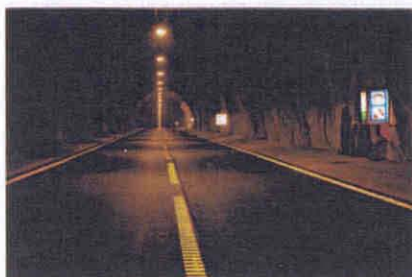


## Intern rapport nr. 2227

Samfunnstjenlige vegtunneler

Tekniske installasjoner:

Erfaringer og  
erfaringsoverføring



Oktober 2001



# Intern rapport nr. 2227

## Samfunnstjenlige vegtunneler Tekniske installasjoner: Erfaringer og erfaringsoverføring

### Sammendrag

Statens vegvesen har gjennom etatssatsingsprosjektet "Samfunnstjenlige vegtunneler" satt fokus på trafikksikkerhet, miljø og langsiktig eierskap innenfor tunnelteknologien. Prosjektet som har gått over 4 år har hatt som målsetting å videreutvikle og forbedre dagens teknologi og gi rom for nytenking ved å utvikle mer kostnadseffektive, bedre, sikrere og mer miljøvennlige tunneler. Etatssatsingsprosjektet er inndelt i flere delprosjekt.

Delprosjekt "Tekniske installasjoner" har bl.a. som målsetting:

*"å beskrive og prioritere betydningen av tekniske installasjoner i forhold til tunnelens funksjon og etter en samlet gjennomgang definere kostnadseffektive tiltak for å redusere levetidskostnadene for installasjonene i tunnelene".*

Som et ledd i arbeidet med gjennomgangen av å definere kostnadseffektive tiltak, fant gruppen det både naturlig og hensiktsmessig å gå gjennom de erfaringene som i dag finnes på bakgrunn av ulike løsningsvalg for utstyr og materialer tilhørende tekniske installasjoner. Slike kunnskaper er nødvendige for å kunne evaluere hva man har og ikke minst for å kunne bruke til å optimalisere nye løsninger til et både riktigere og billigere vedlikehold som en målsetting. Erfaringsoverføring vil være et meget sentralt tema fremover:

*Uten den nødvendige kunnskap om gårsdagens løsninger kan man heller ikke stille de riktige kravene til nye løsninger. Samtidig må man sikre at denne kunnskapen blir tilgjengelig på en strukturert og systematisk måte rundt omkring i etaten for både beslutningstakere og driftspersonell*

Emneord: *Tunnel, Etatsprosjekt, Samfunnstjenlige vegtunneler, Tekniske installasjoner, Erfaringer, Erfaringsoverføring*

Kontor: *Geologi og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Harald Buvik*

Dato: *30.10.01*

*/heidif*

# Innhold

<b>1.</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Nødvendighet av tekniske installasjoner</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Energiøkonomisering</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Renseanlegg</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>Ventilasjonsanlegg</b>	<b>18</b>
<b>6.</b>	<b>Lysanlegg</b>	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>Pumpeanlegg</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>Styrings- og overvåkingsanlegg</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>Sambandsanlegg - radio</b>	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>Rømningsveger</b>	<b>45</b>
<b>11.</b>	<b>Nødstrøms- og fellesanlegg</b>	<b>47</b>
<b>12.</b>	<b>Felleskrav til utstyr</b>	<b>52</b>
<b>13.</b>	<b>Kabler</b>	<b>62</b>
	-Fiberoptiske installasjoner	<b>65</b>
	-Nødtelefoner på fiber	<b>68</b>
<b>14.</b>	<b>Erfaringsoverføring</b>	<b>69</b>
<b>15.</b>	<b>Organisasjon</b>	<b>74</b>

## Forord

Statens vegvesen har gjennom etatssatsingsprosjektet "Samfunnstjenlige vegtunneler" satt fokus på trafiksikkerhet, miljø og langsiktig eierskap innenfor tunnelteknologien. Prosjektet som har gått over 4 år har hatt som målsetting å videreutvikle og forbedre dagens teknologi og gi rom for nytenking ved å utvikle mer kostnadseffektive, bedre, sikrere og mer miljøvennlige tunneler. Etatssatsingsprosjektet er inndelt i flere delprosjekt.

Delprosjekt "Tekniske installasjoner" har bl.a. som målsetting:

*"å beskrive og prioritere betydningen av tekniske installasjoner i forhold til tunnelens funksjon og etter en samlet gjennomgang definere kostnadseffektive tiltak for å redusere levetidskostnadene for installasjonene i tunnelene".*

Som et ledd i arbeidet med gjennomgangen av å definere kostnadseffektive tiltak, fant gruppen det både naturlig og hensiktsmessig å gå gjennom de erfaringene som i dag finnes på bakgrunn av ulike løsningsvalg for utstyr og materialer tilhørende tekniske installasjoner. Slike kunnskaper er nødvendige for å kunne evaluere hva man har og ikke minst for å kunne bruke til å optimalisere nye løsninger til et både riktigere og billigere vedlikehold som en målsetting. Erfaringsoverføring vil være et meget sentralt tema fremover:

Uten den nødvendige kunnskap om gårsdagens løsninger kan man heller ikke stille de riktige kravene til nye løsninger. Samtidig må man sikre at denne kunnskapen blir tilgjengelig på en strukturert og systematisk måte rundt omkring i etaten for både beslutningstakere og driftspersonell

### Prosjektgruppen har bestått av:

Harald Buvik, Vegdirektoratet  
Tor Frøland, Rogaland  
Petter Bergersen, Oslo  
Mona Løvås, Hordaland  
Oddmund Lefdal, Sogn og Fjordane  
Jan Hennestad, Vegdirektoratet  
Kjell Moen, Troms  
Bjarne Lysberg, Hordaland  
Ole Gripstad, Akershus (i siste del av prosjektet)  
Arve Jonassen, Oslo (i første del av prosjektet)  
Jan Øyvind Pedersen, Vest-Agder (i første del av prosjektet)


## 1. Innledning

Prosjektgruppen for tekniske installasjoner har knyttet erfaringsregistrering til de ulike elementene av tekniske installasjoner som finnes i norske vegtunneler. Erfaringene er basert på hensynet til og konsekvensen av vedlikeholdsvennlige valg og løsninger. Vurderingene er også forankret i det overordnede mål om å ivareta det langsiktige eierskapet. I det perspektivet er det vanskelig å se hvorledes eierskapet kan ivaretas uten å legge langt større vekt på levetidsbetraktninger og levetidskostnader både ved investering og drift og vedlikehold.

Denne erfaringsregistreringen har også dannet grunnlag og forutsetninger for de forslag til tiltak for å bidra til et stadig mer optimalt vedlikehold med optimale kostnader.

Målet for vedlikeholdet må være:

- Lavest mulige kostnader
- Lengst mulig levetid på konstruksjoner og utstyr
- Liten stengetid
- God driftstilgjengelighet og driftssikkerhet
- Ivaretagelse av sikkerhetsnivået

Valg av løsninger basert på optimal levetid for utstyr med optimale kostnader vil bli mer og mer viktig for drift og vedlikehold. Teoretiske modeller for levetidskostnader, jfr.  internrapport 2224, er utarbeidet som verktøy for å bidra til slik optimalisering. Slike modeller kan benyttes både i planleggingen av nye tunneler og ved opprustning/drift av gamle. Gjennom systematisk bruk av modellen kan valg av alternative tekniske løsninger, utstyr og materialvalg vurderes og sammenlignes før beslutninger tas.

Erfaringsregistreringen har omfattet følgende elementer:

- renseanlegg
- ventilasjonsanlegg
- lysanlegg
- pumpeanlegg
- styrings- / overvåkingsanlegg
- samband / radio
- rømningsveger
- nødstrøm
- felleskrav til utstyr
- trafikktekniske installasjoner

I tillegg er det forsøkt sett samlet på nødvendigheten av tekniske installasjoner og energiøkonomisering.

## Generelle krav til elektrotekniske anlegg:

- Alle elkraftanlegg skal være utført i henhold til *Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL)* med tilhørende *Norsk elektroteknisk norm NEK 400*.
- Elkraftanlegg utføres også i henhold til øvrige offentlige bestemmelser, herunder forordninger og direktiver som gjøres gjeldende gjennom EØS-avtalen, spesielt maskin-, lavspennings-, EMC-direktivet oa., og i samråd med de stedlige myndigheter. Herav følger bl.a. krav om CE-merking av produkter.
- Elektroentreprenøren skal uten utgift for byggherren sørge for de nødvendige anmeldelser og for utarbeidelse av de dertil nødvendige tegninger. Anmeldelsen må skje i god tid før arbeidet igangsettes, slik at planene blir godkjent på forhånd. Leverandøren er ansvarlig for å fremskaffe nødvendig underlagstegninger etc. for dokumentasjon av levert utstyr.
- For tele- og datainstallasjoner kreves autorisasjon som teleinstallatør(TIA) gitt av Statens teleforvaltning (STF).
- For radioanlegg kreves autorisasjon som radioinstallatør (RIA eller RIB).
- For radioanlegg som vegvesenet bygger i egenregi kreves radioinstallatør som kun har autorisasjon som teleinstallatør i egen virksomhet(REA).
- Det elektriske materiell skal være godkjent av NEMKO eller tilsvarende EØS-instans i den utstrekning dette er påbudt. Det påhviler leverandøren å fremskaffe alle nødvendige godkjenninger for det leverte utstyr.

### Enøk

- Anleggene må planlegges slik at det viser en klar energibesparelse i alle ledd. Utstyr for strømbesparelse skal installeres for ventilasjon og belysning.
- Styring skal planlegges for energisparende drift av anleggene.

### El-miljø

- Det må settes krav til kvalitet på strømleveranse med hensyn til pålitelighet, spenningsfall, stabilitet, overharmoniske strømmer o.l.
- For å beskytte installasjonene mot overspenning må det monteres overspenningsavleder som leder farlig spenning til jordingselektroder boret inn i fjell i nærheten av avledere både for sterk og svakstrøm.
- På lange kabellengder må overspenningsavledere monteres i begge ender, og midt i tunnelen.
- Med hensyn til beliggenhet for tunnelene i forhold til industri, kraftverk og høyspenningslinjer må virkningen av elektromagnetiske forstyrrelser, overharmoniske strømmer og induserte spenninger kartlegges og nødvendige tiltak gjennomføres.

## 2. Nødvendighet av tekniske anlegg i tunnel

### Innledning

Tekniske anlegg i tunneler er til for å:

- ivareta trafikksikkerheten,
- opprettholde driftstilgjengelighet og
- bidra til god kjørekomfort.

Lys og ventilasjon bidrar til trygghet og komfort og dermed også til større kapasitet. En slik oppnådd "gevinst" må veies opp mot investeringskostnader og utgifter til drift og vedlikehold.

Det er nå utarbeidet modeller for:

- beregning av levetidskostnader og levetidsgevinst for tunnelprosjekt
- beregning av levetidskostnader for komponenter
- levetidskostnader og lønnsomhet ved drift av tunneler

Det anbefales at disse modellene blir brukt, både til å velge utrustning og til å velge kvalitet/pris på utstyret. Dette gjelder både ved nye prosjekter og utbeding/oppgradering av eldre anlegg.

Utfordringen blir dermed å sette tall på:

- investering,
- drift og vedlikehold
- trafikksikkerhet
- kapasitet
- kjørekomfort

Investeringer er lettest å tallfeste. Det bør også være mulig å sette tall på større og jevnere kapasitet. Gjennom sterkere bruk av erfaringsdata for drift og vedlikehold definert på prosess, og bruken av FDV-programmet Spektrum som tar vare på og også overfører dataene mellom avdelingene, vil dette kunne gi dokumentasjon av de erfaringene som vil være selve forutsetningen for å velge metoder og utstyr for å optimalisere tunnelens levetid til lavest mulig kostnad. Systematisk og aktiv bruk av levetidskostnadsberegninger vil ivareta en slik utvikling. Utfordringen blir å sette tall på trafikksikkerhet og kjørekomfort. Særlig det siste kan by på problemer. I tillegg må en del psykologiske faktorer tillegges vekt.

Det er trolig riktig å beholde en inndeling i tunnelklasser. Valg av utstyr i de enkelte klassene skjer i henhold til beskrevet sikkerhetsutrustning i Hb. 021. Dersom resultat av gjennomført risikoanalyse for den enkelte tunnel samt MATS-beregninger (modell for analyse av trafikkstyringssystem) viser at det er behov for tiltak ut over den beskrevne sikkerhetsutrustningen, kan nytten av de ulike tiltakene skisseres gjennom bruk av LCC- og LCP-analyser som beskrevet ovenfor.

Selv om en tar i bruk LCC og LCP vil det fortsatt bli synsing i tallfestingen av særlig trafiksikkerhet, kjørekomfort og psykologi, men resultatet bør likevel bli riktigere bruk av veginvesteringer.

## Tunnelklasser

Tunnelene blir i dag klassifisert på grunnlag av lengde og ÅDT. Det bør vurderes en overgangssone mellom klassene hvor det er mulig å foreta fornuftige vurderinger ved å ta "deler av" naboklassen. Spesielt for lange tunneler kan dette være praktisk.

## Installasjoner

Nedenfor er en liste over de tekniske installasjonene som monteres i dagens vegtunneler. Listen er ikke utfyllende.:

- Lys
- Brannslukningsapparater
- Nødtelefoner m/nødskilt
- Radiokommunikasjon (VHF brann- og politimyndighet, ambulanse, og vegvesenet)
- Tilgang slukkevannt
- Ventilasjon
- Gassmålere CO og Nox
- Gassmålere eksplosjonsfarlige gasser, bensin etc.
- Siktmaalere
- Rød-lys/bom/informasjon ved tunnelåpning
- Mobiltelefon
- Radio P1 med mulighet for å gi beskjeder
- Varsling av trafikkantene ved ulykker/brann/vanskelige kjøreforhold
- Varsling av spesielle trafikkgrupper f.eks astmatikere ved mye støv
- Rømningsveier
- Rømningslys
- Brannvarslere
- Nødstrøm
- Kontroll kjøretøyhøyder
- TV-overvåkning /AID
  - Registrering og varsling av saktegående kjøretøyer
  - Registrering av antall biler i tunnelen
  - Hastighetsregistrering

Det finnes infrarøde kameraer/søkeutstyr som kan brukes til å lete etter personer i røykfylte rom. Det må vurderes om dette bør/kan brukes i brannberedskapen i tunneler. Nytte/kost vurderinger av tiltak burde i langt større grad vært praktisert før beslutninger blir tatt



## Belysning

Belysning er basisutrustning i alle tunneler. Lysanlegget kan enten være "ledelys – optisk ledning" (minimumsbelysning) eller "full opplysning av tunnelrommet".

For lavtrafikk tunneler har det vært praksis at tunnelene har vært minimumsbelyst. Det innebærer 35 W NaL med en avstand på vel 20 m mellom lampene. Belysningsmessig er dette langt på veg å betrakte som ledelys.

Alle vegtunneler over 100 m skal være belyst. Dette kravet er pr. dato enda ikke fullt oppnådd. Belysning er viktig for tryggheten og trivselen for trafikantene som kjører gjennom tunnelene. Det har stor betydning for den føyte tryggheten ved å oppholde seg i et "lukket" rom som er godt og behagelig belyst. Gjentatte spørreundersøkelser blant trafikanter gir den samme klare tilbakemeldingen: *krav om bedre belysning*.

Det er derfor all grunn til å se på praksisen med bruk av minimumsbelysning i lavtrafikk tunneler. Både ut i fra rene belysningsmessige kriterier og ut i fra sikkerhetsmessige kriterier. Og svært ofte henger disse sammen og må ses på under ett. Det er også all grunn til å gå over fra gult (natriumlavtrykk) lys til hvitere lys for dermed å oppnå bedre fargegjengivelse og kontrast og et jevnere lys. Dette gjelder generelt og er ikke knyttet til lavtrafikk tunneler.

Høytrafikk tunneler bør ha full opplysning av tunnelrommet.

Mange trafikanter føler at overgangen fra dagslys til indre belysnings sone i tunnelen er for brå. Om kvelden/natten kan overgangen fra tunnelbelysningen til ikke belyst veg utenfor være for brå.

Dette synes først og fremst å være et problem i lavtrafikk tunneler (ÅDT < 4000).

I høytrafikk tunneler er lysmengden større og vegen utenfor tunnelen er som oftest godt belyst.

## Brannslukningsapparater

Trafikantene føler trygghet ved at det er brannslukningsapparater i tunnelene. Dersom de skal ha noen virkning må de brukes helt i starten av en brann. Avstanden mellom apparatene bør ikke være for stor. Kjennskapen til at slike apparater finnes og hvorledes de brukes må økes blant trafikantene.

## Nødtelefoner

Nødtelefoner er i likhet med brannslukningsapparater viktig for trafikantenes trygghetsfølelse. Nødtelefonene er tilknyttet enten til VTS eller direkte til brannvakta. Mange av de nødtelefonene som står i tunnelene har for dårlig kvalitet og driftsikkerheten er ofte redusert. Plassering av nødtelefoner i forhold til vifteplassering har stor betydning da viftestøy reduserer hørbarheten i nødtelefonene. Driftssikre og funksjonssikre telefoner er derfor særdeles viktig. Og det er viktig at det ikke går for lang tid fra en løfter av røret til en får svar.

## **Radiokommunikasjon**

VHF og kringkastet radio bør få høyere prioritet enn i dag. De krever en langsgående spredekabel som henger i taket på tunnelen. Kabelen med koblinger og opphenginnretning må være brannsikret og den bør seksjoneres.

## **Slukkevann**

Brannmyndighetene stiller veldig ofte krav om tilgang på slukningsvann. Det bør også prioriteres høyere enn i dag. Det kan være brannhydranter i eller like utenfor tunnelene, tankbil eller sisterner på drensledningen inne i tunnelen.

## **Ventilasjon**

Tidligere ble ventilasjon beregnet og installert for å fortynne avgassene fra bilene. Etter hvert er det også blitt langt vanligere med krav om "brannventilasjon" i tunnelene. Dvs. ventilasjonen beregnes for å kunne styre røyk og gasser fra en bilbrann på 5 MW evt. bussbrann på 20 MW samt fortynne branngasser for å unngå eksplosjon. For å kunne ivareta slike krav kreves det mer tilgang på skyvkraft i ventilasjonen. Redningsetatene er naturlig nok mer og mer opptatt av dette og krever styring av brannventilasjon for å kunne gjøre en effektiv innsats ved brann i tunneler.

## **Bommer / rød vekselblinklys**

I dag monteres det på de fleste tunnelene rød vekselblinklys med underskilt for å kunne stoppe biler utenfor tunnelen ved ulykker/brann. I tunneler med høy trafikk monteres fjernstyrte bomber. Manuelle blir også brukt en del, men er ikke lenger en del av definert sikkerhetsutstyr.

Både rød vekselblinklys og fjernstyrte bomber kan styres fra VTS for raskt å kunne stenge tunnelen. Erfaring viser at trafikantene ikke alltid respekterer rød vekselblinklys med underskilt.

Driftssikkerheten på de fleste automatiske bomber er dårlig. Det skyldes feil type, dårlig kvalitet og at de blir lite brukt. Brann- og politimyndighet er ikke fornøyd med dagens utrustning.

Det er et klart behov for tiltak for å bedre respekten blant trafikantene for rød vekselblink.

## **Prioritert belysning/nødlis**

Prioritert belysning arrangeres ved at fjerde eller femte armatur lyser i ca. 1 time etter at strømmen har falt ut. Dette ordnes med batterier eller nødaggregat.

Generell erfaring er at desentralisert batteribackup bør unngås og at det anbefales sentral nødstrømsforsyning.

## Ledelys

Ledelys brukes for å lede trafikkantene mot utgangen i røykfylte tunneler. Lysene skal tennes automatisk eller manuelt i et branntilfelle. Lysene skal monteres i høyde ca 1,0 m over kjørebanelen, på en side og med innbyrdes avstand på ca. 62,5 m. I kurve gjelder i tillegg at lysene skal være passert slik at det er sikt fra lys til lys. Lysene skal virke i min. 0,5 t.

I den senere tid er det brakt i erfaring at ved en brann i selve ledelyset kortsluttes hele kursen og alle lysene faller ut. Selv om dette er en sjelden foreteelse, er det viktig å ta høyde for dette i fremtidige anlegg.

## Rømningskilt

For å markere retningen til utgang brukes Utgang/Exitskilt i grønt og hvitt. Dette skiltet settes opp vinkelrett på kjøreretningen, og skal være innvendig belyst.

## Nødutgangsskilt

Nødutgangsskilt settes parallelt med tunnelveggen og skal være innvendig belyst.

## Strømforsyning/ nødstrøm

Egen nødstrømforsyning er normalt ikke påkrevd. Vanligvis vil det gi tilstrekkelig sikring med strømforsyning fra begge tunnelmunninger som kobles sammen slik at det oppnås ringmatning. Hvis det ikke er overlappende mating skal alt utstyr som ut fra en sikkerhetsvurdering skal fungere ved strømutfall, være knyttet opp mot en nødstrømsforsyning.

Avbruddsfri strømforsyning (batteri, aggregat m.v.) som sikrer strøm til nødutrustning, pumper etc. vil være nødvendig i spesielle tilfeller (høytrafikk tunneler, undersjøiske tunneler ..)

Hvis det installeres batterier som sikrer mot brudd i strømforsyningen har erfaring vist at disse må være garantert for minimum 8 års levetid ved 18°C ved antatt 20 innkoblinger a 60 min. årlig.

## Varsling av trafikkantene

Trafikantundersøkelser viser at publikum flest mener at varslingen i våre tunneler er for dårlig. Dette kan gjøres bedre med relativt enkle midler. Det kan virke som om de som planlegger tunneler i for liten grad ser tingene fra trafikkantens ståsted.

- Varsling utenfor tunnelen når den stenges, hvorfor og hvor lenge
- Varsling av vanskelige kjøreforhold, glatt i munningene

- Varsling av mye støv/gass, spesielt for astmatikere
- Varsling hvor langt det er til munningene
- Varsling om saktegående kjøretøyer
- Varsling til trafikantene via innsnakk

### **ITV-overvåking / automatisk registrering av hendelser**

Dette blir i montert i høytrafikk tunneler i tettbygd strøk. Slik overvåking er nyttig i trafikkstyringen, det viser eksakt hvor eventuelle hendelser inntreffer og hvilken type trafikk som er innblandet

Moderne Web-teknologi kan i dag gi både enklere og billigere løsninger enn tradisjonelle videoutstyr.

### **Olje og slamutskillere**

Utslipp av vann fra tunnelens drens- og overvannssystem må godkjennes av de rette myndigheter.

System for oppsamling må etableres ved behov.

### 3. Energiøkonomisering

Energiøkonomisering (ENØK) er en særdeles viktig oppgave å få satt i system. Og det er all grunn til å tro at det blir enda viktigere fremover og med klarere krav til slike tiltak. Hvordan Statens vegvesen skal kunne gjennomføre tiltak for å redusere elkraftkostnader totalt bør derfor være viktig å få synliggjort.

Kravene til kjørekomfort og sikkerhet i vegtunnelene blir stadig høyere. Strømforbruket til driften har økt jevnt i takt med stadig mer installert utstyr. Etter hvert begynner elkraften å utgjøre en betydelig del av kostnadene ved drift av vegtunneler. Mesteparten av strømkostnadene går til ventilasjon, lys og i undersjøiske tunneler til pumping av lekkasjevann.

Hvis en ikke tar hensyn til dette i prosjekteringen, blir det komplisert og kostbart å rette på det i ettertid. Det er ikke bare i prosjekteringen av de tekniske installasjonene en må tenke energiøkonomisering, men i utformingen av selve tunneltraseen og tunneltverrsnittet.

#### Trase og tverrsnitt

- stigning
- høybrekk
- lavbrekk
- jevn kontur
- plassering og utforming av tekniske rom
- ventilasjonsretning
- plass til de mest effektive viftene

Dette bør være et satsingsområde for etaten og det kan skisseres flere innfallsvinkler til denne problemstillingen:

- 1) Utstyr beregnet for spenningsregulering
- 2) Bygging av små kraftverk i tunneler med stort fall
- 3) Regulering av lysmengde etter reelt behov
- 4) Regulering av forbruk ved ventilering – jevn /tidlig oppstart av ventilasjon
- 5) Vifter på riktig trinn i forhold til jevn trekk
- 6) Regulering av tidspunkt for å unngå samtidig bruk av vifter og tradisjonelle dykkpumper
- 7) Kontroll / oppfølging av strømforbruket
- 8) Høgspenning
- 9) Kjøprutiner for elektrisk kraft
- 10) Generell evaluering av ventilasjonsanlegg

**ENØK i tunnel – forslag til tiltak:**

- Vurdere faktorene i elkraft kostnadene. For tiden er fordelingen av disse faktorene ca. en tredjedel på hver av strømpris, nettleie og avgift til staten.
- Vurdere avtaleform m/kraftselskapene.
- Fordele forbruket over døgnet - minst mulig ved industristart om morgen, ettermiddag og kveld.
- Gjennomføre «mykstart» for tyngre utstyr som pumper og vifter, d.v.s. en forsiktig start av vifter 1-2 t før rushet starter, og på denne måten redusere maksimal uttaket av strøm.
- Styre ventilasjonsbruken bedre ved programmering – oppstart / stopp av ventilasjon og pumper etc. Oppstart av noen få vifter ved lavere nivå på NO<sub>x</sub> / CO vil redusere toppene og således også totalforbruk og kostnader.
- Styre lysbruken bedre ved å redusere lysbruk om natten og på mørke dager. Skumringstrinn skal kunne styres manuelt ved nattarbeid.
- Vurdere bruk av nye og mindre elkraftkrevende lysarmaturer med lenger levetid, for eksempel QL-lamper og bruke lavtrykksarmaturer istedenfor høytrykksarmaturer.
- Gjøre mer omfattende LCC-vurdering ved innkjøp av utstyr - vurdere holdbarhet - strømbehov - utskiftingsbehov.
- Vurdere utstyrets totale utskiftingsbehov / reinvesteringsbehov.
- Overvåke kraftforbruket slik at en får timevurdering som igjen gir en god mulighet for å sette i verk tiltak for å redusere topputtak.
- Vi må redusere impulsbruk av ventilasjon - eksempelvis når publikum ringer inn til VTS om dårlig luft etc. Instruks for VTS må utarbeides.
- Styling av lys/ventilasjon på bakgrunn av trafikkmengde fordelt over døgn.
- I større grad bruke små pumper som går kontinuerlig (24 t/døgn)

#### 4. Renseanlegg

I de senere år har det blitt installert elektrostatiske renseanlegg i en del tunneler i Norge. Disse anleggene har delvis kommet som et resultat av politiske beslutninger om rensing av tunnelluften som et miljømessig tiltak for trafikantene og/eller omgivelsene utenfor tunnelen. Renseanleggene er meget kostbare i anskaffelse og ut i fra den erfaringen man har fra førstegenerasjonsanleggene viser den at den praktiske renseeffekten for enkelte anlegg over tid har vært lavere enn forventet. Spesielt har dette vært relatert til Helltunnelen som er toveistrafikert og med forholdsvis stor trafikk. Denne reduserte effekten skyldes flere forhold, enten enkeltvis eller samlet:

- Teoretiske forutsetninger som ble lagt til grunn for planlegging av ventilasjonsberegninger som ikke samsvarer med de virkelige forhold
- Uklare/forskjellige målemetoder og teknikker knyttet til oppnåelse av garanterte spesifikasjoner
- Stempeleffekt og resirkulasjon av luft forårsaket av trafikken
- Forhold knyttet til geometrisk tunneutforming

Det er pr. i dag installert elektrostatiske renseanlegg i følgende norske vegtunneler:

▪ Festningstunnelen	Oslo	1800 m	ÅDT 85000
▪ Granfosstunnelen	Oslo	1180 m	ÅDT 25000
▪ Ekeberg tunnelen	Oslo	1580 m	ÅDT 75000
▪ Helltunnelen	Værnes	3930 m	ÅDT 9800
▪ Nygårdstunnelen	Bergen	860 m	ÅDT 25000

Vurdering av metoder for utfelling av partikulære forurensinger i eller fra vegtunneler i Norge er basert på to prinispippielt ulike forhold:

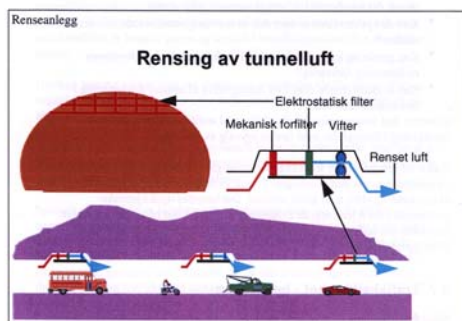
1. Sikkerhets-/miljømessige forhold knyttet til tunnelens trafikanter og deres oppfatning av redusert luftkvalitet. Dette kommer særlig til uttrykk om vinteren da piggdekkslitasje og mineralisk svevestøv kombinert med eksos/forbrenningspartikler kan gi nedsatt sikt.
2. Partikkelutslipp fra høytrafikkerte vegtunneler kan representere ubehag, irritasjon og over tid et potensielt helse-/miljøproblem for tredjeperson (og da spesielt sårbare grupper i samfunnet) og det ytre miljø.

Begge disse forhold må karakteriseres som partikkelforurensing, men med litt ulike innfallsvinkler.

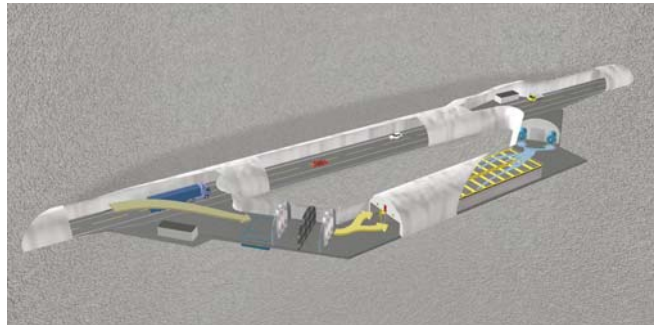
Så vidt vites er renseanlegget i Helltunnelen det første i verden av denne type plassert i en to-veistrafikert tunnel.

Plassering av renseanlegg i tunneler er gjort etter to forskjellige prinsipper:

Montert i tunneltaket:



Montert i by-pass:



Når det gjelder bruken av slike høyeffektive renseanlegg (det være seg både partikkel- og/eller gassrenseanlegg for vegtunneler) må det være en forutsetning at nytteeffekten må stå i rimelig forhold til den totale investering og driftskostnadene for anleggene. Bruken og utskillingsgraden for slike anlegg må også være vel spesifisert og dokumentert. Etablering av standarder for metoder og prosedyrer for etterprøving og dokumentasjon av rensegraden for aktuelle filtre, både for laboratorieprøving og etterprøving i felten er utarbeidet av Sintef Energiforskning som ledd i arbeidet med dokumentasjon av effekt av renseanlegg.

Under etterprøvingen av renseanleggene i Ekeberg tunnelen, Helltunnelen og Nygårdstunnelen erfarte man flere forhold som ikke var godt nok ivaretatt under prosjektfasen og ved bestilling av renseanlegg. Dette gjelder spesielt beskrivelse av rensekrav, vurdering av tekniske detaljer vedrørende rensegrader i innkomne tilbud, angivelse av målemetoder for å etterprøve garantispesifikasjoner etc.

Jfr. Intern-rapport no. 2232 *"Renseanlegg i vegtunneler – krav til metoder og prosedyrer for dokumentasjon av renseeffekt"*

### **Erfaringsrapport om partikkelrensing i vegtunneler**

Sintef Bergteknikk har utarbeidet en erfaringsrapport om partikkelrensing i norske vegtunneler.

I denne rapporten er det foretatt en gjennomgang av de undersøkelser, dokumentasjon og erfaringer man har høstet ved bruk av partikkelrenseanlegg i norske vegtunneler. Dette omfatter Oslostunnelen, Granfosslinja, Ekeberg tunnelen, Helltunnelen og Nygårdstunnelen. Også andre erfaringer er omtalt.

Innledningsvis er relativt grundig diskutert forhold knyttet til svevestøvproduksjon og vegdekker, og hvilke forhold som påvirker og avgjør om man får et svevestøvproblem som vil kreve tiltak av type partikkelrensing. Her er også omtalt undersøkelser i vegtunneler helt tilbake til 80-tallet.



Deretter diskuteres erfaringer knyttet til selve vegtunnelen og renseanlegget; målte og garanterte renseseffekter, partikkelkonsentrasjoner, lufthastigheter, og strømningsstekniske forhold, trafikale forhold, stempeleffekter og resirkulasjon m.m.

De utførte undersøkelser varierer meget i utførelse og omfang, noe som gjør disse vanskelig sammenlignbare. På tross av dette finnes det noen klare fellestrekk som representerer erfaringer og konklusjoner:

- den praktiske renseseffekten for de enkelte anlegg over tid har vært lavere enn forventet og lavere enn det leverandørens spesifikasjoner oppgir. Dette kan skyldes feil grunnlag for dimensjonerende forutsetninger, uklare måleprosedyrer, etc.
- problemer med utfall av power-packs i driftssituasjoner som følge av spenningsfall som ikke skyldes selve renseanlegget
- vaske- og rengjøringsprosedyrene for anleggene har vært kompliserte og tidkrevende
- strømningsstekniske forhold knyttet til renseanlegget isolert eller tunnelen generelt (lekkasjer, resirkulasjon, stempeleffekt fra trafikk og/eller ventilasjonsstart, lokalisering av vifter, utforming av by-pass eller nisjer, varierende areal for luftgjennomstrømning) som ikke har vært optimale
- praktiske, miljømessige og økonomiske erfaringer så langt indikerer at bruk av renseanlegg i toveis trafikkerte tunneler med stor trafikk (jfr. Hell) ikke bør anbefales.

Jfr. Intern-rapport no. 2231 *"Partikkelrensing i vegtunneler – Erfaringer"*

### **Krav til metoder og prosedyrer for dokumentasjon av renseseffekt.**

Prøvetaking av partikulære luftforurensninger gjøres på ulike måter, beroende på hva formålet med undersøkelsen er. Det kan være kartlegging av helserisiko ved eksponering for støv i arbeidsmiljøssammenheng, kontroll av utslippsforhold knyttet til støvnedfall til det ytre miljø (helsersisiko, ubehag-, sjenanse- og smussproblem, konsesjonsmålinger o.l.), eller andre mer sofistikerte kontroll- og analyseformål.

I de undersøkelser som er utført for å kontrollere renseseffekter for støvrenseanlegg i vegtunneler i Norge er det benyttet målemetoder både basert på vekt- og partikkelbasis. Dette har sammenheng med at i de garantispesifikasjoner som er oppgitt av leverandøren benyttes både garantier for rensesgrader basert på vektbasis og partikkelbasis. For å etterprøve disse må derfor anvendes prinsipielt ulike prøvetakingsmetoder. Dette kompliserer denne type garantimålinger i og med at ikke entydige kontroll- og prøvetakingsmetoder er angitt i garantispesifikasjonen.

Hvilket måleprinsipp man skal anvende ved kontroll av utskillingsgrad for støvrenseanlegg i vegtunneler vil avhenge av hvordan leverandøren utformer sin garantispesifikasjon. Men her er det viktig at nettopp byggherren i sin anbudsinnbydelse spesifiserer i klartekst hvordan garantispesifikasjonen skal utformes, slik at denne kan etterprøves når anlegget er under innkjøring under normale driftsforhold.

I anbudsbeskrivelsen må punktvis formuleres hvilken prøvetakingsmetode og –prinsipp som skal anvendes ved etterkontrollen av anlegget, dvs. gravimetrisk måling eller partikkelmåling, eller kombinasjoner av disse. Videre må presiseres antall målepunkter og deres innbyrdes plassering, foran og etter forfilter, elektrofilter og etterfilter, prøvetakingstid, om kontrollmålinger skal foretas før eller etter at trafikk er påsatt tunnelen, i rushtrafikk eller som midlere forhold over hele døgnet eller deler av døgnet, vinter eller sommer. Det må også anføres hvorvidt eventuelle analyser skal foretas, f.eks hvorvidt man ved gravimetrisk prøvetaking skal foreta etterfølgende analyser knyttet til fordeling av uorganisk fraksjon (mineralstøv, metalliske komponenter) og organisk fraksjon (sot, forbrenningsprodukter etc) i avsatt svevestøv i støvfiltrene.

Når det gjelder prøvetaking og kontroll av renseeffekter for partikkelrenseanlegg i vegtunneler er det viktig å være klar over de store forskjeller i partikkelkonsentrasjoner sommer og vinter, og ikke minst at det relative forholdet mellom fordelingen av mineralstøv og sot/forbrenningsprodukter også er svært forskjellig sommer og vinter. Om man benytter gravimetriske metoder for prøvetaking vil dette kunne kontrolleres ved etterfølgende analyser av støvfiltrene.

Slike analyser vil man ikke kunne benytte der man benytter prøvetakingsmetoder for renseeffekt basert på optiske metoder og partikkeltelling. Da forholdet mellom f.eks sotpartikler og mineralstøv er så forskjellig sommer og vinter, vil dette føre relative forskjeller i partikkeltall avhengig av om det er mineralstøv eller sot som dominerer sammensetningen av svevestøvet.

Når det gjelder bruken av slike høyeffektive renseanlegg (det være seg både partikkel- og/eller gassrenseanlegg for vegtunneler) må det være en forutsetning at nytteeffekten må stå i et rimelig forhold til den totale investering og driftskost for anlegget. Bruken og utskillingsgraden for slike renseanlegg må også være vel spesifisert og dokumentert. Standarder for etterprøving og dokumentasjon av rensegraden for aktuelle filtre, både for laboratorieprøving og etterprøving i felten er gjennomført av Sintef Energiforskning og det henvises til intern-rapport nr 2232.

## 5. Ventilasjonsanlegg



### Erfaringer

Statens vegvesen monterer tunnelventilasjon i svært mange tunneler som blir bygd i dag. Tidligere var det bare de lengste og de med stor trafikk som fikk installert ventilasjon. Det er stor forskjell på ventilasjonsanleggene som ble installert i starten i forhold til de som blir montert i dag. Det som en kan si om utviklingen er at ventilatorene er blitt mer effektive samtidig som støyen er redusert. Et annet forhold som man er mer bevisst på i dag er funksjonskrav til anlegget.

I starten tenkte man mer på å få forurenset luft ut av tunnelen (det var viftene det var fokus på).

I dag tenker man også på at ventilasjonsanlegget skal fungere under en eventuell brann. Da kommer det inn moment som styring, startapparat, kabeltyper, forlegningsmåte.

Helt fram til i dag registreres det at det brukes kabler som ikke er godkjent for mer enn 70°C samtidig som det settes krav til at ventilatorene skal fungere ved langt høyere temperaturer.

### Montering

Det viser seg at det er stor forskjell på hvorledes ventilasjonsviftene er monterte. Metoden som er mest benyttet er å feste de direkte til fjellbolter. Den andre måten er å montere ei montasjeramme først. Bruk av montasjeramme er den beste metoden da en får lik plassering av viftene i profilet samtidig som det letter arbeidet ved demontering og montering av viftene.

### Driftserfaring

Av det tekniske utstyret som er i tunnelene er det tunnelviftene som erfaringsmessig har den lengste levetiden.

Dette begrunnes med at det er relativt enkelt å vedlikeholde ei tunnelvifte. Motoren kan vikles opp igjen, og lager kan skiftes, viftehus kan sandblåses og overflatebehandles på nytt.

Tilbakemeldingene går på at årsaken til at tunnelvifter havarerer er brent motor eller slitte lager. Det viser seg at det ofte er kondens som forårsaker de fleste havariene. Dette kan unngås ved bruk av dremsnippel i bunn av statorhus.

### **Service**

Enkel feilsøking på tunnelviftene kan som oftest utføres fra styretavlen. Det største problemet er rasjonelt utstyr til å ta ned tunnelvifter med. Det anbefales sterkt å bruke enten tunnelrenskebukk eller plattformbiler som brukes til montering av PE-skum. Tunnelproduksjon disponerer i dag flere slike biler. Dersom det i tillegg finnes ei vugge som passer til viften, er det ikke problemer å demontere og montere tunnelvifter uten at det går på sikkerheten løs.

## 6. Lysanlegg

Det er generelt mye slurv å registrere i kabelinstallasjoner for lysarmaturer. Det er ikke så sjelden å oppleve at kravet om dryppnese på kabelen før innføring i armaturen ikke er oppfylt, jfr NEK400. Dette bør også være en del av den spesielle beskrivelsen i anbudsgrunnlaget og tas opp spesielt med entreprenøren før start og være en del av kvalitetssikringsopplegget. Slike forhold kan virke selvsagte men når de i praksis ikke blir fulgt, må tiltak iverksettes!

### Nattbelysning.

Alle tunneler lenger enn 100 meter skal ha en grunnbelysning. Alle tunneler som er utstyrt med belysning bør ha vegbelysning inn mot munningene. Vegbelysningen må gradvis øke til samme nivå som i tunnelen.

Belysningen i tunnelen skal ha likt nivå, jevnhet og optikk. Fargetemperatur skal være likest mulig naturlig lys, samt vise alle farger uten forvrengning. Jevnheten skal ikke ha flimner, mørke soner skal ikke forekomme. Blending og direkte motlys skal ikke forekomme. Lyset skal oppleves naturlig. Nivået skal være tilstrekkelig, slik at alle motorvognførere har god sikt.

Alle typer kjøretøy skal ha samme belysningsforhold.

### Dagbelysning.

Alle tunneler som er utstyrt med belysning og har lengde over 200 meter, skal ha dagbelysning. Belysningen skal være tilstrekkelig, slik at førerne ikke føler overgang fra utside til innkjøring i tunnelen ubehagelig.

God sikt inn i tunnelen skal ivaretas under alle værforhold. Belysningsnivået skal ha jevn reduksjon til grunnbelysningen uten at bilistene får problemer med iris og fokusering. Jevnheten skal ikke ha flimner. Sonene skal variere i lengde, i forhold til hastighet og antall kjøretøy.

### Funksjon.

Belysningen kan bestå av lamper som trinnløst justeres opp og ned i forhold til dagslyset. Dette for å unngå opphold i lederen som vil føre til flimner. Belysningen skal kunne dimmes trinnløst ved lavtrafikkperioder for energisparing. Det skal kunne dimmes / økes individuelt i forhold til soner med varierende trafiksikkerhet. F.eks. før en avkjøringsrampe o.l..

Belysning med dimming vil spare kabling fordi samme kabel brukes uansett belysningsnivå. Det må selvfølgelig benyttes egen kurs for nødlys hvis ikke kabelforlegning sikrer funksjonssikkerhet ved brann.

Kabelbru med funksjonssikkerhet eller skjult forlegning av trekkerør bør benyttes. Kabler for utstyr i tak, slipper føringsveg i bankett når dette velges.

### **Levetid.**

Lampene skal minimum ha 4 års levetid med garantert lysutbytte på 80%. Garantert maksimalt utfall på 1% for hele anlegget i lampenes levetid. Armaturene skal ha elektrodel med de samme kravene som for lampene. Hele armaturen skal ha så høy kvalitet, at det ikke vil forekomme utfall før lampenes garanterte levetid.

### **Sikkerhet.**

Armaturene skal ikke kunne kortslutte sikringskursen. Det skal garanteres full selektivitet i forsyningen, fra fordeling til armatur. Armaturene skal ha automatisk utkobling ved feil på lampe og elektrodel. Tenningen skal ta maksimalt 5 sekunder, samt at startstrøm ikke skal overskride 5 ganger driftsstrøm innenfor samme tidsrom.

Nøddysarmaturene skal ikke kunne kortslutte sikringskursen ved brann. Armaturene som blir utsatt for brann, skal ikke føre til utkoblinger av andre armaturer fra samme kurs. Glasset skal være herdet og pulveriseres ved skade.

Ved sikringsutfall for en belysningskurs, skal ikke dette føre til utfall av vesentlig del av trinnet kursen tilhører. Armaturer på samme kurs skal ikke plasseres slik at trinnet blir borte i samme sone.

### **Betjening og utforming.**

Alle armaturer skal ha betjenbar lampe uten verktøy. Hele elektrodelen skal være uavhengig av lampen, bestå av en enhet, kunne frakobles uten verktøy og fare for berøringsspenning.

Alle armaturer skal ha godt synlig (etter montering) symbol for lampe, samt kunne merkes med inntil 8 tegn. Armaturhuset skal være utformet slik at vann og støv ikke blir liggende oppå eller i falser og pakninger. Vekten på en armatur, skal ikke være mer enn 10 kg totalt.

Alle armaturer skal ha intern viderekobling mellom inn og utgående føringsveg for 4+Px10/CU. Inn- og utføringsnipler for kabel skal være tilpasset for kabel med diameter fra 15 til 29 mm. Nipler skal ha strekkavlastning, samt tåle bend uten å svekke tettingen. Membranen skal kunne tåle en temperatur på 180°C og ha minimum IP 68.

Belysningsanlegg i tunneler skal ha bestandige materialer, være vedlikeholdstilpasset og tilfredstille krav til høytrykksrengjøring med angitt avstand og trykk.

## Styring

Belysning skal kunne styres og ha prioritert rekkefølge som følger:

### 1. Tavle.

Tavlefront i skapet belysningen blir forsynt fra. Hvis tunnelen har flere forsyninger skal alle ha betjening. Merke tekst øverst på skapdør skal være " Belysning" og "Trinn nr. " hvis det er flere skap for belysning. Styringen skal kobles direkte mot kontaktorene og være uavhengig av styresystemet / PLS.

Betjeningen skal ha følgende:

Vri brytere med merking på plate under bryteren, hvor tekst med funksjon leses i bryterens stilling.

- Auto - Lokal (pr.trinn)
- På - Av (pr. trinn)

Kontroll lamper. ( max. 24 V eller lysdiode)

- På (grønn)
- Feil (rød) Skal indikere sikringsutfall og feil ved styringen.

Timeteller for alle trinn med 5 siffer og (nedsunken) bryter for reset.

Display med lux verdi og funksjonsknapper som viser de trinn satte verdiene. Verdiene skal enkelt kunne stilles, etter at passord eller liknende logges inn.

### 2. Nødstyreskap.

Betjeningen skal ha følgende:

Vri brytere med merking på plate under bryteren, hvor tekst med funksjon leses i bryterens stilling.

- Auto - Fullt lys

Kontroll lampe. ( max. 24 V eller lysdiode)

- Auto (hvit)
- Fullt lys på (grønn)

### 3. Vegtrafikksentral/vaktsentral.

Betjening for styring og innhenting av status, skal være på en pc-terminal plassert på vaktsentral, driftssentral eller VTS. Skjerm bilde viser skisse av tunnelen(e) med evt. begge løp. Lystrinnene vises med avlange markeringer, med lengder i forhold til sonene de markerer. Boksene skal vise gul farge, når trinnet den indikerer er i "drift/på", vise sort farge ved "av" og vise rød ramme når det er en feil (uavhengig om trinnet er i drift). Ved markeringene skal det stå skrevet trinn, Natt, Skumring, Dag1, Dag 2 (høyere tall indikerer høyere lystrinn).

## Allmennbelysning i tunnel – Lyslederteknologien



Lyslederprosjektet (fase1) ble avsluttet tidlig på vinteren 1998. Mandatet var å utvikle en lysleder som kunne bli benyttet som almenbelysning i tunnel. Lyslederen skulle tilfredstille tunnelnormalenes krav til belysning i indre sone/nattlys, og det var et mål at lyslederen skulle gi en komfortabel belysning for trafikkantene. Gruppen skulle også se på innkjøpskostnader og driftskostnader. Ut ifra dette mandatet foreligger det så en rapport fra april 1998.

Opprinnelige forsøk ble utvidet i etterkant og disse oppdateringene er ikke rapportert.

Det er gjort en del utbedringer og utvidelser av anlegget i forhold til det som er beskrevet i rapporten. En samlet rapport på bakgrunn av de erfaringene som dette har gitt vil bli utgitt.

På bakgrunn av det som har skjedd til nå er det mange spørsmål knyttet til denne lyslederteknologien generelt og utstyret spesielt som det enda ikke er gitt tilfredstillende svar på:

- Utvidede forsøk med avstand mellom lyskildene for å oppnå kravene
- Det skjer en stor utvikling på lyskildesiden. Hvilke konsekvenser vil bruk av kraftigere pærer ha for denne type installasjon, både økonomisk og praktisk?  
Konsekvenser av stadig lengre levetid på pærene
- Konkrete effekter av lyse vegger og lyse dekker som påvirker lysnivået
- Forskjeller mellom natrium- og kvikksølvpærer
- Testing av denne konstruksjonen sin IP-grad og tetthet ved rengjøring
- Nedsmussingsgrad og design på installasjonen
- Trafikkantenes oppfatning av sikkerhet, trygghet og kjørekomfort

Mange av disse spørsmålene blir ikke besvart gjennom testingen i Bjørge og danner således grunnlag for videre testing.

En viktig faktor for å vurdere denne teknologien er trafikkantenes oppfatninger av sikkerhet, trygghet og kjørekomfort sett opp i mot levetidskostnader. Oppfatningene kan selvsagt først dokumenteres gjennom praktiske forsøk med denne teknologien i trafikkerte vegtunneler, i første omgang i Oslofjordtunnelen.



### **Forslag til videre arbeid med belysning:**

Spørsmålet om betydningen av veggflatenes utforming og overflate har det etter har gjort det nødvendig å få avklart noen helt fundamentale problemstillinger. Det antas at vi belyser våre tunneler for å at tunnelene skal få passende sikkerhet, komfort og kapasitet (SKK). For videre utredning om tunnellys kan kanskje n følgende nivåmodell brukes:

- Nivå 1 Begrunnelse for belysning av veggtunneler (SKK?)
- Nivå 2 Innbyrdes prioritering av begrunnelser for belysning i ulike typer tunneler
- Nivå 3 Hva er innbyrdes betydning av vegflate, veggflater og takflate for SKK
- Nivå 4 Hvilke belysningsnivå skal en ha på flatene (innbyrdes forhold)
- Nivå 5a Hvilke belysningsystem egner seg for å belyse flateelementene (plassering, lysfordeling, lyskilde)
- Nivå 5b Hvilke optiske overflateegenskaper bør tunnelers flater ha
- Nivå 6 Hvilke materialer er aktuelle for tunnelflatene (optiske egenskaper, tilgjengelighet, pris for anskaffelse og vedlikehold)

Spørsmålene på nivå 1 og 2 må besvares politisk, men lysfaglig kompetanse må inn fra og med nivå 3. Det er ikke helt klart hvor den egentlige problemstillingen ligger, men det antas at den ligger fra nivå 4-5 og nedover. Men før det går inn på disse nivåene må det avklares at svarene som hittil er gitt på nivå 3 er riktige og/eller relevante. Dette er viktig.

Hittil har vegbanen blitt belyst og noe tilfeldig har veggene også blitt belyst. Det er grunn til å tro at det er en del momenter som taler for at veggene har blitt tillagt for liten betydning. Det er kanskje viktigere å belyse veggene enn vegbanen.

Når det skal gås inn på belysning av tunnelvegger synes det å være nødvendig først å gå inn på en analyse på de ulike nivåene i sammenhengene. Desto flere nivåer som skal behandle desto mere omfattende blir utredningen. En kan også se for seg finansieringskilder av ulike typer på de ulike nivåene. Industrifinansiering vil være aktuell på nivå 5 og 6, men undersøkelser på nivå 3 og 4 bør være fri for næringsinteresser. Resultater på nivåene 3 og 4 bør være mest mulig eksakt og allmenne. Svarene vil kreve ganske fundamental forskning og være forbundet med ikke uvesentlige kostnader da det som før nevnt ikke er foretatt noen enhetlig undersøkelse av elementene i tunnelbelysningen.

## 7. Pumpeanlegg

Den første undersjøiske vegtunnel her i landet ble åpnet for trafikk i 1983. Frem til i dag er det bygget i alt 22 undersjøiske tunneler. Bømlafjortunnelen er pr. i dag verdens lengste undersjøiske tunnel med sine 8 km. Frøyatunnelen er den dypeste med –264 m.

Navn	Fylke	Vegnr.	Åpningsår
Hvaler	Østfold	Rv 108	1989
Oslofjord	Akerhus /Buskerud	Rv 23	2000
Flekkerøy	Vest-Agder	Rv 457	1989
Byfjord	Rogaland	Ev 39	1992
Mastrafjord	Rogaland	Ev 39	1992
Bjørøy	Hordaland	Fv 207	1996
Bømlafjord	Hordaland	Ev 10	2000
Fannefjord	Møre og Romsdal	Rv 64	1991
Freifjord	Møre og Romsdal	Rv 70	1992
Ellingsøy	Møre og Romsdal	Rv 658	1987
Valderøy	Møre og Romsdal	Rv 658	1987
Godøy	Møre og Romsdal	Rv 658	1989
Hitra	Sør-Trøndelag	Rv 714	1994
Frøya	Sør-Trøndelag	Rv 714	2000
Nappstraum	Nordland	Ev 10	1990
Sløverfjord	Nordland	Ev 10	1997
Tromsøysund	Troms	Ev 8	1994
Kvalsund	Troms	Rv 863	1988
Maurusund	Troms	Rv 866	1991
Ibestad	Troms	Rv 848	2000
Vardø	Finnmark	Ev 75	1983
Nordkapp	Finnmark	Ev 69	1999

### Generelt

Overvann, smeltevann og grunnvann som renner inn i tunnelen fra dagsonen utenfor portalene, samt lekkasjevann, fanges opp gjennom dreneringen i tunnelen og ledes til pumpebassenget i tunnelens laveste punkt.

Pumpeasjonen i bunnen av tunnelen pumper lekkasjevannet, via pumpeledning i tunnelen og ut av tunnelen og opp i utslippskum.

## Pumpeasjon



Pumpeasjonen innbefatter:

- pumper og motorer med tilhørende kabler
- elektrisk tavleutrustning IP 65 med softstartere og kontaktorer
- PLS med start og stoppfunksjoner og nivågivere
- strømforsyning og styringsutrustning for pumper med servicebrytere hvor strømkabler fra pumpene tilkobles
- alle innvendige rørforbindelser
- rør, armatur, rørdeler og forankringer
- tiltak for demping av trykkstøt med nødvendig kompressor

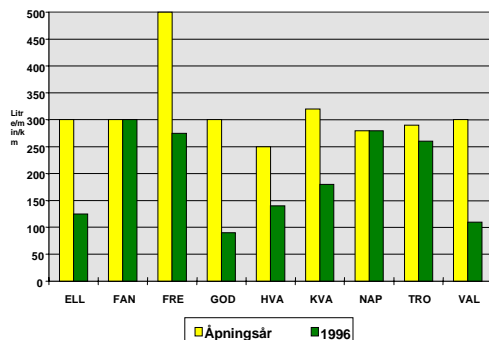
## Teknisk løsning

Pumpene kan være av type:

- vertikalstilte brønnpumper
- brønnrørpumpe med tørroppstilt motor
- ren tørroppstilling av både motor og Pumpe
- horisontalt oppstilte pumper

## Innlekkasje

Erfaringene så langt viser en meget klar tendens med sterkt avtagende innlekkasjer i de aller fleste undersjøiske tunneler. Målinger som er gjort viser at driftstimene på pumpene er nesten halvert i løpet av en 10-års periode.



## Miljø

Atmosfæren i tunneler er korrosiv. Dette skyldes at det lett vil oppstå kondensering av vann og fuktig luft i tunnelen. Lufta og kondensvannet vil inneholde støv, salt og nitrøse gasser. Nitrogenoksidene gjør at kondensvannet vil være surt pga. salpetersyre og salpetersyring, og inneholde salt. Det mediet som skal pumpes vil også være korrosivt, pga. nevnte syrer, men mest pga. innlekket saltholdig vann. I praksis vil alt utpumpet vann være saltholdig.

## Korrosjon i luft

Lufta i pumpestasjonen vil normalt være meget fuktig og kan inneholde høye konsentrasjoner av svovel- og nitrogenoksider. Fuktigheten kan ha svært lav pH og være meget korrosiv på stål og stållegeringer. Når fuktigheten kondenserer på metallflater vil det derfor lett kunne oppstå korrosjon. Det vil derfor være en stor fordel å ha maskin og elektriske installasjoner i et eget rom med luftavfukningsanlegg. Hvis luften er tørr vil fuktigheten ikke kondensere på metallflater og det vil således ikke dannes en korrosiv væske eller saltskilt på metalloverflatene. Da tørroppstilte motorer trenger luft for kjøling vil det være behov for betydelig ventilasjon når motorene er i drift. Når det blir varmt i motorrommet vil fuktighet lett kunne slå seg ned på de motorene som ikke går. Det er derfor vesentlig med luftavfukting også når motoren går såfremt de ikke anordnes i egne rom for hver motor.

Konstruksjonsmessig er det derfor meget viktig at det ikke dannes lommer der kondensvann samles. På slike steder vil konsentrasjonen av korrosive stoffer øke etter som vannet også fordampes. I slike lommer kan det dannes væske med meget sterke syrer eller saltkonsentrasjoner. Anlegg i kromnikkelstål kan korrodere i stykker på meget kort tid under slike forhold.

## Korrosjon i vann

Drens-/overflatevannet fra tunnelen kan inneholde korrosive stoffer. Det kan dreie seg om klorider fra sjøvann, svovel-, og nitrogenoksider og andre korrosive stoffer fra avgassen fra forbrenningsmotorer. Eller det kan være korrosive stoffer fra fjell- og sprengningsarbeider.

Rustfritt stål (AISI 304) vil normalt være utsatt for korrosjon i naturlig sjøvann. Punktkorrosjon (pitting) og korrosjon i nærheten av sveis (kromvandring) er mest vanlig. Det er svært viktig og benytte riktige sveiseprosedyrer og hindre galvaniske strømmer. Ved å øke Krom-, Molybden- og i noen tilfeller Nitrogeninnholdet i legeringene oppnås en bedre korrosjonsresistens mot sjøvann. Krominnholdet i elektroden bør økes i forhold til grunnmaterialet.

Er sjøvannet fortynnet kan syrefast stål (AISI 316) være korrosjonsresistent til en kloridkonsentrasjon opp mot ca. 20 000 ppm. For å oppnå en fullstendig korrosjonsresistens mot naturlig sjøvann og høyere temperaturer bør det benyttes høylegerte ståltyper.

Vanlig stål må korrosjonsbeskyttes eller det må legges til et betydelig korrosjonstillegg (ca. 0,2 mm/år). Ved bruk av kromnikkelstål er det viktig at vannet inneholder oksygen og ikke blir stående over lengre tid i et rør eller annen konstruksjon.

### Virkemåte i normal driftssituasjon

I en normal driftssituasjon er det bare lekkasjevann som renner inn til pumpekamrene. Kombinasjonen av kapasitet på hver enkelt pumpe og antall pumper skal være slik at ett av kamrene skal kunne sjaltes helt ut for tømning/repasasjon etc., mens det andre kammeret har kapasitet til å ta unna normal tilrenning. Det er forutsatt tre like pumper, to for normal drift og ei i reserve. Kapasiteten på disse skal være så stor at ei pumpe har kapasitet til å ta unna normal tilrenning.

Styringen av pumpene skjer med PLS fra automatikkskap og skal kunne jobbe lokalt. PLS som tilhører pumpestyring skal tilkobles den overordnede PLS-styringen. Start og stopp styres av nivåmåler i pumpeumpen. Ved høyt og lavt nivå (fare for tørrgang) gis det alarm. Nivåmåleren dubbleres med nivåvippebryter for høyt og lavt nivå. Inn- og utkopling skjer med mykstart og mykstop. To av pumpene alternerer jevnlig mens den tredje skal alternere sporadisk.

For øvrig henvises til kap.7 om styr og overvåking.

Begrensninger på pumpetidspunkt:

Natt (tidsrommet 2300 - 0700): Ingen restriksjoner, dvs. at om nødvendig kan alle pumpene gå samtidig

Dag (tidsrommet 0700 - 2300): Ved 50% last på ventilasjonsanlegget kan 1 pumpe være i drift.

Ved større last må pumpene stå.

Dette innebærer at pumpeanlegget må dimensjoneres for at innlekket volum i 16 timer (0700 - 2300) pumpes ut innenfor en begrensning på 8 timer (2300 - 0700) av 1 pumpe.

### Virkemåte ved unormal driftssituasjon

Unormal driftssituasjon har man når anlegget har vært ute av drift så lenge at reservekammerets volum har vært tatt i bruk. Pumpeanlegget må dimensjoneres slik at det har kapasitet til å pumpe ut opptil 6000 m<sup>3</sup> lekkasjevann innenfor en periode på 2 netter a 8 timer. Pumpene må også være i stand til å gå kontinuerlig i min. 48 timer. Ved feil på automatikken må pumpene og pumpestokker, samlestock mv. tåle direkte start og stopp. Anlegget må kunne tåle direkte start og stopp av pumpene. Ved en evt. nødsituasjon skal pumpene kunne gå 24 timer i døgnet.

## Historikk - erfaringer

Tunnelenes lengde og dybde er svært varierende, men tunnelene har flere felles trekk:

- Innlekkasjevannet er avtagende, det vil si at sprekker tettes over tid på grunn av salter og partikler m.m. bygger seg opp.
- Miljøet er svært korrosivt på grunn av salter, avgassing m.m.
- Kvaliteten på pumpeanlegget/ledninger er av noe variabel kvalitet.

Det siste punkt kan ha flere årsaker, blant annet har det vist seg at prosjekterende nærmest har kopieret tidligere pumpeanlegg.

Evaluering med oppfølging blir nærmest forbigått i stillhet !  
En annen årsak kan ha være at det er "lite penger" i siste del av anleggs- fasen, samtidig som en i anbudsrunder velger den "laveste pris".

Generelt er alle pumpeanleggene inkl. de elektriske komponenter plassert i åpne løsninger i og rundt pumpeumpen, noe som på sikt kan være svært uheldig.

Ideelt sett burde alle elektrokomponentene vært plassert i egne lukkede rom med god utlufting og oppvarming.

I de undersjøiske tunnelene er det pr. i dag kun brukt langakslede nedsenkbare pumpeanlegg (Vogel-dykkpumpe), montert vertikalt og horisontalt i pumpekammer. Pumpetypen gir mulighet til utpumping ved store løftehøyder, og den er enkel bygget opp over flere trinn.

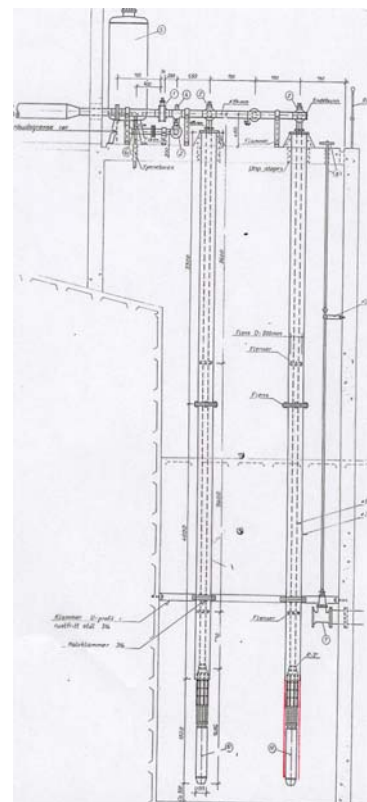
Pumpene leveres som standard i rustfritt eller syrefast utførelse, og det kan gi en rimelig investeringskostnad og tilfredstillende løsning.

Dykkpumpene har sin fordel med at de krever en enkel og rimelig installasjon, plassert under vannflaten og hvor byggverket og teknikken er velkjent.

Miljøet i tunnelene er meget korrosivt og generelt skal pumpeprosjektørene ta høyde for et slikt miljø.

I pumpeprodusentens beskrivelse står det imidlertid at dykkpumper er konstruert for rent og ikke aggressivt vann. Likeledes står det at motoren er konstruert for kontinuerlig drift under vann.

Ved enkelte av våre pumpeanlegg kan imidlertid en pumpe ha en stopptid/hviletid på mer enn to uker mellom hver gang pumpen går. Dette har sin årsak i at anleggene ble prosjektert i en tid da det var akseptert at man skulle sikre seg ved å dimensjonere pumpekapasiteten unødvendig høgt.



Erfaringer fra undersjøiske tunnelene har imidlertid vist seg at innlekkasjen er tilnærmet halvert etter noen års drift.

Hva kan vi forvente av et pumpeanlegg som ikke er bygget for de faktiske forhold som er i undersjøiske tunneler ?

- Dersom en først får driftsproblemer på slike pumper vil vedlikeholdsutgiftene bli svært høge (spesialdeler).
- Leveringstiden på spesialdeler er alltid lang og dette skaper usikkerhet for driften av anleggene (en bør ha reservepumpe eller en leverandør avtale).
- Når det gjelder det øvrig service arbeid, utskifting m.m. kreves det også her mer innsats fra spesialopplært fagpersonell.

For å trygge sikkerheten ved arbeid i pumpekammeret og nødbassenget kreves det også mer personell.

Pumpeledningene følger gjerne tunneltraseen, men som oftest blir vannet pumpet vertikalt opp når pumpeledningen er kommet under "fast grunn".

På grunn av pumpeledningens lengde og løftehøyde, oppstår det store trykkstøt spesielt ved pumpestopp.

Problemet er gitt ekstra oppmerksomhet ved å installere trykkstøtreduserende tiltak som trykktanker/vindkjele og tilbakeslagsventiler med roligere stengekarakteristikk.

Plassering og montering av trykkstøtreduserende tiltak som trykktanker/vindkjele m.m. har ikke alltid vært like bra.

I tillegg til feilaktig plassering har det ukritisk vært brukt vinkelrette bend fremfor avrundede bua bend. Dette resulterer i at vi får skilt ut luft fra pumpevannet slik at det kan dannes uønskede luftlommer.

En feil plassert trykktank/vindkjele hvor selve pumpestokken er plassert høyere enn tanken får vi en uønsket luftlomme, med det resultat at disse motarbeider en annen!

(Se bilde 3)

Trykktanken/vindkjelen virker ikke lenger etter sin hensikt !

Ved flere pumpe anlegg er det på pumpeledningen brukt ventiler som er montert "mellom" flensene (innspennings ventiler).

Dette er svært uheldig fordi vi da ikke har mulighet til å blokkere pumpeledningen/pumpestokken etter en stengeventil. (Se bilde 3)




Vi må forlange at alle ventiler i forbindelse med pumpeledning/pumpe stakk skal kun brukes ventiler som kan være "avslutningsledd".  
Vi må kreve at det kun blir benyttet slike ventiler.

Alle fylkene utfører regelmessige rutiner på service og vedlikehold av pumpeanleggene. Arbeidet utføres av egne eller innleid personell.

Det har imidlertid vist seg at anleggene har store driftsutgifter forbundet med drift av pumpestasjonene.

Normalt utsettes pumpestasjonene for store løftehøyder av vannet, korrosiv luft og drensvann. Vannet inneholder partikler fra tidlig anleggsperiode, sot m.m. samt slitasje med asfaltstøv fra vegbanen.

I tillegg er det korrosive svovel-, nitrogen- og andre forbindelser fra forbrenningsmotorer samt klorider fra sjøvann.

Det har vært vanskelig å få helt konkrete opplysninger om årsaken til driftsproblemene og hvordan disse arter seg. Likevel er de fleste enige om at det er en del driftsproblemer, (jfr.  spørreundersøkelse om undersjøiske tunneler våren 2000).

Det har vært problemer med pumpemotorer som brennes og disse må skiftes ut. Motorvernet har av ukjente årsak ikke slått ut.

I følge beskrivelsene til pumpeprodusentene advarer de mot følgende:

- Dersom tilbakeslagsventilen ikke fungerer riktig, kan pumpen etter den har stoppet, begynne å rotere som en turbin.
- Pumpen vil da rotere feil veg, og turtallet kan bli så høgt at pumpa og motor kan skades alvorlig.

**Er det her et av våre problemer ligger ?**

- Til tross for at pumpa er nedsenket i vann kan der oppstå varmgang i denne. Dykkpumpemotoren skal ikke ha høyere temperatur enn ca.65°C. mens det er målt temperaturer på opptil 80°C

- For å eliminere dette kan det monteres på et ytre hylse/skjørt, dog med god klaring, utenpå selve pumpemotoren, slik at vannet først blir sugd inn langs motorveggen for å kjøle motoren ned, før vannet blir sugd inn i selve pumpa. (Se bilde 2, vist med rødt)
- Pumpetypen er mindre slitesterke og mer følsomme for fremmedlegemer. Pumpas lengde kan være på 2-3 meter eller mer, alt etter kapasitet og løftehøyde. (se bilde 4)
- Store vridningsmomenter og dårlig opplagring kan også være årsak til havarier.



Bilde 4



- Opplagringen i selve pumpeanlegget har kun to lager, et lager i pumpedel og et lager i motordelen.

(Se bilde 5 defekt trykklager)

Et fylke har montert pumpene horisontalt i pumpekammeret, noe som sannsynligvis vil forsterke pumpenes svakheter. Pumpa blir i slike tilfeller spesial bestilt og den får en bedre opplagring.



Bilde 5

- I tillegg til motor- og pumpehavariene har det også vært en del reparasjon og utskiftinger av trykk tanker og tilbakeslagsventiler.
- Dårlig kvalitet på opprinnelige pumpeledninger og utstyr er skiftet ut under veis.

- Fortsatt sliter vi med korrosjonsproblemer på rør og sammenkoblinger/flenser m.m. Det blir årlig utført sveising og bearbeiding på disse.

Årsak til dette er kan være dårlig/ulik materialkvalitet mellom rør og flens, eller manglende utrustinger av offeranoder i basseng, pumpekammer, pumpeanlegg og pumpeledninger.

For å bedre forholdene må blant annet kravet til sveisemetode skjerpes! (se bilde 6 korrosjon/bilde 14 sveising)



Bilde 6

- Generelt virker det som det har det vært liten oppfølging av levetidskostnader på pumpe-anleggene.
- Alle pumpeanlegg bør ha installert vannmåler for å få målt forbruket av energi opp mot utpumpet vannmengde og løftehøyde/trykk. Det må være et satsingsområde å få belyst om vi har valgt den optimale pumpeløsning.

**I offshore sammenheng blir våre pumpeanlegg sett på som “umoderne”.**

På bakgrunn av erfaringer med eksisterende løsninger og ønske om videreutvikling og optimalisering av framtidige løsninger, henvises til egen rapport om *“Anskaffelse av pumpeanlegg til undersjøiske tunneler”*: **Jfr. intern-rapport nr. 2229**

## 8. Styring og overvåking

### Generelt

Et styrings- og overvåkingssystem har som formål å formidle kommandoer og meldinger fra autorisert personell til styrbare enkeltinstallasjoner eller grupper av utstyr i tunnel. I retur skal systemet formidle bekreftelse på om kommandoene er utført og gi meldinger om status på de enheter som styres. Det skal loggføre driftstimer på enheter og komponenter som inngår i et vedlikeholdsprogram. Systemet skal overvåke alle målbare tilstander i installasjonene ute, og ved feil på disse skal systemet generere alarmer eller feilmeldinger som sendes opp til aktuelt kontrollnivå. Styrings- og overvåkingssystemet skal også overvåke dets egne funksjoner og enheter, og ved feil på disse eller kommunikasjonen mellom dem, sendes det spesifiserte alarmer om dette til toppsystemet på vegtrafikksentralen (VTS).



## ERFARINGER

### Høytrafikkerte tunneler

I tunneler med stort utstyrsomfang må det velges en kommunikasjonstype med høy overføringshastighet. Fiberkabel I/O moduler i seriekommunikasjon eller buskabel med TSM moduler er i stor grad blitt benyttet.

### Fiber I/O-moduler

Positive erfaringer er god tilgjengelighet, enkel oppkobling og bra funksjonssikkerhet. Denne løsningen gir god servicevennlighet med kabler koblet mot hver enkelt trafikkteknisk installasjon.

Alt el.utstyr blir plassert i betjeningsvennlig eget skap i SOS-kiosk i tunnelen og på trafikkportal utenfor.

**Negative erfaringer:**

Ved nettutfall brytes kommunikasjonen og man har ingen lokalstyringsmulighet. Denne må forsynes fra UPS og fiber må være redundant.

Lokalstyring kan ivaretas ved å bruke lokale PLS'er (egen logikk) i stedet for rene I/O moduler.

**Bus kabel med TSM moduler****Positive erfaringer:**

Enkelt systemoppbygging ved konstruksjon .Enkel kabelforlegning.

**Negative erfaringer:**

Sårbare elektronikkmoduler plassert direkte i kjørefeltsignalene. Tilleggsmoduler som styrer

mekanisk variable skilt og vekselblinkere etc, er uheldig løsning fordi disse er plassert inne i nærmeste kjørefeltsignalet ( Nye LED KS'er har endret denne praksisen). Utsatte KS signaler med hensyn til påkjøringer i tak.

Ved brudd på buskabler ved påkjørsler eller feil i moduler faller kommunikasjonen for alle installasjoner på samme buskabel. Hyppig feil i busmoduler medfører store vedlikeholdskostnader.

**Lavtrafikkerte tunneler**

I tunneler med lite utstyrsomfang kan det velges en kommunikasjonstype med lav overføringshastighet:

**Trådløs PROFIBUS med radiomodem**

Svv Sogn og Fjordane har testet ut et halvdupleks radiodata modem tilpasset profibus. Utstyret har en hastighet på 19200bps, og kan brukes med mange funksjoner som gjør utstyret fleksibelt: -f.eks til punkt til punktssamband eller med master og flere slaver.

I Sogn og Fjordane er denne kommunikasjonsløsingen brukt for å knytte 5 tunneler i Aurland mot ethernetet i Lærdalstunnelen.

Det er brukt en av vegvesenet sine UHF-frekvenser (419.2375),sendeeffekten er 5W, noe som gir en rekkevidde på opptil ca. 20 km avhengig av de geografiske forhold.

**Fordeler:**

- Kan knytte sammen flere tunneler som ligg i det samme geografiske området uten store utbyggingskostnader
- Ingen abonnementsavgifter.
- 19200bps er tilstrekkelig kommunikasjonshastighet for de aller fleste lavtrafikkerte tunneler.
- Utstyret er testet mot de fleste pls'er.

**Ulemper:**

- Rekkevidde.
- Hastighet.

**GSM-SMS**

I forbindelse med montering av brannapparater i 40 tunneler i Sogn og Fjordane som var lenger enn 500m viste det seg at det ville bli kostbart å legge fram telelinjer til 20 av tunnelene.

Løsingen som ble valgt innebar at det ble utviklet en metode der tekstmeldinger ble benyttet for å overføre signal fra tunnelene til VTS.

**Fordeler:**

- Stabilt samband
- Lave kostnader
- Hastighet 5 sekund fra tunnel til VTS

**Ulemper**

- Egner seg ikke dersom tunnelen er utrustet med ventilasjon og annen utrustning.
- Sender tunnelen mange tekstmeldinger på en gang så bufferer de seg hos Telenor og dette medfører at det kan gå opptil 5 min før alle tekstmeldinger har kommet fram. Eksempel på dette er om ei dør i en nødstasjon har en dårlig meldekontakt



Hvis sikkerhetsnivået er avklart og det i lange tunneler hvor egen kommunikasjonskabel mellom tunnelportalene ikke er økonomisk lønnsomt, kan følgende løsninger til alternativ kommunikasjon (lavhastighet) benyttes:

- ISDN, AITel, analog, fastleiet trådpar eller GSM samband.

Disse kriterier bør også ligge til grunn ved valg av kommunikasjon mellom tunnel og vegstasjon / vaktentral.

### **Par kabel PLS/-I/O modul**

Lokal kommunikasjons løsning.

Fra PLS/-I/O modul til trafikkteknisk utstyr i eller utenfor tunnelen kan det benyttes parkabel til kommando- og tilbakemeldinger.

### **Ny teknisk løsning.**

Det er utviklet fiber på nødtelefon med I/O modul og audio som påbyggings modul. Dette kan være et alternativ etter prisvurdering av kabel, omfang og funksjon i et tunnelanlegg. Denne løsningen krever egen kabel fra UPS for strømforsyning.

### **Erfaring med styresystemer**

SvO har et system spesielt utviklet av en valgt leverandøren. Dette pga høytrafikkmengde og et komplisert trafikkbilde. På denne måten er man låst mot samme leverandør for alle anlegg, slik at det ikke blir konkurranse. For fylker med høytrafikkerte tunneler er dette nødvendig, fordi ingen vil kunne sette seg inn i en slik leveranse uten omfattende erfaring og lokal kunnskap. Vår erfaring er at dette arbeide ikke la seg gjøre med en åpen konkurransesituasjon. Det bør vurderes å etablere egenkompetanse for å kunne utføre mest mulig av denne prosessen selv. Ved standardisering på systemet og/eller krav til programmeringsform vil man kunne utføre utvidelser/ nyanlegg av en spesialistgruppe i etaten.

Statens vegvesen Akershus har sitt eget overordnet styresystem, dette programmet er utviklet av WM-data i Danmark, brukes i prosessindustri, flyplass styring og bryggerier. Det er utviklet et tilleggsprogram for trafikkstyring og prioritetsstyringer. Uansett er man avhengig av en leverandør, men det kan være forskjell på tilgjengelighet for entreprenørene som gir pris på styringsleveranser.

For øvrig henvises til "funksjonskrav for tekniske installasjoner", intern-rapport nr. 2228

## 9. Samband

### Radioanlegg i vegtunneler

#### Historie:

Radioanlegg i vegtunneler begynte som forsøk i Holmestrandtunnelen og i tunneler på fjellovergangen over Haukeli, tidlig på `80-tallet.

Samferdselsdepartementet avklarte i 1985 at "Vegvesenet skal planlegge og bekoste grunninvesteringene for radioanlegg i aktuelle vegtunneler, og leie ut plass til de som har interesse av å få dekning. Nettoperatørene for mobiltelefon skal bekoste egne radioanlegg."

Etter dette ble det utarbeidet et forslag til hva grunninvesteringen skulle bestå av, og radioanlegg ble tatt med som en del av tunnelens nødutrustning i Håndbok 021.

I gjeldende håndbok 021 er det stilt krav om å etablere radioanlegg i tunneler som ligger i klasse C, D/E.

For tunneler i klasse A og B, skal radioanlegg bare etableres etter nærmere vurdering. Det er også spesifisert at radioanlegg i klasse C-tunneler skal ha et mindre "omfang" enn for klasse D/E.

Etter flere års erfaringer med håndbok 021 og etter pålegg fra Justisdepartementet, på vegne av nødetatene, er det utarbeidet nytt forslag til tekst til Håndbok 021.

Forslaget går ut på at radioanlegg nå skal etableres i alle tunneler over en viss lengde, 500m, uavhengig av tunnelklasse, og omfanget som Vegvesenet bekoster skal være likt for alle tunnelklasser. Dette nye forslaget skal nå praktiseres for nye tunneler.

#### Status:

Radioutstyr etablert og bekostet av statens vegvesen i følgende tunneler (pr. 2000) og for disse system:

FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>FINNMARK</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn	Politi	Brann	Helse.	SVV
Nordkapp	6850	E69	89,2			X	X	X	X	
Honningsvåg	4443	E69	89,2			X	X	X	X	
FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>TROMS</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn	Politi	Brann	Helse.	SVV
Tromsøysund	2x3500	Ev 8	91,2		104,1	X	X	X	X	X
Breivika	2634	862	91,2		104,1	X	X	X	X	X
Langnes	4400		91,2		104,1	X	X	X	X	X
Hansjordnes	ca 300	862	91,2		104,1	X	X	X	X	X
Sentrumstangenten			91,2		104,1	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>NORDLAND</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn	Politi	Brann	Helse.	SVV
Steigen	8079	835	91,7	95,3		X				X

FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>NORD-</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn	Politi	Brann	Helse.	SVV

FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>SØR-TRØNDELAG</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Hell	3900	Ev 6	88,7		103,8	X	X	X	X	X
Stavsjøfjell	1720	Ev 6	88,7		103,8	X	X	X	X	X
Være	1625	Ev 6	88,7		103,8	X	X	X	X	X
Grilstadhaug	750	Ev 6	88,7		103,8	X	X	X	X	X
Hitra	5645	714	88,3		102,4	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengd	Rv	Krin			Kom				
<b>MØRE OG</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Valderøy-	4222	658	91,9		101,8	X	X	X	X	X
Ellingsøy-	3520	658	91,9		101,8	X	X	X	X	X
Fannefjord-	2743	64	91,9		102,8	X				
Innfjord-	6594	9	97,9		102,3	X				
Freifjord-	5086	1	89,1		100,2	X				
Stordals-	3530	650	99,0		102,8	X	X	X	X	
Rotsethorn-	2180	651	97,1			X	X	X	X	



FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>SOGN OG</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Gudvanga	11428	50	89,4		100,6	X				X
Flenja	5053	50	89,4		100,6	X				X
Hjelle	2563	155	94,2	90,9		X				X
Breisvor	1382	15	89,4		101,2					
Kongeneset	1118	15	89,4		101,2					
Vindfylle	1083	15	93,6		103,1					
Marajøl	855	15	89,4		101,2					
Ervik	679	15	93,6		103,1					
Lisjejøl	219	15	89,4		101,2					
Naustdal	6000	5	95,7		102,0	X				X
Fodnes	60000	5	91,3		103,9	X				X
Amla	2300	5	91,3		103,9	X				X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>HORDALAND</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Olsvik	1074	562	96,0	99,6		X	X	X	X	X
Lyderhorn	2x1100	555	89,1	94,8		X	X	X	X	X
Damsgård	2342	555	89,1	94,8		X	X	X	X	X
Løvestakken	2045	540	89,1	94,8		X	X	X	X	X
Haukeli	5680	11	98,0							X
Svandalfkona	1055	11	98,0							X
Vallavik	7510	7	93,3		100,6	X				
Eidsvåg	2x854	1	89,1	94,8		X	X	X	X	X
Fløyfjell	2x3600	1	89,1	94,8		X	X	X	X	X
Nygårds	2x855	555	89,1		102,5	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>ROGALAND</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Bergjeland	705	Ev18	93,5		102,8	X	X	X	X	X
Byfjord	5875	1	93,5		102,8	X			X	X
Mastrafjord	4424	1	93,5		102,8	X			X	X
Byhaug	638	1	*	*	*	X	X	X	X	X
Hillevåg	510	1	93,5		102,8	X				X
			*							

FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>VEST-AGDER</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Haumyrhei	2 x 328	Ev18	88,8		100,1	X				
Austad-	1050	Ev18	91,4		102,0	X	X	X	X	
Loga-	820	Ev18	91,4		102,0	X	X	X	X	
Kirkehei-	800	Ev18	88,8		100,1					
Drangeid-	760	Ev18	91,4		102,0	X	X	X	X	
Flekkerøy	2327	457	88,8		100,1	X				X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>AUST-AGDER</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Blødemyr	918	410	87,8		103,6	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>TELEMARK</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Kjørholt	2200	Ev18	88,2		105,2	X	X	X	X	X
Bamble	780	Ev18	88,2		105,2	X	X	X	X	X
Hovet	541	Ev18	88,2		105,2	X	X	X	X	X
Brattås	523	Ev18	88,2		105,2	X	X	X	X	X
Vågslid	1647	11	98,0							X
Porsgrunn-	860	356	88,2		105,2	X	X	X	X	X
Frydentopp	540	354	88,2		105,2	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>VESTFOLD</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Holmestrand	1862	Ev18	94,1		106,1	X	X	X	X	X
Horten tunnelen	703	19	94,1		106,1	X				
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>BUSKERUD</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Nes	1275	Ev16	91,3		102,5	X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Krin			Kom				
<b>OPPLAND</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Grua	1390	4	92,8		100,9	X				X
Roa	1100	4	92,8		100,9	X				X

FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Kring			Kom				
<b>AKERSHUS</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Kjørbo	2x331+	Ev16	88,7		103,9	X	X	X	X	
Nordby	2x3850	Ev 6	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Smiehagen-		Ev 6	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Eidsvoll tunnelen	1193	Ev 6	97,6		103,9	X	X	X	X	X
Bekkestua	750	160	88,7		103,9	X	X	X	X	
Granfoss	2x866	150	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Sandvika Øst	350 ?					X				
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Kring			Kom				
<b>OSLO</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Festningstunnelen	2x1800	Ev18	88,7	100	103,9	X	X	X	X	X
Vålerenga	2x831	190	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Ekeberg tunnelen	2x1540	190	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Hammersborg	2x225	152	88,7	100		X				
Vaterland	337	152	88,7	100		X				
Granfoss	2x1155	150	88,7		103,9	X	X	X	X	X
Tåsen-	2x1340	150	88,7			X	X	X	X	X
FYLKE / TUNNEL	Lengde	Rv	Kring			Kom				
<b>ØSTFOLD</b>	m	nr	P1	P2	P4	Redn.	Politi	Brann	Helse.	SVV
Hvaler-	3751	108	89,1		106,1	X				X
Eidet-	800	E6	89,1			X	X	X	X	

Oversikten viser at det er pr. dato stor forskjell på omfanget av radiokanaler som er etablert i de forskjellige tunnelene, dette kommer delvis av retningslinjenes skille mellom tunneler i klasse C og D/E, av direktoratets avtale med P4 om å bygge om utstyr fra P2 til P4, og de nye retningslinjene som nå er fulgt på de nyeste tunnelene.

### Service og vedlikehold:

Drift og vedlikehold av radioutstyr i tunneler foregår på flere måter.

1. Eget kvalifisert personale følger opp utstyr, og foretar nødvendige reparasjoner (spes. etter garantitid.)
2. Leverandører utfører nødvendig service, etter bestilling og/eller etter serviceavtale.
3. En blanding av 1 og 2 avhengig av eget personales kvalifikasjoner.

Radioanlegg skal serviceres av personell som har autorisasjon fra Post og Teletilsynet. Vegvesenets radioservicemenn har slik autorisasjon. I tillegg må man utrustes med tilfredsstillende instrumentering.

### **Drift og kontroll:**

Radioanlegg i vegtunneler skal kontrolleres på to måter, funksjonstest og teknisk kontrollmåling.

- Ved funksjonstest skal det kontrolleres at de enkelte radiosystemene fungerer, og at funksjoner som bl.a. avbrytfunksjon på kringkastingkanalene er i orden.

Funksjonskontroller bør gjennomføres ofte, eks min. 1 gang pr mnd. Arbeidet kan delvis utføres av eget driftspersonale. For å kunne kontrollere at nødetatens samband fungerer er man avhengig av at etatene selv foretar funksjonstest, eller at man har sambandsradioer for disse radiosystemene.

Slike radioer er det bare autoriserte fagpersonell som har adgang til.

- Ved teknisk kontrollmåling skal alle tekniske parametere kontrollmåles på samme måte som blir gjennomført ved leveransen. De enkelte senderes effekter og mottakernes følsomheter, både tilkoblet strålekabler og antenner og fiberoptiske system, skal måles. Signalnivå på strålekabler skal måles i "begge" ender slik at kabeltap kan beregnes.

Teknisk kontroll gjennomføres min. 1 gang pr. år. Arbeidet skal utføres av eget personell som har tilfredsstillende instrumentering og autorisasjon fra Post og Teletilsynet, eller av leverandør som har samme autorisasjon.

### **“Andre radiokanaler / system”**

Det finnes flere brukere/eiere av radiosystem som ønsker dekning i vegtunneler, enn de som Vegvesenet bekoster anlegg for.

Disse gis normalt tillatelse til å få dekning, mot at eierne selv bekoster nødvendig materiell og at deres utstyr ikke forstyrr eksisterende anlegg, dette kan være både eksisterende kringkastingkanaler og kommunikasjonskanaler.

Samtidig er det, og blir det utviklet nye systemer som man vet vil bli tatt i bruk både for kringkasting, DAB, og TETRA som nytt kommunikasjonssystem for nødetatene om noen år.

Nyere radioanlegg er forberedt for denne utviklingen, men ikke de eldste.

**Uavklarte forhold:**

Vegvesenet er pålagt å utarbeide leieavtaler med de parter som har interesse av å få dekning i vegtunneler for sine radiosystem.

Det er foreløpig bare utarbeidet avtale med Telenor Mobil AS og NetCom GSM, som er lik for hele landet. Det er viktig med differensiert pris etter geografisk plassering i landet.

- *Leieavtale for "alle andre" interessenter må utarbeides, herunder også leie av Statens vegvesen kabler og trekkerør i tunnelene.*

NRK har problemer med å forholde seg til flere entreprenører i forbindelse med utvidelser av radioanlegg i flere tunneler. NRK har i møte med Vd bedt om en avklaring for å oppnå et kontaktledd i Vegvesenet, som står ansvarlig for gjennomføring av utvidelser og leie/driftsspørsmål.

Det samme spørsmålet er stilt i møter fra P4. Begge ønsker å leie "kapasitet" i Vegvesenets radioanlegg og betale en årlig leie til oss, som dekker både investering og drift.

Det er dagen praksis som gjør at vi henviser f. eks. NRK til våre leverandører når eksisterende radioanlegg skal utvides, leieavtaler er, som nevnt over ikke utarbeidet på dette området.

Rent teknisk er det gjennomførbart at Vegvesenet bekoster "utvidelser" av nye og eksisterende radioanlegg, for å imøtekomme NRK og P4 på dette området.

Tilsvarende vil da også måtte gjelde andre interessenter.

Før dette kan iverksettes må en del forhold først avklares, ikke minst på det økonomiske området.

- *Hvem bekoster nødvendig ombygging og utvidelser av radioanlegg, i gamle tunneler?*
- *Hvem bekoster utvidelser av radioanlegg, i nye tunneler dvs tunneler under bygging eller ikke bygget ?*
- *Hvem innkasseres årlig leie. ?*
- *Hvor skal interessentenes kontaktpunkt plasseres. ?*

**Teknologi - utvikling:**

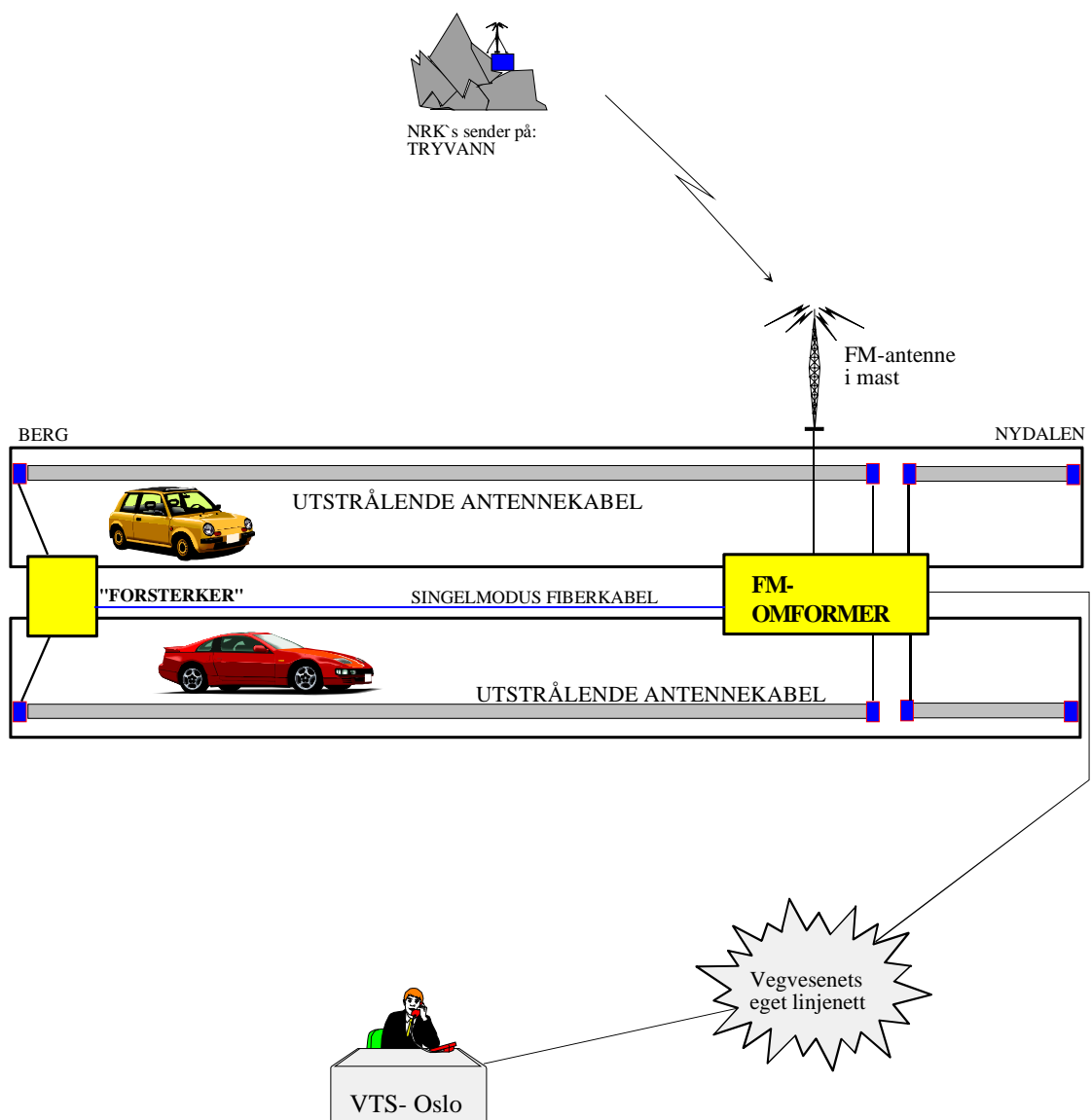
Radioanleggene som er etablert i vegtunneler er mye etablert etter samme prinsipp, og består av radiosteknisk utstyr og et antenneanlegg, som i tunnelene består av en utstrålende antennekabel.

I de eldste tunnelene med radioanlegg er det benyttet vanlige kringkastingssendere for FM og basisstasjoner for kommunikasjonskanalene. Som kabel mellom radioteknisk utstyr er det også benyttet vanlige telekabler, dette gir dårlig kvalitet spesielt på kringkastingsskanalene.

Nyere radioanlegg etableres mest som "forsterkeranlegg" som tar imot signalene via antenner og videresender disse til tunnelene, for kommunikasjon mellom radioutstyr benyttes fiberkabler og på denne måten oppnås samme kvalitet på radiokanalen i tunnelene, som i det fri.

Eksempel. fra Tåsen- tunnelen:

## PRINSIPPSKISSE: KRINGKASTINGSANLEGG, FOR P1, I TÅSEN-TUNNELEN



## 10. Rømningsveger

Dette kapitlet tar for seg spesielt tverrslag i forbindelse med rømning. Disse rommene er ofte "bygningmessig" dårlig utstyrt, mangelfullt vannsikret som fører til fuktig og rått miljø som setter store krav til valg av materialkvalitet på utstyr. Disse rommene skal være en del av rømningsvegen fra tunnelen og det bør derfor settes strenge krav både til tekniske og funksjonsmessige krav.

Plassering av utstyr i rommene må gjøres med tanke på fri ferdsel uten hindringer, belysning må plasseres ut i fra driftssikkerhet og tilgjengelighet for vedlikehold, porter og dører må være driftssikre til absolutt en hver tid, etc.

Røyketetthet må være et absolutt krav. Dørkonstruksjonene må være utformet slik at karmen og dørkantene ikke blir et oppsamlingssted for kloridholdig støv og skitt som forårsaker korrosjon både på dørene og karmen med dårlig driftssikkerhet som resultat. Hvorfor skal disse dørene være utstyrt med låsekasser og ulike typer dørpumper som det bare blir plunder med?

Materialvalgene på dørene blir stilt med tanke på brannikkerhet. Man bør kanskje sette driftssikkerheten til dørene som et viktigere krav å oppfylle enn nødvendigvis strenge brannkrav!

Det bør stilles minimumskrav til belysning for rømningsveger. Og sambandsmulighetene må selvsagt også være oppfylt i disse rommene og det kan gjøres ved bruk av strålekabel.

Teknologisk institutt har foretatt en vurdering av materialvalg og korrosjonsbeskyttelse av branddører i Festningstunnelen i Oslo. De er av den oppfatning at det beste alternativet, med hensyn til økonomi og holdbarhet, vil være å benytte ståldører som korrosjonsbeskyttes ved termisk sprøyting og maling. På sikt vil dette være en bedre løsning enn dører som korrosjonsbeskyttes med sinketylsilikat maling overmalt med epoksy og polyuretan, og også bedre enn galvaniserte dører. TI tør ikke å anbefale dører av syrefast stål da disse kan bli utsatt for korrosjonsskader som et resultat av tilsmussing av kloridholdig veistøv og søle.

Ved bestilling av dører er det viktig at det spesifiseres hva slags utførelse man ønsker med hensyn til sammensveising, tetting samt tilbehør av typen hengsler, dørpumper og dørvidere. Dersom dette ikke blir gjort vil man motta en "standard" utførelse som ikke tåler de rådende forhold i tunnelene.



**Tekniske krav:**Dører og kjøreporter

Dører skal være i utførelse brannklasse A60  
Selvlukkende utførelse.

Forslag til spesifisering av rømningsveidører og løsninger:

- Materialer skal være i ISO xxxxx(syrefast rustfritt)  
eller overflatebehandlet med følgende system:  
grunning 1x sinketylsilikat-mellomstrøk 2x epoxyrnastik - topp 2x polyuretan  
herding etter amerikansk standard ASTM D 4752

Krav til dør

- Bør ha helsveisede plateskjøter
- Dørblad må være hermetisk tett
- Smørbare hengsler
- Enkel lukkemekanisme (slåe+dørlodd)
- Lav terskel for 'a unngå korrosjon
- Forsterkede plater for innfesting av hengsler
- Ferdig påsveisede braketter for festing av dørramme

Krav til kjøreporter

- Materialvalg /overflatebehandling som dører
- Deler og trinser må enkelt kunne skiftes
- Skinner og trinser må ikke samle støv
- Føringsveier i gulv må unngås
- Enkel manuell nødåpningsmekanisme
- Lav vekt + lik fordeling av vekt på trinser/opphengteknikk
- Drivteknikk plasser på gulvnivå

**Skilting:**

Det benyttes flere typer innvendig belyste skilt med følgende typer lyskilder:

- Lysstoffrør 18 W brenntid 25000t
- Kompaktlysrør Dulux 11 W i 0000t
- Halogen 12V/50W i 0000t
- Kaldkatoderør 40000t
- Dioder 100.000t

Timer kan avvike noe avhengig av kraftforsyningsenhet.

Det primære ønske er et skilt som er vedlikeholdsfritt, tilfredstiller krav til høytrykkspyling ved rengjøring og som har en lyskilde med lang økonomisk levetid.



Her utmerker skilt med kaldkatoderør eller dioder seg. Hermetisk lukkede skilt med lyskilder med lang driftstid. Kraftforsyningsenhet til lyskilden sitter separat fra skiltet og må derfor settes på et tørt sted i tett boks.

Leverandører: Botne Fabrikker eller Osram Fabrikker.

Ps Nor-skilt (T&V) har ikke levert tilsvarende skilt ennå. Kun innvendig belyste 18W eller Dulux I IW.

## **Belysning:**

### Nødllys

Fellesfortegnelse på alle typer lys som er installert til bruk i tilfelle svikt i normalbelysningen eller hovedkraftforsyningen.

Nødllys kan deles i 2 kategorier:

- rømningslys
- sikkerhet/reservelys.

### Rømningslys deles i markeringslys og ledelys.

- Markeringslysene er rømningsveiskiltene som alltid er tent
- Ledelys tennes automatisk ved brudd i hovedbelysning. Kraftforsynes fra felles UPS. Ledelys, er plassert 1 meter over bankett hver 50m.

Disse armaturer er svært utsatt for korrosjon og bør derfor være i god materialkvalitet. Det er mange typer i bruk.

En bør tenke enkel armatur uten mange skrueforbindelser og elektriske komponenter. Dette er også en armatur med liten brenntid. Bør derfor ha en lyskilde som tenner umiddelbart uten oppløpstid og med en lyskilde uten lystilbakegang ved kuldegrader.

Kraftforsyning til ledelys blir forsynt via kabel brannsikket forlagt i bankett. Oppstikk til armatur bør derfor også være brannsikker og ikke minst kollisjonssikker forlagt. Denne armatur bør også være mest mulig brannsikker dvs helst ikke brenne opp innvendig slik at den kortslutter lyskursen som også forsyner alle ledelysarmaturene.

Noen fabrikat utmerker seg:

- Tranbergarmaturen som er en gjennomprøvd skipsarmatur i messing.
- Urbis en ny armaturtype montert i rehabiliterte Granfosstunnelen, nye Tåsentunnel og Svartdalstunnelen.

### Det bør monteres ledelysarmaturer i tverrgående rømningsveier.

### Sikkerhetsreservelys

Som sikkerhetslys benyttes tunnellenes nattrinnbelysning. Her forlegges annenhver nattrinnarmatur med brannsikker kabel. Denne forsynes av tunnellenes felles UPS/batteriforsyning via prioritert kurs.

Man bør være oppmerksom på at det er en standard armatur som brenner raskt ved en brann til tross for at vi har benyttet brannsikker kabel .

I tverrgående rømningsveier må man belyse rømningsveien med nattlysarmaturer kraftforsynt fra begge tunnellop.

Det er viktig at disse armaturer ikke plasseres i lik høyde som i tunnel da tilkomst for renhold og lyskildeskift ikke er tilpasset kjøreporter for lift.

Disse armaturer bør derfor plasseres i 2m høyde pga servicetilgjengelighet i gangveien.

## 11. Nødstrøms- og fellesanlegg (tekniske bygg)

### Tekniske rom

Tekniske rom skal av vedlikeholds,- og branntekniske forhold i størst mulig grad plasseres utenfor tunnelen der forholdene ligger til rette for det.



Rommene skal være i brannsikkert materiale, mur, betong, stål ol. med brann/støvtette dører min. IP 65, forsynt med 3 punkts lukkemekanisme. Alle kabelgjennomføringer skal være tettet med godkjent brannsikregjennomføringer. Rommene skal ha datagulv.

Tavlerom skal minst ha 1 stk armatur med nødstrømsforsyning som belyser viktig betjeningsutstyr og sikringer, og som skal vare i minst 2 timer.

Teknisk rom utenfor tunnelen dimensjoneres for å kunne brukes som kommandorom for politi og lege ved ulykker.

### Tekniske rom i undersjøiske tunneler

Der kiosker/tavler av tekniske grunner må plasseres inne i tunnelen skal viktig elektrisk utstyr/fordelingstavler/høyspenningskiosker o.l. ikke plasseres i lavbrekket ved sikkerhetsmagasinet for vann, men trekkes opp mot den munningen som er angrepspunkt ved ulykker. Det er viktig at vann ikke kommer i berøring med kraftforsyningen til pumpene og at tilkomst til utstyr er «tørr» for servicepersonellet.

NB! Det er stor livsfare for driftspersonell å stå i vann og samtidig arbeide med elektriske anlegg.

### Transformatorkiosker

Det er ønskelig sett ut fra et vedlikeholdshensyn å plassere alle trafokiosker på utsiden av tunnelene. Trafokiosker må kun plasseres inne i tunnelene dersom spenningsfall og kortslutningsstrømmer er avgjørende for plasseringen i lange tunneler. En må i slike

tilfeller vurdere å øke kabelverrsnittene eller velge en høyere driftsspenning for å få kioskene på utsiden av tunnelen.

Det må til hver tunnel beregnes hva som er forsvarlig passering med hensyn til de elektriske forhold og LCC- kostnaden totalt.

### **Strømforsyning, nødstrøm**

Installasjoner som må være i drift ved en brann, ulykke eller andre nødsituasjoner skal ha nødstrømsforsyning med en varighet som er nødvendig for å varsle og iverksette tiltak, redningsarbeider. Strømforsyningen kan opprettholdes ved hjelp av nødstrømsaggregat, batterianlegg, UPS ol. Batterianlegg skal utrustes med selvtestfunksjon.

### **Prosjektering av tekniske bygg i tunnel**

Det er viktig å prosjektere store nok tekniske bygg som inneholder rom med riktig størrelse for det som skal installeres. Feil dimensjonering vil føre til kortere levetid. Alle tekniske installasjoner avgir varme som må ledes bort slik at feil og i verste fall brann ikke oppstår. Feil prosjektering har ofte ført til ettermontering av kjøleanlegg for å senke temperaturen. Dette er stikk i strid med enøktiltak siden man må bruke el.kraft for å senke temperaturen i rommet, noe som ellers kunne brukes til oppvarming av rommet.

### **Størrelse på bygg/rom**

- Alle bygg må inneholde nødstrøm / reservekraft.
- UPS med batteribank
- Samband, teleabonnement, nødtlf.sentral, master / server, radio, ITV m/matrise, fibertreminering
- Fordelingstavler for ventilasjon, belysning, prioriterte kurser, trafikkstyring, lokale styreskap, diverse installasjoner f.eks. varme, stikkontakter
- Trafo-/ høysspentrom med brytertavle og evt. oljebrønn
- Teknisk rom for pumpestyring
- Evt. eget rom for teleoperatørene (kommer bredbåndsnett)

### **UPS og batteribank.**

Det bør skilles ut eget rom for batteribanken pga levetid for batteriene, temperatur må aldri overstige 20 grader. Dersom batteri og UPS må stå i samme rom, må rommet være dimensjonert slik at det tilfredstiller kravet om riktig temperaturangivelse for batterienes levetid.

For større UPS'er må romstørrelse kunne oppta avgitt temperatur fra UPS'en, men det anbefales å skille UPS og batteribank.

## **Samband og tele.**

Det bør skilles mellom elektronisk utstyr og fordelinger/tavler. Det betyr at svakstrøm og sterkstrøm deles i atskilte rom. Dette for at ukvalifisert driftspersonell kan få tilgang, samt at det er kraftforsynt fra prioritert forsyning som ikke er i kontakt med nettspenning (overharmoniserte forstyrrelser og har separat-/skilletrafo).

Rom for samband og tele skal være stort nok for å romme alle elektroniske komponenter/master/sentraler, dvs. ITV, nødtlf.sentral, server, monitorer, radio-og sambandsbase og fiberack. Dette rommet må være på minimum 10m<sup>2</sup> der hvor det ikke er ITV og server utstyr.

Generelt for alle rom er at det bør være datagulv rundt hele rommet. Gulvet må være koblet sammen med teknisk- og UPS-rom.

Fiberkveilhjul dvs ekstra fiberkabel ved termineringspunkt må ha ledig veggplass og ikke legges i gulvet.

## **Fordelingstavlerom**

Ventilasjon krever ca. 0.5m høyde og 0.6m dybde, for vifter på 20-35kw effekt.

Det må tas hensyn til varmeavgivning pr. sikring i fullast, slik at overskuddsvarmen ledes bort gjennom vegger og tak.

Rom temperatur må ikke overskride 22 grader.

Rommene bør ikke ha terskler eller må være i syrefast stål. Alle dører må være i syrefast stål, hvor motstående rom er fuktig eller trafikkrom. Rømningsdører må ha en terskel som ikke er til hinder for funksjonshemmede.

Kabelinnføring fra trafikkrommet bør ha gjennomføring i samme høyde som kabelbru i trafikkrom. Dette må også gjelde i nisjen. Gjennomføring til tverrslag bør legges i veggelementet, slik at kabelbru får en føring mot gulv utenfor teknisk rom. Denne gjennomføringen må brantettes, husk ekstra brantettet rør for reserve gjennomføringer.

Alle rom må ha branddetektor og separat melding mot lokal brannsentral og videre mot PLS. Alle brannsentraler skal være forsynt fra UPS kurs.

## **Trafo-/høyspentrom.**

Skal alltid være det første rommet mot trafikkjøpet eller lett tilgjengelig adkomst. pga. kunne skifte trafo. Dør skal ikke ha lufting der hvor døren står mot trafikkrommet.

Krafttilførsel fra trafo til teknisk rom skal være utført i godkjente isolerte skinner evt. kabler. Ved 100kva og oppover skal rommet være minst 15m<sup>2</sup>. Oljebrønn må etableres hvis oljefyllt trafo velges.

## 12. Felleskrav

### Plassering av utstyr

Utstyr i tunneltaket skal henges med en fri høyde over veibanen på minimum 5,30m. Skap på tunnelvegg som er betjent skal monteres med 1,20 m høyde fra bankett til underkant skap og belyste skilt monteres tilsvarende 2,40 m til underkant skilt over skapet. Konf. skisse. 6.10

Ved valg av kapslingsgrad IP på utstyr og materiell må dette velges ut fra de mest ekstreme forhold som utstyr kan bli utsatt for, spesielt med hensyn til støv og bruk av høytrykkspyling ved rengjøring. Belastningen beregnes ut fra et trykk på 110 bar i en avstand på 1 m.

### IP Kapslingsgrad

Ved valg av kapslingsgrader for materiell og utstyr skal det minst benyttes støvtett IP6X utførelse og der behovet for høytrykkspyling er tilstede, vurderes IPX5-8.

Minimumskrav for en del utstyr vil være:

Viftemotorer IP 55, Skap IP 66, Bokser IP 68, Armaturer IP 65 / 66, Nipler IP 68 av polyamid m/strekkavlastning.

Kapsling for utstyr i tunnel (ikke i tekniske rom):

- Mekanisk solid
- Korrosjonsbestandig. Rustfritt stål eller aluminium som er eloksert eller kromatisert før lakkering. Kunststoff må ha stor tykkelse for å være stabile.
- Min. brannklasse B30
- Tåle høytrykkspyling med kjemikalier (pakninger må være beskyttet mot vannstrålen)
- Tettest mulig, helst IP 67  
NB. Mulig IP-krav ikke tilstrekkelig, må beskrive forhold til høytrykkspyling.
- Tåle trykkvariasjonene som følge av trafikken
- Beholde sin tetthetsgrad hele levetiden
- Pakning må kunne byttes
- Ved kondensproblem utstyres med dremsnippel og eventuelt varmeelement med termostat eller selvregulerende
- Tåle kulde
- Utstyr skal festes til montasjeplate eller skinner, ikke direkte i kapsling
- Ingen "punktering" i form av gjennomgående skruer eller nagler
- hengsler skal være utstyrt med smørenipler
- Lås av hengelåstype
- Romslige, minst 30 % utvidelsesmulighet
- Plasseres med omhu, slik at det ikke er til fare for montør eller trafikkant
- Tilkoplingsklemmer
- Festes med skruer, syrefast eller messing
- Sammenføyning som "hel ved", ikke silikon eller lignende

## Kabelinnføring:

- Alltid i bunn, med dryppnese på kabelen
  - Alltid med nippel, fortrinnsvis Pg, ikke membran
  - Kun en kabel i hver nippel
  - Riktig størrelse på nippelen
  - Riktig størrelse på hull for nippelen
  - Gjengepartiene må tettes med egnet middel
- Evt. supplerings av punktene og utfyllende beskrivelse for delpunktene skjer fortløpende

## Merking

Det skal legges vekt på at merking i anlegget blir utført på en slik måte at det gir entydig og varig informasjon for korrekt betjening og bruk av anlegget. Levetid for benyttet merkeutstyr skal minst tilsvare levetiden for den enkelte anleggsdel/komponent som skal merkes. Avhengig av anleggets kompleksitet og størrelse stilles det varierende krav til omfang av merking i et anlegg. Ut ifra disse forhold er krav til merking inndelt i forskjellige merkenivåer. Krav til merkenivå er angitt spesielt for det enkelte kapittel i spesifikasjonen. Hvor spesielt krav til merking ikke er angitt skal laveste merkenivå legges til grunn.

### Merkenivå 1: (laveste nivå)

- Merking av elkrafttekniske anlegg i samsvar med forskrifter for elanlegg, lavspenning.
- Merking av apparater for tele- og automatisering med skilt som angir:
  - Produsent, typebetegnelse, godkjenningangivelse (merke) for utstyr som er underlagt spesielle godkjenningskrav, produksjonsår og -måned.
  - Informasjon om idriftsettelsesdato og opplysning om navn, adresse og telefonnr. for servicetjeneste.
- Hovedmerking av fordelinger og sentraler.
- Fargemerking av skinner og kabler i fordelinger.

### Merkenivå 2

I tillegg til krav til merking under nivå 1, skal merkingen også omfatte:

- Merking av alle kabler til/fra fordelinger for elkraft, med referanse til kursledning/kurssikring.
- Merking av alle kabler til/fra fordelinger og sentraler for tele- og automatiseringsanlegg i samsvar med merkesystem for telekabler og tegninger.
- Merking av alle koblingsklemmer/rekkeklemmer/koblingsplinter i fordelere og sentraler (med listnr./plintnr. og fortløpende nr. merking for rekkeklemmer/koblingsplinter).
- Merking av alle kabler i begge ender og på hver side av brannskiller med start og sluttadresse. (Start adresse: Plintskap/kursnr./etc. - Slutt adresse: Plintskap/objekt/etc.)
- Referansemerking på koblingsskjema og strømvegsskjema for tilkoblingspunkter og rekkeklemmer for fordelinger og tekniske komponenter.

**Merkenivå 3:**

I tillegg til krav til merking under nivå 2 skal merkingen omfatte:

- Kodemerking/fargemerking med referanse til koblingsskjema for alle interne ledningsforbindelser i sentraler og øvrig utstyr for teleanlegg.
- Referansemerking til kursnr. for tilførselskabel ved stikkontakter og fast tilkoblet teknisk utstyr.
- Referansemerking av kabler og ledninger ved overgang fra skjult til åpen forlegning.
- Referansemerking til kursnr. for tilførselskabel ved stikkontakter og fast tilkoblet utstyr for tele- og automatisering (kfr. spesiell utarbeidet kodemerking for disse anlegg).

**Merkenivå 4:**

I tillegg til krav til merking under nivå 3 skal merkingen også omfatte:

- Merking av tilkoblingsender på alle interne ledningsforbindelser i fordelinger for elkraft (med referanse til merking på koblingsklemme for ledningsendens tilkoblingspunkt).
- Ledermerking for alle styre- og signalkabler til/fra fordelinger. (Med referanse til merking på koblingsklemmen for ledningsendens tilkoblingspunkt).
- Kabel- og ledermerking for alle tilkoblingspunkter for styre- og signalkabler utenom fordelinger.
- Komponentmerking med referanse til kursnr. Merking av alle koblingsbokser og øvrige koblingspunkter for kursopplegg til stikkontakter, varmeanlegg og driftstekniske anlegg.

**Merking av fordelinger og kabler for elkraftanlegg**

Fordelingene skal merkes i front med graverte merkeskilter som skrues fast:

Dimensjon : 30 x 60 mm

Bokstavhøyde : 12 mm

Farge : Hvite skilt med sort skrift. Gule skilt med sort skrift for fordelinger med prioriterte kurser.

Tekst : Hovedfordeling skal kodemerkes i tillegg til klartekstmerking.

Underfordeling skal kodemerkes i tillegg til klartekstmerking.

Jordskinne (PE) fargemerkes - gul/grønn

N-skinne fargemerkes - lys blå

PEN-skinne fargemerkes - gul/grønn/lys blå

Samleskinner bokstavmerkes og fargemerkes L1 sort, L2 brun. L3 hvit.

Ledere fargemerkes L1 sort, L2 brun, L3 hvit, N-leder lys blå, jordleder (PE) gul/grønn.

PEN-leder gul/grønn



Komponenter i fordelingene skal merkes ifølge strømvegsskjema der dette er laget. For de fordelinger der det bare foreligger enlinjeskjema skal installatør selv sørge for en hensiktsmessig fortløpende merking. Det bør tilstrebes at sikringer, kontaktorer og brytere i samme kurs har samme tallkode.

For signallamper, måleinstrumenter, betjeningsbrytere og andre betjeningsorganer skal merking utføres i klartekst, (med eventuelt tillegg av komponentkode) på gravert merkeskilt festet med skruer.

For øvrige komponenter kan det benyttes varig merking, utført med selvklebende tape som type Perma Code eller tilsvarende, og med referanse til fullstendig tekst på separat merkeplansje/kursfortegnelse. Merkeplansjen skal beskyttes av plastlomme og monteres på innvendig dørside, eller på vegg ved fordelingen.

For signallamper m.v. benyttes følgende fargekode:

Signallampe for drift/revisjon	: hvit linse
Signallampe for feilvarsel	: gul linse (gen. feil)
Signallampe for feilvarsel	: rød linse (krit. feil)
Resettknapper	: blå

Komponenter skal forøvrig merkes som følger:

For prioriterte kurser	: Gult skilt med sort skrift
For uprioriterte kurser	: Hvitt skilt med sort skrift (bokstavhøyde 6 mm)

For kabelmerking skal benyttes spesiell merkeholder som festes til kabelen.

Teksting på merkeholderen kan utføres med letraset eller tilsvarende, med fortrykte selvklebende merkeremser, eller merkekomponenter som skyves på plass. For ledermerking av små ledningstverrsnitt kan brukes kabelendehylser med merkeholder og fortrykte merkekomponenter som skyves på plass.

For ledermerking av større ledningstverrsnitt kan brukes merkesystem som angitt for kabelmerking.

For gjennomkobling av styre- og signalkabler mellom flere fordelinger eller koblingspunkter skal det benyttes samme klemmenr. for samme leder i alle koblingspunktene. De enkelte delkablene skal merkes med ekstra indeks i tillegg til kabelens ordinære kursnr. (kabelar. 301., delkabel nr. 301.01, 301.02 osv).

### **Merking av tele- og automatiseringsanlegg**

Fordelinger for tele- og automatisering skal merkes som angitt for elkraftfordelinger, men kodetekst på skilt skal angis med en kombinasjon av bokstav og nr.merking.

Sentralapparater for tele- og automatisering merkes med sentralnr. og anleggstype i tillegg til klartekst.

Kursledninger for tele- og automatisering skal i tillegg til referanse til fordeling også merkes i hht. merkesystem og tegninger.

For gjennomkoblet kabel/ledning til flere fordelinger/ koblingspunkter skal hver kabeldel merkes i begge ender med ekstra indeks (01.01, 01.02 osv. for kabel nr. 01.). Det skal benyttes samme klemmenr. for samme leder/lederpar i alle koblingspunktene, ved slik gjennomkobling av ledning.

For avgrenet kabel/ledning fra utstyr for tele- og automatisering eller koblingsenhet skal avgrenet kabel merkes med referanse til utstyrskomponent og med nr.merking, som angitt for kabel fra telefodelinger.

Komponentmerking, og kabel- og ledermerking for tele- og automatiseringskabler utføres på tilsvarende måte som angitt under elkraft.

Koblingsklemmer som er beregnet for tilkobling av parkabel, skal kodes og merkes parvis (med tosifferkode i nummerrekkefølge). Ved behov kan den ene klemme i et klemmepar betegnes med bokstaven a og den andre klemmen med bokstaven b.

For koblingsklemmer beregnet for andre kabler (ikke par) skal klemmene kodes og merkes enkeltvis (med tosifferkode i nummerrekkefølge).

### **Merking av komponenter utenom fordelinger og sentraler**

For referansemerking av koblingsbokser, stikkontakter og fast tilkoblede komponenter for elkraftanlegg og teleanlegg skal merkemåte tilpasses den romtype utstyret er plassert i.

## **Dokumentasjon, funksjonsprøving**

### **Dokumentasjon av tilbudt utstyr**

Teknisk dokumentasjon, teknisk datablad for tilbudt utstyr, unntatt vanlig installasjonsmateriell, utgjør en vesentlig del av vurderingsgrunnlaget og skal alltid leveres med anbudet, eller være tilgjengelig i form av generelt katalogmateriell.

Teknisk datablad skal omfatte:

- Merkedata for tilbudt utstyr
- Bruksområde for utstyret
- Godkjenningsgruppe/klasse for utstyr som er underlagt offentlig godkjenningsplikt
- Kopi av sertifikat for sertifiseringspliktig utstyr
- Normal levetid/brukstid
- Koblingsfrekvens, drift/pauseforhold
- Akustiske støyforhold
- Elektriske støyforhold
- Funksjonsmåte
- Ventet teknisk/økonomisk optimal driftstid (levetid) for utstyret som inngår i leveranse, skal på forespørsel kunne dokumenteres.
- Krav til miljøet/rommet hvor utstyret skal monteres

### **Dokumentasjon i produksjonsfase / ved levering av utstyr**

Senest to uker før produksjonstart skal det foreligge komplett beskrivelse av anleggenes funksjon og virkemåte, samt montasjetegninger.

Alle tegninger skal godkjennes av byggherre før produksjon starter. Godkjennelsen gjelder kun prinsippløsninger, og fritar ikke leverandøren fra ansvar for at anlegget fungerer som beskrevet.

I forbindelse med levering av utstyr skal følgende dokumentasjon foreligge ved leveransen:

- Montasjeanvisning med montasjetegninger.
- Koblingstabeller/rekkeklemmetabeller, koblingsskjema/strømvegsskjema med komplett referansemerking for alle koblingsklemmer og koblingspunkter.
- Benyttede symboler, forkortelser o.l. i skjemategninger skal være forklart i symbolliste og utført etter gjeldende norm.
- Komponentliste/apparatspesifikasjon for benyttede deler/-komponenter.

### **Dokumentasjon ved overlevering av anlegg**

Omfang av denne del av dokumentasjonen er bl.a. avhengig av anleggets størrelse og kompleksitet. Det er av den grunn foretatt en inndeling i flere dokumentasjonsnivå hvor laveste (nivå 1) angir minstekravene til dokumentasjon.

Hvilke dokumentasjonsnivå som skal benyttes er angitt i det enkelte hovedkapittel og/eller i eget kapittel.

Hvor spesielt dokumentasjonsnivå ikke er angitt skal dokumentasjon for anlegget gis etter dokumentasjonsnivå I.

I vedlagte skjemasamling er det vist eksempler på fortrykte tabellformular og skjemaer for dokumentasjon av måleresultat, funksjonsprøver o.l. Skjemaene skal fylles ut og leveres som dokumentasjon av det aktuelle delprodukt/anleggsdel. All dokumentasjon skal dateres, stemples med firmastempel og signeres av den som har utført prøven/kontrollmålingen.

All dokumentasjon skal leveres i 4 sett.

### **Dokumentasjonsnivå 1**

Dokumentasjonsnivå 1 omfatter den minste dokumentasjon som kreves for alle elektrotekniske anlegg. Dokumentasjonsnivå 1 krever dokumentasjon av utprøving testing og kontrollmåling som er påkrevd i hht. offentlige regler og forskrifter, og nødvendig ajourføring av som "utført tegninger".

Ajourføring av tegninger:

- Komplette sett ajourførte el.tegninger overensstemmende med utført anlegg. Tegningene skal være påført merking av komponenter i anlegget, alle kabeltraseer, koblingspunkter og reserverør for utomhusanlegg skal være målsatt fra definerte faste bygningsdeler eller liknende, slik at eksakt plassering kan bestemmes.

- Komplet sett ajourførte skjemategninger (enlinjeskjema, strømvegsskjema og evt. andre koblingsskjemaer) overensstemmende med utført anlegg, påført apparatspesifikasjon, merking av rekkeklemmer, koblings punkter og komponenter. (Kfr. egen info om merking).

Tegningene /skjemaene skal utarbeides i AutoCad eller annet CAD program godkjent av byggherren. De skal være påført dato for oppretting og signatur til den som har utført opprettingen.

I tillegg til kopier for dokumentasjon leveres filer på diskett.

#### Følgende innstilte og målte verdier skal oppgis:

- Overgangsmotstand for jordelektrode
- Isolasjonsmotstand mot jord for hele anlegget
- Linjespenning og fasespenning (mellom ytterleder og jord) i hovedfordelingen.
- Samlet strømbelastning og fordeling av strømbelastningen mellom fasene for hovedfordelingen.
- Strømbelastningen og fordeling av lasten mellom de enkelte fasene i hver stigekabel.

#### Utprøving, funksjonskontroll:

- Målte verdier for spenning, strømbelastning, isolasjonsmotstand for den enkelte anleggsdel skal angis på datakort for varmekabel sammen med oppgave over settpunkt for temp.vakt, kabel/elementtype, montasjested, og plassering av sikringer og bryter.
- Dokumentasjon på at tidsfunksjoner for tidsrele, tidsbrytere og urbrytere er funksjonstestet og virker som spesifisert.
- Settverdier for de enkelte releer o.l. skal oppgis sammen med kodebetegnelse for komponenten.
- Dokumentasjon på at effektbrytere og andre automatiske brytere er funksjonstestet og virker som spesifisert. Spesielt skal innstilte verdier av releer etc. for styring av effekt- og energiforbruk kontrolleres og dokumenteres.
- Settverdier for termiske vern, el.magnetiske vern, tidsforsinkelser, spenningsvakter o.l. skal oppgis.

## **Dokumentasjonsnivå 2**

Dokumentasjonsnivå 2 krever dokumentasjon av aktuelle utprøvinger og kontrollmålinger av de enkelte anlegg, ut over det som er krevd i offentlige regler og forskrifter.

I tillegg til krav under nivå 1 skal dokumentasjonen også omfatte:

- Dokumentasjon på at koblinger for måleinstrument, strømtransformatorer og mellomkoblinger er funksjonsprøvd, at skalaverdier stemmer, og at instrumentene viser riktig verdi. Omsetningsforhold/omregningsfaktor for strømtransformatorer, og startverdi for driftstimetellere og kWh-målere skal oppgis.
- Hvor spesielle måleklemmer for innkobling av eksternt måleutstyr er montert, skal dokumentasjonen også omfatte bekreftelse på at omkoblingsfunksjon og innkobling av eksternt amperemeter og wattmeter er funksjonsprøvet.
- Instruks (på A4-format) for bruk av spesielle måleklemmer, med merking avkoblingsklemmer/bøssinger og med anvisning om koblingsrekkefølgen ved omkoblinger skal inngå som del av dokumentasjon.

- Ett eksemplar av instruksen leveres innbakt i plast og monteres ved respektive måleklemme.
- Dokumentasjon av funksjonsprøving og kontrollmåling av alle motorer og termiske vern for motorer.
- Dokumentasjon på utført kontrollmåling for samlet effektforbruk i hovedsentral for reaktiv og aktiv effekt (målt ved full belastning). Resultat av målingene, og beregnet effektfaktor skal oppgis. Dokumentasjon på lastfordelingen mellom de enkelte kursene.
- Dokumentasjon på at utløsefunksjon for termiske og elektromagnetiske vern for effektbrytere er kontrollert ved simulering av overstrømmer i effektbryterens utløserkrets. Opplysning om benyttet strømstyrke ved prøvingen, innstilte verdier på vern, og utkoblingstid skal angis.
- Dokumentasjon på funksjonstest og kontrollmåling av varmekabelanlegg og andre flatevarmeanlegg.
- Målte verdier for spenning, strømbelastning, isolasjonsmotstand for den enkelte anleggsdel skal angis på datakort for varmekabel. (VARM) sammen med oppgave over settpunkt for temp.vakt, kabel/elementtype, montasjested, og plassering av sikringer og bryter.

### Dokumentasjonsnivå 3

I tillegg til krav under nivå 2 skal dokumentasjonen også omfatte:

- Bekreftelse på at ledningsanlegg for sentral overvåking/driftskontroll er funksjonstestet og gjennomkontrollert. Funksjonstesten skal omfatte simulert kontaktfunksjon for hvert enkelt signal.
- Dokumentasjon på utført funksjonstest skal gis i koblingstabell/kursfortegnelse sammen med oppgave over signalfunksjon, kabelforbindelse, rekkeklemmenummer.
- Levering av komplett utfylt koblingstabell for alle lednings- og kabelforbindelser i anlegget (for anleggsdeler hvor utfylling av koblingstabell ikke er krevd i lavere dokumentasjonsnivå), med informasjon om:
  - Tilførselskabel type/kodebetegnelse
  - Plint/klemmenr. for koblingspunkt
  - Avgående kabel type/kodebetegnelse adresse
- Levering av komplett utfylt kabeltabell/kabelplan for anlegget med informasjon om:
  - Kabeltype lederantall og tverrsnitt, kabelnr./kodebetegnelse
  - Rekkeklemmene i utgangspunktet for kabelen
  - Adresse for kabelen og rekkeklemmenummer./ koblingsklemmebetegnelse i avslutningspunkt for kabelen.
- Kortet påføres navn på anlegget, adresse, anleggsnummer, tegningsnummer og tegningsdato.

Skjemategninger tegnet i AUTOCAD leveres på diskett. Kabel- og koblingstabeller leveres på diskett (AUTOCAD, Word, Excel format).

## **Forvaltning drift og vedlikehold (fdv) - dokumentasjon**

Senest 2 uker før overtakelse skal entreprenør ferdigstille drift og vedlikeholdsinstruks. Vedlikeholdsinstruksen skal utarbeides i Word, eventuelt hvis det blir bestemt, direkte i Statens vegvesen sitt databaseprogram (Spektrum) for systematisk tunnelvedlikehold. I siste tilfelle vil en versjon av Spektrum bli stilt til disposisjon.

Vedlikeholdsinstruksen skal utarbeides for uforutsett og preventivt vedlikehold.

### **Preventivt vedlikehold**

Her utarbeides en oversikt over alt forebyggende vedlikehold.

Vedlikeholdsobjekt:

(Elementnummer i henhold til vedlegg benyttes. Ved finere inndeling skal et 4. siffer føyes til)

Intervall:

- Fag som skal utføre jobben
- Arbeidsbeskrivelse

### **Prosjektrettet vedlikehold**

Her utarbeides en oversikt over alle utskiftninger av materiell som skal utføres hvert 2 - 10 år. Eks. utskiftning av batterier, utskiftning av Co sensorer etc.

### **Uforutsett vedlikehold**

Her utarbeides en oversikt over prosedyrer for feilsøking.

Feilsymptom - Feil alarm

Vedlikeholdsobjekt

(Elementnummer i henhold til vedlegg benyttes. Ved finere inndeling skal et 4. siffer føyes til)

Fag som skal utføre jobben

Arbeidsbeskrivelse

I tillegg skal FDV instruksen inneholde følgende :

- Orientering
- Innholdsfortegnelse
- Orientering
- Oversikt over entreprenør, leverandør og servicepersonell
- Teknisk beskrivelse
- Kopi av serviceavtale
- Merkesystem
- Systemoppbygging
- Oppbygning
- Skjemategninger
- Kablingsskjema
- Beskrivelse av alle komponenter i systemet
- Anleggsbeskrivelse
- Oversiktstegninger
- Kabelskjema
- System-, koplings- og styrestrøm- og rekkeklemmeskjemaer.
- Funksjonsbeskrivelse av de forskjellige reguleringsløyper
- Geografisk plassering
- Materialspefikasjon
- Utstyrdokumentasjon
- Datablad på alle komponenter
- Testskjema
- Kvitterte testskjema fra igangsetting

### 13. Kabler

**Ikke-kritiske kabler på åpen forlegning skal være halogenfri og tilfredsstillende kravene i følgende standarder:**

Flammehemmende	IEC 332-1
Brannspredning på stige:	IEC 332-3
Røykutvikling	IEC 1034
Korrosive gasser	IEC 754-1 og IEC 754-2

For funksjonssikker kabel skal i tillegg IEC 331 gjøres gjeldende

- Kabler i tunnelene skal være av type med heltrukken kappe og alle koblinger skal være i vann og støvtette bokser. **Henggekabel av type EX skal ikke benyttes i tunneler.** ( Den korrosive atmosfæren i tunnelene bryter ned isolasjonsevnen til kabel og klemmer og reduserer levetiden til 5 - 10år
- Kabler for sterkstrøm skal være av selvluukkende type som ikke avgir halogengasser ved brann. ( Type IFSI o.l.) Dersom kablene graves ned eller blir tildekket av ikke brennbart materiale som betong o.l. kan vanlige kabler benyttes ( Type PFSP ).
- Kabel til vifter type PFSP skal føres opp bak veggelement / PE-skum beskyttet av kabelvernør NT10. Hvis veggelement/PE-skum ikke monteres, dekkes rørene direkte med sprøytebetong.
- Kabler kan legges på kabelstige eller henges fritt på vaier, ( Type rustfri syrefast bardunvaier) festet med lysbestandig strips, og sikres med en stålstrips for hver 2 meter.
- Alle koblinger utføres i boks / skap med paknipler og koblingsklemmer som tiltrekkes med momentnøkkel.

Kabeldimensjoner og kabellengder skal dimensjoneres ut i fra NEK 400

#### **Jordingsanlegg:**

Et hovedjordingsanlegg skal lages i tunneler på en lik måte at det beskytter folk mot farlig berøringsspenning, og anlegget mot ødeleggende overspenning. Hovedjordpunkt etableres enten med jordingsspyd, jordingsvaier og / eller fundamentjord eller en kombinasjon av flere jordingsmåter. Overgangsmotstanden til "jord" i fjell er generelt dårlig, så flere punkter er det beste. Jordingsspyd settes ned i borte hull, min. 40mm i 4-6 m lengde som fylles med elektrodemasse. Hullene bores



som en "hanefot" rett under overspenningsvernene. For å få lav berøringsspenningen brukes lysboltene som utjevningjord. Lysboltene tilkobles jordledning i lyskabel via koblingsboksene for hver 100m tunnallengde.

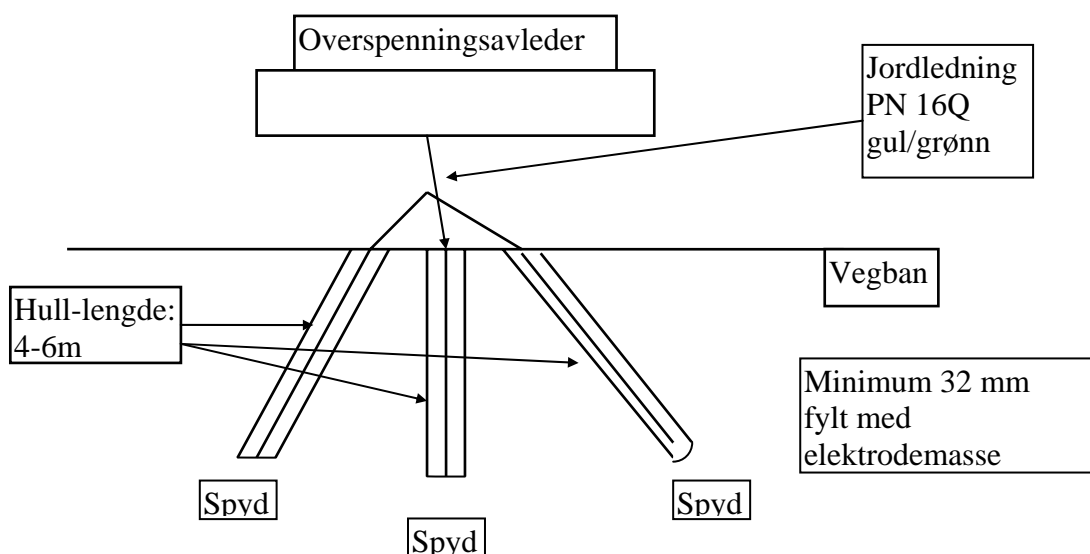
Jordsmonn / Bergarter	Resistivitet ohm pr. m
Sjøvann / grunnvann	0 / 50 ohm /m
Skifer / sandstein	120 ohm/m
Fuktig sand / leirjord, torv	130 / 150 ohm/m
Fuktig / tørr betong	250 / 4000 ohm/m
Sand / morenegrus	2000 / 3000 ohm/m
Gneis / Granitt	5000 / 25000 ohm/m
Ferskvann / Is	250 / 100000 ohm/m

Fuktighet og temperatur under 0 C celsius gir stor variasjon i resistiviteten for anlegget.

Jordelektroder / vaiere må ligge i frostfri dybde for å fungere etter hensikt. Tilførsler til jordforbindelser bør være kortest mulig.

I tillegg til jordingsanlegg med boring i fjell er det også viktig å kunne benytte armeringen i tunnelportalene som tilleggsjording.

### Eksempel på jordingsanlegg med boring i fjell:



## 13.1 Fiberoptiske kabelinstallasjoner

### Bakgrunn for valg av fiberoptisk:

Statens vegvesen har ikke lang erfaring med fiberoptiske installasjoner. Likevel har bruken av dette økt betraktelig de siste årene. Fiberkabler har sine fordeler med at en oppnår høy overføringshastighet, de er mindre følsomme for overspenninger, forutsatt at en bruker kabler uten metall i kappe eller strekkelement. Ulempene er at fiberkabel fortsatt er ganske dyr å terminere og skjøte, og krever forsiktighet ved behandling (trekking, terminering, med mer.)

Det er under satt opp en del punkter en må tenke på under planlegging og gjennomføring av et fiberoptisk anlegg.,

### Planlegging:

Har klare endedestinasjoner. Koblingsforhold må også være avklart i endedestinasjoner. Koblingspunkter underveis må planlegges, bl.a. større kummer for avgreining/skjøtemuffer.

Trekkeavstand/avstand mellom kummer må være max 250 m der en skal subkanalisere senere. Det bør også legges ekstra kveil i kummer for reserve ved avgraving, lengde 10-50 m.

### Trasè:

#### Rørforlegging

Uten skarpe knekker (større enn 30 grader) Det må være myke bøyer slik at tau/wire ikke skjærer seg inn i rør ved ettertrekking.

Det bør bestrebes å benytte direkte leggingsrør (DL-rør) der en vet at trase skal benyttes til fiber.

#### Se også avsnitt om kabeltrase

Sub-rør skal legges i bunn av rørtrase. Pass på tilkomst ved oppføring av fiber. Legge sand/steingrus rundt rør, ikke grovere masse.

Ved bruk til fremtidig skilting for omkjøring, skal det settes kummer der skilt skal plasseres, eks 300 m før avkjøring. Legge rørkryss.

### Kummer:

Skal være så store at de har plass til den bøyeradius kabel krever. Bruke kum med åpen bunn, for drenering av vann.

### Kabeltyper:

#### Utendørs:

Kabel bør være røroppbygd uten ledende materiale (strekkelement eller kappe) og være vanntett.

Eks. QXAE, QXXE,

#### Innendørs:

Kabel bør være røroppbygd uten ledende materiale (strekkelement eller kappe).

Eks. AXXE

Skjøtemuffer, må det benyttes vanntette.

Fiberskjøter bør unngåes der det ikke skal taes ut fibre for tilkobling av utstyr. Ved avslutning av kabler det legges en tamp på min 40 m som kveiles opp på kveilhjul. Kan da terminere i bil på utside av tavlerom. Planlegges og reserveres plass til kveilhjul på vegg i tavlerom (min 1 m<sup>2</sup> veggplass) hvor skjøtemuffe plasseres i midt. Bør ikke benyttes patchepanel på over 24 konnektorer. Der en fiberkabel over 24 fiber skal denne avsluttes i sveiseboks der kabel splittes i max 24-fiber kabel. Panel med kabel kan leveres ferdig fra leverandør, trenger kun å sveise i en ende. For fiber generelt bør en benytte mest mulig prefabrikkert utstyr for å unngå skjøting/terminering i uegnet miljø (som f. eks ute i tunneler). Panel leveres for 19 " rack.

#### Pacheskup:

Leveres tette, min IP55.

Rack monteres min 10 cm tilbaketrukket fra dør, slik at ikke patchesnorer knekker når skapdør lukkes. Skapet må bygges opp med "posthyller" og vertikale/horisontale føringsveier for patchesnorer.

#### Merking:

Merkes mot neste patcheskup-punkt, der kabel er konnektert. (Til/fra).

Ved avgreining fra stamkabel må en merke avgreiningsskabel etter fibre i hovedkabel og ikke begynne på nytt på nummerering fra 1 igjen.

#### Pachesnorer:

Det skal benyttes snorer med kledning min. 2 mm kledning.

#### Konnektorer:

Skal bruke SC på multimod. Standard i Sv i dag, ST er på vei ut.

Singelmod. Bruke E-2000 på radio, FC/PC på øvrig utstyr. Dette krever eget panel for radioutstyr.

#### Dokumentasjon:

Skal kreve effektmåling målt begge veier på 1310 og 1550 Nm for singel og 850 for multi. Dersom en oppdager større demping enn det som er beregnet teoretisk må det utføres OTDR for å oppdage hvor feilen ligger.

Lengde på fiber og teoretisk utregnet demping må inngå i overlevert dokumentasjon.

Eks tabell:

1	Kabel	2 Start				3 Slutt				Kalk.. dB	4 Målt dB	Ok	Sign.
O-	002/.. 3	t-	5	c-1	1	BT-	6	TxA	2	2,65	dB		
O-	002/.. 3	t-	01	c-2	2	bt-	03	RxB	3	2,65	dB		
O-	002	t-	01	c-3	3	Bt-	01	RxA	1	1,98	dB		
O-	002	t-	01	c-4	4	Bt-	01	TxB	4	1,98	dB		

Renhold og service:

Skal benytte stikk for rengjøring av pigtail og pussekasett (eks. type CLETOP) for rengjøring konnektor.

Det skal ikke plasseres varmeavgivende utstyr inne i panel.

## 13.2 Fiberoptisk nødtelefonsystem, beskrivelse

Fiberoptisk kommunikasjon utmerker seg med høy båndbreddetilgang, ingen påvirkning av elektromagnetisk støy og lavt signaltap. Ettersom glassfibrene ikke leder elektrisk strøm, må telefonutstyr tilknyttet fiberlinjer mates fra lokal kraftforsyning eller over egne metallkabler.

Sentralen i tunnelen er en standard industri-PC som har fire hovedfunksjoner:

- Telefonsentral
- Styring av fiberoptisk buss
- OPC Server
- Tilkopling mot offentlig nett

I tunnelen er alle nødtelefonene koplet sammen via 2 Mbit/s fiberoptisk buss som er et ringnett med redundans. Om feil oppstår i ett apparat, vil alle de øvrige være tilgjengelige. Tilstanden for samtlige nødtelefoner inklusive kommunikasjonen mellom dem overvåkes kontinuerlig. Oppstår det feil på noen av disse komponenter, genereres en alarm umiddelbart inn mot bemannet sentral.

Kommunikasjonen mellom tunnel og bemannet sentral går som regel via det offentlige nettet. Fra mindre tunneler kan én ISDN grunntilknytning være tilstrekkelig. Kapasiteten er da to B-kanaler à 64 kbit/s samt en D-kanal à 16 kbit/s. Ved kommunikasjonsbehov utover dette kan utvidet tilknytning benyttes. Det kan gå trafikk i alle kanaler samtidig, B-kanalene tar seg av tale og/eller data (linjesvitsjet) mens D-kanalen kun overfører data (pakkesvitsjet). I klartekst vil en ISDN grunntilknytning kunne opprettholde to telefonforbindelser over B-kanalene samtidig med at data for styring og overvåking overføres via D-kanalen.

Avhengig av anleggets størrelse vil industri-PC'en kunne ta seg av hele eller deler av styrings- og overvåkingsoppgavene i tunnelen. Hvert telefonapparat håndterer i tillegg til tale én ekstra 64 kbit/s datakanal som kan benyttes til eksempelvis avlesing av målere, skiltstyring og video. Dessuten kan den tilkoples 8 digitale innganger for alarmer. Disse kan være fra gaffelkontakt, dører til nødskap, bryter for fjerning av brannslukningsapparat og fra strømforsyning.

Der det er behov for flere digitale og analoge I/O'er kan telefonen tilkoples distribuert I/O som har 10 digitale innganger, 10 digitale utganger og 5 analoge innganger. Man har da muligheter for både reléstyring og avlesning av analoge sensorverdier. Dette vil kunne tilfredsstille styrings- og overvåkingsbehovene ikke bare i nye tunneler, men også ved oppgradering av eldre tunneler.



### Fibertelefon - Erfaringer med ProfiTel 2000

Fibertelefon er montert i følgende tunneler.:

- Åkrafjordtunnelen
- Bømlafjordtunnelen
- Vallaviktunnelen
- Munkebottentunnelen
- Folgefonntunnelen.

Erfaringer med montering og installasjon av fibertelefonssystemet:

Nødtelefonssystemet krever egen strømforsyning (24 V) til telefonene. Dette medfører at en må legge en egen kabel frem til telefonskap for strømforsyning. En må ikke legge telefonen på samme kurs som eks. skilt, slik at telefonen faller ut ved en skade på skiltet. Nødtelefonssystemet kan knyttes sammen med en enkel PLS for styring. På mer "innfløkte" tunneler med mange I/O har dette ingen gevinst da en allikevel må ha et egen løsning på styring.

- Sveising av fiber og plassering av boks i kum. Sveising bør forgå innendørs i en bil/campingvogn for å sikre kvalitet på koblingene
- *Det må utarbeides en nøyaktig beskrivelse, gjerne med foto, av hvordan sveisingen skal utføres og anvisning om hvordan fibrene skal legges i føringsveiene inne i boksen.  
Plassering av boks i kum og hvordan kabler ønskes forlagt må beskrives.  
Ønsket "slakk" på kablene( ca2-3 m) må beskrives og alle ender må være like lange.*
- Kobling av givere (inn/utganger)
- *Vi må forvise oss om at valgt type og valgt koblings måte er god,(felles + eller felles -. Viste seg å være et dårlig valg)*

Strømforsyning 24v DC avbruddfri:

- *Når UPS bryter strømmen etter endt driftstid er det viktig at den er av en type som bryter ved full spenning, ellers vil sikringene på telefonen ryke.*

Muligheter for digitale innganger ( gjelder Nødtelefon og Servisetelefon):

- *Alle signaler til digitale Innganger må komme fra givere som er normalt lukket.*
- *8 Digitale innganger. Kan i prinsippet motta hvilket som helst av / på signal*
- *2 Datakanaler 64 Kbps RS485 1 montert og 1 tilrettelagt. Kan benyttes til billedoverføring eller data, avhengig av valg av programvare, (programvare ikke ferdig utviklet)*
- *2 Utganger, 1 for ekstern høgtaler montert utvendig på skap eller telefon. 1 for å aktivisere eksternt lyssignal eller annet etter ønske.*
- *1 Rekkeklemme for tilkobling av ekstern I / O enhet.*

Ekstern I / O enhet ( kun montert i Munkebottentunnelen) øker mulighetene til å koble til flere givere og styre flere funksjoner. ( Mottar og styrer i prinsippet hvilke som helst av / på signal:

- *10 digitale innganger og 10 digitale utganger.*
- *5 Analoge Innganger 4 – 20 mA kan benyttes ti Co2, No, lux målinger og annet.*

## 14 ERFARINGSOVERFØRING

### Generelt:

For å kunne lykkes med målsetningen om optimale levetider med lavest mulige kostnader vil man være helt avhengig av å utnytte den erfaringen som man har gjennom statistiske erfaringsdata både om tilgjengelighet og kostnader. Tilgjengelighetsdata vil sannsynligvis være vanskelig å få dokumentasjon på da det ikke har vært noe krav om slik oppfølging tidligere. Desto viktigere må det være å få fastlagt kriterier for hvorledes svikt av utstyr eventuelt skal dokumenteres i framtida. Jo mer systematisk denne oppfølgingen er, jo større grad av sannsynlighet kan man forvente av optimalt utskiftingstidpunkt for utstyret.

Oppfølgingen av økonomiske erfaringsdata for tunnelvedlikeholdet er i dag ikke god nok. Det er ulikt omfang og kvalitet på de historiske data som forefinnes. Detaljeringsgrad på prosessnivå varierer sterkt i ulike fylker. Det finnes erfaringsdata for enkelttunneler og sammenslått for flere tunneler. Graden av systematikk varierer mye fra fylke til fylke.

Funksjonsavtaler er idag det vanlige virkemiddelet mellom bestillende og utførende part i alt vedlikehold på vegnettet, også tunnelvedlikeholdet. Hovedpoenget med funksjonsavtaleprinsippet er at det skal bestilles et resultat som er i henhold til en gitt standard eller gitt beskrivelse. Det avgjørende poeng er om det bestilte resultatet er oppnådd eller ikke. En rendyrking av slike avtaleformer vil vri fokusen vekk fra enhetskostnader og erfaringskostnader til kostnader for om en funksjon er oppfylt eller ikke. Eierskapsvurderinger både om oppnådde resultater og driftsoptimalisering synes problematiske med et slikt grunnlag.

For tunnelvedlikeholdet sin del, med alle sine tunge kostnadsbærende elementer, kan dette på sikt være ensbetydende med at vesentlige virkemidler for å optimalisere vedlikeholdet blir fraværende. En slik utvikling vil ikke akkurat være med på å styrke det langsiktige eierskapet.

Tunnelvedlikeholdet består av flere tunge kostnadsfaktorer som det må være en viss interesse for å følge utviklingen av og i å optimalisere både levetider og vedlikeholdsfrekvenser på. Behovet for erfaringsdata på prosessnivå er da ufravikelig. Slike faktorer kan være:

- ⇒ ventilasjon / renseanlegg
- ⇒ styre- og overvåkingsanlegg
- ⇒ belysning
- ⇒ pumpeanlegg
- ⇒ kledninger
- ⇒ renhold

For å kunne drifte tekniske installasjoner slik at tunnelenes sikkerhetskrav blir ivaretatt kreves store energimengder, enkeltvis og samlet. Der bør det ligge et forbedringspotensial. Et omfattende renhold må være aktivt for å ivareta kravene til tilfredstillende miljø både for trafikkanter, arbeidstakere og omgivelser.

For å kunne si noe om et forbedringspotensialet og nivå for optimalisering må man kjenne forutsetningene for det som skal forbedres. Man må også ha en stor grad av erfaringsdata som forteller noe om ressurser og innsats som har medgått for å oppnå et visst produkt. På et slikt grunnlag kan man også måle avvikene i forhold til de ulike tiltakene som kan være aktuelle for å starte forbedringer på enkeltelementer som i tur resulterer i en samlet optimalisering, enten for enkeltelementene isolert eller for en nærmere definert samling av elementer.

Slike definisjoner av elementer som er interessante og praktisk gjennomførlig å utføre sammenligning på, må det være en samlet og omforent enighet om. På et slikt fundament må standarden for erfaringsdataene ligge i den videre oppfølgingen.

Jfr. int.rapp. 2153 *Kvalitetsikring av erfaringsdata og driftsoptimalisering*

### **Struktur på erfaringsoverføringen:**

Både forbedringer og selve grunnlaget for å komme fram til forbedringene dannes på bakgrunn av erfaringer om løsninger, utstyr og materialvalg. Beslutningstakere på ulike nivå i beslutningsprosessen må derfor ha tilgjengelighet til og kjennskap om slike erfaringer som forutsetning for å drive forbedringsprosessen videre.

Med all den kunnskapen som finnes om både løsninger, utstyr og materialer vil det være en uoppnåelig oppgave og ivareta denne erfaringsoverføringen uten å benytte seg av strukturerte metoder og IT-baserte løsninger.

Både slike metoder og løsninger er allerede kjent og valgt. Systematisk tunnelvedlikehold som ivaretar drift og vedlikehold, internkontroll og dokumentasjon og som sikrer grunnlaget for overføringer av historiske erfaringsdata som igjen påvirker beslutningsprosessen i nye prosjekt og anskaffelser.

FDV-programmet Spektrum ivaretar dette på en ryddig måte. Det forutsetter imidlertid en "opprydding" i strukturen på nivå og omfang av erfaringsdata og ikke minst, det kreves lojalitet til de beslutningene som denne type erfaringsoverføring er basert på.



## Erfaringsoverføring – oppfølging.

Det foreslås å knytte funksjonskrav, og derigjennom påfølgende krav til oppfølging til følgende objekter av tekniske installasjoner:

- ventilasjon
- belysning
- renseanlegg
- pumpeanlegg
- styre og overvåkingsanlegg
- kabler
- renhold (frekvens ⇔ ÅDT (kjtkm))
- stabilitetssikring
- vann- og frostsikring

Hva er nyttig/viktig å vite:

- levetid (installasjonstid)
- enhetskostnader pr. definert nivå
- driftstid
- evt. "nedetid" m/årsak
- vedlikeholdsomfang (tid)
- renholdsomfang (tid)
- teknologisk utskifting/fornyning/oppgradering (tid/frekvens)

Nevnte objekter må prosesstilknyttes på en slik måte at de kan "spores" fra overlevering og i driftsfasen. Erfaring knyttes til prosessen.

Jfr. også "Kunnskapsbank undersjøiske tunneler"

Strukturert erfaringsrapport skal gjennomgås etter tre års driftstid og definert detaljeringsgrad skal være i samsvar med detaljeringsgraden ved overlevering, evt. avtalt definert avvik.

Slike erfaringsrapporter skal danne grunnlaget for å kunne vurdere:

- sårbarheten i installasjonene/elementene/tunnelen
- driftstilgjengeligheten
- funksjonskravene

## 15. Organisasjon

Elektrofaget er både omfattende og regelstyrt. Regelstyringen kan i mange tilfeller gå på tvers av den ordinære linjestyringen i etaten. Det er derfor viktig både med en kunnskapshøyning av faget generelt og holdninger til eventuelle konsekvenser det fører med seg.

Fagområdet elektro er etter hvert blitt meget sentralt i forhold til å ivareta nedlagt kapital innenfor tekniske installasjoner. Det er også et område som er omfattet av en rivende teknologisk utvikling hvor krav til kompetanse vil være avgjørende for å kunne optimalisere levetid og kostnader.

Skal det nytte å investere i teknisk utstyr som et kostnadseffektiviserende tiltak, må det også investeres i menneskelig kompetanse som både skal forstå og beherske teknologien.

De faglige ansvarsforholdene er klart definert i lovverket. Likeså ansvarsforholdene i forhold til internkontroll elektro. En strukturert organisering i etaten vil være en forutsetning for at disse ansvarsforholdene blir best mulig ivaretatt.

Det er derfor god grunn til å foreslå at vegvesenet bør bygge opp elektro til å bli autorisert elektroinstallatør gr. L slik at etaten er i stand til å drifte, vedlikeholde og effektivisere installasjonene samt utføre kontroll i henhold til de lover og forskrifter som gjelder. Ved selv å stå for drift og vedlikehold vil detaljkunnskapen øke og kompetansen føres tilbake til etaten. Ved feil og mangler blir det vanskeligere for leverandører å fraskrive seg ansvar eller prøve å skyve ansvar over på andre. Elektro vil kvalitetssikre arbeidet til de prosjekterende. Det er her nærliggende å sammenligne med drift og vedlikehold av IT i Statens vegvesen.

Gjennom en slik overordnet organisering vil el-kompetansen bli høynet og ivaretatt, og etaten vil selv være i stand til å utføre kontrollansvaret slik forskriftene krever. En autorisert elektroinstallasjonsbedrift vil være en mer attraktiv arbeidsgiver siden de ansatt kan få øket sin formelle kompetanse. (Fagbrev, autorisasjoner etc.) Etaten kan "skreddersy" personellet til sine behov ved at de blir opplært fra skole og frem til fagbrev. Flere fylker har praktisert en slik ordning med hell.

### Organisasjonsstruktur på regionnivå:

- Minst en autorisert elektroinstallatør som faglig leder og saksbehandler/prosjektleder
- Ingeniører som saksbehandlere/prosjektledere.
- Montører med ett eller flere fagbrev for drift/vedlikehold/internkontroll
- Lærlinger (obs. godkjenning som opplæringsbedrift)
- Eventuelt hjelpemontører

All elektrokompetansen bør samles i en seksjon eller være en del av en seksjon der en autorisert elektroinstallatør gr.L har det faglige ansvaret. Dette for å tilfredsstill myndighetenes krav til en ansvarshavende.

For å tilfredsstill forskriftene, må som et minimum, all internkontroll elektro legges til seksjonen. Det innbefatter da all internkontroll-elektro for anlegg/bygg, fra planlegging av nye eller endringer av eksisterende, via bygging, drift, vedlikehold og til slutt avvikling. Videre bør denne seksjonen ha ansvaret for drift av de elektriske installasjonene.

### Sentral elektrokompetanse

Mange vegkontor trenger råd og veiledning for å komme opp på et forskriftsmessig akseptabelt faglig nivå. Det er ikke lett å bygge opp og ansette nytt personell når man ikke har tilstrekkelig kunnskap om dette faget. Det naturlige vil være at etterspørselen etter slik faglig råd og veiledning rettes til Vegdirektoratet.

Situasjonen er imidlertid i dag at slik kompetanse heller ikke finnes i tilstrekkelig grad i Vegdirektoratet. Det naturlige faglige koordinerende leddet mangler. For å imøtekomme en løsning for den situasjonen man er kommet opp i finnes flere alternativer:

- a) Vegdirektoratet kan selv bygge opp nødvendig kompetanse
- b) Vegdirektoratet kan delegere oppgaven med faglig koordinering og oppdatering av sterkstrømsoppgavene til et vekontor

Det primære målet om en samordnings- og koordineringsfunksjon blir i begge tilfellene ivaretatt.