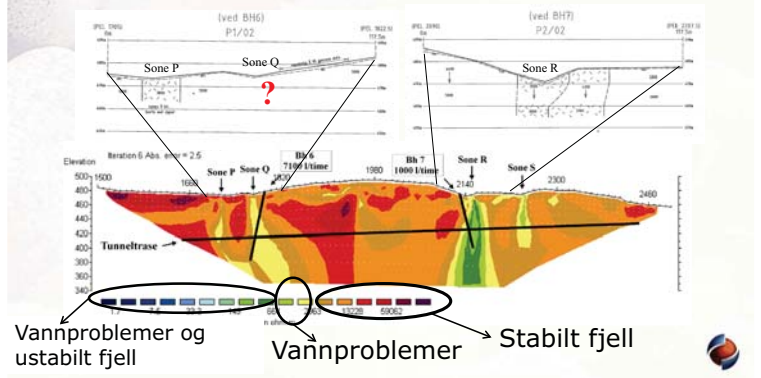


## Lunnertunnelen Rv 35, Oppland fylke



## Lunnertunnelen Rv 35, Oppland fylke

Refraksjonseismikk og 2D resistivitet



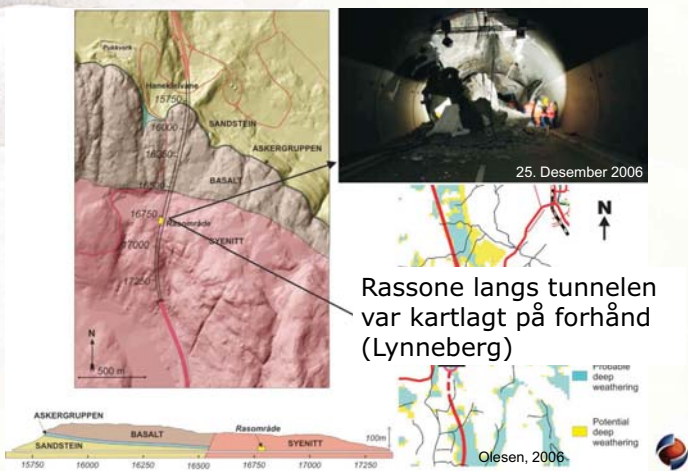
## Resistivetsmodell

Resistivetsverdier	Resistivetsverdier	Beskrivelse
	> 3000 Ωm	Bra fjellkvalitet
	3000-500 Ωm	Oppsprukket fjell med vannlekkasje
	< 500 Ωm	Ustabil fjell med leirsoner og vannlekkasje

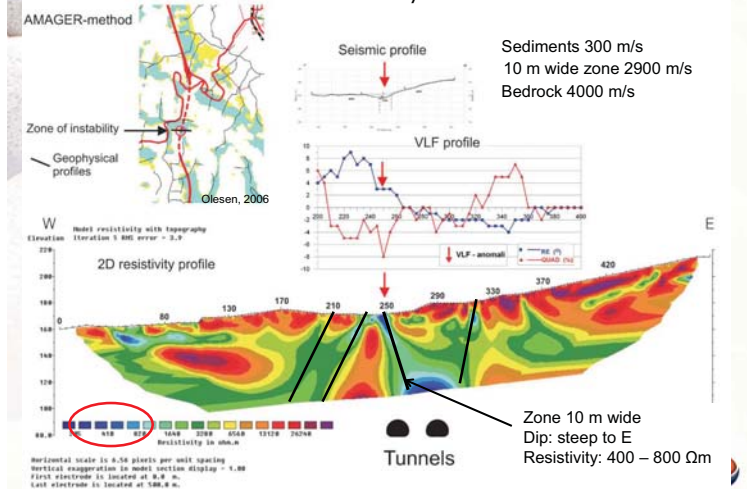


- Resistivetsmodellen med utgangspunkt i Lunnertunnelen er testet ut i flere tunnelprosjekt
- Hanekleivtunnelen, E18, Vestfold
- Vadfosstunnelen, Rv 35, Kragerø i Telemark
- Ravneheiatunnelen, Rv 465, Farsund i Vest-Agder
- Ringveg Vest i Bergen, Hordaland
- Eikrem tunnelprosjekt, Rv 70, Tingvoll i Møre og Romsdal
- Holmestrand jernbanetunnel, Vestfold

## Hanekleivtunnelen, E18 Vestfold fylke

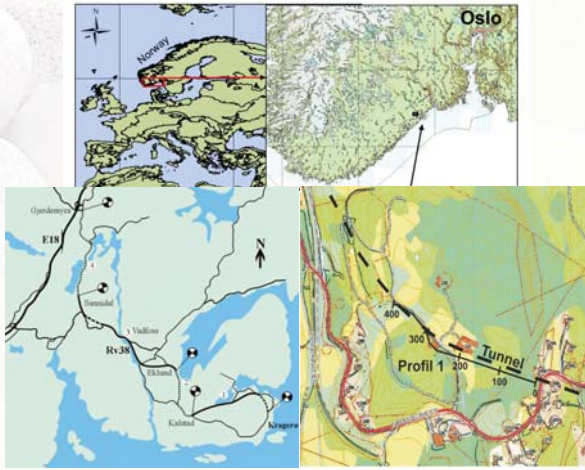


## Hanekleivtunnelen, E18 Vestfold fylke

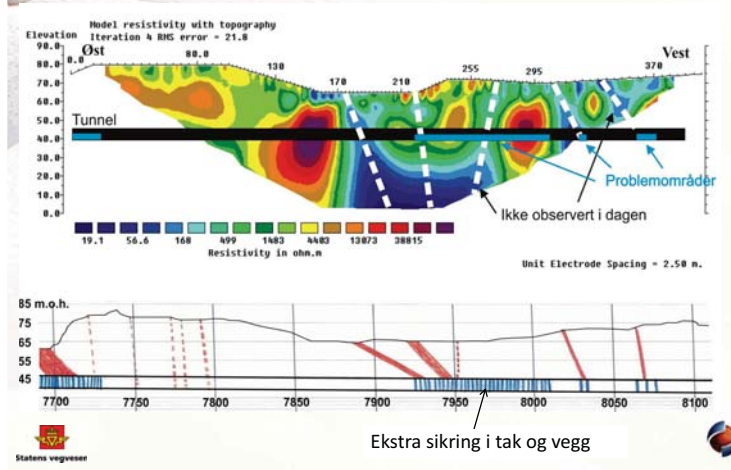




### Vadfostunnelen, Rv 38 Kragerø, Telemark fylke



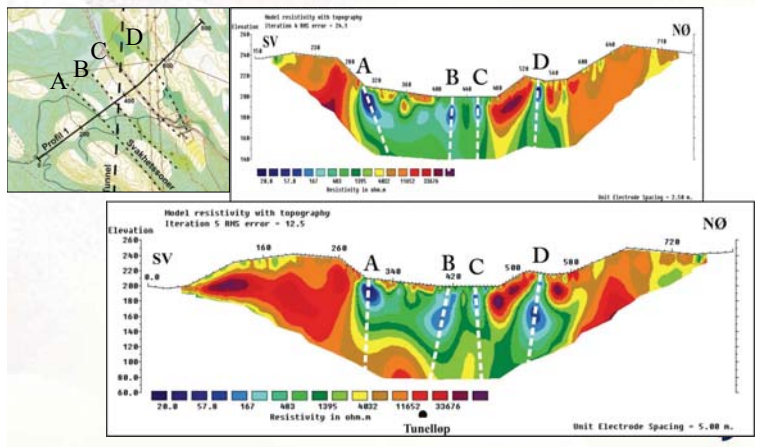
### Vadfostunnelen, Rv 38 Kragerø, Telemark fylke



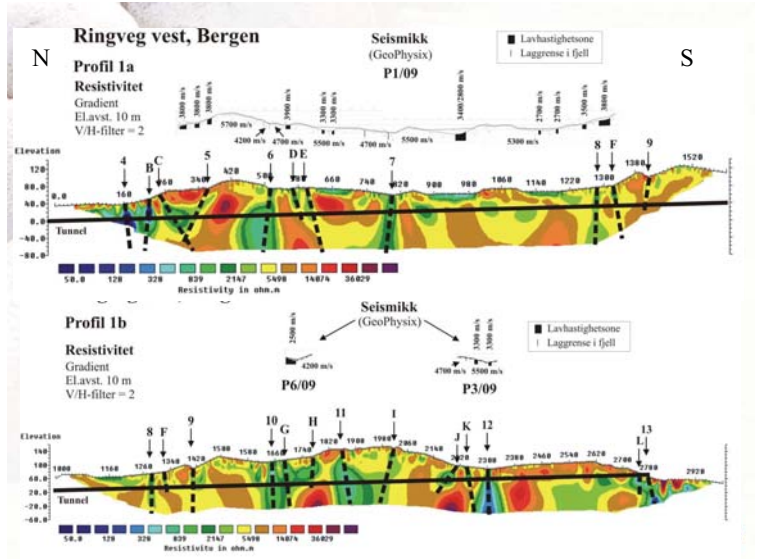
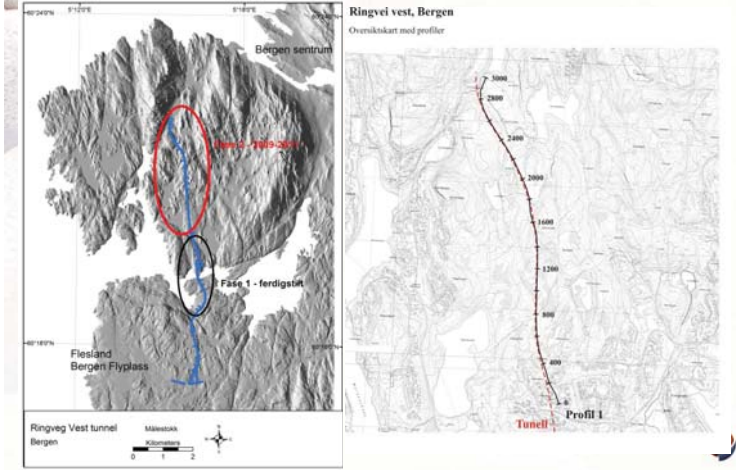
### Ravneheiatunnelen, Rv 465 Farsund, Vest-Agder fylke



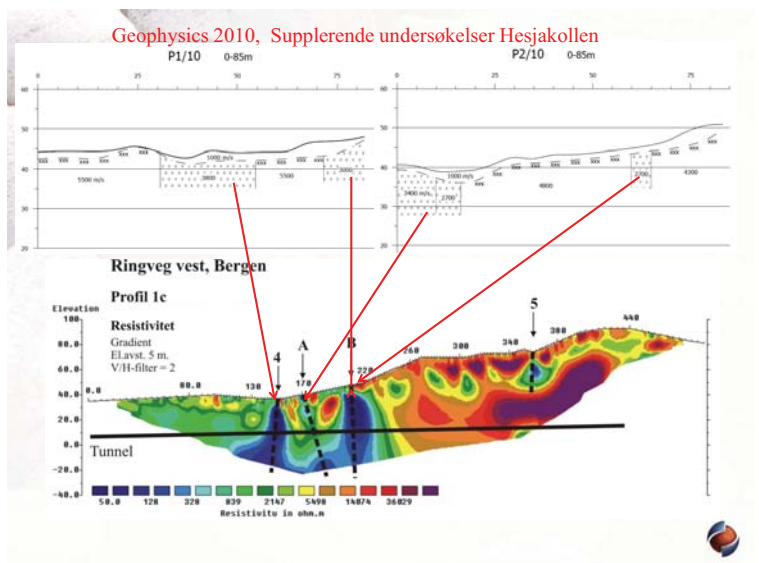
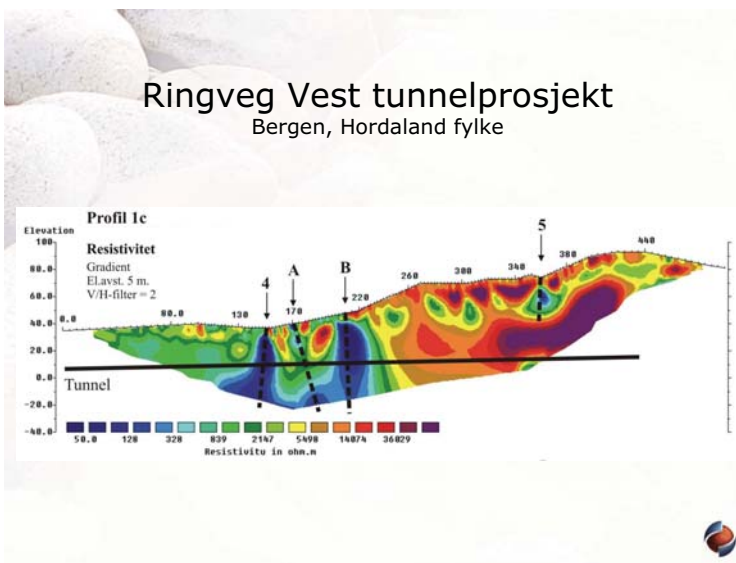
### Ravneheiatunnelen, Rv 465 Farsund, Vest-Agder fylke



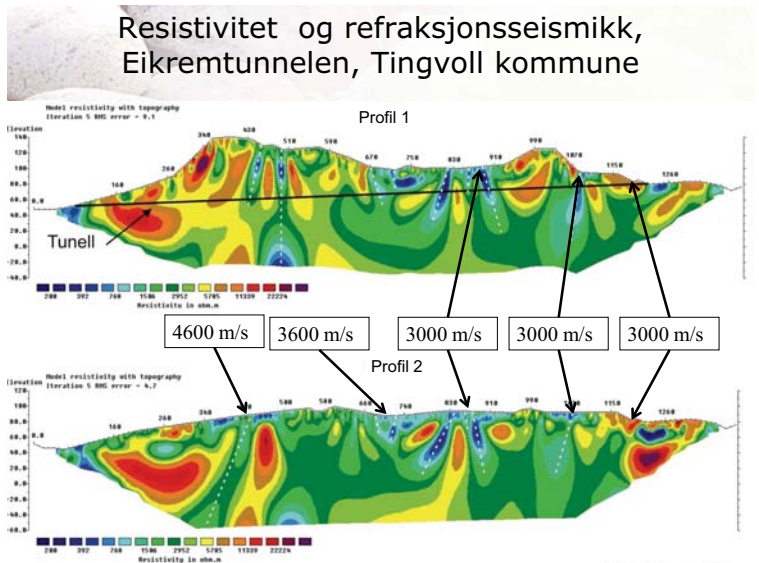
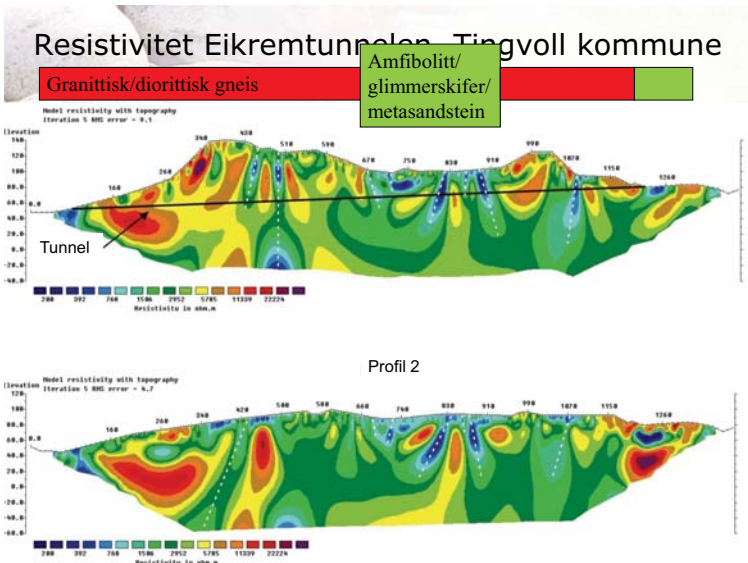
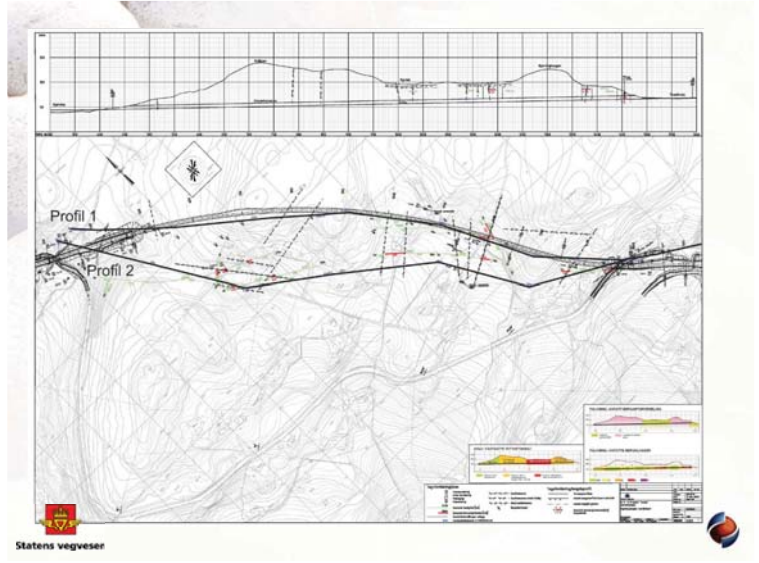
## Ringveg Vest tunnelprosjekt Bergen, Hordaland fylke



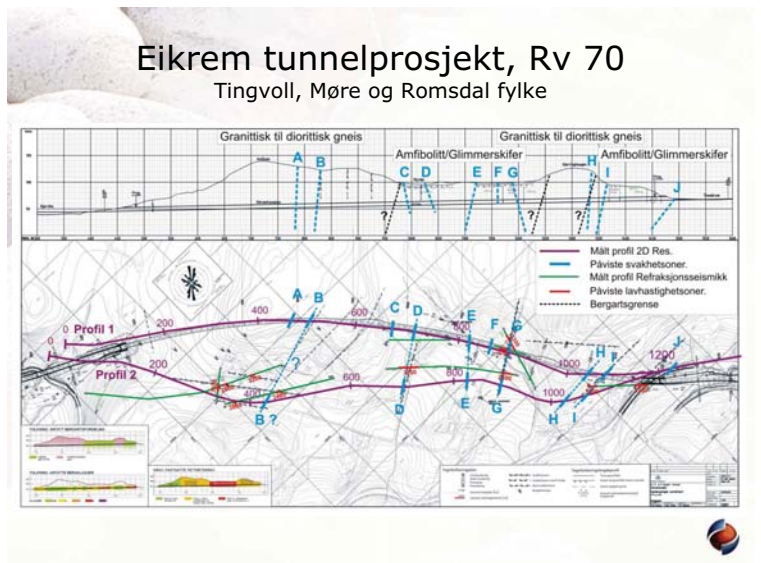
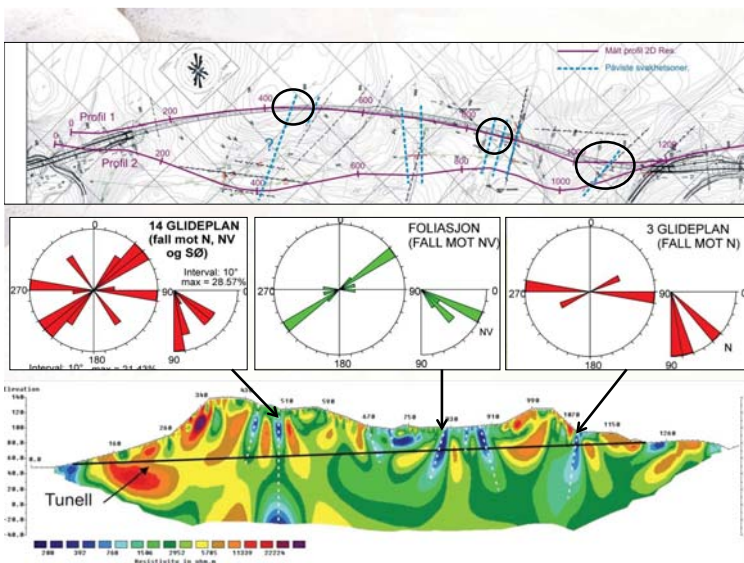
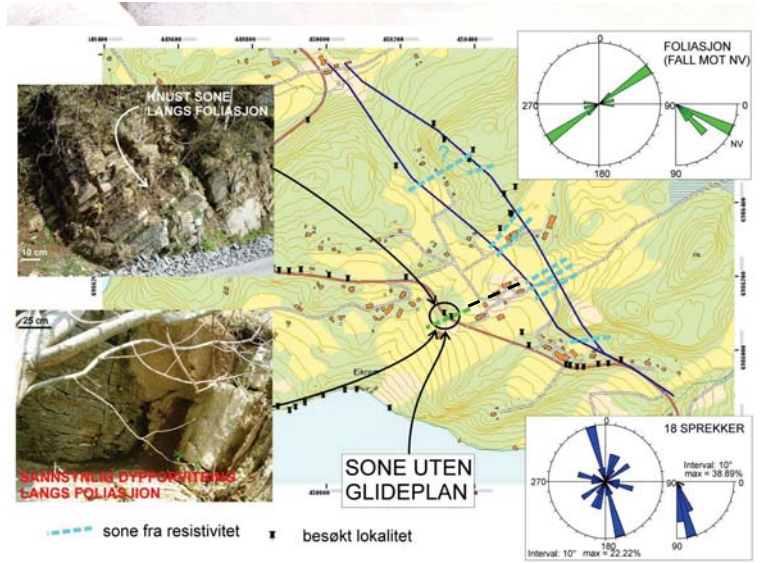
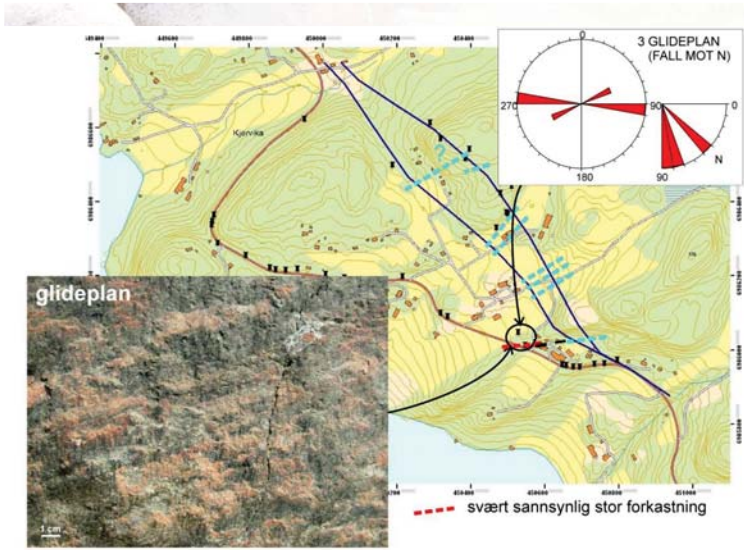
## Ringveg Vest tunnelprosjekt Bergen, Hordaland fylke

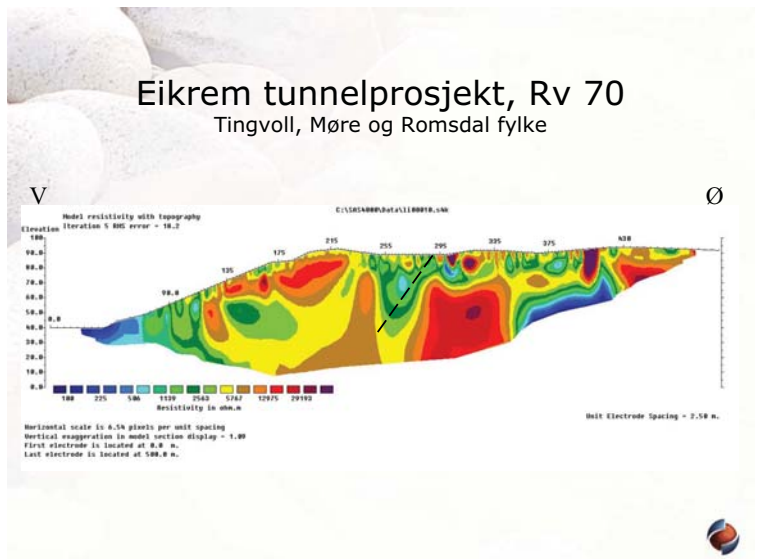
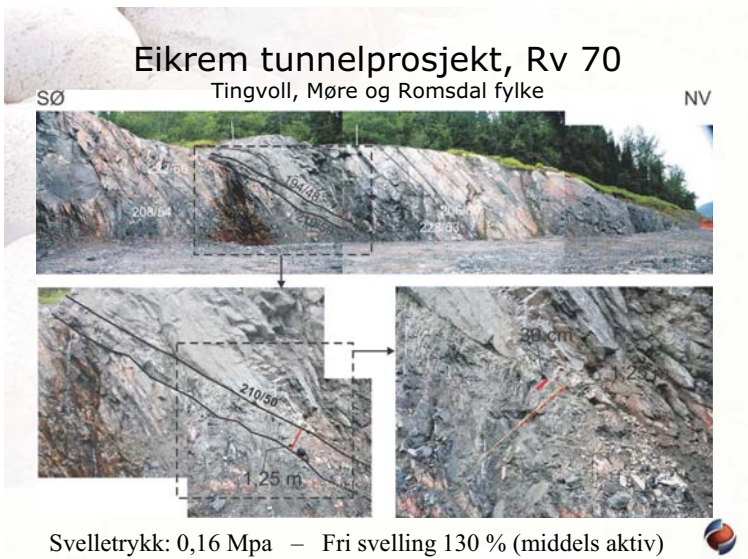
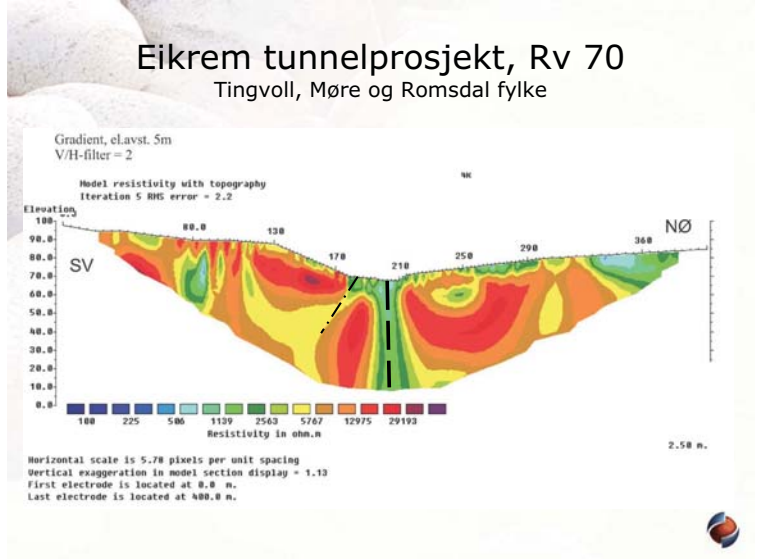














## Oppsummering geofysikk

Metode	Påvising	Bredde	Fall	Dyptgående	Leire
AMAGER	+	-	-	-	+
VLF	+	-	-	-	-
SEISMIKK	+	+	-	-	+(?)
RESISTIVITET	+	+	+	+	+

### Tolkingsmodell Lunner tunnelen, gjelder generelt?

$\rho > 3000 \Omega\text{m}$ :	Stabilt fjell
$3000 < \rho < 500 \Omega\text{m}$ :	Vannproblemer
$\rho < 500 \Omega\text{m}$ :	Vannproblemer og ustabilt fjell

## OPPSUMMERING:

- 2D resistivitetmetoden kan:
  - angi **bredde**, **fall** og **dyp** på soner
- Mineralogisk karakterisering:
  - indikasjon om **leire** eller **vann** forekommer
- Sammenligningstudier med tunneler er nødvendig
- Tunneler som er under oppfølging:
  - Eikremtunnelen, Rv 70, Møre & Romsdal fylke
  - Ringveg Vest, Bergen, Hordaland fylke
  - Holmestrand jernbanetunnel, Vestfold fylke
  - Follobanen, jernbanetunnel Oslo-Ski, Oslo-Akershus fylke



Takk til Einar Dalsegg, Harald Elvebakk, Jan Fredrik Tønnesen, Aline Saintot og Odleiv Olesen som har bidratt i studiene

Takk for oppmerksomheten!

Litteratur: Vegvesenets publikasjon nr. 102.  
[www.ngu.no/utbygging og arealbruk](http://www.ngu.no/utbygging_og_arealbruk)

Statens vegvesen

## Telehiv i vegtunneler

Hvorfor skjer det ?

Knut B. Pedersen

vegvesen.no

## Eksempel veg i dagen med telehiv

vegvesen.no

Statens vegvesen

## Frostinntrengning i vegtunneler

Frostinntrengning klassifiseres i 4 hovedgrupper:

- Horisontale tunneler
- Tunneler med stigning
- Undersjøiske tunneler
- Høgtrafikk-tunneler med mekanisk ventilasjon i trafikkretingen

vegvesen.no

Statens vegvesen

## Frostmengde hva betyr det ?

- Frostmengden er definert som tidsintergralet av negativ temperatur gjennom vinteren.
- Praktisk regnemåte:
- $F = 730 \times \sum (v_{\text{måned}})$ , h°C
- Krav:  $v_{\text{måned}} \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $F$  = frostmengde, h°C
- $v_{\text{måned}}$  = månedsmiddeltemperatur, °C

vegvesen.no

Statens vegvesen

## Hvorledes finnes frostmengden ?

- Frostmengden kan finnes i tabeller for den enkelte kommune,  $F_{10}$  eller  $F_{100}$
- Kan også beregnes ut fra årsmiddeltemperatur for nærliggende meteorologisk stasjon. (intern rapport nr 2301, Vegteknisk avd. Vegdir.)

$F_{10}$  = frostmengden overskrides statistisk en gang i 10 års perioden

$F_{100}$  = frostmengden overskrides statistisk en gang i 100 års perioden

vegvesen.no

Statens vegvesen

## Diagrammer for frostmengder i vegtunneler

- I intern rapport nr 2301 finnes empiriske diagrammer fra frostmålinger i vegtunneler gjennom 35 år i ulike klimasoner, ulike stigningsforhold, undersjøiske tunneler og høgtrafikk-tunneler med mekanisk ventilasjon i trafikkretingen.
- Normalt brukes  $F_{10}$  som dimensjonerende frostmengde

vegvesen.no

Statens vegvesen

## Faktorer som forårsaker telehiv

- \* Frost
- \* Vann
- \* Telefarlig materiale

vegvesen.no



## "Bumpelibump" road



vegvesen.no



## Telehiv i milde og kalde vintre

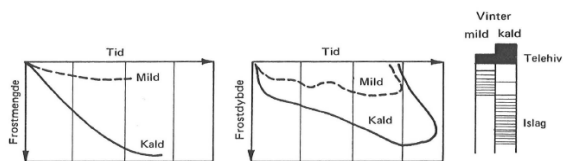


Fig.1. Prinsipiell sammenstilling av frostmengde, frostdytning, islagdannelse og telehiv i en mild og kald vinter.

vegvesen.no



## Faktorer som påvirker størrelsen på telehivet

- \* Frysehastighet
- \* Fjell/ jordmassens permeabilitet
- \* Tilgang på vann

vegvesen.no



## Hvilken type materialer gir mest telehiv

- ☑ Mellomfine jordarter som silt og siltig leire gir optimale forhold for vanntransport mot isfronten.
- ☑ Slike jordarter har derfor stor evne til å danne tykke islag.
- ☑ Bergmasse med mye glimmerminerale kan ved mekanisk påkjenning skape telefarlig masse

vegvesen.no



## Hva skjer når vann fryser til is

- \* Når vann fryser til is utvider det seg med ca 9%
- \* Det fortsetter å utvide seg ned til -22 °C og kan da teoretisk utøve et trykk på 207 MPa

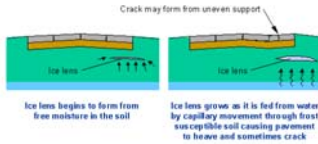
vegvesen.no





### Eksempel islinseoppbygging i veg

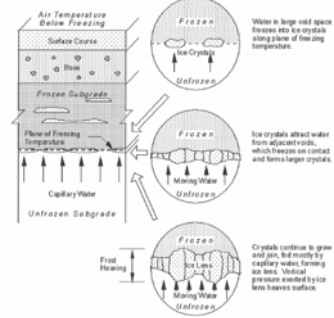
- Telefarlig masse i overbygningen
- Ujevn bergoverflate med "gryter" hvor vann samler seg
- Resultatet blir ofte telehiv



vegvesen.no



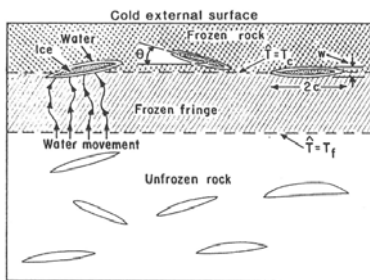
### Frostmekanikk



vegvesen.no



### Frostmekanikk i bergarter



vegvesen.no



### Tunnelsprengning

- I HB 025 står det under prosess 32 c: "SPRENGNINGEN SKAL UTFØRES SLIK AT EN FÅR JEVNEST MULIG VEGGER OG HENG"
- Tunnelsålen er her uteglemt. Det er like viktig at den også er jevnest mulig slik at den ikke får "gryter" med vann. Dessuten skal fallet mot drenasjegrøft være 3%
- Ute i bergskjæringer er fallet 1:10

vegvesen.no



### Sålerenskk til "klink"

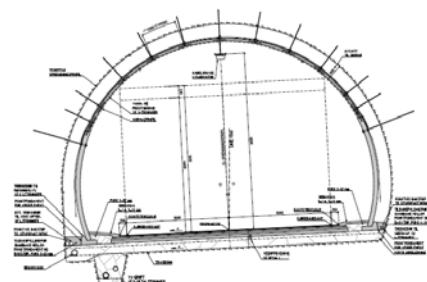
Vekk med infiserte masser etter anleggstrafikk  
Knøler og ujevnheter meisles vekk



vegvesen.no



### Vegtunnel- profil På en tegning er sålen alltid jevn



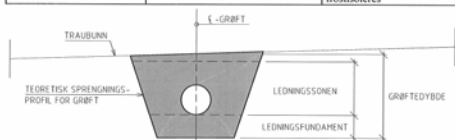
vegvesen.no



### Fra kapittel 8 i HB 021

Tabell 8.1 Krav til minimum avstand fra topp ferdig veg til ledningsfundament uten frostsolasjon

Frostmengde i tunnel, $F_{10T}$ ( $h^{\circ}C$ )	Minimum avstand fra topp ferdig veg til ledningsfundament (m)	Kommentar
< 6 000	-	Ingen krav til frostsikring
6 000 - 10 000	1,0	
10 000 - 15 000	1,5	
> 15 000	-	Groft og kummer skal alltid frostisolereres

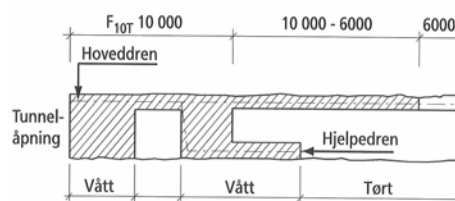


Figur 8.1 Krav til grøftedybde, prinsippkisse

vegvesen.no



### Isolasjon av drensledning og fuktig såle med XPS (fra HB 021)



Figur 8.2 Prinsipp for frostsikring ved bruk av isolasjon. Skråstregte felt viser områder med frostsikringstiltak i sålenivå.

vegvesen.no



### Tunnelventilasjon kan utføres på mange måter, eks fra Kina



vegvesen.no



### Fra jernbanelinjen til Lhasa Verdens høyeste jernbanetunnel Fenghuoshen tunnelen ble bygget i permafrost (4900 m.o.h)



vegvesen.no




# Høye skjæringer, nye retningslinjer



Teknologidagene  
2010  
Trondheim

Terje Kirkeby, Vegdirektoratet

vegvesen.no






RASET I BRANSELEIVTUNNELN 15. DESEMBER 2006  
RAPPORT FRA UNDERSØKELSESGRUPPEN


NA-Rundskriv 2007/3  
Nye bestemmelser, prosedyrer og tiltak vedrørende planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegtunneler.

som nå er innarbeidet i normaler og retningslinjer:  
HB021 – Vegtunneler  
HB025 – Prosesskoden  
HB151 – Styring av utbyggings-, drifts- og vedlikeholdsprosjekter

vegvesen.no

E6 Vist-Jevika-Selli: Rapport fra Referansegruppen etter raset i Løseberga




Skredulykka i Ålesund  
Aprikl 18 utvald som tur gjennomgår skredulykka i Ålesund 26. mars 2008

Region midt  
Dato: 2009-05-29

NA-Rundskriv 2009/11B:  
"Utfyllende bestemmelser for planlegging, prosjektering, bygging og vedlikehold av høye vegskjæringer i berg"

vegvesen.no




## NA-Rundskriv 2009/11B:

"Utfyllende bestemmelser for planlegging, prosjektering, bygging og vedlikehold av høye vegskjæringer i berg"


gjeldende fra november 2009, inntil de er innarbeidet i etatens normaler, dvs. Håndbok 018 – Vegbygging

vegvesen.no



... all planlegging, prosjektering og bygging av fremtidige skjæringer med **mer enn 10 meters høyde** og/eller **inngrep i foten av naturlige fjellskråninger** skal i utgangspunktet plasseres i **prosjektklasse 3** som angitt i Norsk Standard NS 3480 Geoteknisk prosjektering – Fundamentering, grunnarbeider, fjellarbeider."

vegvesen.no






**FASTSETTELSE AV GEOTEKNISK PROSJEKTKLASSE**

Prosjekt-klasse velges	Skade-konsekvens-klasse	Vanskelighetsgrad			Vurdering av	
		Lav	Middels	Høy	Vanskelighets-grad	Skade-konsekvens
3	Mindre alvorlig	1	1	2	Lav	Mindre alvorlig
	Alvorlig	1	2	2	Middels	Alvorlig
	Meget alvorlig	2	2	3	Høy	Meget alvorlig

*Skadekonsekvenser* i forhold til liv, materiell og økonomi.  
*Vanskelighetsgraden* skal reflektere usikkerheten i planlegging og bygging og avhenger av ingeniørgeologiske forhold, undersøkelsesmetodene, byggemetoder og i hvilken grad en har erfaringer fra lignende prosjekter.

Men et klasse 3 vegprosjekt kan nedklassifiseres til 2 dersom:

- geologiske forundersøkelser viser at det er "... godt og forutsigbart berg..."
- små inngrep ikke får store konsekvenser
- også deler av et prosjekt kan nedklassifiseres
- det samme kan ulike faser av prosjektet
- dokumenteres ved rapport fra geologiske undersøkelser og ing.geologiske vurderinger
- men ingen deler av et prosjekt bør plasseres i kategori 1 (som kun er egenkontroll)

En foreløpig plassering i Geoteknisk prosjektklasse – eller Geoteknisk kategori iht Eurokode 7 – skal normalt gjøres av byggherre (bestiller) og prosjekterende (konsulent) i fellesskap meget tidlig, og **før** de geologiske forundersøkelsene.

Geoteknisk kategori kontrolleres og kan endres, enten opp eller ned, på et hvilket som helst stadium i plan- og byggeprosessen, også innenfor ulike deler av prosjektet.

Tidlig oversiktsfase, oversiktsplan (fylkesdelplan/kommunedelplan), reguleringsplan, byggeplan/konkurransegrunnlag. Bygging.



Kontrollen initieres med de første planleggingsarbeidene og de første geologiske undersøkelser og skal følge prosjektet i alle dets stadier; gjennom prosjektering, bygging og inn i driftsfasen.

- ~~Kategori 1: Egen kontroll~~
- Kategori 2: Vanlig kontroll  
(dvs. en annen bergteknisk kyndig person kontrollerer)
- Kategori 3: Utvidet kontroll  
(utført av person eller organisasjon som er uavhengig av den bergteknisk prosjekterende, i tillegg til vanlig kontroll)

Kontrollen skal omfatte alt fra planleggings- og prosjekteringsforutsetninger, omfanget av geologiske forundersøkelser, stabilitetsberegninger, beskrivelse og tegninger, kontrollplaner, oppfølging i byggefasen, sikringsmetoder/utførelse, sikringsomfang, etc.

vegvesen.no



# GEOLOGISK RAPPORT

vegvesen.no



Alle vegprosjekter skal ha en geologisk rapport tilpasset prosjektkategori og som bl.a. beskriver

- geologiske forhold, stabilitet
- aktuelle sikringsmetoder
- antatte sikringsmengder
- anbefalinger, spesielle forhold

Omfanget av forundersøkelsene tilpasses aktuell planfase, prosjektkategori, vanskelighetsgrad (geologi, tilgjengelighet), etc.

vegvesen.no



**Geologisk rapport** for konkurransegrunnlaget skal, som for tunneler, inneholde alle relevante observasjoner og opplysninger i en **faktdel** med

- topografiske og geologiske kart
- bergartsbeskrivelser, fotografier
- foliasjon/lagdeling, oppsprekking, diagrammer, etc.

og en **tolkningsdel** med geologiske vurderinger av betydning for sprengning og sikring, slik som

- utglidningsmekanismer, rasfare
- stabilitetsanalyser, beregninger

Den utførende skal ha best mulig informasjon om berg- og stabilitetsforhold, for også å kunne gjøre seg opp sine egne meninger.

vegvesen.no



Den ansvarlige for de geologiske undersøkelser og rapporteringen skal også sikre at E-kapittelet i konkurransegrunnlaget gjenspeiler de geologiske utfordringene mht:

- Drivemetoder (anbefalte sprengningsmetoder, salvestørrelser, pallhøyder, etc.)
- Sikringsmetoder (forhåndstiltak, boltetyper, nett-typer, etc.)
- Sikringsmengder

som kan forventes i forbindelse med gjennomføringen av byggearbeidene.

vegvesen.no

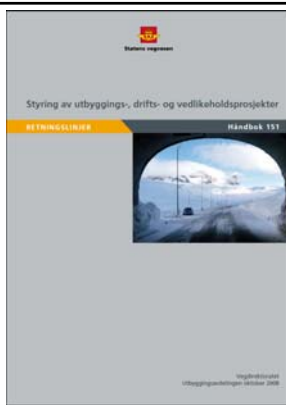


# BYGGING

vegvesen.no







*Håndbok 151; Styring av utbyggings-, drifts- og vedlikeholdsprosjekter har særlige krav til bemanning og kompetanse for bygging av tunneler (avsnitt 4.1.13).*

Tilsvarende skal også gjelde for anlegg med høye/krevende skjæringer (neste side):

vegvesen.no Statens vegvesen

- Prosjektet skal ha tilstrekkelig bemanning, med den nødvendige kompetanse ut fra de forventede geologiske utfordringene
- Minst en av disse skal ha bergteknisk og/eller ingeniørgeologisk kompetanse
- Vedkommende skal ha faglig overordnet ansvar for permanent-sikringen og sørge for ...
  - ... et kvalitetssikringssystem for geologisk kartlegging, sikring og dokumentasjon
  - ... at berget kartlegges for å bestemme metode og omfang for den permanente sikringen
  - ... å registrere og dokumentere geologi og at utført sikring er ihht gjeldende krav
  - ... at det utarbeide en ingeniørgeologisk sluttrapport med angivelse av fremtidig inspeksjonsbehov
  - ... å rapportere og begrunne evt avvik i sikringsmetoder og –omfang i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunnlaget
  - ... at det utarbeides en praktisk beskrivelse for når og hvordan vedlikeholdet skal utføres

vegvesen.no Statens vegvesen

E6 gjennom Ski, sør for Oslo



vegvesen.no Statens vegvesen



E6 ved Løsberga sør for Steinkjær, juni 2008

vegvesen.no Statens vegvesen



vegvesen.no Statens vegvesen

Det arbeides for tiden med ny veiledning "Bergskjæringer"

- med fokus på planlegging, sprengning, sikring og vedlikehold av skjæringer i prosjektkategori 2 og 3
- Vil også omhandle skjæringer generelt, uansett høyde
- høringsutgave til våren

Kan bli en del av Veiledning "Sikring av vegger mot steinskred"

vegvesen.no Statens vegvesen

Statens vegvesen

## NYE SEMENTER

→ BESTANDIGHETSKONSEKVENSER ?  
→ NYE BETONGSPESIFIKASJONER ?

→ Reidar Kompen, TMT Tunnel og Betongseksjonen

vegvesen.no

"Blandingssementer", CEM II og CEM III

- ✎ Norcem Anlegg FA , 20 % flygeaske
- ✎ Norcem Standard FA , 20 % flygeaske
- ✎ Embra Miljøsement, 33 % råjernsslagg

✎ Separat tilsatt flygeaske I TILLEGG

- ✎ Våre spesifikasjoner er og har vært basert på "ren Portlandsement". (CEM I)
- ✎ C35 fram til 1988, C45 og C55 m<0,40 fra 1989

vegvesen.no

## Blandingssementer

- ✎ Har vært vanlig å bruke i mange land, i begrensede doseringer.
- ✎ Hvert land har benyttet de erstatningsmaterialene som har vært tilgjengelige. (Flygeaske, naturlig pozzolan, slagg, Rice Hush Ash, osv.)
- ✎ Norge har siden ca. 1980 brukt silikastøv.
- ✎ MP 30 (I og II) i 1980-årene ble lite populær

vegvesen.no

## SVV har utviklet ny kunnskap !

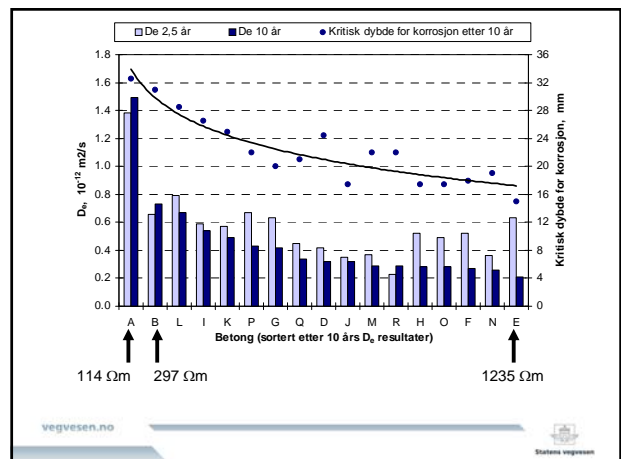
- ✎ Prosjekter :
  - ✎ Aursundbrua
  - ✎ Kloridbestandig betong, Sandnessjøen 1993  
Øygarden 1997
  - ✎ Bjørvikprosjektet (start 1998)
  - ✎ Anlegg FA-prosjektet
- ✎ Materialutvikling og prøvingsmetode-utvikling
- ✎ ELEKTRISK MOTSTAND I BETONG.  
"Makroegenskap", skiller, gir konsistente og signifikante resultater selv for 10 cm terninger !

vegvesen.no

## KLORIDBESTANDIG BETONG

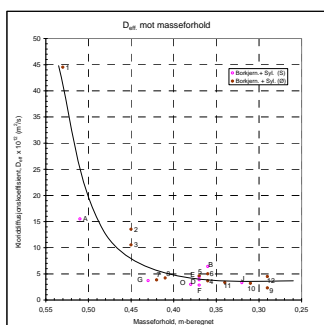
- ✎ Ingen betong er absolutt kloridtett.
- ✎ Kloridmotstanden bestemmes primært av masseforholdet sekundært av silikadosering
- ✎ For høykvalitetsbetonger med kloriddiffusjonskoeffisient  $D < 5 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/sek skiller ikke bulkdiffusjonsmetoden signifikant mellom varianter av betong
- ✎ MEN, over tid har MP 30-betongen skilt seg ut positivt i forhold til de øvrige betongene

vegvesen.no



### KLORIDBESTANDIG BETONG

- ✎ Kloriddiffusjonskoeffisient VS. masseforhold



vegvesen.no



### BJØRVIKAPROSJEKTET

- ✎ Trengte noe *helt spesielt* for å minimere opprissing pga fastholdt temperaturkontraksjon og svinn.
- ✎ Løsningen måtte kombinere
  - Lav varmeutvikling
  - bestandighet
  - div. svinnmekanismer tøylet
  - god støpelighet
- ✎ Internasjonalt er LOW HEAT sement erstattet med blandingssementer

vegvesen.no



### BJØRVIKAPROSJEKTET

- ✎ Stort lab.program på Veglaboratoriet med Dansk flygeaske, Engelsk og Finsk slagg, Tysk og Nederlandsk slaggsement
- ✎ Fullskala prøvestøper
- ✎ → **FLYGEASKEBETONG**
- ✎ beskrevet som "byggherrens forslag"
- ✎ Maks. 65 % flygeaske av Pc, "ligne på vanlig betong"
- ✎ Min. 35 % flygeaske av Pc, engstelig for tidligfasthet
- ✎ Ellers : Mange radikale grep i beskrivelsen

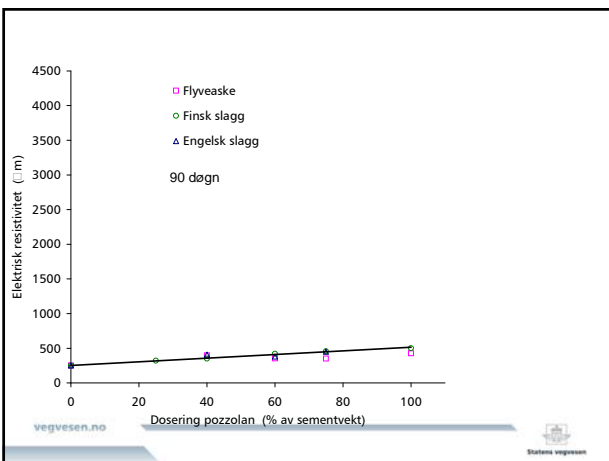
vegvesen.no



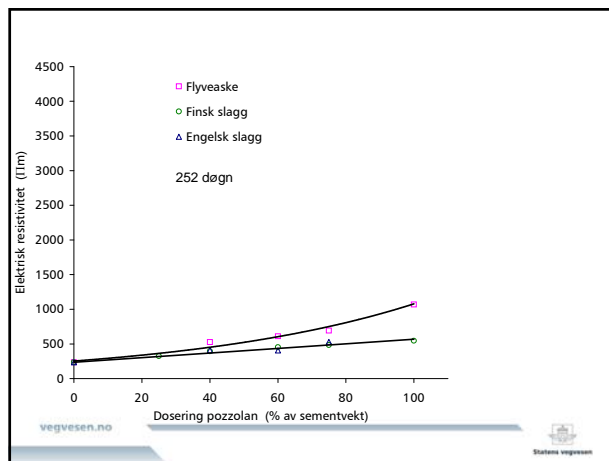
### BJØRVIKAPROSJEKTET

- ✎ Flygeaskebetong viste en bemerkelsesvis utvikling av elektrisk motstand over tid

vegvesen.no



vegvesen.no



vegvesen.no





## NYE BETONGSPESIFIKASJONER ?

- Mange spørsmål spesifikasjonene må løse, bl. a.
  - produktneutrale pozz og lat.hydr, ikke bare FA
  - kan ikke kreve >10 år dokumentasjonstid, det er først etter min 3 år at en kan se effekten.
  - virkningsfaktorer.  
Eksempel FA : I følge NS-EN 206-1 er
    - k=0,4 for tilsatt flygeaske
    - k=1,0 for innmalt flygeaske
    - Bjørvika k=0,7 for tilsatt og innmalt
  - Fasthetsklasse, norm-alder 28 døgn ???

vegvesen.no



## BLANDINGSSEMENTER

- Tekniske muligheter vi ikke har vært i nærheten av med "rene Portlandsementer"
- MILJØVENNLIG ! Redusert CO2-utslipp, ca 20 % reduksjon med Std-FA og Anlegg FA, ressursbesparende, avfall brukes til noe nyttig
- Er det dette "høyt teknologiske" temaet vi skal bruke tiden på ? Eller ????

vegvesen.no



## Nystøpt støttemur i året 2010



vegvesen.no



vegvesen.no







Statens vegvesen

## Forsøksprosjekt, overflatebehandling av tunnelelementer av betong

Teknologidagene 2010, Trondheim 11-14 okt

Karen Klemetsrud  
Tunnel- og betongseksjonen  
Vegdirektoratet

vegvesen.no

## Bakgrunn

- Ønsker mer kunnskap om overflatebehandling av betongelementer i tunnel
- Ønsker dokumentasjon på nedbrytningsmekanismer/-hastighet på betongoverflater i tunnel

vegvesen.no

## Involverte personer i SVV

- Reidar Kompen
- Eva Rodum
- Karen Klemetsrud
- Egil Kristiansen, byggeleder

vegvesen.no

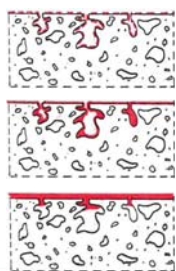
## Hovedformål med overflatebehandling i tunnel

- Beskytte overflaten mot nedsmussing og misfarging
  - opprettholde lyshet
- Beskytte betongen mot aggressiver

vegvesen.no

## Typer overflatebehandling

- I henhold til NS-EN 1504-2 kan produkter for overflatebehandling av betong deles i tre grupper:
  - Hydrofobierende impregnering
  - Impregnering
  - Belegg



vegvesen.no

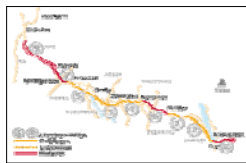
## Ønskede produkttegenskaper til overflatebehandling i tunnel

- Kloridbremsende
- Karbonatiseringsbremsende
- Smussavvisende
- Rengjøringsvennlig
- Bestendig mot mekanisk påkjenning
- Miljøvennlig
- Ikke helseskadelig

vegvesen.no

## Askimporten

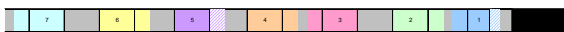
- E18 gjennom Østfold, strekning mellom Krosby og Knapstad
- 1 km lang, toløps tunnel
- Portalene er traktformede
- Hvelv med prefabrikkerte betongelementer og PE-skum dekket med sprøytebetong



vegvesen.no



## Testfeltet



- Østgående løp, fra portalen fram til første nisje
- Forsøksfeltet består av 15 elementer
  - 7 ulike overflateprodukter
  - Ubehandlede referansefelter mellom hver prøvefelt

vegvesen.no



vegvesen.no



vegvesen.no





## Dokumentasjon av overflatene

- Sintef skal utføre arbeidet med å dokumentere overflaten til betongelementene
- Karakterisere overflatene mhp. gråtone og gråtonevariasjon
  - Fotograferes sammen med referanseobjekter for svart/hvit-fargeskala
  - Spektrofotometer
- Utføres kort tid etter påføring, og før trafikken settes på
- Oppfølging over flere år i forbindelse med vasking
- Flatene skal karakteriseres i henhold til metoder som er på utviklingsstadiet i COIN

vegvesen.no



## Videre arbeid

- Oppfølging av prøvefeldene
  - Årlig analyse av betongoverflaten
  - Innsamling av temperaturdata
  - På sikt: uttak av kjerneprøver

vegvesen.no



## Oppsummering

- Dokumentasjon på nedbrytningsmekanismer/ - hastighet i tunnel
- Dokumentasjon på de gitte overflateproduktene
  - Motstand mot aggressiver
  - Farge/lyshet
- Være med på å videreutvikle metoder for visuell karakterisering av betongoverflater
- Danne et bedre grunnlag for ev. å sette krav til overflatebehandling av betongelementer i fremtiden

vegvesen.no



Takk for oppmerksomheten!

vegvesen.no







### Oppsummering av tilstandsundersøkelsene 2006

Dette presenterte vi i 2006 basert på 2005 undersøkelsene:

- En stor del av de reparerte områdene har god tilstand
  - Ingen visuelle skader
  - Ingen forandring av farge eller "trynefaktor"
  - Ikke riss eller avflassing
- Noen områder har tydelige tegn på nedbrytning og skadeutvikling
  - Delaminering av overdekningen
  - Korrosjonsprodukter
  - Opprissing
  - Avflassing og reduksjon av heftfasthet for overflatebeh.



vegvesen.no 



# VENDEPUNKTET

vegvesen.no 

### Oppsummering av tilstandsundersøkelsene nå.

Etter besøk på bruene i 2006, 2007 og 2008 konkluderte vi:


- En liten del av de reparerte områdene har god tilstand
  - Ingen visuelle skader
  - Ingen forandring av farge eller "trynefaktor"
  - Ikke riss eller avflassing
- Mange områder har tydelige tegn på nedbrytning og skadeutvikling
  - Delaminering av overdekningen
  - Korrosjonsprodukter
  - Opprissing

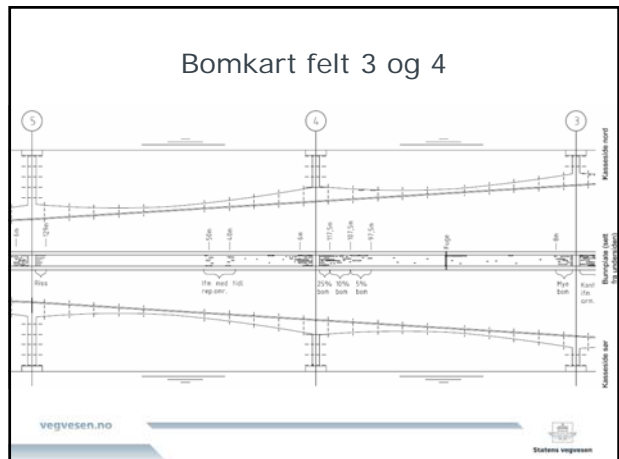
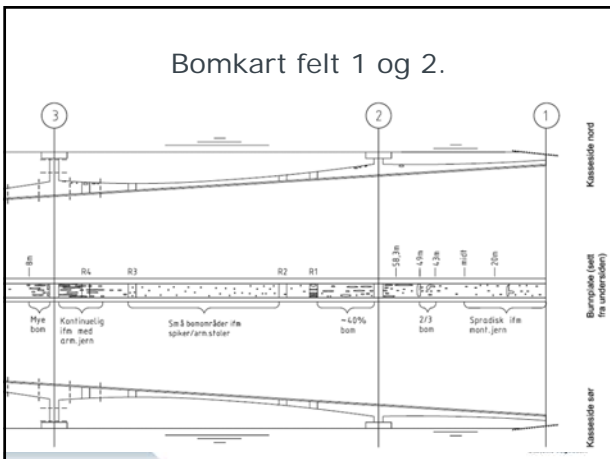


vegvesen.no 

### Spesialinspeksjon 2008

- Basert på eksplosiv skadeutvikling fra 2005 til 2007 ble det iverksatt en spesialinspeksjon av bruene
- Multiconsult Narvik gjennomførte et stort prøveprogram (mhp. klorider, overdekning og noe EKP)
- Nærvisuell inspeksjon av hele bruene

vegvesen.no 



### Oppsummering av spesialinspeksjonen

- ✦ Klordinntregningen har økt også på de reparerte områdene, og er for store deler av brua høyere enn det vi liker...
- ✦ Klordinntregningen er fortsatt omvendt proporsjonal med høyden over havet
- ✦ Skader på overbygningen er konsentrert rundt søyler i de høyreliggende delene av brua
- ✦ Noen deler av brua har så mye bom at det ville være lettere å markere fast betong...
- ✦ EKP var faktisk ikke mulig under inspeksjonen siden 2008 var en av de tørreste sommerene i historien i Lofoten!!!
  - (©Vær \* lang tid = © EKP)

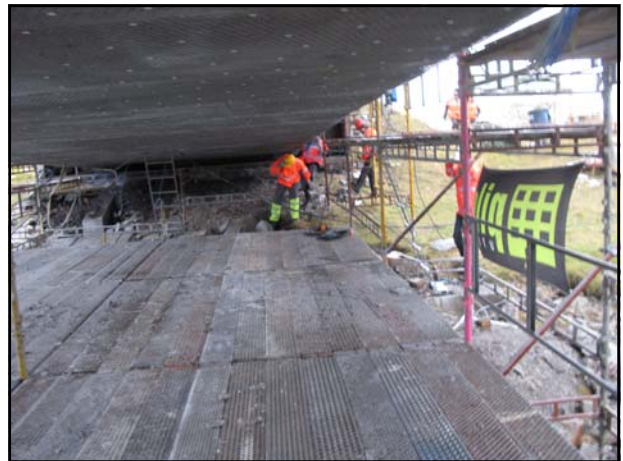
vegvesen.no



### Reparasjonen

- ✦ Brua ble vurdert til å være kommet så langt i skadeutviklingen at katodisk beskyttelse var eneste alternativ
- ✦ Av økonomiske hensyn ble de lavereliggende delene av brua prioritert, men hele brua må repareres så snart som (bevilgningsmessig) mulig
- ✦ Vedlikeholdsservice Drammen AS utfører arbeidene
- ✦ Arbeidene som dekker ca 1/3 av bruas areal forventes ferdigstilt våren 2011.
- ✦ Reparasjonsomfanget ble langt større enn forventet ut i fra Spesialinspeksjonen i 2008.

vegvesen.no



## Konklusjoner - Erfaringer

- OFU Gimsøystraumen har gitt oss mye kunnskap
  - Også lært oss at overflatebehandling av kloridinfisert betong ikke er spesielt lurt...
- Når skader først oppstår går det fort
  - **VELDIG FORT!!**
- Reparasjonsarbeidene på Gimsøystraumen har også lært oss mye, men det må jeg spare til neste innlegg på slutten av dagen.

vegvesen.no





**Statens vegvesen**

## Regelverk for betongrehabilitering

Implementering av NS-EN 1504-serien  
Bransjeveiledning

Eva Rodum  
Tunnel- og betongseksjonen, TMT

Teknologidagene 2010, Trondheim 2010-10-14

vegvesen.no

## Innhold

- Europeiske standarder for betongrehabilitering
  - NS-EN 1504
  - Andre
- Oversikt over gjeldende lover og regelverk i Norge
- Nasjonale beskrivelses"standarder"
- Betydning for de ulike deler av bransjen
- Eksempler fra NS-EN 1504
  - Del 9: Prinsipper og metoder
  - Del 2: Overflatebehandling
- Bransjeveiledning i bruk av standardverket
- Hva med Statens vegvesen?

vegvesen.no

## NS-EN 1504-serien

- Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner. Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og evaluering av samsvar
- Del 1-10
- Gjeldende i Norge fra 1. januar 2009

Del	Titel	Standard
1	Definisjoner	NS-EN 1504-1
2	Systemer for overflatebehandling	NS-EN 1504-2
3	Reparasjoner for bærende og ikke-bærende formål	NS-EN 1504-3
4	Lim for konstruktive formål	NS-EN 1504-4
5	Injeksjon av betong	NS-EN 1504-5
6	Forankring av armeringsstang	NS-EN 1504-6
7	Korrosjonsbeskyttelse av armering	NS-EN 1504-7
8	Kvalitetskontroll og vurdering av samsvar	NS-EN 1504-8
9	Almenne regler for bruk av produkter og systemer	NS-EN 1504-9
10	Bruk av produkter og systemer på byggeplass og kvalitetskontroll av utførelsen	NS-EN 1504-10

vegvesen.no

## NS-EN 1504-serien

- Del 1: Definisjoner
- Del 2: Systemer for overflatebehandling
- Del 3: Reparasjoner for bærende og ikke-bærende formål
- Del 4: Lim for konstruktive formål
- Del 5: Injeksjon av betong
- Del 6: Forankring av armeringsstang
- Del 7: Korrosjonsbeskyttelse av armering
- Del 8: Kvalitetskontroll og vurdering av samsvar
- Del 9: Almenne regler for bruk av produkter og systemer
- Del 10: Bruk av produkter og systemer på byggeplass og kvalitetskontroll av utførelsen

"Harmoniserte produktstandarder"

"Leverandørstandarden"

"Rådgiverstandarden"

"Entreprenørstandarden"

vegvesen.no

## Produktstandardene NS-EN 1504: 2-7

- Henviser videre til ca **100 prøvingsstandarder** for:
  - Tekniske egenskaper
  - Identifikasjon
  - Produksjonskontroll

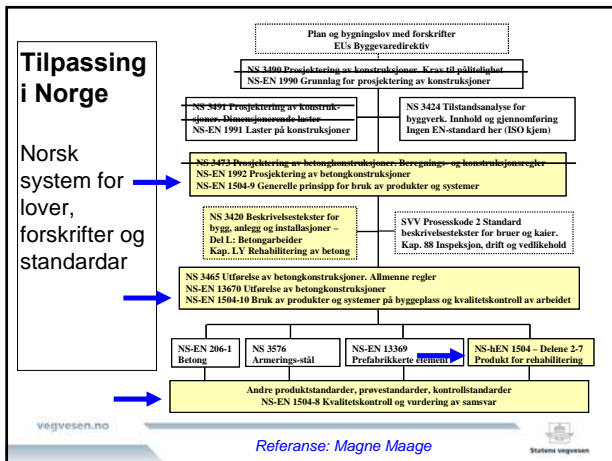
NS-EN 1062-6  
NS-EN ISO 6272-1  
NS-EN 12617-1  
NS-EN 1067-2  
NS-EN 13036-4  
NS-EN-ISO 2812-1  
NS-EN-ISO 5470-1  
NS-EN 1062-11  
NS-EN ISO 6272-1  
NS-EN 1081  
NS-EN ISO 7783-1  
NS-EN 1542  
NS-EN ISO 7783-2  
NS-EN ISO 2409  
NS-EN 13529  
NS-EN 12190  
NS-EN 1770  
NS-EN 13687-5

vegvesen.no

## Øvrige relevante EN-standarder for betongrehabilitering

- NS-EN 12696: Katodisk beskyttelse
- CEN/TS 14038 del 1: Realkalisering
- NS-EN 14487 del 1 og 2: Sprøytebetong

vegvesen.no



Nasjonale beskrivelses"standarder"

- NS 3420: Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner
  - Kapittel L: Betong
  - Kapittel LY: Betongrehabilitering
- HB 026 Prosesskode 2: Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier
  - Hovedprosess 8: Bruer og kaier
  - Underprosess 88: Inspeksjon, drift og vedlikehold
    - 88.3: Betongarbeider

vegvesen.no

NS 3420

Er revidert pr 2009-01-01 og henviser til NS-EN standarder for tekniske krav

Skal revideres med tanke på implementering av NS-EN

LY Rehabilitering av betong.....	LY2.221 Rengjøring av armering.....
LY1 Forbehandling av betong.....	
LY1.1 Mekanisk forbehandling .....	
LY1.2 Kjemisk forbehandling .....	
LY1.3 Termisk forbehandling .....	
LY2 Mekanisk reparasjon av betong .....	
LY2.1 Referansefelt for mekanisk reparasjon .....	
LY2.2 Mekanisk reparasjon, deloperasjoner .....	
LY2.21 Fjerning av betong.....	
LY2.22 Klargjøring av armering for reparasjon.....	
	88.3 Betongarbeider .....
	88.31 Rigg, stillaser og skjerming .....
	88.32 Mekanisk reparasjon .....
	88.33 Reparasjon under vann .....
	88.34 Reparasjon av riss og sprekker .....
	88.35 Realkalisering / kloriduttrekk .....
	88.36 Katodisk beskyttelse .....
	88.37 Overflatebehandling av betong .....
	88.38 Annet vedlikehold av betong .....

vegvesen.no

Hva betyr innføringen av det europeiske standardverket for de ulike aktører i betongrehabiliteringsbransjen?

vegvesen.no

Betydning for de ulike aktører

Material- og produktleverandørene:

- Viktige standarder:
  - NS-EN 1504-8 "Kvalitetskontroll og vurdering av samsvar"
  - Aktuelle deler av NS-EN 1504 del 2-7 (produktstandardene)
  - Aktuelle prøvingsstandarder
- Konsekvenser:
  - Bygge opp et internt kontrollsystem iht kravene i standarden
  - Gjennomføre prøving av hvert produkt iht krav i aktuell standard (internt og/eller eksternt)
  - Etablere kontakt med et "godkjent teknisk kontrollorgan"
  - Skal ha "sertifikat" for alle produkter

vegvesen.no

Betydning for de ulike aktører

Rådgivende ingeniører:

- Viktige standarder:
  - Alle, med unntak av prøvingsstandardene
- Konsekvenser:
  - Bruke NS-EN 1504-9 for valg av strategi og beskrivelse av riktig reparasjonsprinsipp og metoder
  - Bruke NS-EN 12696 ved beskrivelse av katodisk beskyttelse og CEN/TS 14038-1 for realkalisering
  - Kjenne NS-EN 1504 del 2-7 for å stille krav til egenskaper
  - Beskrive iht NS 3420 kap LY eller Prosesskode-2 (for Statens vegvesen)

vegvesen.no

### Betydning for de ulike aktører

**Entreprenører:**

- Viktige standarder:
  - NS-EN 1504-10: "Bruk av produkter og systemer på byggeplass og kvalitetskontroll av arbeidet"
  - Spesialstandardene:
    - NS-EN 12696: "Katodisk beskyttelse"
    - CEN/TS 14038-1: "Elektrokjemisk realkalisering"
    - NS-EN 14487 del 1 og 2: "Sprøytebetong"
- Konsekvenser:
  - Utføre arbeidene og velge produkter iht prosjektbeskrivelse
  - Etablere kontrollplaner og –systemer iht NS-EN 1504-10
  - Sørgе for at alle produkter har "sertifikat"
  - Utføre iht NS-EN 12696 ved katodisk beskyttelse og CEN/TS 14038-1 ved realkalisering
  - Utføre sprøyting iht NS-EN 14487

vegvesen.no



### Eksempler fra NS-EN 1504 (del 9)

- Definerer **prinsipper** og **metoder** for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner
- Inndelt i prinsipper og metoder aktuelle ved:
  - Defekter i betong
  - Armeringskorrosjon

Tabell 1 – Prinsipper og metoder for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner

Prinsipp	Eksempler på metoder basert på prinsippene	Relevant del av NS-EN 1504 del 9
1 Beskyttelse mot inntrengning av vann og luft	1.1 Hydrofobierende impregnering 1.2 Impregnering 1.3 Belegg 1.4 Forsegling av riss 1.5 Gjenfylling av riss	2 2 2 5
2 Etablere kontrollplaner og –systemer	2.1 Etablere kontrollplaner og –systemer	10
3 Gjenoppbygging av betong	3.1 Gjenoppbygging av betong	11
4 Forsterkning av konstruksjonen	4.1 Forsterkning av konstruksjonen	12
5 Øking av fysisk motstand	5.1 Øking av fysisk motstand	13
6 Øking av motstand mot kjemikalier	6.1 Øking av motstand mot kjemikalier	14
7 Armeringskorrosjon	7.1 Armeringskorrosjon	15
8 Øking av elektrisk motstand	8.1 Øking av elektrisk motstand	16
9 Katodisk regulering	9.1 Katodisk regulering	17
10 Katodisk beskyttelse	10.1 Katodisk beskyttelse	18
11 Regulering av anodiske områder	11.1 Regulering av anodiske områder	19

vegvesen.no



### Eksempler fra NS-EN 1504 (del 9)

**Defekter i betong**

1. Beskyttelse mot inntrengning
  2. Regulering av fuktinnhold
  3. Gjenoppbygging av betong
  4. Forsterkning av konstruksjonen
  5. Øking av fysisk motstand
  6. Øking av motstand mot kjemikalier
- Armeringskorrosjon**
7. Bevaring eller gjenoppretting av passivitet
  8. Øking av elektrisk motstand
  9. Katodisk regulering
  10. Katodisk beskyttelse
  11. Regulering av anodiske områder

Tabell 1 – Prinsipper og metoder for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner

Prinsipp	Eksempler på metoder basert på prinsippene	Relevant del av NS-EN 1504 del 9
1 Beskyttelse mot inntrengning av vann og luft	1.1 Hydrofobierende impregnering 1.2 Impregnering 1.3 Belegg 1.4 Forsegling av riss 1.5 Gjenfylling av riss	2 2 2 5
2 Etablere kontrollplaner og –systemer	2.1 Etablere kontrollplaner og –systemer	10
3 Gjenoppbygging av betong	3.1 Gjenoppbygging av betong	11
4 Forsterkning av konstruksjonen	4.1 Forsterkning av konstruksjonen	12
5 Øking av fysisk motstand	5.1 Øking av fysisk motstand	13
6 Øking av motstand mot kjemikalier	6.1 Øking av motstand mot kjemikalier	14
7 Armeringskorrosjon	7.1 Armeringskorrosjon	15
8 Øking av elektrisk motstand	8.1 Øking av elektrisk motstand	16
9 Katodisk regulering	9.1 Katodisk regulering	17
10 Katodisk beskyttelse	10.1 Katodisk beskyttelse	18
11 Regulering av anodiske områder	11.1 Regulering av anodiske områder	19

vegvesen.no



### Eksempler fra NS-EN 1504 (del 9)

**Prinsipp 1 – Beskyttelse mot inntrengning – aktuelle metoder**

Prinsipp	Eksempler på metoder basert på prinsippene	Relevant del av NS-EN 1504
<b>Prinsipper og metoder aktuelle ved defekter i betong</b>		
1. Beskyttelse mot inntrengning	1.1 Hydrofobierende impregnering	2
	1.2 Impregnering	2
	1.3 Belegg	2
	1.4 Forsegling av riss	
	1.5 Gjenfylling av riss	5
	1.6 Etablere fuger i riss	
	1.7 Innkledning	
	1.8 Membraner <sup>a</sup>	

vegvesen.no



### Eksempler fra NS-EN 1504 (del 2)

**Produktstandarden for overflatebehandling:**

- Krav til
  - Egenskapstesting
  - Identifikasjonskontroll
  - Produksjonskontroll (i fabrikk)
- Avhengig av metode
  - 1.1 Hydrofobierende impregnering
  - 1.2 Impregnering
  - 1.3 Belegg
- (...og prinsipper)

vegvesen.no



No.	Test metode definert i	Prinsipp	Impregneringsmetode			Fuging	Fuging	Fuging	Fuging	Fuging	Fuging
			1.1	1.2	1.3						
1	EN 12696	Linear shrinkage	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	EN 12696	Compressive strength	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	EN 12696	Coefficient of thermal expansion	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	EN ISO 2489	Adhesion by stress-ful test <sup>a</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	EN 12696	Permeability to CO <sub>2</sub>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	EN 12696	Permeability to water vapour	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	EN 12696	Chemical resistance	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	EN 12696	Adhesion after thermal compatibility	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	EN 12696	Resistance to freeze-thaw cycles	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10	EN 12696	Resistance to freeze-thaw cycles (thermal shock)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	EN 12696	Thermal cycling without damaging wall impact	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	EN 12696	4.1 Aging 7 days at 10 °C	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	EN 12696	Resistance to thermal shock	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	EN 12696	Chemical resistance	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15	EN 12696	Resistance to severe chemical attack	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16	EN 12696	Crack healing ability	■	■	■	■	■	■	■	■	■
17	EN 12696	Impact resistance	■	■	■	■	■	■	■	■	■
18	EN 12696	Adhesion strength by pull-off test	■	■	■	■	■	■	■	■	■
19	EN 12696	Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire test	■	■	■	■	■	■	■	■	■
20	EN 12696	Resistance against freeze-thaw test (alternation of hydrostatic pressure) (determination of loss of mass)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21	EN 12696	Optical resistance	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22	EN 12696	Depth of carbonation	■	■	■	■	■	■	■	■	■
23	EN 12696	4.2 Behaviour after artificial weathering	■	■	■	■	■	■	■	■	■
24	EN 12696	Artificial weathering	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25	EN 12696	Artificial weathering	■	■	■	■	■	■	■	■	■
26	EN 12696	Adhesion on wall concrete	■	■	■	■	■	■	■	■	■
27	EN 12696	Water absorption and resistance to alkali test for hydrophobic impregnation	■	■	■	■	■	■	■	■	■
28	EN 12696	Drying rate for hydrophobic impregnation	■	■	■	■	■	■	■	■	■
29	EN 12696	Diffusion of chloride ions	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ for all bruk  
□ for spesiell bruk

## Eksempler fra NS-EN 1504 (del 2)

Table 3 — Performance requirements for hydrophobic impregnation

No. of Table 1	Performance Characteristics	Test method	Requirements
17	Loss of mass after freeze-thaw stress This test is only necessary for structures which may come in contact with deicing salts.	EN 13581	The loss of mass of the surface of the impregnated specimen must occur at least 20 cycles later than that of the not impregnated specimen.
19	Depth of penetration measured on 100 mm concrete test cubes (3.75) according to EN 1186 (not C.0.45) as given in EN 13579. After 28 days of curing according to EN 1186, the samples shall be stored according to the dry procedure given in EN 1186. The treatment with hydrophobic agent shall be in accordance to EN 13579.	The depth of penetration is measured with an accuracy of 0.5 mm by treating open the treated specimen and spraying the fracture surface with water (using the phenolphthalein test method with water instead of phenolphthalein) according to prEN 14620. The depth of the dry zone is taken as the effective depth of hydrophobic impregnation.	class I: < 10 mm class II: ≥ 10 mm
23	Water absorption and resistance to alkali	EN 13580	Absorption ratio < 7.5 % compared with the untreated specimen Absorption ratio (after immersion in alkali solution) < 10 %
24	Drying rate coefficient	EN 13579	class I: > 30 % class II: > 10 %
25	Migration of chloride ions*	subject to national standards and national regulations	

\* When the capillary absorption to water is < 0.01 kg/m<sup>2</sup> h<sup>0.5</sup>, the migration of chloride ions is not to be expressed.

vegvesen.no Metode vil bli beskrevet i NA

## Eksempler fra NS-EN 1504 (del 2)

- Identifikasjonsprøving
- Eks: Hydrofobierende impregnering
- A = Hver batch
- B = Hver 10. batch
- C = 2 g. pr år
- D = 1 g. pr år

Table 2 — Identification tests

Identification characteristics/Property	Test method	Tolerance*
Identification of the components	Visual	3
General appearance and colour	A	Uniform and similar to the description provided by the manufacturer
Density	EN ISO 2811-1 — Reference method or — Increased body method	±3 % ±3%
Colour spectrum	EN 1197	The positions and relative intensities of the main absorption bands shall match those of the reference spectrum
Epoxy equivalent	EN 1877-1	±6 %
Amine functions	EN 1877-2	±8 %
Moisture value	EN 1342	±10 %
Acid content	EN 1342	±10 %
Visible and non-visible matter	EN ISO 3051	±5 %
Ash content	EN ISO 3461-1	±6 %
Thermogravimetry	EN ISO 11958	Confirmed by comparison with ±3 % with respect to loss of mass at 600 °C
Flow time	EN ISO 2431	±13 %
Viscosity	EN ISO 3218	±20 %
Particle size distribution of dry components	EN 12182-1	+2 mm: ±6 % abs. 0.063 mm - 2 mm: ±4 % abs. -0.063 mm: ±2 % abs.
Identification of the fresh mixture	EN ISO 18117	±10 %
Bulk flow - dry - glass beads method	EN ISO 6914	±10 %
Flow	EN ISO 898	±3 units above A or D after 7 days
Progress in shore A or D hardness after 1, 3 and 7 days	EN 12153	±15 % or 20 mm
Consistency	EN 12157	±2 % (abs.)
Air content	EN 12182 and EN 12156	±5 %
Bulk density	EN 13396-2	±15 %
Workability — flow of mortar	EN 13396-2	±15 %
Setting time	EN 13394	±20 %

\* Deviates from the manufacturer's documented data.

## Eksempler fra NS-EN 1504 (del 2)

- CE-merking
- Etter utarbeidelse av nødvendig teknisk dokumentasjon og en korrekt samsvarserklæring, kan CE-merket settes på produktet
- Ansvar for korrekt CE-merking hviler på produsenten

Ident - teknisk kontrollorgan	01234
Produsent	AnyCo Ltd, PO Bx 21, B-1050
Årstall for merking	00
Sertifiseringsnr	0123-CPD-0456
EN-standard	EN 1504-2
Produktbeskrivelse	surface protection products hydrophobic impregnation
Depth of penetration Class II: ≥ 10 mm	
Water absorption and resistance to alkali: absorption ratio < 7,5 % compared with the untreated specimen	
absorption ratio < 10 % after immersion in alkali solution	
Drying rate for hydrophobic impregnation: class II: > 10 %	
Dangerous substances comply with 5.4	

Produktinformasjon og regulerte karakteristiske egenskaper

## Byggteknisk forskrift, TEK10

- Forskrift om tekniske krav til byggverk
- Ikrafttredelse: 2010-07-01
- Kapittel 3: Dokumentasjon av produkter
  - § 3-11: CE-merking
  - 3) For produkter til byggverk som er i samsvar med Byggevaredirektivet, er påføring av CE-merke frivillig
  - Veiledning til ledd 3: Dersom det foreligger en harmonisert europeisk produktstandard er det obligatorisk å utarbeide produktdokumentasjon på bakgrunn av denne. Påføring av selve CE-merket vil imidlertid fremdeles være frivillig.

Kilde: Statens Bygningstekniske Etat

"Produktsertifikat"

## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

- Det nye regelverket er komplisert
- Norsk Forening for Betongrehabilitering (NFB) så behov for en veiledning i bruken av standardverket
- Komite "for implementering av NS-EN 1504-serien" nedsatt 2009
  - Jan Lindland, Stærk & Co AS
  - Magne Maage, Skanska
  - Trond Helgedagsrud, Rescon Mapei
  - Jan-Magnus Østvik, SVV
  - Eva Rodum, SVV
- Finansieres av NFB, NB og RIF + bransjen
- Skal være ferdig i 2011
- Etterfølges av kursopplegg for bransjen



## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

- Komitèens mandat
  - Utarbeidelse av en veiledning i bruk av standardene
  - Veiledningen skal kunne benyttes sammen med NS 3420 (og eventuelt Prosesskoden)
- Komitèen er samtidig arbeidsgruppe for Standard Norge:
  - Utarbeide forslag til Nasjonale tillegg for NS-EN 1504
  - Bistå i oversettingsarbeidet. Foreløpig foreligger utkast for del 9 og 10. Utkast til del 9 er omfattende kommentert og returnert SN, utkast til del 10 er under arbeid



## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

- Vil følge inndelingen i NS 3420 (og ikke prinsipp/metoder i NS-EN 1504), med følgende kapitler:

- 1: Forbehandling
- 2: Mekanisk reparasjon
- 3: Elektrokjemisk realkalisering og kloriduttrekk
- 4: Katodisk beskyttelse
- 7: Overflatebehandling

- 5: Elektrokjemisk uttørring
- 6: Overvåkingsutstyr



vegvesen.no



## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

Eks: Kap. 7: Overflatebehandling av betong

- 7.0 Generelt
- 7.1 Definisjoner
- 7.2 Materialer
  - 7.2.1 Generelt
  - 7.2.2 Hydrofobrende impregnering
  - 7.2.3 Impregnering
  - 7.2.4 Belegg
- 7.3 Utførelse
  - 7.3.1 Generelt
  - 7.3.2 Hydrofobrende impregnering
  - 7.3.3 Impregnering
  - 7.3.4 Belegg
- 7.4 Prøving, kontroll og dokumentasjon
  - 7.4.1 Generelt
  - 7.4.2 Kontroll av underlaget (delminering, renhet, fuktighet, ...)
  - 7.4.3 Mottakskontroll av produkter og systemer (identitet)
  - 7.4.4 Kontroll før og under påføring (temperatur, luftfuktighet,...)
  - 7.4.5 Kontroll etter herding (tykkelse, dekningsgrad, inntrenging,...)

vegvesen.no



## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

- Status pr oktober 2010 (internt):

- 1: Forbehandling – 1. utkast foreligger
- 2: Mekanisk reparasjon – arbeid pågår
- 3: Elektrokjemisk realkalisering og kloriduttrekk – 1. utkast
- 4: Katodisk beskyttelse – 1. utkast foreligger
- 7: Overflatebehandling – 1. utkast foreligger

- 5: Elektrokjemisk uttørring – ikke påbegynt
- 6: Overvåkingsutstyr – ikke påbegynt

- Ekstern høring planlagt ved årsskiftet



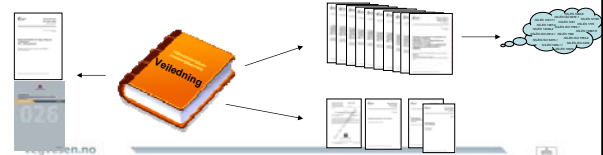
vegvesen.no



## Bransjeveiledning for bruk av NS-EN

- Skal ikke gjenta ting som står i NS-EN 1504 eller andre betongrehabiliteringsstandarder, men henviser til relevante deler

- Ved å følge veiledningen skal en være trygg på at de ulike kravene i NS-EN er fanget opp



vegvesen.no



## Statens vegvesen?

- Prosesskode 2, prosess 88.3 har behov for revisjon

- Herunder materialkrav
  - Mørtler/betong
  - Overflatebehandling



vegvesen.no



## Statens vegvesen pr i dag

### Materialkrav mørtler:

Håndmørtel skal tilfredsstille følgende krav:

Tabell 88.32-1	Egenskap	Testmetode	Krav
Egenskap	Trykkfasthet	NS-EN 196-1	35-55 MPa
	Bøyestivhet	NS-EN 196-1	> 5 MPa
Egenskap	E-modul	NS 3676	20-30 GPa
	Vandingspenetrabilitet	NT Brukl 369	> 0,5 x 10 <sup>-12</sup> kg / mPa
Temperatur	Temperaturutvidelse	TP BC-PCC	0,3-1,5 x 10 <sup>-5</sup> pr °C
	Frostmotstand	SS137244	Ood
pH i porevann	SINTEF KS 70133 eller tilsvarende metode		> 12,5
	Kloridkoeffisient	En av metodene NT Brukl 443, NT Brukl 355 eller SINTEF MB 71116	Lik eller lavere diffusivkoeffisient enn referansemørtelgruppe B i NS 3099
Svinn	DIN 52450		< 0,5 %
	Swelling	DIN 52450	Skal være mindre enn det målte svinnet.

Spreymørtel skal tilfredsstille følgende krav:

Tabell 88.32-2	Egenskap	Testmetode	Krav
Egenskap	Trykkfasthet	NS-EN 196-1	45-80 MPa
	Bøyestivhet	NS-EN 196-1	> 6 MPa
Egenskap	E-modul	NS 3676	20-35 GPa
	Vandingspenetrabilitet	NT Brukl 369	> 0,1 x 10 <sup>-12</sup> kg / mPa
Temperatur	Temperaturutvidelse	TP BC-PCC	0,3-1,5 x 10 <sup>-5</sup> pr °C
	Frostmotstand	SS137244	God
pH i porevann	SINTEF KS 70133 eller tilsvarende metode		> 12,5
	Kloridkoeffisient	En av metodene NT Brukl 443, NT Brukl 355 eller SINTEF MB 71116	Lik eller lavere diffusivkoeffisient enn referansemørtelgruppe B i NS 3099

Støringsakselerator tilsettes ikke brukt.

vegvesen.no



## Statens vegvesen pr i dag

- Materialkrav – overflatebehandling: Produktene skal være dokumentert iht IR 2034:



- og tilfredsstillte spesifikke krav til resultater

vegvesen.no



## Statens vegvesen pr i dag

Materialkrav overflatebehandling:

Impregnering:

Filmdannende belegg:

Tabell 88.37-1			Tabell 88.37-2		
Egenskaper	Prøvemeter	Krav	Egenskaper	Testmetode	Krav
Motstand mot kloridinnvirkning	SINTEF MB 71301	≥ 75 % reduksjon i forhold til referanse	Motstand mot kloridinnvirkning	SINTEF MB 71301	≥ 75 % reduksjon i forhold til referanse
Inntrængningsdybde	SINTEF MB 71301	Opptil 1 mm	Strekfasthet	NS-EN ISO 4624	≥ 0,8 MPa ved 20 °C
Løstangevise for silt	SINTEF KS 70125 eller tilsvarende metode	Jegns oppløsning. Kun relevant når produktet kan brukes i kontakt med silt	Heftfasthet	NS-EN ISO 4624	≥ 1,2 MPa eller materialets strekkfasthet
			Motstand mot luftkontaminering	NT Buidt 300	≥ 90 % reduksjon etter 16 timer
			Vannadapptøringshastighet	NT Buidt 369	0,5 ± 10 -12 kg / m <sup>2</sup> / h
			UV bestandighet	ASTM G53 1990	Class II eller III
			Flammehydrolytisk egenskap	EN 13501-1	Class III T

vegvesen.no



## Statens vegvesen – hva skjer?

- Behov for revisjon av materialkrav iht nye prøvingsmetoder definert i NS-EN 1504
- Prøvingsmetode for bestemmelse av kloridbremsende egenskaper for overflatebehandling vil bli definert i NA (sannsynligvis i tråd med IR 2034)
- Statens vegvesen gjennomfører (2009-2010) egenskapstesting av flere produkter iht metoder gitt i NS-EN 1504
  - Del 2: Overflatebehandling (hydrofobrende impregneringer og belegg)
  - Del 3: Mørtler (hånd- og sprøytemørtler)
- Prosesskode 2 – 88.3 vil bli revidert etter at produktdokumentasjonen og arbeidet med bransjeveiledningen er ferdig

vegvesen.no





  
Statens vegvesen

## NS-EN 13670

### Utførelse av betongkonstruksjoner


Reidar Kompen, TMT Tunnel og Betongseksjonen

vegvesen.no

## NS-EN 13670

- ✎ NS-EN 13670 erstatter NS 3465 som kom i 2003
- ✎ NS 3465 var en "norsk gjendiktning" av prEN13670, det blir altså relativt små endringer
- ✎ NS-EN 13670 består av to deler :
  - EN 13670 felleseuropeisk standard
  - NA Norsk nasjonalt tillegg


vegvesen.no



## NS-EN 13670

- ✎ Status; lovet ferdig
  - ✎ mars(april) 2010, 1.juli 2010, sept.2010, nov.2010
- ✎ EN 13670 er oversatt og språkvasket
- ✎ NA er utarbeidet, vært på høring, ferdig
  - ✎ Gudrunn har bestemt alle komma og punktum
- ✎ Ny PBL forsinket til etter 1. juli
- ✎ Forsinkelse nå skyldes sykdom i SN sekretariatet


vegvesen.no



## NS-EN 13670

- inneholder det standarden bør inneholde
- er formulert i generelle og runde termer, lite tall
- tillater alt som kan tillates
- "alt skal være riktig, ikke noe feil"
- ✎ Hvis man ønsker noe spesielt, må det beskrives spesielt. Forord NA : "NS-EN 13670 gir anledning til å fastlegge krav i produksjonsunderlaget....."
- ✎ Passer som hånd i handske med Prosesskoden


vegvesen.no



## NS-EN 13670, noen endringer :

- ✎ Utførelsesklasse 1, 2 og 3, erstatter Begrenset, Normal og Utvidet kontroll
- ✎ Fasthetskrav for utborede kjerner strøket, står nå i NS-EN 13791 og er 85 % av krevd karakteristisk fasthet, ikke 80 %
- ✎ Endret toleranser for spennkraft, avvik forlengelse
  - ± 15 % for enkelt spennheter, før 10 %, men
  - ± 5 % for gruppen av spennheter, som før.


vegvesen.no



## NA til NS-EN 13670

- ✎ Om EN 13670 er rund, er NA desto skarpere i kantene. Tekniske endringer til samsvar med Prosesskoden prosess 84 : !!!!!!!!!!!!!
- ✎ Utførelsesklasse 3, kontroll av luftinnhold: Ved oppstart og senere minst hver påbegynt 50 m<sup>3</sup> og minst hver 3. time.
- ✎ Tilslagets  $D \leq D_{max}$  og  $\geq 16$  mm
- ✎ Identitetsprøving av fasthet og støpelighet hver påbegynt 200 m<sup>3</sup> eller påbegynt støpeskift (Et støpeskift er maks 10 timer)

vegvesen.no



## NS-EN 13670, ting skal være på stell !

- NA 4.4.2(1) Det kreves at det utarbeides en kvalitetsplan i utførelsesklasse 2 og 3, kfr. NS-EN 1990
- NA 4.3.1(1) Det skal foreligge et kvalitetssystem som oppfyller og utfyller bestemmelsene i NS-EN 1990/NA.
- NA.8.2(1) Støpearbeider skal planlegges slik at det kan sikres at standardens krav oppfylles og det oppnås tilfredsstillende resultat. Det skal normalt foreligge en skriftlig støpeplan der støpearbeidene er kompliserte grunnet forhold som vanskelig geometri eller utstøpingsforhold, tett armering, stort/langvarig støpearbeid, vanskelige værforhold osv., eller der understøttelsen krever en spesiell utførelse. Tilsvarende gjelder for konstruksjonsdeler som inneholder etteroppent armering.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 vedr. KONTROLL

- I prinsippet samme system som i NS 3465:

Utførelsesklasse	1	2	3
Basiskontroll	x	x	x
Systematisk intern kontroll		x	x
Uavhengig kontroll besørget av byggherren		(x)	x

vegvesen.no



## NS-EN 13670 - KOMPETANSEKRAV

- Spesifiserte krav til kompetanse for entreprenørens nøkkelpersoner**
  - Produksjonsleder, Øverste faglige tilsyn
    - Formann og bas
  - Spennarmeringsleder
    - Spennarmeringsformann
  - Montasjeleder prefab. btg. Elem.
    - Montasjeformann og bas
  - Sveisekoordinator
    - Sveiseoperatør
  - Kontrollleder for systematisk intern kontroll
    - Kontrollør for systematisk intern kontroll
- Nevnte ledere skal i nødvendig grad være til stede der arbeidene utføres og tilgjengelige på kort varsel.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 - KOMPETANSEKRAV

- Kontrollforskriften til PBL er sagt å skulle tre i kraft fra 1. juli 2011. Denne vil gi grunnlag for et nytt NA til NS-EN 1990 hvor det blir beskrevet
  - krav til den uavhengige kontrollen**
  - kompetansekrav til den uavhengige kontrollør**
- En egen NS for kontroll av byggearbeider er under utarbeidelse.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 –Produksjonsleder

- NA.4.1.1(1)
 

Produksjonsleder har det øverste faglige tilsynet med alle deler av betongarbeidene, dvs. forskaling, armering, spennarmering, sveising av armering, elementmontasje, transport, støping og etterbehandling av betong, for det som er relevant i prosjektet. Produksjonslederen skal ha:

  - forståelse for belastninger og konstruksjonens virkemåte under byggeperioden og i ferdig tilstand
  - inngående kunnskap om anleggsteknikk, valg av utførelsesmetoder og utstyr
  - forståelse for hvordan temperatur og værforhold innvirker på utførelsen
  - forståelse for nødvendige krav til betongens egenskaper i fersk og herdnende tilstand

vegvesen.no



## NS-EN 13670 -Produksjonsleder

- NA.4.1.1(2) Ved spesialarbeider som spennarmering, sveising og elementmontasje skal produksjonsleder ha det øverste faglige tilsynet med arbeidene også når dette utføres av underentreprenører eller innleide personer/bedrifter. Produksjonsleder skal forstå prinsippene for de arbeidsoperasjonene som utføres, og ha kunnskap om hva som er kritisk for utførelsen. For spennarmering og elementmontasje skal produksjonsleder ha gjennomgått spesiell opplæring innenfor det aktuelle fagområdet.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 - Kontrollleder

- NA.4.1.3(1) Den interne systematiske kontrollen av utførelsen skal utføres under et overordnet tilsyn av kontrollleder. Kontrollleder skal ha erfaring i teknisk kontroll samt god innsikt i hva som er kritiske arbeidsoperasjoner og hva som er kritisk for konstruksjonens funksjonsegenskaper. Kvalifikasjonskravene for kontrollleder for et arbeid er tilsvarende kravene til produksjonsleder. Erfaring både fra byggeplass, rådgivende kontor og kontrollarbeid er relevant praksis.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 – Kontrollleder NA.4.3.1(7b)

Kontrollleder for den utførendes interne systematiske kontroll skal:

- sørge for at det utarbeides kontrollplaner med tilhørende prosedyrer og sjekklister når det gjelder de aktivitetene på byggeplass som omfattes av denne standarden, i henhold til:
  - produksjonsunderlaget for prosjektet
  - bestemmelsene i punkt 4
  - nasjonalt tillegg punkt 4
- sørge for at planlagt kontroll blir gjennomført og dokumentert
- sørge for at kontrollører har tilstrekkelige teoretiske og praktiske kunnskaper for det arbeidet de skal utføre
- ved pågående arbeider å være tilstede i den utstrekning det er nødvendig for å påse at arbeidet blir utført og kontrollert etter gjeldende kontrollplaner

vegvesen.no



## NS-EN 13670 - Kontrollleder

- NA.4.3.1(7d) Der deler av arbeidene utføres av underentreprenører, skal hovedentreprenørens kontrollleder sørge for at underentreprenørens interne systematiske kontroll er koordinert med hovedentreprenørens kontrollplaner, og at underentreprenørens planlagte kontroll gjennomføres og dokumenteres, og inngår i den samlede dokumentasjonen for utført kontroll i prosjektet.

vegvesen.no



## NS-EN 13670 Kompetansekrav

- I forhold til tidligere er det ganske stramme krav til kompetanse, oppgaver og plikter for entreprenørens nøkkelpersoner.
- Kravene til kontroll og dokumentasjon er enda tydeligere enn i NS 3465.
- ➔ BLIR DET ET SJOKK FOR ENTREPRENØRENE ?
- Verken entreprenørene eller VI SELV har tatt overgangen til kontrollreglene i NS3465 fullt innover oss. Overgangen til NS-EN 13670 blir dermed enda større. (Spesielt sveisearbeid)

vegvesen.no



## NS-EN 13670

- Konsekvenser for byggherren ?

STANDARDEN STILLER INDIREKTE STØRRE KRAV TIL BYGGHERREN. Det har vel også vært meningen med den nye PBL.

Kontrollforskriften pr. 1. juli 2011 og revidert NA til NS-EN 1990 vil stille mer direkte krav til byggherren.

Hvis vi ikke sørger for at standardens bestemmelser følges, risikerer vi å måtte skaffe all dokumentasjon selv.

vegvesen.no







## Alkalireaksjoner i betong – hvordan håndterer vi dette?

Eva Rodum  
Tunnel- og betongseksjonen, TMT

vegvesen.no      Teknologidagene 2010, Trondheim 2010-10-14

## Innhold

- Hva er alkalireaksjoner?
- Hvor i Norge finner vi det?
- Hvordan diagnostisere?
- Hvordan håndtere alkalireaksjoner?
  - Oppfølging
  - Konsekvenser
  - Tiltak
- Nautesund bru – FoU-prosjekt

vegvesen.no      Statens vegvesen

## Hva er alkalireaksjoner?

Alkalireaksjoner er en **kjemisk-fysisk** prosess

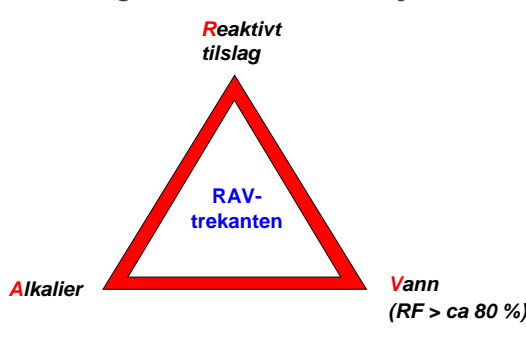
Visse bergarter i tilslaget reagerer kjemisk med alkalier i betongens sementpasta

Reaksjonsproduktet, en alkaligel, er vannsugende og sveller ved vannopptak

Volumøkningen forårsaker opprissing når strekkfastheten overskrides

vegvesen.no      Statens vegvesen

## Betingelser for alkalireaksjoner



**Reaktivt tilslag**

**Alkalier**      **Vann (RF > ca 80 %)**

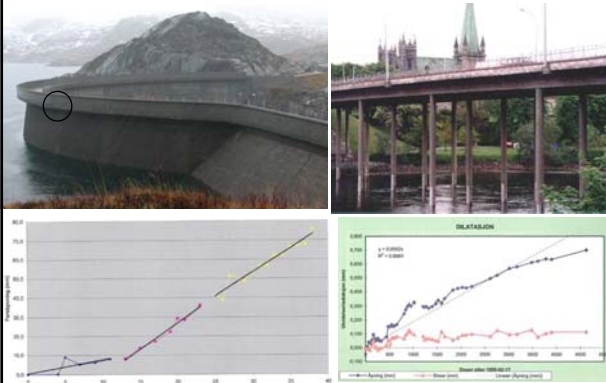
**RAV-trekanten**

vegvesen.no      Statens vegvesen

## Alkalireaksjoner i Norge

- Fram til 1990 ikke ansett som problem i Norge
- Fra 1996: Regelverk for å unngå alkalireaksjoner i nye konstruksjoner (NB 21)
  - Klassifisering av tilslag
  - Krav til betongsammensetning
- Norske tilslag er "langsomt reagerende". De første tegn normalt etter 15-20 år
- Ekspansjonshastigheten svært avhengig av betongsammensetning og fuktesponering (+ konstruksjon)
- Ekspansjonene stanser ikke (?)

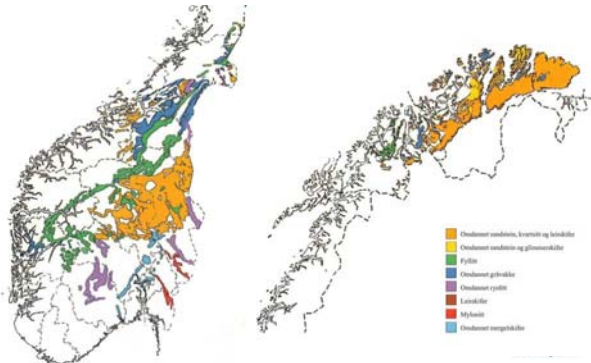
vegvesen.no      Statens vegvesen



Larsen, S. m.fl., "Experiences from extensive condition survey and FEM-analyses of two Norwegian concrete dams with ASR", 13th ICAAR, Norway, 16-20 June 2008

Jensen, V., "Eigeseter bru: Fukt- og ekspansjonsmålinger inntil 2007...", NBTL rapport nr R07191, 2007

### Hvor i Norge finnes alkalireaksjoner?



### Hvordan diagnostisere alkalireaksjoner?

1. Indikasjon: Visuelt i felt (riss og tegn på ekspansjoner)
2. Dokumentasjon: Strukturanalyser på utborede kjerner (riss og gel, bergarter)

(Fuktmålinger i ulike lokaliteter kan gi nyttig tilleggsinformasjon, bla om årsak til variasjoner i rissomfang)

vegvesen.no



### Indikasjon – visuelle registreringer

- ▾ Opprissing
  - Krakeleringsriss på frie flater
  - Riss parallelt med belastningsretningen
  - Utfelling av gel i riss
  - Mest opprissing på fuktutsatte flater
- ▾ Sammenklemming av fuger
- ▾ Forskyvning av lagre
- ▾ Deformasjoner

vegvesen.no



Jernbanebru, Trondheim

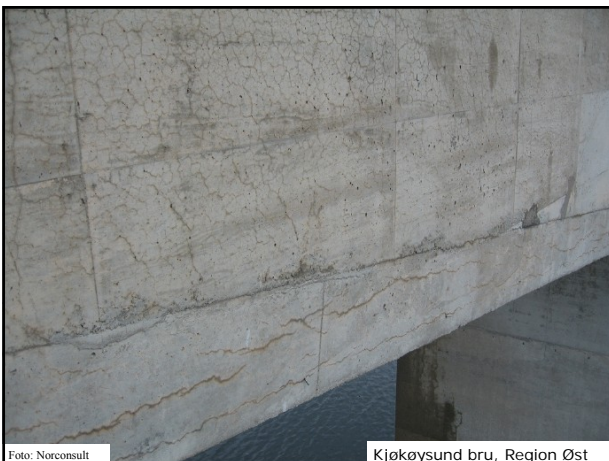


Foto: Norconsult

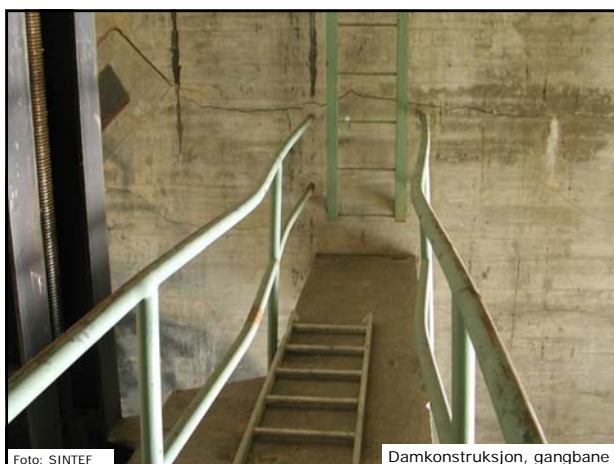
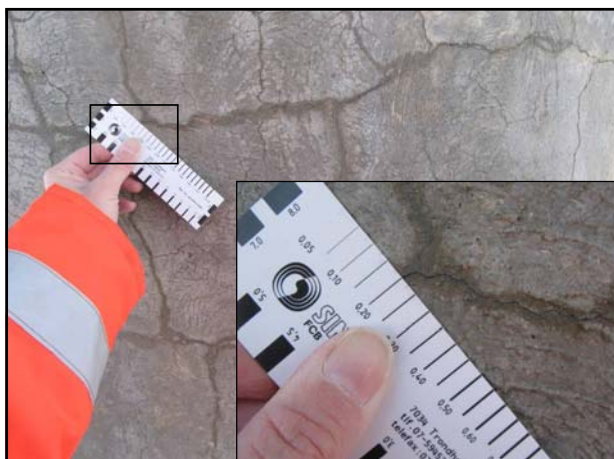
Kjøkøysund bru, Region Øst



vegvesen.no



Tromsø bru, Region Nord



### Elgeseter bru

- Lengde 200 m, 9 spenn
- Fugeåpning: Redusert fra 200 til 20 mm på 50 år
- Lengdeutvidelse av overbygning -> forskyvning av søyletopper -> tilleggskrefter

$\Delta l = 200 \text{ mm}$

vegvesen.no Statens vegvesen

### Dokumentasjon - strukturanalyser

- Utboring av kjerner
- Strukturanalyser – kjerner, plan- og tynnslip
  - Registrering av riss, utfellinger, reaksjonsrender rundt tilslag
  - Identifikasjon av alkaligel og reagerte bergarter

↓  
Krever spesialkompetanse!

vegvesen.no Statens vegvesen







### Planslip

- Størrelse: Kjernediameter x kjernelengde
- Fluoriserende epoksy

Foto: PELCON, Danmark  
vegvesen.no

### Tynnslip - mikroskop

- Størrelse: Ca 30 x 50 mm<sup>2</sup>  
tykkelse 0,02-0,03 mm

Riss i tilslag og alkaligelt i riss og luftpore (piler)

1 mm

SINTEF

vegvesen.no

### Hvordan håndtere AR - oppfølging?

- Oppfølging av utviklingen - systematisk måling av:
  - Ekspansjoner
  - Rissvidder

vegvesen.no

### ORI – Overflate Riss Indeks

Metode for karakterisering av opprissingsgrad \*)

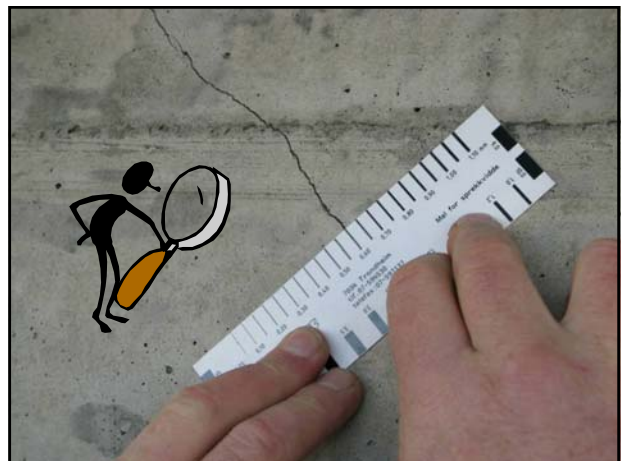
$l_{side} = 1 \text{ m}$


$l_{diagonal} = 1,41 \text{ m}$


$$ORI = \frac{\sum cw/l_{side} + \sum cw/l_{diag} + \sum cw/l_{side} + \sum cw/l_{diag}}{4}$$

\*) Bygger på en fransk metode, modifisert av mastergradsstudent i 2006 (B.A Birkeland)

vegvesen.no



Referansefelt		Landkar i akse 1, flate mot nordvest
Σ rissvidde (mm/m)	OA	5,62
	OB	0,65
	OC	4,26
	AB	3,97
ORI		<b>3,63</b>
Foto		
		
Nautesund landkar		

Referansefelt		Nordre tårnsøyle i akse 4, flate mot sør
Σ rissvidde (mm/m)	OA	0,24
	OB	3,15
	OC	2,27
	AB	2,74
ORI		<b>1,98</b>
Foto		
		
Nautesund tårnsøyle		


### ORI - Vurderingskriterier

- Fra fransk metode, eks:

Overflateriss-indeks, "ORI" (mm/m)	Opprissingsgrad
0 - 0,5	Neglisjerbar
0,5 - 1	Liten
1 - 2	Moderat
2 - 5	Stor
5 - 10	Veldig stor
10 <	Alvorlig

Nautesund, tårn →  
Nautesund, landkar →

- NB! Må nok modifieres etter norske erfaringer, alvorlighetsgrad konstruksjonsavhengig

vegvesen.no 


### Hvordan håndtere AR – konsekvenser?

- Estetisk
  - Visuelt skjemmende
- Bestandighetsmessig - følgeskader
  - Armeringskorrosjon, spesielt i marint miljø
  - Frost
- Konstruktivt
  - Ekspansjoner -> tvangskrefter, fugeklemming, forskyvning av lagre, deformasjoner,...
  - Reduksjon i heft mellom armering og betong
  - Strekk i armeringen uten ytre last (-> flytning)
  - Endring i materialegenskaper -> primært strekkfasthet og E-modul

vegvesen.no 

### Konstruktive konsekvenser

- Konsekvensene av riss og tvangskrefter er svært avhengig av konstruksjonens utforming, armeringsføring, utnyttelse osv...
- Må vurderes for hver enkelt konstruksjon!

vegvesen.no 

### Hvordan håndtere AR – tiltak?

- Det finnes pr i dag **ingen** veldokumenterte reparasjonsmetoder for konstruksjoner med AR
- Dersom tiltak skal gjennomføres bør de ha minst ett av følgende to **prinsipielle formål**:
  - Forebygge/reducere selve ekspansjonen (hastigheten)
  - Forebygge og/eller redusere effekten av ekspansjonene

vegvesen.no 



### Tiltak - kategorier

- Tiltak som har til hensikt å redusere (ikke stanse) reaksjonshastigheten
  - Knyttet til det å redusere vanninnholdet i betongen, f eks overflatebehandling, sikre vannavrenning
- Tiltak som har til hensikt å redusere effekten av ekspansjonene, f eks
  - forsterkning (ytre fastholding som hindrer volumutvidelse, sikrer omfordeling av laster eller gir jevnere rissfordeling)
  - slissing (hindre/utløse indre spenninger som følge av volumutvidelsen)
  - injisering (sikre betongens strukturelle og funksjonelle egenskaper)

vegvesen.no



### Nautesund bru – FoU-prosjekt

- Ett-felts hengebru
- Bygd: 1958
- Erstattet av ny vegbru 1986, gang-/sykkelbru
- Stort vedlikeholdsbehov
- Fremskredne alkalireaksjoner
- Revet 2009
- Samarbeidsprosjekt mellom SVV (TMT, Region Sør) og SINTEF



vegvesen.no



### FoU-prosjektets innhold

- Konsentrert om tårnsøyler, inkl rigel
- Før riving:
  - Visuell registrering i felt, inkl ORI
  - Uttak av kjerner for laboratorieundersøkelser
- Etter riving:
  - Visuell kontroll av armeringens korrosjonstilstand
  - Tilsaging av elementer for konstruktiv prøving
  - Studier av riss, på støpehud og sagflater
  - Belastningsprøving i laboratorium

Kjerner og større prøvestykker for evt senere prøving

vegvesen.no

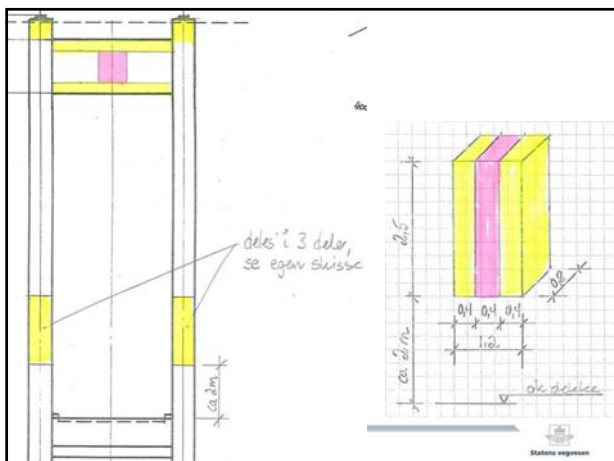


vegvesen.no

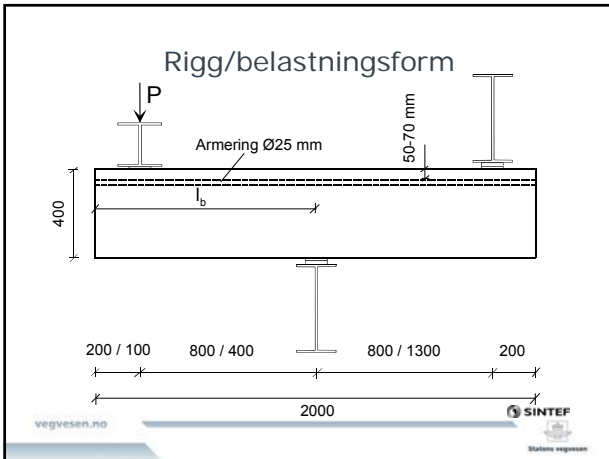


vegvesen.no









Testparametre

- Heft/forankring – glidning før flytning?
- Rissdannelse – nye riss i forhold til eksisterende?

vegvesen.no

Statens vegvesen



## Nautesund bru - foreløpige konklusjoner

- Tendens til overflateparallell opprissing i nivå med armering
- Opprissingen i tårnene ser ikke ut til å ha redusert forankringskapasiteten til armeringen vesentlig
- Rissdannelsen i riglene var mer omfattende enn i tårnene – sannsynlig at forankringskapasiteten her er mer påvirket

vegvesen.no



## Oppsummering

- Vi vet mye om:
  - Hvordan forebygge AR ved nybygging
  - Hvordan diagnostisere
- Vi vet fortsatt for lite om:
  - Hastighet og ekspansjonspotensial
  - Konstruktive konsekvenser
  - Effekt av tiltak

vegvesen.no



**Statens vegvesen**

## Vanntette betongkullverter i Bjørvika og på Skansen

- hva har vi lært?  
- hva videre?

Øyvind Bjøntegaard  
Vegdirektoratet, Tunnel og betongseksjonen

Teknologidagene 2010, Trondheim, 14. oktober

vegvesen.no

## Acknowledgements

**NB** norsk betongforening  
Temadag: Bjørvikaprojektene  
- erfaringer med lavvarmebetong og risikostyring

Torsdag 27.04. kl. 11:30 – 16:00  
Sted: Ingeniørenes Hus, Kongens gate 17, Kontoranssen, Elkestrand Eide

- NCC
- AFB v/Skanska
- AF Gruppen
- Unicon
- Norbetong
- Norconsult
- SVVRØ
- Tunnel og Betongseksjonen, Vegdir.

Teknologirapport:  
**Senketunnelen i Bjørvika, erfaringsrapport. Kontroll med opprissing i betongens herdefase**  
Smeplass S., Bjøntegaard Ø., Kompen R., Haram E. (2010)  
Raopport no. 2580, Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
2010-03-05, ISSN 1504-5005

vegvesen.no

## Bakgrunn

vegvesen.no

## Utfordringer

Kulvertene i Bjørvika og på Skansen

- ✎ Kostbare konstruksjoner / stor trafikk
- ✎ Reparasjoner vanskelig/umulig fra utsiden
- ✎ **Vanntrykk i hele levetiden / første gang i Norge**
- ✎ **Grove dimensjoner**
- ✎ **Vanntett konstruksjon essensielt**
- ✎ **Vanntett konstruksjon utfordrende**
  - støpeskjøter
  - riss i herdefasen

vegvesen.no

## Vanntett konstruksjon

- ✎ Viktig: Støpeskjøter
  - Utførelse/fersk betong
    - Ekstrem fokus på waterstop - riktig føring og god utstøping/omstøping
- ✎ Rissfri betong
  - Herdeteknologisk problemstilling
  - Hovedstrategi: Mindre varmeutvikling gir mindre rissfare

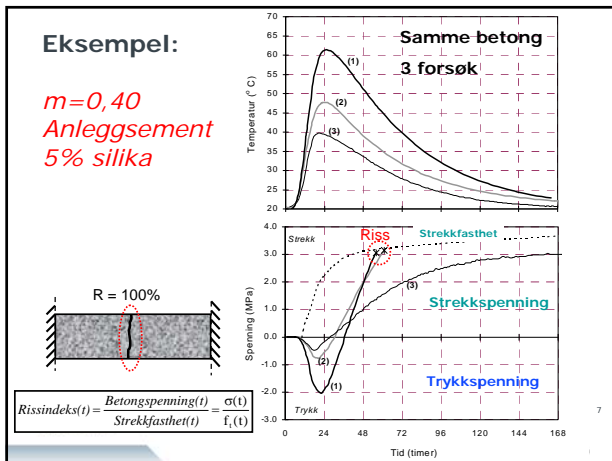
vegvesen.no

## Ytre fastholding – alltid til stede!

For kritiske områder:  
**60 – 80% fastholding vanlig**

vegvesen.no





- ### Betongspesifikasjon, Bjørvika
- (basert på forundersøkelser 2001-2004)
- **Lavvarmebetong**
    - FA = 30 – 65 % av Pc-vekt, virkningsfaktor = 0,7
    - alt. flygeaskeement NS-EN 450 eller slaggsement dok. velegnet
  - Si = 4-8 % av Pc-vekt, virkningsfaktor = 2,0
  - Krav om omfattende dokumentasjon av betongegenskaper
  - **Første gang i Norge:**  
**Krav om spenningsberegninger og maksimum tillatte spenninger i herdefasen (rissindeks < 0,75)**
  - Krav om temperaturmålinger
  - Krav om bl.a. prøvestøv i full skala (utsnitt)
  - m.m.

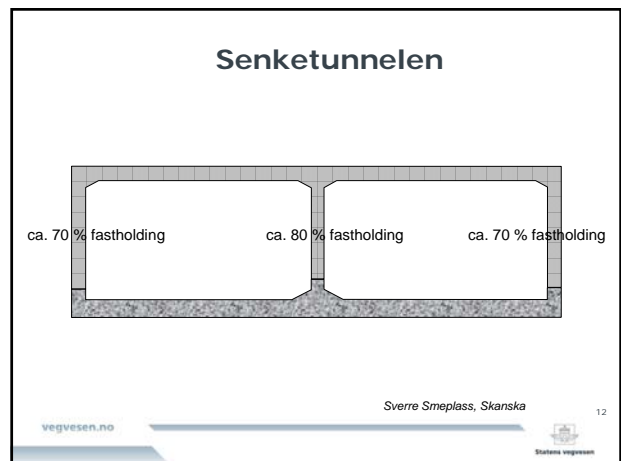
- ### Entreprenørens dokumentasjonsprogram (Bjørvika)
- Resept, mengde flygeaske – varmeutvikling
  - Fersk betongegenskaper
  - Luftporekarakteristikk og frostbestandighet
  - Vanninntregning og kapillærabsorpsjon
  - Elektrisk motstand
  - **Lab.program, herdnende betong**
    - for simulering av herdeforløp og rissrisiko

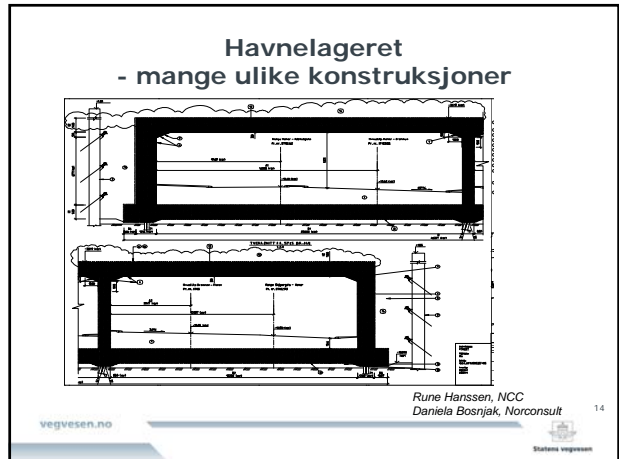
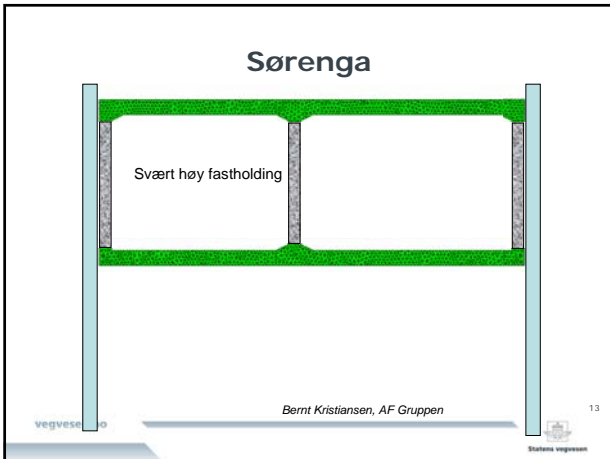
### Konstruksjoner og risskontroll

### Konstruksjoner / fastholding

Prosjekt	Typiske veggdimensjoner
Havnelageret	1,0 m (var.)
Senketunnelen	1,0 m
Sørenga	1,0 m
Skansenløpet	0,8 m

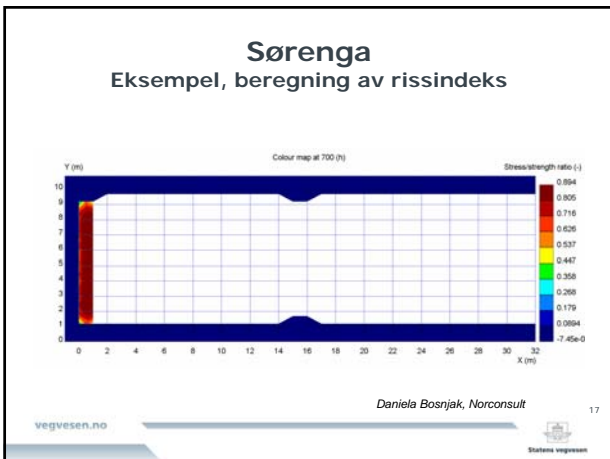
**Bunnplater: 1,0 – 1,2 m**





### Betong og herdetiltak

Prosjekt	Fastholding	Flygeaskemengde		Herdetiltak
		FA/c	FA/(c+FA)	
Havnelageret	Høy og varierende	65 %	39,4 %	Kjølerør
Senketunnelen	70 – 80 %	47 %	32 %	Kjølerør
Sørenga	ca. 100%	65 %	39,4 %	Kald betong ved innblanding
Skansenløpet	> 70%	47 %	32 %	Ingen



### Sørenga

- Kaldt vann
- Lagringsbetingelser, tilslag
- Tilsetning av is
- Spesiell blandedprosedyre

10 kg is senker temperaturen på fersk betong med 1,2 - 1,5 oC.

Bernt Kristiansen, AF Gruppen

### Sørenga

Temp. scenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Døgnsnitt temp. [°C]	-5	-5	0	0	0	10	10	10	10	10
Jord temp. [°C]	0	2	4	6	8	10	6	8	10	10
Bunnplate temp. [°C]	0	2	4	6	8	10	6	8	10	12
Fersk betong temp. [°C]	13	15	17	18	20	22	15	17	20	22
Maks. betong temp. [°C]	33	36	38	41	43	45	37	41	44	46

Beregningene anga maks. fersk betongtemperatur

	Bil 1	Bil 2	Bil 3	Bil 4
Temperatur før is, °C	26.1	23.3	25	24.6
Temperatur etter is, °C	17.8	16.6	16.1	17.1
Temperatur i luft, °C	14.2			
w/c-tall	0.38	0.4	0.35	0.44
Luft etter pumping, %	4.9	2.9 <sup>1)</sup>	4.9	6.8 <sup>2)</sup>
Utværelse, cm	54-55	62-60	56	58-60
Effekt av is, reduksjon °C	8.9	6.7	8.9	7.5

Oppfølging på byggeplass

Bernt Kristiansen, AF Gruppen  
Daniela Bosnjak, Norconsult 19

vegvesen.no

### Senketunnelen

Sverre Smeplass, Skanska 20

vegvesen.no

### Herdevarme

– gjentakende oppfølging også på byggeplass

21

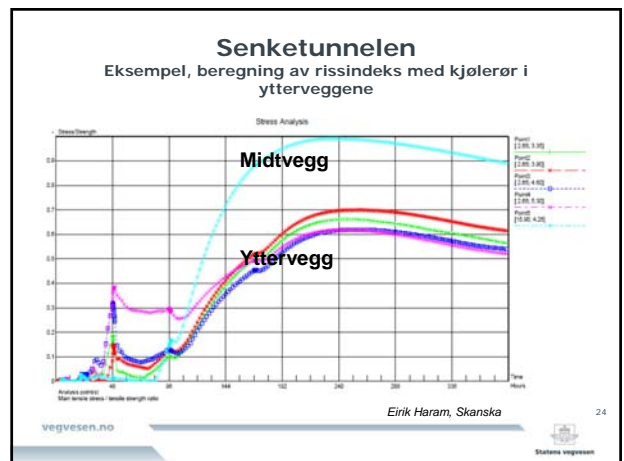
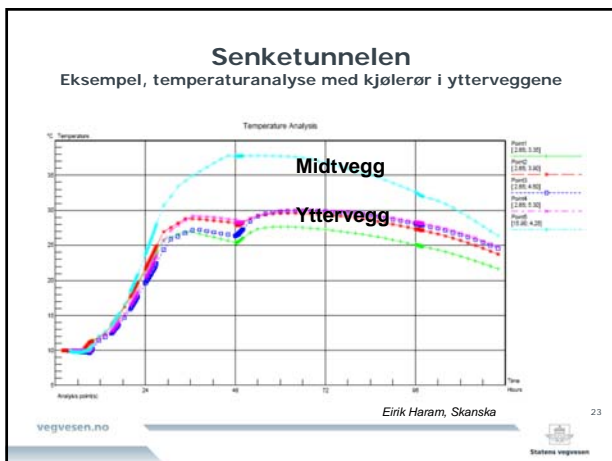
Statens vegvesen

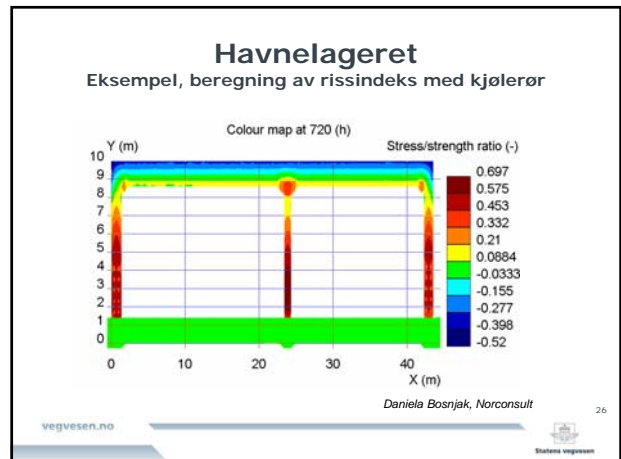
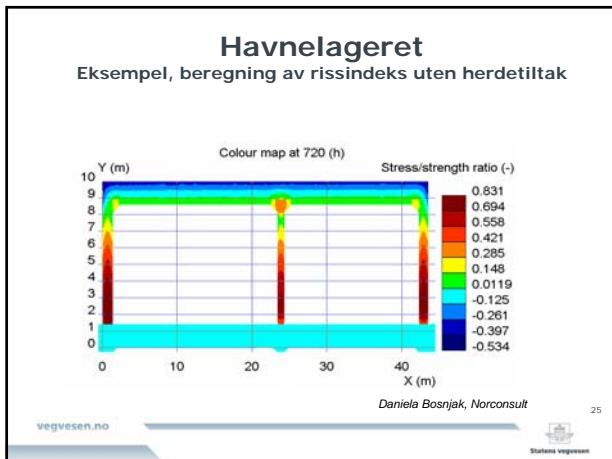
### Senketunnelen, før støp

Kjølerør av stål

22

Statens vegvesen





### Erfaringer - Bjørvika

Utgangsberegningene underestimerte rissfaren med ca. 25% og det ble observert riss selv om beregningene viste at det skulle gå bra

- Hovedgrunn: **Bruk av spaltestrekkfasthet i beregningen av rissindeks**

$$\text{Rissindeks}(t) = \frac{\text{Betongspenning}(t)}{\text{Strekkfasthet}(t)} = \frac{\sigma(t)}{f_t(t)}$$

- Beregninger/tiltak ble så justert.
- **Direkte strekkfasthet må brukes i beregninger!!**
- Justerte beregninger/tiltak stemte godt med oppførselen, **INGEN OPPRISSING!**
- Beregningene var styrende for valg av herdetiltak og omfanget av herdetiltak

27

vegvesen.no      Statens vegvesen

### Erfaringer – alle prosjektene

*m = 0,43-0,44*  
*332-376 kg (sement + FA)*  
*k<sub>FA</sub> = 0,7 for all FA*

- ✓ Sommer mer krevende enn vinter
  - fordi fersk betongtemperatur øker mer enn bunnplata mot sommer
- ✓ **FA/c=47% og fastholding fra bunnplata**
  - 1 m vegg: Moderat opprissingstendens uten tiltak  
All opprissing opphørte når T<sub>max</sub> ble redusert ca 7 °C vba kjølerør
  - 0.8 m vegg: Svært lav opprissingstendens uten tiltak
- ✓ **FA/c=65% og svært høy fastholding**
  - 1 m vegg: Opprissingstendens ved tiltak som ikke var tilstrekkelige  
All opprissing opphørte da fersk betongtemperatur ble senket ca 8 °C vba is som del av blandevannet eller ved bruk av kjølerør.

28

vegvesen.no      Statens vegvesen

### Erfaringer

**Kombinasjonen....**

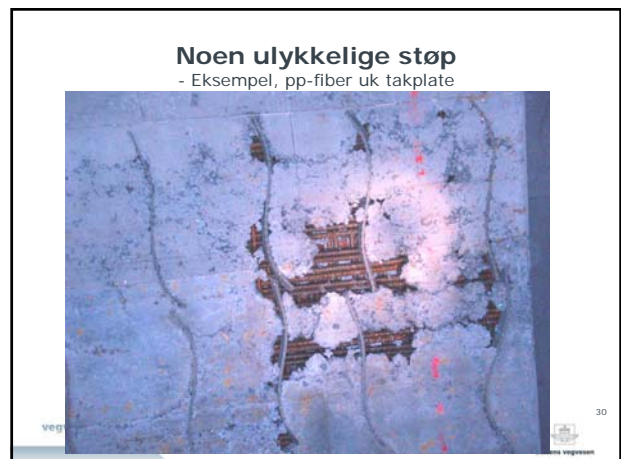
- Lavvarmebetong
- Lab.program for herdefasen
- Temperatur- og spenningsberegninger
- Tiltak/oppfølging

...ga rissfrie konstruksjoner der tiltakene fungerte!!

Beregninger er kompetanse- og ressurskrevende

29

vegvesen.no      Statens vegvesen



Men stort sett...



31

...prikkfrie konstruksjoner



TAKK

09.10.2007

32



**Statens vegvesen**

**Herdeteknologi  
Nye sementers innvirkning på rissrisiko**

*Øyvind Bjøntegaard  
Vegdirektoratet, Tunnel og betongsesjonen*

*Teknologidagene 2010, Trondheim, 14. oktober*

vegvesen.no

**Først:**

**Pga. miljøhensyn, sterke drivkrefter i retning av bruk av pozzolane/ hydrauliske restprodukt**

**..og utrolig nok synes denne retningen å være i harmonisk brorskap med mange gode tekniske kvaliteter..**

vegvesen.no

**Statens vegvesen**

**50 nye kullkraftverk i Europa**

Europa kommer i løpet av de neste fem årene til å få 50 nye kullkraftverk. Det bør ikke EU tillate uten CO2-rensing, mener miljøekspert.

*Afterposten 06.05.2010*

vegvesen.no

**Statens vegvesen**

**BETONG** BYGGEINDUSTRIEN NR 13 - 2010

**Tester lavkarbonsement**

Sans et prøveprosjekt lagde Norcem fabrikk i Brevik en sement med 35 prosent flyvask og kalkmasse innholdet. Dette reduserer klinkerdeilen i sementen og reduserer derfor de totale utslippene av CO2. Nå er snart all sementen brukt opp – på tre ulike prosjekter.

**Først i landet med lavkarbonsement**

...og på nye av den største betongprosjektene i Norge er det allerede i bruk av lavkarbonsement. Det nye materialet er produsert gjennom et samarbeid mellom Norcem og byggfirmaet Hordal. Dette er et stort prosjekt som vil gi Norge det første lavkarbonbetongen i landet.

**Science Center Østfold**

Prosjektet er et samarbeid mellom Science Center Østfold og Hordal. Det er et stort prosjekt som vil gi Norge det første lavkarbonbetongen i landet.

Torsdag 6. mai produseres den første betongen i landet basert på lavkarbonsement og slippes ut på det nye Science Center Østfold.

Publisert 06.05.2010 11:15 | Sist endret 06.05.2010 13:42 Av: Byggenyttene |

vegvesen.no

**Statens vegvesen**

**- Lavkarbon-sement ikke nytt**

Ausveivbrua er et av prosjektene som har benyttet megasementen fra EmbraCemex.

Markedsjef Thomas Jähren i EmbraCemex sier at bruk av lavkarbon-sement ikke er nytt i Norge – i en artikkel på bygg.no blir det hevdet at det for første gang nå skal benyttes lavkarbon-sement i Norge, sier Jähren.

Publisert: 27.05.2010 11:50 | Sist endret: 27.05.2010 12:04 Av: Ane Østmark |

Thomas Jähren

En liten feide om hvem som skal ha æren, det må vi tale....

vegvesen.no

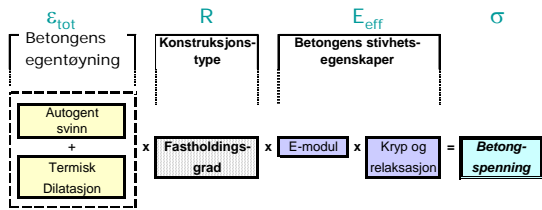
**Statens vegvesen**

**Litt spenningsbasert herdeteknologi**

vegvesen.no

**Statens vegvesen**

### Spenningsoppbygging, prinsipp



$$\text{Rissindeks}(t) = \frac{\text{Betongspenning}(t) = \sigma(t)}{\text{Strekfasthet}(t) = f_t(t)}$$

vegvesen.no



7

Varme er oftest den viktigste drivkraften til opprissing i herdende betong...

..men vi MÅ bestemme flere egenskaper for beregning/rangering:

- Varmedeutvikling / Termisk dilatasjonskoeffisient / Autogent svinn
- Aktiveringsenergi (temperaturfølsomhet)
- E-modulsvikling
- Strekkfasthetsutvikling

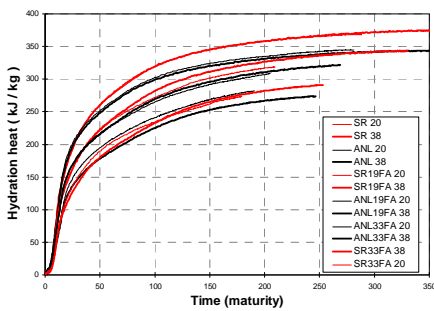
vegvesen.no



8

### Varme

- eksempel fra pågående prosjekt (ANL-FA)



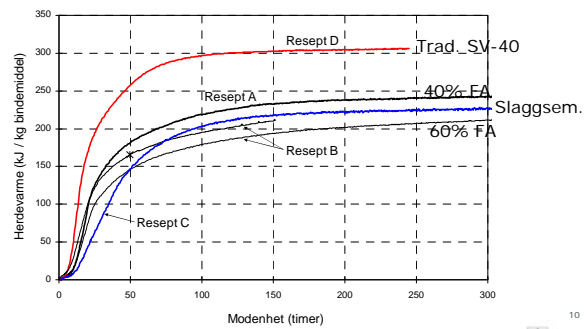
vegvesen.no



9

### Varmedeutvikling

Eksempel tatt fra Vegdir. forundersøkelser, Bjørvika



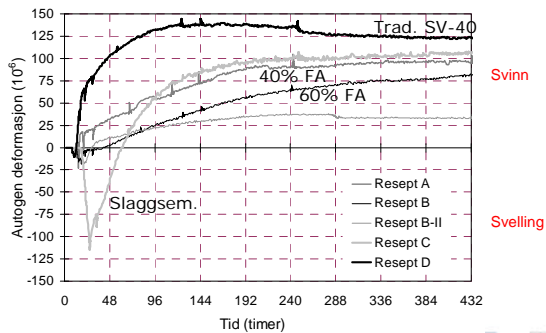
vegvesen.no



10

### Autogent svinn

Eksempel tatt fra Vegdir. forundersøkelser, Bjørvika



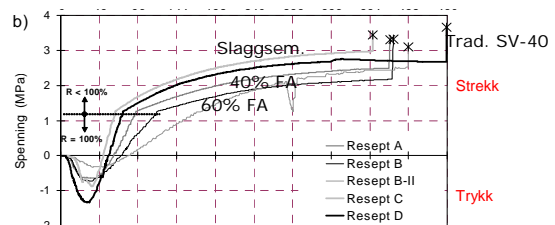
vegvesen.no



11

### Spenningsoppbygging

Eksempel tatt fra Vegdir. forundersøkelser, Bjørvika



vegvesen.no



12

## Erfaringer

vegvesen.no

13



## Generelle erfaringer – risstendens (herdefasen)

- Silikastøv
  - 5%: noe økt risstendens pga økt autogent svinn
  - 10% og mer: ikke økt risstendens, høy strekkfasthet kompenserer
- FA
  - redusert herdevarme ved økende dosering
  - autogent svinn: uforandret eller redusert (avh. av FA.type)
  - reduksjon av risstendens ved økende dosering
- Slagg
  - redusert herdevarme ved økende dosering
  - autogent svinn: tendens til økning (svært avh. av slaggtipe)
  - uklar effekt på risstendens. Hvis mye autogent svinn så motvirker dette redusert herdevarme

vegvesen.no

14



## Spesifikke erfaringer – Bjørvika/Skansan

- For ca. >0,8 m tykk vegg på fundament trenger vi mer enn FA/c=50% for å sikre rissfrihet uten noen ekstratiltak
- For ca. >0,8 m tykke vegg med spesielt stor fastholding trenger vi mer enn FA/c=65% for å sikre rissfrihet uten noen ekstratiltak
- (ide å standardisere ekstratiltak?)
- Vi er allerede utfordret fra Møllenberg...

vegvesen.no

15



## Svært høye FA-doseringer - Kunnskapsbehov

- Kalkreserve / selvettingsevne
- Langtids autogent svinn
- Følsomhet for tidligeeksponering
- Frost
- Karbonatisering
- Groptæring/pittingkorrosjon?
- Virkningsfaktor

vegvesen.no

16



## Bindemiddelutvikling og risstendens

*Vi snakker her om infrastruktur-konstruksjoner med lang levetid !!*

- **SV-36 for marint klima, lav v/c**
  - Høyt FA-innhold
  - Slagg: Ikke overbevist basert på vår kunnskap i dag
- **SV-40 for generell all-round anvendelse**
  - CEM I, CEM II, CEM III, -- FA og slagg
- **SV-45 Lavvarme, rissfri, betong** for (nedgravde/nedsenkede) kulverter med høy fastholding, og hvor vanntetthet er svært viktig.
  - Høyt FA-innhold
  - Slagg: Ikke overbevist basert på vår kunnskap i dag, men brukes internasjonalt
- **Annen bruk: All-round sement / byggbetongsement**
  - For mye FA og slagg i konflikt med tidligfasthet/framdrift

vegvesen.no

17



## Konklusjon

- Vi har noe på gang mht rissfrie konstruksjoner
- Behov for FoU på effekten av høye FA-mengder
- Slagg må inn i forsøksmatrisen, igjen..
- Andre erstatningsmaterialer?

vegvesen.no

18



Takk

vegvesen.no



19



Statens vegvesen

## Elektrokjemiske metoder ved reparasjon av betongkonstruksjoner

Jan-Magnus Østvik  
Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
TMT, Tunnel og betongseksjonen

vegvesen.no

## Agenda

- Hvorfor KB?
- Hva er KB?
- Hvordan virker KB?

Dette kommer til å gå kjempefort, så bær over med meg og hold dere fast!

- Gimsøystraumen case (nyeste anlegg)
- Viktige erfaringer som kan (bør) tas med videre
- Konklusjoner

vegvesen.no

## Hvorfor Katodisk beskyttelse?

- Ved å bruke katodisk beskyttelse kan man uten store ulemper for brukerne (og eiers økonomi) forlenge levetiden til en konstruksjon eller konstruksjonsdel dersom den er infisert av klorider
- **følg med nå!**

vegvesen.no







Har alle skjønt hvorfor vi trenger katodisk beskyttelse?

### Hva er katodisk beskyttelse?

- En elektrokjemisk reparasjonsmetode som forhindrer ytterligere skader ved å stoppe eller begrense korrosjon
- Den eneste (økonomiske forsvarlige) måten å reparere en kloridinfisert armert betongkonstruksjon uten massiv fjerning av den infiserte betongen
- Og ofte eneste alternativ til utskifting av konstruksjonen eller konstruksjonsdelen.

vegvesen.no



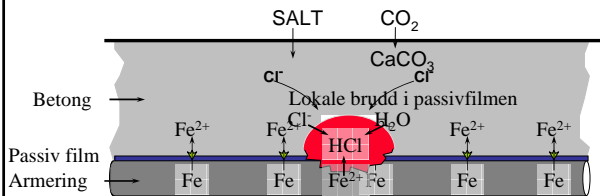
### Hvordan virker det?

- For å vite hvordan det fungerer må vi ta utgangspunkt i hvordan armeringskorrosjon foregår.

vegvesen.no



### Armeringskorrosjon

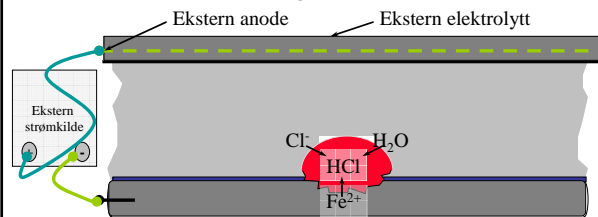


- Stål korroderer normalt ikke i betong pga høy pH - Lokale brudd i passivfilmen er "selvreparerende"
- Klorider og karbonatisering bryter ned passivfilmen permanent og fører til armeringskorrosjon

vegvesen.no



### Katodisk beskyttelse



- Ved hjelp av en ekstern anode reverseres korrosjonsstrømmen, dermed stopper armeringskorrosjonen opp

vegvesen.no



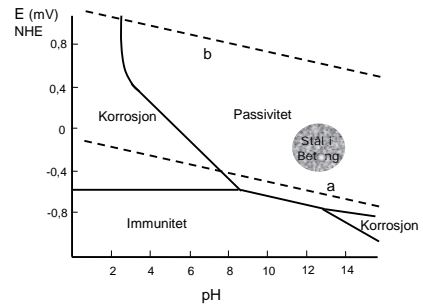
### Pourbaix-diagram

- Viser stabilitetsområder som funksjon av pH og potensial
- Stabilitetsområder
  - Korrosjon
  - Passivitet
  - Immunitet

vegvesen.no



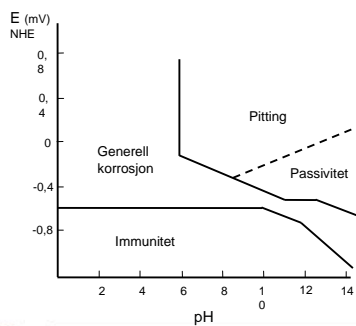
### Pourbaix-diagram (uten klorider)



vegvesen.no



### Pourbaix-diagram (1 M klorider)

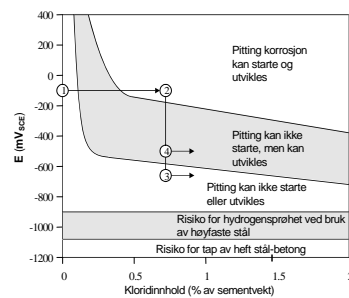


vegvesen.no



### Katodisk beskyttelse – prinsipp

Norsk oversettelse av NS-EN 12696:2000 Figure A.3 p. 32



1 → 2 → 4  
Katodisk forebygging

1 → 2 → 3  
Katodisk beskyttelse

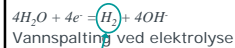
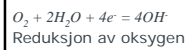
- Forskyver armerings potensial til et nivå hvor det termodynamisk sett ikke kan korrodere
  - Korrosjonshastigheten blir meget lav (akseptabel)
  - Det er "fysisk umulig" for stålet å korrodere

vegvesen.no



### Elektrodereaksjoner

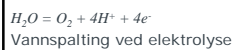
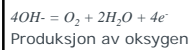
Katodereaksjoner (på armeringen)



**NB!! Hydrogensprøhet**

- Min. potensial for vanlig stål: -1100 mV
- Min. potensial for spennstål: -900 mV

Anodereaksjoner (på elektroden)



vegvesen.no



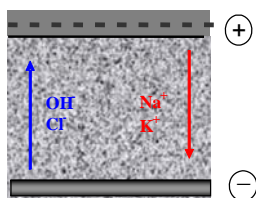
### Metodikk

- Det påtrykkes en likespenning mellom armeringen og en elektrode på betongoverflaten eller inne i betongen
  - Ved katodisk beskyttelse benyttes en liten strømtetthet (2 - 20 mA/m<sup>2</sup>) og lav spenning (<8 V)
    - Katodisk vern har betydelig lavere strømtetthet (0,2 - 2 mA/m<sup>2</sup> ved spenninger omkring 0,5 - 2 V)
  - Til sammenligning benyttes en høy strømtetthet (0,5 - 2,0 A/m<sup>2</sup>) ved kloriduttrekk og realkalisering. Spenningen er også høyere (>12 V)
- Alternativt benyttes det et mindre edelt metall enn stål (Al, Mg, Zn) som offeranode.

vegvesen.no



## Elektromigrasjon



- Ionene i porevannet er elektrisk ladet og påvirkes av det elektriske feltet
- Negative ioner beveger seg fra den negative polen (armeringen) og mot den positive polen (anoden)
- Positive ioner beveger seg mot den negative polen (armeringen) og fra den positive polen (anoden)

Denne mekanismen er bakgrunnen for kloriduttrekk (og delvis også realkalisering), men bidrar positivt også ved katodisk beskyttelse

vegvesen.no



## Hvordan kontrollere effekten?

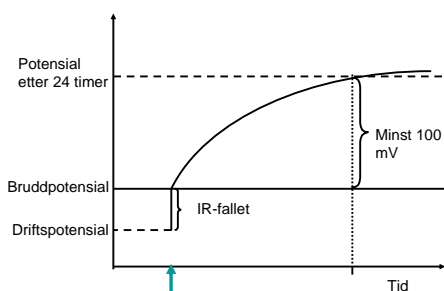
- Makroceller
  - Strømmen måles mellom armeringen og en innstøpt elektrode
- Empiriske kriterier basert på potensialendring
  - Depolariseringskriteriet
  - Potensialendningskriteriet
- Måles med referanseelektroder NS-EN 12696:2000 Chapter 6. CP system components p. 8-18

vegvesen.no



## Depolariseringskriteriet

NS-EN 12696:2000 pkt. 8.6 Criteria of protection p. 24



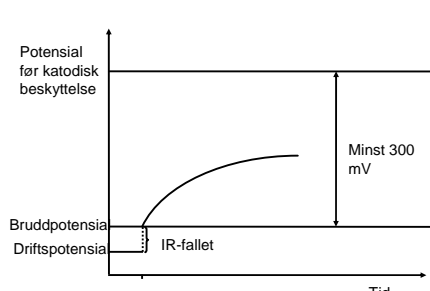
Her slås strømmen av

vegvesen.no



## Potensialendningskriteriet

NS-EN 12696:2000 pkt. 8.6 Criteria of protection p. 24



vegvesen.no



## Oppsummering

- Katodisk beskyttelse er ofte det eneste økonomisk forsvarlige alternativ til utskifting av kloridinfiserte betongkonstruksjoner
- Metoden baseres på å endre potensialet til armeringen til et slikt nivå at korrosjon ikke lenger utgjør en trussel for konstruksjonens fremtidige bæreevne
- Det er begrensninger med metoden, og man skal være varsom dersom man ønsker å beskytte en spennarmert konstruksjon – Hydrogensprøhet
- For å kontrollere effekten angir NS-EN 12696 to empiriske kriterier:
  - Depolariseringskriteriet (som er mest brukt)
  - Potensialendningskriteriet

vegvesen.no



## Katodisk beskyttelse

Gimsøystraumen bru

- Montasje av katodisk beskyttelse pågår på ca 1/3 av brua
- Startet 2009, ferdigstilles i løpet av 2011.
- Ca 3900 m<sup>2</sup> i denne perioden.
- Innsprøytet titannett er valgt metode.
- Resten av brua må beskyttes...



vegvesen.no



## Utfordringer – med løsning

- Høyspent kabel gjennom brua gir vagabonderende strømmer
  - Derfor: legges ERE 20 referanseelektroder med kortest mulig kabel inn til digitaliseringsnode.
  - Dette er ressursvennlig og reduserer kabelmengden betydelig, men øker antallet termineringer
- Tidligere overflatebehandling stiller store krav til forbehandling
  - Vi valgte høytrykksrubbning (2500 Bars trykk) som fjerner overflatebehandling og sement huden + litt til. Gir **GLIMRENDE** heft!

vegvesen.no



## Noen bilder for å illustrere..



vegvesen.no



## Prosjekteringstips/erfaringer..

- Rask utvikling i skader (omfang og antall) de siste årene som presser frem videre reparasjoner utover de pågående.
  - Vi må snarest mulig få resten av brua inn i budsjettplaner samt startet prosjekteringen
- Skadene er konsentrert i lavere områder og der kassehøyden er stor (rundt søylene)
  - En trend som kan overføres til de fleste betongbruer i hardt kystklima.
- Lavereliggende deler måtte tas raskt og bevilgning kom fort
  - Dårlig tid på prosjekteringen. Men likevel har vi klart å få til mye godt og uten de store blunderne.
- Ble utfordrende å reparere trykksonen rundt akse 2 og 3 pga opptil 100% BOM i store deler av bunnplaten.
  - Statisk kompetanse må involveres i hvert enkelt tilfelle for å bestemme hvor mye betong som kan fjernes i gangen og hvor.

vegvesen.no



## Den robuste løsningen – Titannett

- Anodenettet må innstøpes i en sementbasert påstøp som må tilfredsstille følgende krav:
  - **god heft** til konstruksjonsbetongen
  - **god elektrolytisk kontakt** mellom anode og armering
  - **god elektrolytisk ledningsevne** for å sikre god og jevn strømfordeling
  - beskytte anodene mot fysiske skader



vegvesen.no



## Titannett

### Fordeler

- God bestandighet mot mekaniske skader
- Jevn strømfordeling
- Lang levetid
- Tåler spenninger opp mot 10 Volt
- Det systemet man har lengst driftserfaring med
- Maksimal strømleveranse ligger på ca. 30 mA/m<sup>2</sup> betongoverflate

### Usikkerheter / ulemper

- Utførelsen av sprøytebetongarbeidene og heft
- Stort antall plastplugger for å presse nettet tett inntil overflaten (arbeidskrevende)
- Gir vektøkning på konstruksjonen

vegvesen.no



## Den spennende løsningen – Ledende maling/belegg



## Ledende maling/belegg

### Fordeler

- Ingen vektøkning
- Pent utseende

### Usikkerheter / ulemper

- Påføring av malingsystemer er relativt klimømfintlige for å oppnå et godt resultat. Dette gjelder temperaturforhold, duggpunkt, luftfuktighet og vindforhold.
- I driftsfasen vil høy fuktbelastning kunne påvirke levetiden. Ømfintlige for avflassing.
- Spenningsbegrensning

Er vi klare for å forsøke dette?

vegvesen.no







**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1504-5005