

Intern rapport

Intern rapport nr. 2221

Etatsprosjekt:

**SAMFUNNSTJENLIGE
VEGTUNNELER**

Delprosjekt I:

Drift og vedlikehold

**Erfaringer og
erfaringsoverføring**

Oktober 2001



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Vegteknisk avdeling

Intern rapport nr. 2221

Delprosjekt I: Drift og vedlikehold Erfaringer og erfaringsoverføring

Sammendrag

Prosjektgruppen for drift og vedlikehold har utført en omfattende erfaringsregistrering tilknyttet tunnelens ulike elementer. 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.

Denne erfaringsregistreringen har også dannet grunnlag og forutsetninger for de ulike forslag til tiltak som skal 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
- Kort 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. Disse valg og beslutninger tas i planfasen og har avgjørende innflytelse på fremtidige kostnader i drifts- og vedlikeholdsfasen. Slike valg må derfor tas på bakgrunn av erfaring!

For å nå en optimalisering av drift og vedlikehold i en tunnel er det en rekke forhold som må vektlegges. Tilgjengelighet og vedlikeholdsvennlige løsninger er helt sentrale tema som man er nødt til å ivareta for å oppnå en slik målsetting.

Emneord: *Tunnel, Etatsprosjekt, Samfunnstjenlige vegtunneler, Drift og vedlikehold, FoU, Erfaringer, Erfaringsoverføring*

Kontor: *Geologi og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *HBU*

/HF

Dato: *17.09. 2001*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Vegteknisk avdeling

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

1.0 Innledning	4
2.0 Drift og vedlikehold	6
2.0.1 Generelt	6
2.0.2 Totalsikkerhet og vedlikehold	9
2.0.3 Vintervedlikehold	11
2.1 Tunnelkonstruksjonen	13
2.1.1 Profilet	13
2.1.2 Portal	16
2.1.3 Uteareal- forskjæring	18
2.1.4 Berg-, vann- og frostsikring	21
2.1.4.1 Bergsikring	21
2.1.4.2 Vann- og frostsikring	22
2.1.5 Skredoverbygg	23
2.2 Dekker - drenering	24
2.2.1 Dekker	24
2.2.2 Drenering - løsninger	25
2.3 Belysning	28
2.4 Skilt/oppmerking, arbeidsvarsling	32
2.4.1 Skilt/lyssignal	32
2.4.2 Oppmerking	35
2.4.3 Arbeidsvarsling	36
2.5 Renhold	38

2.6	Styring og overvåking	45
2.6.1	Overvåking	45
2.6.2	Kommunikasjon	47
2.6.3	Styringssystemer	48
2.6.4	Trafikanten	49
2.6.5	Sikkerhetsutrustning	50
2.6.6	Status og forbedringer	51
2.7	Tekniske installasjoner	53
2.7.1	Generelt	53
2.7.2	Elektro	53
2.7.3	Energiøkonomisering (ENØK)	55
2.8	Estetikk	57
2.9	Materialvalg	59
3.0	Overlevering	61
3.1	Erfaringsoverføring	62

Forord

Statens vegvesen har gjennom etatssatsingsprosjektet "Samfunnstjenlige vegtunneler" satt fokus på trafikksikkerhet, miljø og langsiktig eierskap innenfor tunnelteknologien. Prosjektet har gått over fire 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 har bestått av flere delprosjekt.

Delprosjekt "Drift og vedlikehold" har blant annet hatt som målsetting:

"Prosjektgruppen skal gjennomgå og vurdere drifts- og vedlikeholdsprosessen i forhold til samtlige tunnelement på bakgrunn av erfaring ut i fra dagens geometriske og tekniske løsninger. Gruppen skal videre definere områder innenfor drift og vedlikehold som har størst betydning i en kostnadseffektiv utvikling. Gruppen skal vurdere erfaringsutvekslingen innenfor drift og vedlikehold ut i fra behov for å sikre at slik utveksling blir best mulig ivaretatt."

Drift og vedlikehold skal blant annet sørge for at sikkerhetsnivået i tunnelen opprettholdes ved at forutsatte krav oppfylles og at sikkerheten ivaretas.

Det må da være et overordnet krav at nettopp vedlikeholdstilgjengeligheten må være sikret når valg av løsninger for konstruksjoner og utstyr skal gjøres.

Erfaringsoverføring er videre et helt nødvendig virkemiddel for å videreutvikle løsninger og metoder som grunnlag for kostnadseffektivitet.

Prosjektgruppen har bestått av:

Harald Buvik	Vegdirektoratet
Gunnar Gjæringen	Hordaland
Viktor Eivik	Nordland
Harald Thorbergsen	Nordland
Sveinung Myklebust	Møre og Romsdal
Helge Hoven	Sør-Trøndelag
David Håndlykken	Sogn og Fjordane
Anders Mjell	Akershus

1.0 Innledning

Prosjektgruppen for drift og vedlikehold har utført en omfattende erfaringsregistrering tilknyttet tunnelens ulike elementer. 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 det kan ivaretas uten å legge langt større vekt på levetidsbetraktninger og levetidskostnader både ved investering og drift og vedlikehold.

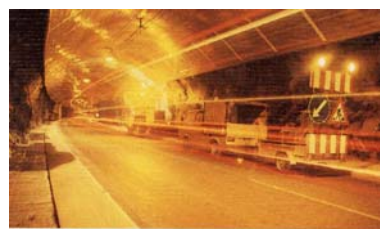
Denne erfaringsregistreringen har også dannet grunnlag og forutsetninger for de forslag til tiltak for å bidra til et stadig mer optimalt vedlikehold med optimale kostnader.

Målet for vedlikeholdet må være:

- Lavest mulige kostnader
- Lengst mulig levetid på konstruksjoner og utstyr
- Kort 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 er utarbeidet som verktøy for å bidra til slik optimalisering. Slike modeller kan benyttes både i planleggingen av nye tunneler og ved opprustning av gamle. Gjennom systematisk bruk av modellen kan valg av alternative tekniske løsninger, utstyr og materialvalg vurderes og sammenlignes før beslutninger tas.

Valg og beslutninger som tas i planfasen har avgjørende innflytelse på kostnadene i drifts- og vedlikeholdsfasen. Slike valg må tas på bakgrunn av erfaring!



Nytten av slike modeller som beslutningsverktøy avhenger selvsagt av kvaliteten på de inngangsdata som benyttes. Videre forutsetter et godt resultat at de data som benyttes er konsistente. Der eksakt informasjon mangler, er alternativet å benytte estimer basert på antagelser og forutsetninger med bakgrunn i historikk, egne og andres erfaring og for øvrig bruk av faglig skjønn. Verdien av modellberegningens sluttresultat må ses i lys av grunnlagsdataenes kvalitet, og nytteverdien av beregningen vurderes opp mot dette.

For å nå en optimalisering av drift og vedlikehold i en tunnel er det en rekke forhold som må vektlegges. Tilgjengelighet og vedlikeholdsvennlige løsninger er helt sentrale tema som man er nødt til å ivareta for å oppnå en slik målsetting.

Optimalisering av vedlikeholdet forutsetter levetidsberegninger basert på prosessfordelte erfaringsdata
Optimalisering av vedlikeholdet krever god tilgjengelighet og valg av vedlikeholdsvennlige løsninger og materialer



2.0 Drift og vedlikehold

2.0.1 Generelt

På riksvegnettet i Norge er det pr. 1.1.2001 ca. 760 vegtunneler med en samlet lengde på ca. 700 km. Selv om de fleste er korte, dvs. under 500 m, er det i dag mer enn 320 tunneler som er lengre enn dette. Av tunnelene er ca. 50 lengre enn 3000 m. Den lengste vegtunnelen i landet pr. i dag, Lærdalstunnelen i Sogn og Fjordane, er 24,5 km. Det er 22 undersjøiske vegtunneler i drift i dag hvorav Bømlafjordtunnelen er verdens lengste med sine 8 km.

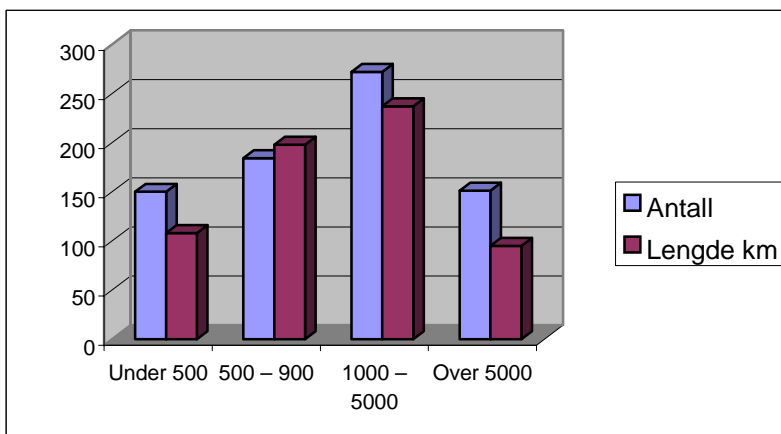
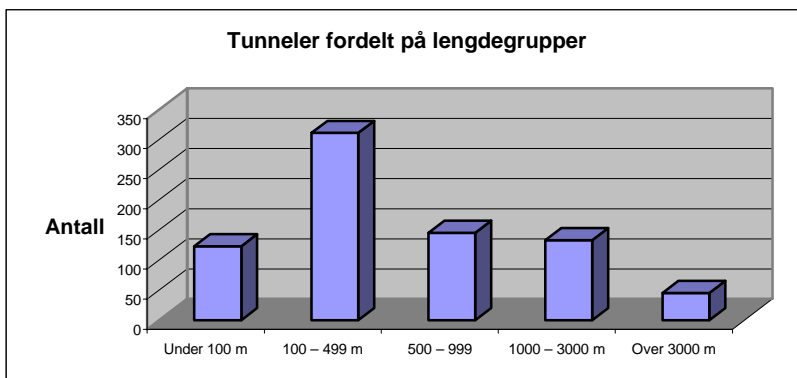
På fylkesvegnettet er det ca. 150 tunneler med en samlet lengde på ca 85 km. Kun et fåtall av disse er lengre enn 3000 m.

Reanskaffelsesverdien for den totale tunnelmassen i Norge er anslått til ca. 35 mrd.kr. I Statens vegvesen blir tildelingene til vedlikehold fastlagt på bakgrunn av beregninger gjort i "Motiv" og utgjør ca. 210 mill.kr. årlig. Disse beregningene fastsettes ut i fra enhetspriser og frekvens på tiltak for å oppnå en gitt standard. Dagens praksis innebærer at det bevilges mindre beløp enn det Motiv skulle tilsi.

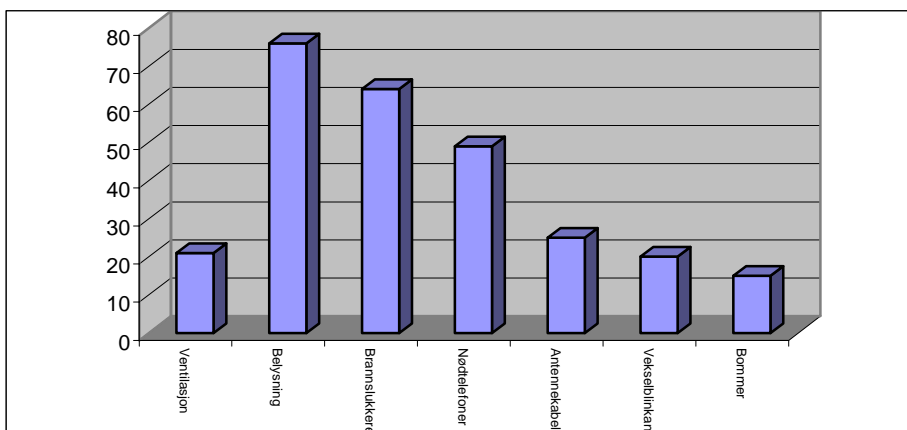
Dette innebærer i praksis at det opparbeides et etterslep i forhold til standarden. Denne praksis er ikke nødvendigvis tunnelspesifikk men etter som tunneler inneholder mye kostbare tekniske installasjoner vil et etterslep her kunne påvirke levetidene for dette utstyret og dermed også levetidskostnadene.

Årsakene til denne utviklingen kan være:

- Manglende standard fastsatt gjennom byggingen
- Manglende vedlikehold
- Standardendring i perioden



Tunneler fordelt på antall og ÅDT-grupper



Prosentandel teknisk utstyr i tunneler på riksvegnettet

2.0.2 Totalsikkerhet og vedlikehold

Vurdering av den totale sikkerheten og gjennomføringen av vedlikeholdet i tunnelene er nært knyttet til hverandre. Metodene som benyttes er i begge tilfeller basert på systematisk arbeid over tid. De valgene som gjøres for gjennomføring av enten sikkerhetstiltak eller vedlikeholdstiltak vil i stor grad påvirke hverandre.

Vurdering av sikkerhet i vegtunneler, det være seg forebyggende og/eller skadereduserende tiltak, vil i stadig sterkere grad være basert på risikoanalyser. Gjennomføring av vedlikehold vil ofte være basert på systematisk bruk av FDV-programmer. I tunnelvedlikeholdet inngår ofte komplekse tekniske installasjoner hvor det stilles store krav til systematisk arbeid. Disse kravene influerer også på selve sikkerheten i tunnelen. Systematisk vedlikehold er selve nøkkelen for ivaretagelse av sikkerhetsnivået.

Uhell og ulykker kan ha sitt utspring i at utstyr er tatt ut av drift for vedlikehold eller i utstyrsfeil som skyldes mangelfullt eller feilaktig utført vedlikehold.

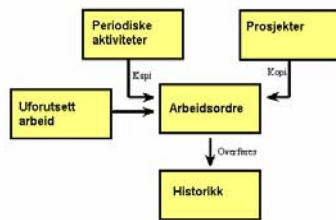
Arbeid i trafikkerte vegtunneler kan være belastende. Dette fordi arbeidstakerne er utsatt for mange miljøfaktorer og belastninger samtidig, noe som gjør en samlet risikovurdering opp mot administrative normer og andre grenseverdier vanskelig.

Trafikkfare er en av de mest stressende arbeidsmiljøfaktorer som vedlikeholdsarbeidere utsettes for. Det skal derfor stilles klare krav til varsling av og regulering av slikt arbeid dersom det utføres mens trafikken pågår i tunnelen, jfr. kap. 2.4.3.



Det er således viktig å styrke kunnskapen om de forskjellige miljøbelastningene og hvorledes den enkelte kan bidra til at eksponeringen reduseres. Informasjon omkring de primære HMS-forholdene vil bidra til at man unngår at frykten for enkelte typer forurensing eller andre typer miljøforhold som fokuseres i media, etter hvert blir et større problem enn den reelle helserisikoen dette representerer.

En viktig faktor for å opprettholde sikkerhetsnivået er at kravene til systematisk vedlikehold av konstruksjoner og teknisk utstyr blir gjennomført. Likeledes at krav til nødvendig kompetanse blir ivarettatt.



Gjennom systematisk bruk av FDV-programmer vil erfaringene som tas ut fra de historiske data gi avgjørende kunnskap om de løsninger som er valgt og det utstyret som er benyttet. Denne kunnskapen skal hele tiden evalueres og vil samlet sett til en hver tid kunne gi tunnel-eier den informasjon som er nødvendig for å videreutvikle løsninger og metoder for å kunne optimalisere tunnelvedlikeholdet ytterligere.

For å kunne stille nye krav om framtidige løsninger og materialvalg, må man ha god kunnskap om hva man har erfart, m.a.o. det som skal optimaliseres må være målbart.

Et kostnadseffektivt drift og vedlikehold forutsetter valg av vedlikeholdsvennlige konstruksjons- og utstyrløsninger og optimalisering gjennom systematisk erfaringsoverføring

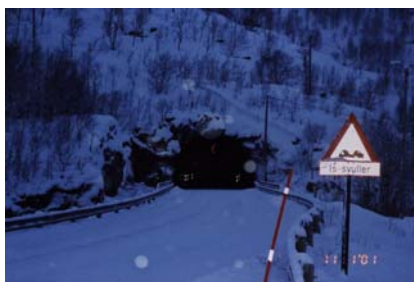
2.0.3 Vintervedlikehold

Det er generelt viktig at det allerede i prosjekteringsfasen, på bakgrunn av erfaring, tas tilstrekkelig hensyn til det framtidige drift og vedlikehold. Det er også vesentlig at disse hensyn videreføres også inn i byggefasen. Vintervedlikehold i tunneler vil i stor grad handle om å ta hensyn til innkjøringssonene, og at utearealene prosjekteres og utformes slik at de oppfyller kravene til funksjonalitet.

Utenfor tunnelen, i innkjøringssonen, skal det være tilstrekkelig plass til snø som brøytes ut og også plass til evt. is som faller ned fra skjæringen.

Det er også en forutsetning at dette arealet har tilgjengelighet for rydding med maskin, for eksempel hjullaster. Dette gjelder også området rundt skilt, bom, signalanlegg og også eventuell helikopterlandingsplass. Det samme gjelder også adkomst til teknisk rom og eventuelt styreskap.

Snø og is skal fjernes snarest mulig slik at utearealet til en hver tid kan oppfylle de behov de er tiltenkt. Inne i tunnelen skal det i frostsonene ikke forekomme vannlekkasjer som kan resultere i isdannelser enten på vegbanen, i sidearealet eller i tunnelveggen. jfr. Kap. 2.1.4.2



Snø som dras inn skal enkelt kunne fjernes med veghøvel, plog eller hjullaster.

Snunisjer for brøytebil legges så nært tunnelmunningen som mulig ut fra sikkerhetshensyn (siktforhold-geometri) og også for at snø ikke blir dradd langt inn i tunnelen.

I høyfjellstunneler med kolonnekjøring må det vurderes breddeutvidelse for oppstilling av kolonnen inne i tunnelen, jfr. rapport fra Statens vegvesen Hordaland om utfordringer og forslag til løsninger.

I overgangsperiodene høst og vår må det vises spesielt oppmerksomhet mot eventuell snø og is i innkjøringssonen som tiner om dagen og fryser på om natten.

Funksjonelt vintervedlikehold krever maskinell tilgjengelighet og konstruksjonsmessig utforming for slikt utstyr.



2.1 Tunnelkonstruksjonen

2.1.1 Profilet

Profilet defineres som:

- Teoretisk sprengningsprofil.
- Normalprofil

Teoretisk sprengningsprofil er det profil tunnelen skal ha etter at tunnelen er råsprengt. Foruten tak og og vegger inngår også tunnelsålen i teoretisk sprengningsprofil.

Normalprofil er det profil tunnelen skal ha etter at den er berg- og vannsikret, vegbanen er lagt og sidearealene opparbeidet.

Også valget av teoretisk sprengningsprofil må vektlegges tilstrekkelig mht.:

- Pumpestasjoner.
- Tekniske rom.
- Rom for renseanlegg.
- Havarinisjer.
- Snunisjer.
- Snunisjer for brøytebil.
- Oppstillingsplass i tunnel for «bilkø på høyfjellsovergang».
- Sidearealer
- Rundkjøringer.
- Ventilatorer.
- Skilt
- Sikkerhetsutrustning

Foruten at det skal være plass for det som nevnt foran må det avsettes tilstrekkelig plass til berg- /frost-/vannsikring.

Merknad:

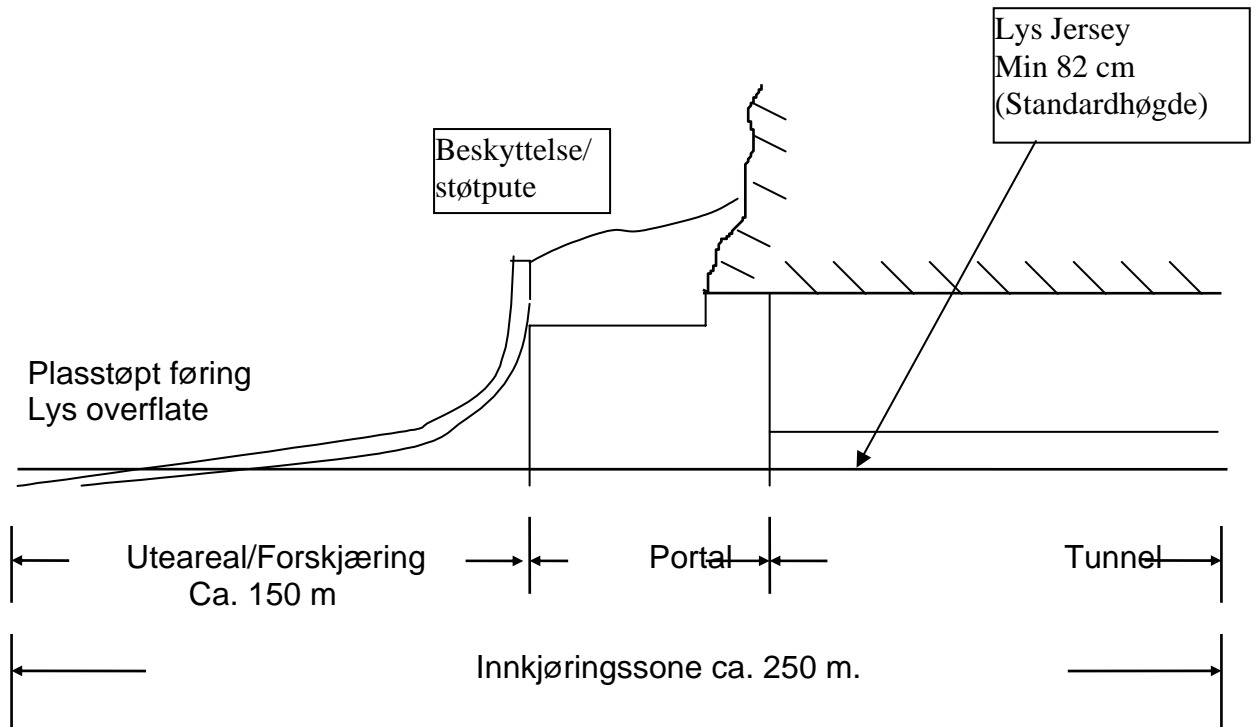
Prosjektgruppen mener at:

Ved prosjektering av nisjer i tunnelene er det viktig at utformingen gjøres slik at det tas tilstrekkelig hensyn til trafikantens sikkerhet. (Siktkrav, trafikkregulerende tiltak mv.).

Parkerings-/stoppnisjer i tunnel utformes med samme standard som for veg i dagen når det gjelder lengde og med kjørebanebredde tilsvarende 3,5 m.

Ved prosjektering av grøfter må flg. vektlegges:

- Sikre plass til dremsledning (hoved- og hjelpedrens).

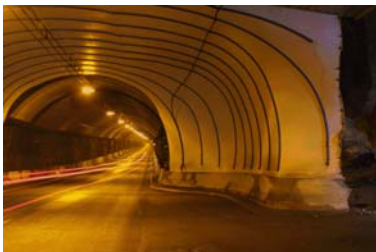


Prosjektgruppen foreslår følgende forbedringer:

Bruk av gjennomgående New Jersey-stein i tunnelen som vil kunne bidra sterkt til:

- visuell føring,
- "rene" flater,
- økt trafiksikkerhet
- lysere flater,
- oppnå brannsikring av kabler på baksiden,

➤ m.a.o. skape et helhetlig miljø.



Det er viktig at overflatene er slette og enkle å holde rene, samtidig som de gir en god linjeføring. Den nederste delen av tunnelveggen:

- 0,95 m i lavtrafikkerte tunneler og
- 3,5 m i høytrafikkerte tunneler (i samsvar med håndbok 021)

må være utformet slik at de kan tåle en påkjørsel uten at veggen blir skadet.

Prosjektgruppen foreslår derfor bruk av gjennomgående helstøpt New Jersey-stein i 0,95m høyde i lavtrafikkerte tunneler. Gruppen foreslår videre at veggelementene og New Jersey-steinen tilsettes hvit sement og hvitt steintilslag, samt en overflatebehandling som sikrer at støv og skitt ikke binder seg.

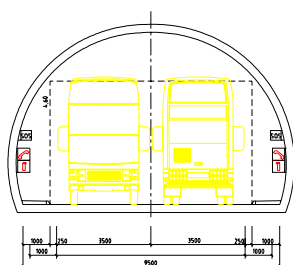
Fordelene med gjennomgående New Jersey-stein i lavtrafikkerte tunneler er flere:

- arealet bak steinen/elementet kan brukes til kabler og rør og dermed oppnå en tilfredstillende brannsikring av slike
- vi får et veggareal som er slett og ikke hiver biler ut i vegbanen igjen ved kollisjoner,
- det blir lysere og triveligere i tunnelen
- det gir en fin linjeføring med god optisk ledning, evt. gjennom å montere reflex med 5 – 10 m mellomrom i en høyde av min. 60 cm i tillegg
- utsparringer for skap, kiosker, skilt og kabelføringer kan tilpasses.
- det vil videre gi et enklere maskinelt renhold som vil opprettholde lyse overflater.

Drenskummene må legges på framsiden av veggelementet/New Jersey-steinen. Trekkekummer legges i bakkant av New Jersey-stein i arealet mot berget. Ved bruk av element brukes utsparring/luke.

Disse løsningene som prosjektgruppen foreslår vil kreve et minimumsprofil på T-9,5 med 3,5 m kjørebane og 1,25 m skulder og sprengte rette vegger.

Det er de senere år gitt godkjenning for kjøretøy med bredde inntil 3,4 m med speil, uten dispensasjon. Men for også å kunne møte behovet fra spesialtransporter må vi bygge tunnelene slik at midtfeltet –4,0m bredt- gis en høyde på 5,0m. På denne måten vil vi kunne få en totalt bedre sikkerhet i tunnelen, dra nytte av sidearealet til nødstopp og dermed øke sikkerheten og trafikkflyten fordi en da vil ha passasje forbi kjøretøyet som har stoppet der.



TUNNELPROFIL T9.5

Drift og vedlikehold forutsetter profilvalg som gir tilstrekkelig plass for installasjoner og tilgjengelighet for rasjonelle vedlikeholdsmetoder

2.1.2 Portal

Hensikt/formål: Sikre vegen mot nedfall av stein, snø og is mv.

Portaltyper:

- Plasstøpt armert betongportal
- Plasstøpt armert sprøytebetong-portal
- Betongelement-portal

Prosjektering:

- Valg av portaltype, og lengde som tilpasses de stedlige forhold.
- Estetisk utforming
 - Samspill mellom portal og omkringliggende terreng
- Følgende krav må oppfylles mht framtidig drift og vedlikehold:
 - Vannsikker utførelse
 - Bruk av folie på alle portaler
 - Kontaktstøp mot drenerende plater som monteres mot utsprengt profil
 - Utvendig membran på frittstående del
 - Beskyttelse/støtpute av sand på frittstående del, dette for å hindre skader på konstruksjonen ved event. nedfall/ras
 - Vanger/frittstående del går direkte over i stålrekkverk eller New Jersey-kant
 - Legge tekniske rom / servicerom, nødstyreskap og eventuelle vekselblinklys inn i portalkonstruksjonen

Utførelse/
bygging: Ang. fundamentering, forskaling, armering, betong, utstøping, herding, etterbehandling mv. vises til Statens vegvesens håndbøker 021, 025 og 026.

Fuktig/glatt kjørebane i portalområdet:

Ofte oppstår dette problemet som følge av mangler med portalkonstruksjonen. Portalene skal være prosjektert og bygget etter vannsikker utførelse. Hvis det er mangler ved fuktsikringen, ikke bare i portalkonstruksjonen, men også i overgangen mellom portal og frost-/vannsikringen vil det kunne resultere i fuktig/glatt kjørebane.

Foruten et drifts- og vedlikeholdsproblem bidrar manglende fuktsikring av portaler også til redusert trafiksikkerhet. For å hindre overflatevann å renne inn i tunnelen må vannsperre på vegbanen vurderes.

Følgende punkter må vektlegges mht framtidig drift og vedlikehold:

- Tilstrekkelig utsprengt rom i hele sirkelen for å gi rom for portalen (min. 1,5 m.)
 - Drenerende plater i kontaktstøpt del føres ned til drencsystemet
 - Armering føres min. 2 m inn i kontaktstøpt del
 - Slangor for injeksjon legges inn i støpeskjøter. Det må også vurderes i hvert enkelt tilfelle om injeksjonsslanger skal legges inn (i sirkelen) ved overgangen mellom berg og frittstående del
 - Riss/støpeskjøter med lekkasje injiseres
 - Utsparing for overgang mellom portal og eventuell vannsikring
 - Event. kabelføringer, varerør og innstøpningsgods (bolter, fester mv.) monteres før støping
- Teknisk rom i tilknytning til portal.
Dette gir følgende fordeler:
- Bedre miljø både for utstyret og servicepersonale.
 - Sikrere tilgjengelighet ved kritesituasjoner.
 - Bedre vedlikeholdstilgjengelighet.
 - Bedre og sikrere parkeringsforhold.

Valg av portalløsning og konstruksjonsmessig utforming skal hindre nedfall av is og stein, vannsig og ras i tunnelmunningen.



2.1.3 Uteareal – forskjæring

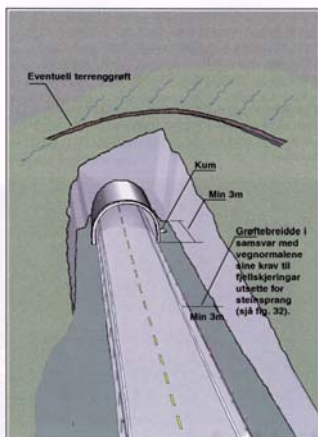
Innkjøringssonene i tunneler er spesielt utsatt for ulykker. Disse sonene er definert som ca. 150 m før tunnelen og de første ca. 100 m inne i tunnelen. Årsaken finnes blant annet i vanskelige kjøreforhold med hensyn til lys, kurvatur, ofte glatt veg nær tunnelmunning o.l.

Sikring av innkjøringssonene er i liten grad omtalt i normaler og retningslinjer, og de spesifikke krav er mest knyttet til estetisk utforming av portaler. Utformingen av vegen fram til tunnelmunningen er også ofte omfattet av diffuse krav. Dette skyldes åpenbart at dette i håndboksammenheng er definert som kostbart terreng og dermed gis det anledning til å fravike de generelle kravene til bredde på skuldre, grøft og øvrige sidearealer.

Dette innebærer at for veldig mange tunneler er det valgt et redusert profil allerede fra der forskjæringen begynner.

Det vil i praksis si at man får den mest trafikkfarlige utformingen av vegen der trafikantene har de vanskeligste kjøreforholdene og hvor det er størst risiko for ulykker.

Inn mot tunnelen er det ofte hensynet til geologien som bestemmer valg av trase og utforming av vegen. Hensynet til trafiksikker utforming av sidearealene må vies større oppmerksomhet.



Innkjøringssonene er ofte utsatt for ulike typer for ras og de mest aktuelle er nedfall av stein og is fra forskjæringene og i mange tilfeller også fra bratte fjellsider ovenfor forskjæringene.

Årsaken til ras og fare for ulykker er flere:

- tunneler blir ofte valgt der terrenget er spesielt sidebratt
- tunneler blir ofte plassert nær dalsøkk hvor det er vassig og fare for ras
- forskjæringene til tunnelene er ofte sprengt ut med for liten bredde
- lengden av portalene er ofte redusert til et minimum, og for eldre tunneler mangler de helt

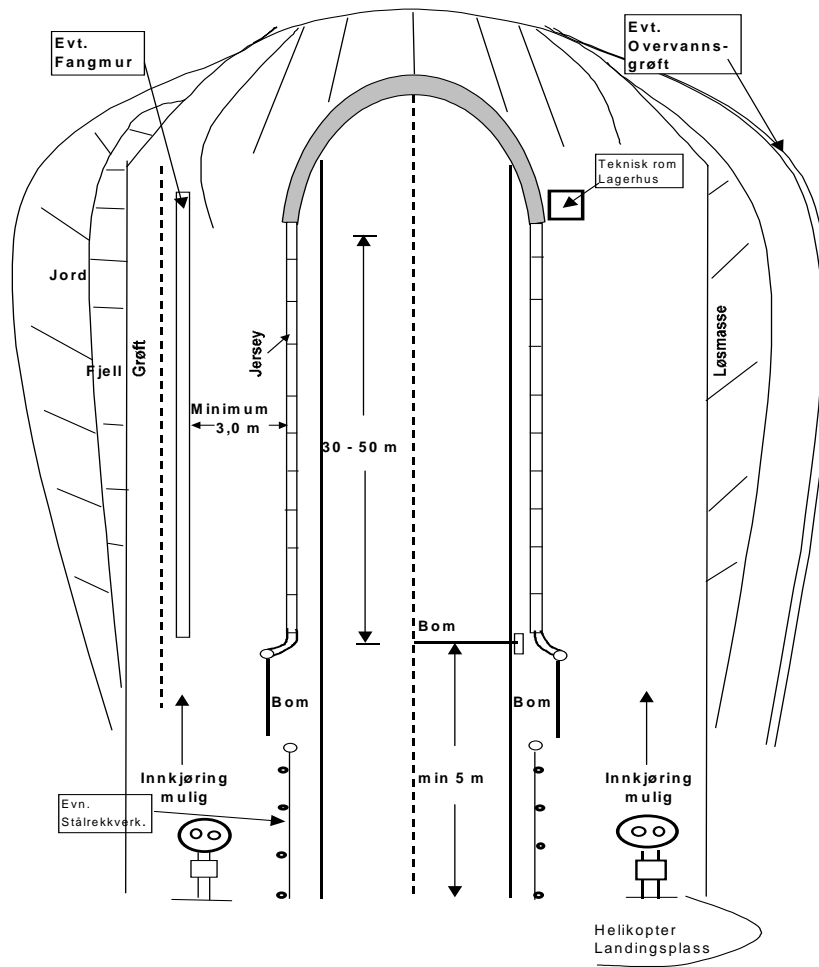


Riktig planlegging og utforming av utearealet vil kunne redusere vedlikeholdskostnadene og hindre ulykker. Det må derfor fokuseres mer på:

- portaler
- brede sidegrøfter
- nødvendig sidearealer
- issikring (nett)
- rensk og bolting
- rasgjerd
- overvannsgrøfter
- fangmur
- jersey/rekkverk

De ulike tiltakene må ses i sammenheng og ut fra kravet om vedlikeholdstilgjengelighet.

- utformingen av vegen og utføring av sikringstiltakene skal hindre at uventede og farlige trafikksituasjoner oppstår, ras, spesielt glatte partier og fare for nedfall av is
- utformingen av vegen skal også gi gode sikt- og kjøreforhold
- vedlikeholdet skal være enkelt og tilgjengelig, og det skal være sikret god lagringsplass for snø

Prosjektgruppens forslag til utforming av uteareal - forskjæring:

Forskjæringer krever tilstrekkelig plass for aktivt vedlikehold for å oppnå trafikksikre løsninger hele året

2.1.4 Berg-, vann og frostsikring

Omfanget av fjell- og vannsikringen er i stor grad avhengig av den råsprengningen som utføres.

Det viser seg at unøyaktig boring og uforsiktig sprengning gir store økonomiske konsekvenser ikke bare i form av økt behov for sikring, men også økte drifts- og vedlikeholdskostnader.

Hvis ikke kontursprengningen foretas så skånsomt som mulig gir det som resultat behov for ekstra rensk og flere antall bolter som igjen øker faren for å punktere for vanntilgang gjennom boltehullene.

Dette igjen gir som resultat økt behov for vannsikring.

2.1.4.1 Bergsikring

Aktuelle sikringstiltak er: rensk, bolting, fjellband, nett, sprøytebetong, injisering og betongutstøping. Det skilles mellom arbeidssikring, permanent sikring og ettersikring i tunneler

<u>Arbeidssikring:</u> Hensikt/formål:	Nødvendig sikringstiltak som må settes i verk for at tunnelarbeidene kan utføres under trygge forhold.
<u>Permanent sikring:</u> Hensikt/formål:	Sikringsarbeider som må utføres for at tunneler skal kunne trafikkeres med tilfredsstillende sikkerhet. I denne sikringen inngår supplerende bergforsterkning utover utført arbeidssikring. Kvaliteten på arbeidssikringen og permanentsikringen skal så langt det er mulig være identisk, dette med bakgrunn i at arbeidssikringen kan inngå som en del av den permanente sikringen.
<u>Ettersikring:</u> Hensikt/formål:	Sikringstiltak som utføres etter at tunnelen er satt under trafikk for å sikre at standard og sikkerhet opprettholdes. Normalt kommer disse sikringstiltakene til utførelse etter de jevnlige ettersyn/inspeksjoner som skal foretas. Kvaliteten på sikringsarbeider som utføres på ettersikringen må tilfredsstillende samme krav som er satt til permanentsikringen

Det største potensiale for reduksjon i berg-, vann- og frostsikring ligger i byggefasen gjennom mest mulig skånsom sprenging.

2.1.4.2 Vann- og frostsikring

Alle tunneler skal sikres mot vanninntrengning. I den kalde årstid er det spesielt viktig at vann ikke medfører isproblemer av noe slag, enten på kjørebanelen eller i tak og på vegger.

Sikringen utføres ved evt. å forinjisere som et førstetiltak. Det vannet som fortsatt kommer må avskjermes og føres ned i grøften.

I lavtrafikkerte tunneler kan bruk av frostporter plassert minst 150 m inne i tunnelen redusere bruken av annen frostsikring i partiet mellom portene, eller den kan i beste fall sløyfes helt.

Hvilken type vann- og frostsikring som velges er avhengig av ÅDT, tunnellengde, tunnelstandard og frostmengde.

Foruten at materialet skal tilfredsstillende gitte krav til vanntetthet og frostisolasjon, må det også tilfredsstillende de branntekniske krav som er satt. Det må også forlanges at materialet (konstruksjonen) er beregnet for og har tilstrekkelig bestandighet i forhold til de miljølaster det utsettes for.

Dimensjoneringen og valget av sikringstype må også skje ut fra en levetid på min. 50 år. Vedlikeholdskostnadene og tilgjengeligheten må i tillegg vektlegges. For øvrig vises til Håndbok 163.

Løsningene må være vedlikeholdsvennlige og teknisk stabile

2.1.5 Skredoverbygg

Dimensjonering og utforming av skredoverbygg er behandlet i Håndbok 100-Bruprosjektering og Håndbok 167-Snøvern.

Slike konstruksjoner vil trafikantene også oppfatte som en "tunnel" og utforming og utstyr skal prosjekteres deretter. Innkjøringssonen skal være lik som for en tunnel, og rekkverk og føringskant skal vurderes ut fra samme kriterier. Det samme gjelder for belysning både ute og inne. Det er samme krav til profilet som i en tunnel for å gi plass til skilt og andre tekniske installasjoner.

Det bør også vurderes å bruke New Jersey-stein gjennom hele konstruksjonen. Der det er behov for drenering skal denne være tilsvarende som i en tunnel.

Skredoverbygg skal konstruksjonsmessig og drift og vedlikeholdsmessig oppfylle de samme kravene som for tunnel



2.2 Dekker - drenering

2.2.1 Dekker

De siste 20-30 årene har det vært en kontinuerlig utvikling av vegdekkene, og vi har nå vegdekker som er betydelig mer slitesterke overfor piggdekksslitasje enn tidligere. Dette skyldes både utviklingen av nye dekketyper med større andel grovt steinmateriale og gradvis strengere krav til steinmaterialene i vegdekkene.

Den spesifikke piggdekksslitasjen pr. kjøretøykilometer ligger på ca 15 gram asfalt for en vanlig personbil med piggdekk på alle fire hjul. Dette varierer svært mye for forskjellige dekketyper, avhengig av en rekke forhold som klima (tørt, fuktig), salting etc.

Samtidig med utviklingen av sterkere asfaltdekker, skjedde det på 80-tallet betydelig forskning og utvikling av slitesterke dekker av høyfast betong som er brukt på en del sterkt trafikkerte veier. Også i en del vegtunneler er det brukt betongdekker.

Faktorer som har betydning for slitasjen på et vegdekke, og dermed også mengde produsert svevestøv:

- Trafikkmengde
- Andel tungtrafikk
- Piggdekk/kjettingbruk
- Trafikkhastighet
- Klimatiske forhold
- Kjørebanebredde
- Overflateaktive stoffer, fuktmidler
- Vegdekkets og tilslagsmaterialets egenskaper samt veggeometri
- Renhold

Ut i fra en totalvurdering av miljø, komfort og økonomi er det grunn til å foretrekke asfaltdekke. Betongdekker er benyttet i mindre grad de senere årene. Dette er begrunnet både ut i fra levetidsbetrakninger og miljøkonsekvenser.

Vegdekker med lyst tilslag påvirker sikkerheten gjennom økt luminans som igjen påvirker reaksjonsevnen til trafikantenes synssans

2.2.2 Drenering - løsninger

Dreneringssystemet bygges opp slik at det dekker behov ved innlekkasje, vask, og de krav miljømyndighetene setter, nemlig med slamutskillingsbasseng og et eget oljeutskillingsbasseng som skal kunne takle en tankbilvelt med 30.000 liter.

Slamutskillingsbassenget skal sikre at slammet fra tunnelen blir værende igjen i bassenget og ikke føres med drensssystemet ut i sjø, ferskvann eller vassdrag.

Oljeutskillingsbassenget har samme funksjon som slamutskillingsbassenget.

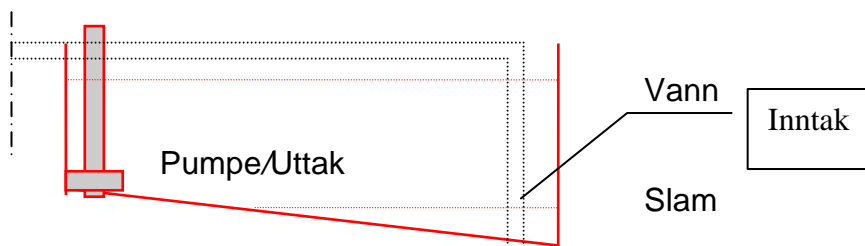
Det er særdeles viktig at rutinene for drift og vedlikehold av disse bassengtypene setter kriterier for måling av gasser i bassenget før mannskap går ned. HMS-reglene her er særdeles viktig å følge.

Kummer med dykk må brukes.

I pumpeumpene må det i større grad utprøves løsninger med pumper i tørt kammer, jfr. internrapport nr. 2229 om "Pumpeanlegg i undersjøiske tunneler".

For å få minst mulig slam i området rundt pumper i selve pumpeumpen må pumpeumputførelsen være slik at slammet samles i en annen del av kammeret enn der pumpen er satt opp.

Pumpeumputførelse bør derfor være slik:



Det er viktig at godstypen på pumper og pumpeledning velges ut fra levetidsbetraktninger og erfaringer fra undersjøiske tunneler, jfr. internrapport nr.2229 om "Pumpeanlegg i undersjøiske tunneler".

For alle tunneler settes det opp et program for vask og tømning av kummer. Dette tilsier at drens-systemet minst skal være dimensjonert for å ta unna vannet og nedvasket skitt.

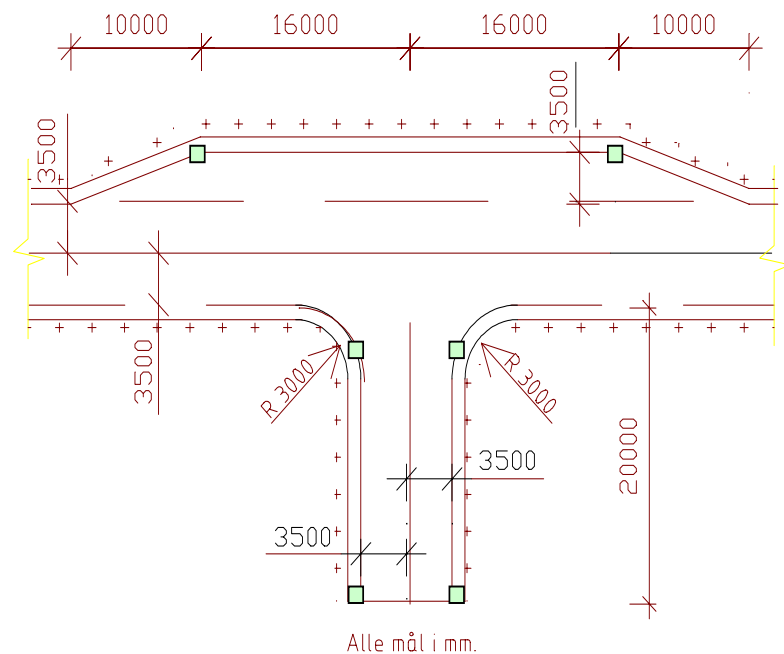
Kummene skal slamsuges i etterkant av utført vask.

Valg av gods i pumper og rør gjøres ut fra erfaring og levetid!

Pumperør og koblinger må ha en utførelse som gjør det mulig å foreta rørinnspeksjon på en enkel måte.

Alt elektrisk utstyr med koblinger må tilrettelegges i oppvarmet og innebygd rom.

Prosjektgruppens forslag til utførelse av havari-, snu- og brøytebilnisje med kummer:



Snunisje / brøytebilnisje

Snunisjer bygges med fall inn mot vegg med sluker ved veggen og ved utgang.

Felles drenssystem

Felles system består av sandfang / spylekum og rør der en tar inn både drensvann fra berg / grøft og spylevann fra vask av tunneler. Bør kun brukes i lavtrafikk tunneler.

Separat drenssystem

Separat system er ett lukket system av sandfang og rør som tar inn spylevann fra tunnelvask og ett system av spylekummer og rør som tar inn drensvann fra berg / grøft. Bør brukes for høytrafikk tunneler / tunneler der en må fange opp spylevann fra tunnel separat.

Valg av drenssystem skjer etter samarbeid med miljøvernmyndighetene.

Generell utforming

Viktige elementer for at drensløsningene basert på driftserfaringer skal fungere i praksis:

- Direktetilnknytning mellom rør og kum, grenmonterte kummer anbefales ikke da dette kan gi ukontrollert oppslamming i rør.
- Minimum "mannhullåpning" (60 cm) på topp av kum, ivaretatt ved standard kjegletopp.
- God tilkomst for kostemaskin på alt sideareal.
"Strømlinjeformet" utforming av sideareal / drensløsninger foretrekkes.
- Montering av dykk med « spyleluke » på alle sandfangkummer.
- Pakninger mellom alle kumringer.

Drenering dimensjoneres ut fra innlekkasje, vask og miljøhensyn!

2.3 Belysning

Belysning i tunneler - betydning og konsekvenser for drift og vedlikehold/sikkerhet

Tunnelbelysning skal tjene til effektiv og trygg trafikk gjennom tunnelen. Den skal være slik at bilføreren gis god sjanse for å oppdage eventuelle hindre tidsnok til å kunne foreta nødvendige preventive tiltak. Belysningen skal videre være slik at det gis informasjon om tunnelens forløp videre framover og at sidevegs plassering i kjørebanelen lettes.

Denne målsettingen ivaretas ved at:

- vegbane og vegger gis en luminans som er høy nok til at synssansen reagerer raskt nok
- geometrien i lysanlegget er slik at eventuelle hindre framtrer tydelig mot bakgrunnen
- luminansene er jevne nok til at eventuelle hindre ikke kamufleres
- blanding fra lysanlegg og trafikk er under kontroll
- visuell føring er god

Belysningen har stor betydning for den visuelle føringen trafikantene har gjennom tunnelen. Spesielt viktig er dette i innkjøringssonen til tunnelen hvor overgangen fra utelys til innelys ofte kan skje brått.

Bruk av armaturer med dyptrukket skjerm vil også gi en god linjeføring.



Tradisjonelt har norske tunneler, unntatt de rene høytrafikk-tunnelene, hatt belysningsanlegg som hovedsaklig har bestått av natriumslamper med gult lys. Det gule lyset gir dårligere farvegjøngivelse og skiller dårlig mellom kontrastene. Kostnadmessig har slike anlegg kommet gunstig ut som tilfredsstillende kvalitet på lavtrafikk-tunneler. Det har også blitt brukt EX-hengeledning for strømforsyning til belysningsanlegg. Slike ledninger er ikke lenger tillatt da de er svært sårbare for skader i anleggsfasen, det brukes klemmer i stedet for koblingsbokser som ofte medfører feil og det er generelt et problem med krypestrømmer pga. dårlig renhold.

Nisjer i tunnelene bør markeres/fremheves gjennom aktiv bruk av belysning på disse stedene. De vil kunne bli markert på lang avstand og dermed gjort lettere tilgjengelige.

Det er vegbanen og tunnelveggene som bestemmer førerens adaptasjonsluminans (øyets tilpasningsevne) inne i tunnelen. Tunneltaket er bare unntaksvis belyst, men får et visst reflektert bidrag. Den delen av synsfeltet som ligger nærmest synsretningen bidrar sterkest til adaptasjonsluminansen. Med fri sikt til det perspektivistiske forsvinningspunktet vil vegger og vegbane utgjøre omtrent like stor del av den del av synsfeltet som ligger nært synsretningen. Med andre ord bidrar veggens luminans like mye til adaptasjonsluminansen som vegbanens luminans.

Eventuelle hindringer i tunnelen sees med enten vegbanen eller veggen som bakgrunn. Dersom kontrasten er stor nok, er hinderet synlig. Synligheten av objekter er bedre jo bedre kontrasten er. Dette kan oppnås gjennom å tilstrebe at belysningsanleggene får et mer hvitt lys med større grad av farvegjøngivelse. Dette vil også være gunstig ut fra trafiksikkerhetsmessige hensyn.

Valg av veggflate

Strengt krav til vegtekniske egenskaper og krav til kostnader og vedlikehold har vært viktige ved utvikling av de dekker som brukes i dag. Det er ikke ventet at dekker kan gjøres særlig mye lysere enn de er i dag. Ved valg av materialer for veggoverflater står en mye friere, og det er mulig å tilgodese de lystekniske funksjonskrav. Ulike alternativ som maling, tilslag av betong eller keramiske fliser kan nyttes for å få fram lyse veggflater. Med tanke på at ikke alle hindre er store er det viktig at veggene er lyse helt ned til vegbanenivå, og at vedlikehold sikrer at den høye reflektansen bibeholdes over tid.

Det finnes i dag lite erfaring/dokumentasjon av hvilken overflatestruktur på tunnelveggene som er mest hensiktsmessig. Det er imidlertid grunn til å anta at helt plan, speilende overflate bør unngås for at ikke sjenerende refleksblending skal oppstå i kurver og på grunn av møtende trafikk.

Lysets betydning

For kjøring i tunneler er lysets betydning knyttet til om det er dag eller natt. Om dagen må øyet ha tid til å omstille seg fra dagslys til mørket i tunnelen, noe som ikke i den grad gjelder om natta. Vi må bygge lysanlegg som tar hensyn til disse faktorene, Vi prosjekterer lysanlegg med sterkere lys i innkjøringssoner basert på asymmetriske armaturer som gir motlys og som trappes ned til en lavere belysning i indre sone. Dette gjentas i utkjøringssonen.

Lyskilder av type høytrykk natriumlamper som gir hvitere lys og bedre fargegjengivelse enn lavtrykkslamper skal etter prosjektgruppens mening velges. Det må også vurderes bruk av longlife lysrør med bedre fargegjengivelse og 36 000 t levetid. Det er også kommet induksjonslamper med samme kvalitet som høytrykkslamper, men med 100 000 t levetid.

Visuell føring:

Belysningen representerer normalt den visuelle føringen. Det er viktig at det legges opp til et belysningsnivå i hele innkjøringssonen som minst tilfredsstillende kravene i håndbok 021.

Det er viktig at armaturer er justert parallelt med vegbanen i forhold til stigning og kurver slik at lyskjeglene dekker like deler av vegbanen.

Faktorer som er viktig for drift og vedlikehold

- Armaturene har en glatt utførelse og tåle spyling fra avgitt avstand med oppgitt trykk. Tetningsgrad min IP 65.
- Enkelt å åpne, med klips, (at skjermene holdes på plass under lampeskift)
- Utskiftbar forkoplingsutstyr. (Pluggkopling på ledninger).
- Pustefilter (rensner luften som trenger inn i armaturen pga. trykkutjevning).
- Bryter/sikring tilgjengelig uten bruk av verktøy (Må koble strømmen fra før lampeskift av damplamper).
- Lang levetid på lyskildene, (Over 25000 timer)
- Standard monteringsbrakett eks. på fjellbolt.

**Belysningsanlegg skal ha bestandige materialer, være vedlikeholdsvennlige og tilfredsstillende krav til høytrykksrengjøring.
Lyskildene skal gi et mest mulig hvitt lys med god fargegjengivelse.
Belysningen skal gi god kontrast og fargegjengivelse og tilfredsstillende gjeldende krav til jevnhet**



2.4 Skilt/oppmerking, arbeidsvarsling

2.4.1 Skilt/lyssignal

Dagens situasjon:

Skilt/lyssignal er av de siste element som skal på plass i et veganlegg. Det er da nærliggende at dette utstyret kan bli offer for innsparing. Dette kan i verste fall gå utover trafiksikkerheten.

Innvendig belyste skilt og lyssignal til bruk i tunneler, har på grunn av mangelfull beskrivelse fått en variabel kvalitet og utførelse. Det har blitt satt opp alt fra enkle, utette og billige varianter i form av reklamekasser til løsninger i kvalitet som tilfredsstillende kravene både i forhold til støv og fuktighet. På grunn av snevert profil er det heller ikke plass til pålagt utstyr.

Trafikkskilt er en viktig del av det systemet som informerer, varsler, leder og styrer trafikantene. I en vegtunnel er det som ellers på vegnettet viktig å bli orientert om den videre vegføringen.

På grunn av at tunnelprofilen i mange tilfeller er for lite, vil det ikke være plass til slikt utstyr. For å gi plass til skilt blir det ofte valgt uheldige plasseringer, eller at en får dispensasjon fra skiltnormalene til en mindre størrelse.

Utstrakt bruk av reduserte skiltstørrelser og uheldige skiltplasseringer kan derfor være med på å svekke trafiksikkerheten.



Forbedringer:

Tunnelprofilet må ha en utforming som gir plass til standard tekniske anlegg og utstyr, herunder skilt i den størrelse som vegklassen tilsier.

Innvendig belyste skilt skal være støvtette og være beskyttet mot kraftige vannstråler. Det må derfor anbefales at slike produkt blir levert med en tetthetsgrad med IP 66.

Skiltplan for anlegget skal være ferdig utarbeid før byggestart og skal være i henhold til håndbøker med tanke på skiltets størrelse, plassering og kvalitet.

Ved prosjektering av tunneler skal Trafikkavdelingen ha meninger om hvordan arbeidsvarslingen skal være og hvordan den skal fungere etter at det er satt trafikk på vegen. Dette er viktig for at alle kostnader som har med arbeidsvarslingen blir belastet prosjektet.

For at trafikantene ikke skal kjøre helt inn i tunnelåpningen ved stengt tunnel, skal bommer og rødt veksleblinker plasseres i avstand 40-60 meter tunnelåpningen.

Erfaringsmessig er det en erkjennelse av at trafikanter ofte kjører inn i tunnelene til tross for at disse er stengt med rødt veksleblinker. Dette forsterker kravet om informasjon og opplæring av trafikanter om konsekvenser og betydning av stengerutiner.

Skilt og lyssignaler skal ha en bestandig utførelse og tunnelprofilet skal ha en utforming som gir plass til disse

Rødt vekselblinkanlegg med underskilt.

For å få bedre respekt for rødt vekselblinkanlegg foran tunnelene kan ett av tiltakene være et underskilt som aktiveres når vekselblinken slås på.

Det kan brukes mekanisk variabelt skilt, eller innvendig belyst skilt.

I tillegg skal det være tekst som angir stengt tunnel, både på norsk og engelsk.

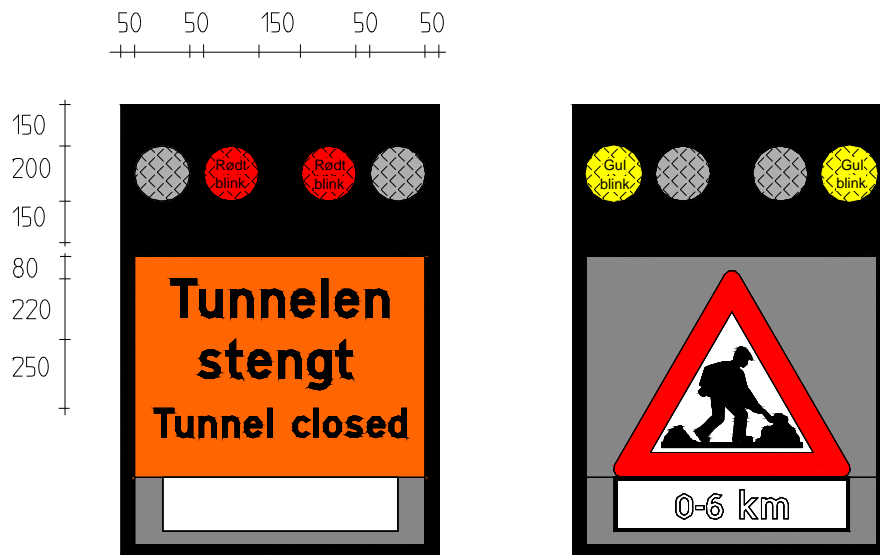


FIG. 6.2 VARIABELT SKILT NR 560 "OPPLYSNINGSTAVLE" MED STOPPBLINKSIGNAL OG VARSELBLINKSIGNAL (EKS.)

2.4.2 Oppmerking

Kant- og midtlinjer i tunneler med natriumsbelysning gir dårlig synlighet. I tillegg gir hurtig tilsmussing av linjene og vegbanen at tiltak med spyling/feiling/vasking må iverksettes. Med den minimumsbelysningen som ofte er valgt gir dette i mange tilfeller dårlige kjøreforhold.

Vegbanereflektorer kan være et aktuelt alternativ/supplement. Disse er satt ned på forskjellige måter, det kan være i midtlinjen, på kantlinjen eller på kansteinen.

Forbedringer:

God belysning i inngangs- og overgangsonen og profilert vegbaneoppmerking. Lyse sidearealer. Dette kan vi i stor grad oppnå ved kjøre gjennomgående New Jersey-stein gjennom hele tunnelen.

For å bedre den visuelle føringen med lavt belysningsnivå kan reflektorer settes rett på New Jersey-steinen.

Profilert vegbaneoppmerking i tunnel vil bidra til at trafikantene lettere identifiserer kantlinjen

2.4.3 Arbeidsvarsling

En ordentlig og vel gjennomtenkt arbeidsvarsling er en god investering både økonomisk og sikkerhetsmessig.

En stor del av de tiltak som foregår i en tunnel er kortvarig og bevegelig arbeid. Dette kan være arbeid som varer fra korte stopp til opp mot en dag. Slikt arbeid kan være alt fra søppelplukking, kontroll og test av SOS-stasjoner, skifte av lamper, vask, feiing mm.

Tunnelen blir i slike tilfeller skiltet i begge ender, med det til følge at trafikantene kan risikere å kjøre hele tunnelen før de kommer fram til arbeidsstedet. Dette er med på å bryte ned respekten og gi lite forståelse for det som er ment å være en arbeidsvarsling.

Det er ved utsetting av skilt og varslingsutstyr farlige situasjoner oppstår både for trafikant og arbeidere.

Forslag til løsning:

Arbeidsvarsling i tunnel skal, som for veg i dagen, ivareta arbeidernes sikkerhet samtidig som den skal forberede trafikantene på en unormal situasjon som kan påvirke normal trafikkavvikling. Det kan ofte være vanskelig for føreren å bedømme vegens fall og rett avstand til øvrige kjøretøy ved kjøring i tunnel. Det stilles derfor spesielle krav til varsling av endringer i kjøremønsteret. Arbeidsvarslingen skal da tilrettelegges slik at arbeid i tunnelen blir skiltet for den strekning arbeidet foregår.

Forvarsling og skilting utenfor tunnelen varsles ved hjelp av fjernkontrollerte skilt og ellers i samsvar med gjeldende retningslinjer for arbeidsvarsling, jfr. håndbok 051 "Arbeidsvarsling". Forvarslingen utstyres med gul blink.

For bevegelig arbeid gjelder at arbeidsvarsling i alle tunneler med ÅDT > 1000 og som er lengre enn 500 meter og i alle undersjøiske tunneler, skal varsles ved hjelp av fjernkontrollerte skilt. For lengre tunneler skal denne varslingen omfatte strekninger på ca. 1000 meter ad gangen.

For bevegelig arbeid i høytrafikk tunneler og i øvrige tunneler ved spesielle behov, skal bufferbil påmontert nødvendig skilting eller varselbil med sperrevogn benyttes.

For stasjonært arbeid i tunnelen skal dette varsles med innvendig belyste skilt plassert på forhåndsmonterte braketter i avstand hhv. 125 eller 250 meter. Der disse skiltene ikke er fastmonterte i tunnelen, skal skiltene i beredskap være plassert på en sperrevogn øremerket for tunnelen(e).

Stedlige forhold må legges til grunn for vurdering av evt. stenging av tunnel (tunnelløp) i forbindelse med arbeid, men sikkerhet for egne ansatte skal tillegges stor vekt.



For øvrig vises til håndbok 213 ”HMS ved arbeid i trafikkerte vegtunneler”.

Arbeidsvarsling ivaretar arbeidernes sikkerhet og skal tilrettelegges slik at også bevegelig arbeid blir skiltet der det foregår

2.5 Renhold

Et godt og riktig renhold i tunnelen skal ivareta:

- * Et godt arbeidsmiljø i tunnelen
- * En god opplevelse for alle trafikanter.
- * Et godt miljø for all installasjon, levetiden forlenges.
- * Et bedre miljø for omgivelsene.

Trafikantene må sikres et renholds nivå hvor nedsmussing av vegbane, skuldre, havarinisjer, snunisjer, vegger og utstyr ikke forringer trafikantens miljøopplevelser vesentlig fra en ren tunnel.

Renholdsstandarden vil være ett av de viktigste bidrag til trafikantens miljøopplevelser.

Renholds nivået må være så høyt at støvplager ikke forekommer. Avleiringer på tunnelvegger, tak, kabelbru, armatur og vegbane som inneholder PAH-forbindelser som, kadmium, bly, kvikksølv, nikkel, sink, kobber, krom og andre tungmetaller skal fjernes før ansamlingen av slike stoffer overstiger lovlige grenseverdier. Avfallet fra vegtunnelene må deponeres på lovlige fyllplasser. Det bør også tas jevnlig prøver av deponeringsmassene.

Tunneler som er sterkt forurenset vil normalt ha et dårlig arbeidsmiljø, og kan i enkelte tilfeller representere en helsefare ved utførelse av enkelte typer arbeider. Sterkt nedsmussing av tunnelvegger, (veggelementer, plater, sprøytebetong), utstyr og installasjoner kan føre til unødvendige og farlige driftsforstyrrelser, kostbart vedlikehold og kortere levetid.

Renholdsbehovet påvirkes av:

- * Trafikkmengde (ÅDT)
- * Piggdekkandel.
- * Dekketype. Asfalt, betong.
- * Tunnellengde.
- * Andel tungtrafikk.
- * Stigningsforhold.
- * Ventilasjonsløsninger.
- * Antall kjørefelt.
- * Envegs-/tovegstrafikk.
- * Overflaten av tunnelens vegger.
- * Oversjøiske / undersjøiske.

Vesentlige momenter ut fra prosjektgruppens mening er valg av "vaskevennlige" kledninger, plassering av sluk, installasjoner på vegger og i tak som hindrer et effektivt renhold, valg av rette vegger fremfor krumme og frostfrie vannuttak i eller like ved tunnelen. Kledninger av sprøytebetong uten etterbehandling er f.eks. helt

umulig å holde rene og lyse over tid. Et annet moment for effektivt renhold er at kabelbruer og armaturer har en tilstrekkelig avstand fra taket som muliggjør vask fra oversiden der tilsmussingen er størst. Det må i tillegg ikke være tversgående hindringer i luftrommet under taket som hindrer rengjøringsmaskinene i å utføre vask i taket.

De tekniske installasjonene i tunneler er omfattende og betydningsfulle. Skap og kiosker som en god del av utstyret er plassert i, er også avhengig av et systematisk og godt renhold. En del av installasjonene har bevegelige deler som kan bli påvirket av tilsmussingen. Styringen av installasjonene skjer via kabler som føres frem på kabelbroer. Det er alminnelig akseptert at et godt renhold av både kablene, installasjonene og tilhørende koblingsbokser gir god effekt på installasjonenes levetid. Oppfølgingen i tunnelene viser at tilsmussingen på installasjonenes overside, inklusive kabler på kabelbroene er betydelig. Fordi den tilsmussingen ikke er særlig synlig nedenfra, har den til nå ikke vært påaktet i tilstrekkelig grad. Et hyppigere renhold enn det som til nå har vært praktisert regnes som et bidrag til forlenget levetid for installasjonene.

Momenter som vil få betydning for videre optimalisering av renholdet vil først og fremst være overgang fra kalenderbasert metode til tilstandsbasert. En slik styringsform vil bli adskillig mer krevende, men optimaliseringspotensialet bør også være stort.



Renhold og forbedringsområder:

Renhold i tunneler kan betraktes ut fra flere synsvinkler. Vi bør først og fremst vurdere hvilken betydning renholdet har for trafikanten og hvordan den samfunnsøkonomiske konsekvensen blir for en variasjon av renholdsstandarder på de objektene som har betydning for trafikanten.

Deretter må man betrakte hvordan variert innsats påvirker installasjonenes tilstand og levetid. Som en følge av dette må man betrakte hvordan tilsmussingsgraden påvirker arbeidsmiljøet for de mannskaper som skal utføre drifts- og vedlikeholdsarbeider i tunnelen. Videre må man betrakte om og hvordan det ytre miljø påvirkes av tunnelrenholdet og til slutt må man betrakte hvilke faktorer som påvirker luftkvaliteten i tunnelen.

Renholdets betydning for installasjonene

Noe av svevestøvet som oppstår i tunneler vil falle ned og legge seg til ro på installasjonene i tunnelen. I denne sammenheng gjelder det kabelbroene, ventilasjonsviftene, lysarmaturene, bevegelige skilt og øvrige objekter som måtte finnes i tunnel. Dersom denne tilsmussingen ikke fjernes regelmessig vil det for noen objekter føre til forkortet levetid og/eller hyppig vedlikeholdsinnsats.

Alle bevegelige deler vil etter hvert gå mye tregere når de blir tilsmusset. Det tenkes på bevegelige skilt, skapdører, dører til andre rom osv. som alle blir påvirket og som med dårlig renhold kan risikere å miste noe av sin funksjon, og i ytterste konsekvens bli så forringet at de må skiftes.

Lysarmaturer som er tilsmusset antas å medføre høyere temperatur i armaturene, og dette medfører kortere levetid på lampene.

Det er dessuten en kjent sak at stor tilsmussing kan føre til kryptstrøm på alle elektriske installasjoner, noe som påvirker objektenes funksjon i tunnelen.

Kombinert med å tenke på tiltakene, bør man også tenke hvorfor tiltak er nødvendig og hvordan de egentlige årsaker kan elimineres. Årsaken er kjent, nemlig produksjon av svevstøv i tunnelen. Vi vet at produksjon av støv er mye mindre i sommersesongen enn om vinteren når det brukes piggdekk. I tillegg vet vi at produksjon av støv er mye større når vegen er våt. Altså er det kombinasjonen piggdekk og våt vegbane som er grunnlaget for den største svevestøvproduksjonen i tunnelene om vinteren.

Det bør legges ressurser i å vurdere optimalt renhold, og å vurdere tiltak som kan eliminere årsaken til at hyppig renhold er nødvendig. Når, hvorfor og under hvilke forhold er tilsmussingen størst.

Piggdekkandelen er på veg ned, i hvert fall i mange strøk av landet. Det bør derfor undersøkes hvilken virkning dette har hatt på tilsmussingen i forhold til 1996/-97. Metoder for rask opptørking av vegbanen bør vies stor oppmerksomhet.

Utfordringen blir særlig stor i tunneler med lavbrekk, mens det i de øvrige tunnelene av noen lengde, kan utføres systematiske målinger på flere steder i tunnelen.

Tunnelveggen

Som prinsipp skal tunnelveggene være lyse. Man må anta at hensikten med å velge lyse veggflater er at trafikantene skal få en best mulig følelse når de kjører i tunnel. I tillegg reflekterer de lyse veggflatene belysningen, slik at veggen i seg selv gir meget god optisk ledning.

På den annen side setter de lyse veggflatene store krav til renholdet. For det første synes tilsmussingen svært godt på de lyse flatene slik at et fravær av renhold blir lett å konstatere. For det andre blir også dårlige renholdsmetoder lett å oppdage, fordi veggen fortsatt ser skitten ut etter en dårlig vask. På en mørk tunnelvegg er dette langt mindre synlig. Derfor må det velges veggmaterialer som er renholdsvennlige. Glatte overflater er mye lettere å holde rene enn for eksempel vegger av sprøytebetong. Glatte og jevne overflater gjør det også mulig å anvende mekanisk vaskeutstyr, noe som igjen medfører et langt bedre vaskeresultat enn for eksempel bare spyling med vann.

I de høyest trafikkerte tunnelene som for eksempel Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen i Oslo, øker tilsmussingen av veggflatene med ca. 10% pr. døgn når asfalten er våt i piggdekk sesongen. I håndbok 111 "Standard drift og vedlikehold" anbefales det å iverksette vasketiltak når tilsmussingen er økt med 40%. I denne tilstanden fremstår tunnelen som svært skitten, der veggens refleksevne er svært redusert med tilhørende dårlig optisk ledning og en redusert sikkerhet ved gjennomfarten.

Det anbefales at veggens tilstand blir styrende for når vasketiltak skal igangsettes. De antatt økte vaskekostnader må vurderes opp mot risikoen for at uhell skjer i tunnelen, samt en eventuell avvisningseffekt der det forefinnes alternative ruter.

Trafikkskiltene

Trafikkskiltene gir trafikantene informasjon om hvordan de skal opptre i tunnelen. Skiltenes varsel til trafikanten kan noen ganger være av vital betydning, for eksempel når kjørefelt er stengt, hvor nødutstyr befinner seg, hvor nødutganger finnes osv. Dersom skiltene blir tilsmusset blir informasjonen svekket gjennom dårlig lesbarhet. For renhold av skilt i tunnel gjelder samme standard som for renhold i dagen. Det bør vurderes hvilken virkning en heving av standarden vil ha, ut fra at lyset i tunnel normalt er dårligere enn i dagen. Tiltakskostnaden må veies opp mot minsket risiko for trafikkfarlige situasjoner.

Nødstasjonene

Nødstasjonenes tilstedeværelse gir en økt sikkerhetsfølelse for trafikanten i tunnelen. Vissheten om at det er mulig å få hjelp når det er nødvendig minsker frykten.

Men dersom nødstasjonene blir for mye tilsmusset, vil det virke negativt, pluss at de blir mindre attraktive å benytte og dermed miste noe av sin hensikt.

Når nødstasjonene holdes rene øker trafikantens tiltro til sikkerheten i tunnelene og gir inntrykk av systematisk vedlikehold og en generell omtanke for trafikanten.

Belysning

Lysarmaturene tilsmusses av svevestøvet på samme måten som de øvrige objektene i tunnelen. I standarden anbefales tiltak når lysstyrken har blitt redusert til 70% av opprinnelig nivå. Målingene i 1996/97 viste at lysstyrken i for eksempel Helltunnelen ble redusert til 60% i løpet av 16 uker i vintersesongen. I Festningstunnelen ble lysstyrken redusert til 60% i løpet av 9 uker. Det er stor forskjell på 100% og 60% belysning. Og ut fra erkjennelsen av at belysningen er særdeles viktig for trafikksikkerheten, må renholdstiltak på lysarmaturer nytte/kostberegnes. I tillegg til at belysningen fra kilden blir redusert, blir også refleksjonen fra veggene (tilsmusset) redusert, slik at man får en dobbeleffekt for trafikantene.

En eventuell standardheving må måles opp mot verdien av økt trafikksikkerhet.

Luftkvalitet i tunneler

Luftkvaliteten bestemmes av to hovedfaktorer, nemlig den forurensende og den rensende faktoren.

Den forurensende faktoren er i hovedsak mineralsk svevestøv og eksos fra trafikken. Jo flere biler (med piggdekk) jo mer forurensning av tunnelluften. Effekten er ekstra stor der trafikken går i begge retninger i samme løp, fordi det ikke oppstår noen klar retning på lufttrekket i tunnelen.

Svevestøvomfanget som påvirker luftkvaliteten i tunnelen vil også få bidrag fra deponier i tillegg til at det skapes av dagens trafikk. Man må anta at forholdet er det samme i to-felts tunneler og at trafikkarbeidet gjennom døgnet påvirker luftkvaliteten og tilsmussing. Det vil si at det er perioder i løpet av døgnet som påvirker tilsmussingen og at denne utviklingen er tilnærmet lik uavhengig av når tunnelvask er gjennomført.

For å bedre luftkvaliteten gjelder de samme betraktninger som ovenfor når det gjelder å hindre produksjonen av svevestøv. Men i tillegg vil selvsagt et godt ventilasjons-/renseanlegg bidra til en forbedret luftkvalitet. Anleggets kapasitet må være tilpasset trafikkmengden, slik som det legges opp til i tunneler med stort trafikkarbeide i dag.

Renhold i forhold til generell luftkvalitet er imidlertid interessant å følge opp videre da det er grunn til å tro at det her er en klar sammenheng.

Forurensning av det ytre miljø

Forurensning på utsiden av tunnelen vil kunne skje ved at svevestøv fra tunnelen trekkes med til utsiden av tunnelen pga. bevegelsen i lufta som bilene forårsaker. Den andre muligheten for å forurense på utsiden av tunnelen er utslipp av ventilasjonsluft.

Prosjektet "Renhold i tunneler" fra 1997 omhandlet ikke dette temaet. Men det vil være aktuelt å kombinere forsøk om slike virkninger med prosjektet renhold av vegbane.

Forsøket må foregå ved hjelp av målinger i tunnelmunninger på en- og to-løps tunneler. Det anses som sannsynlig at det vil være forskjell på disse to typene.

Forslag til forbedringstiltak:

- Nedre grenser for trafikkarbeidet (ÅDT) i tunneler som skal omfattes av vurderingene og få eventuell "ny standard".
- Gjennom nye oppfølginger og forsøk, bestemme ny standard for aktuelle tunneler etter å ha vurdert konsekvensene ved ulike tiltak. Ved utarbeidelse av en ny standard skal det legges vekt på:
 - hva som er spesielt viktig for trafikanten
 - hva som påvirker luftkvaliteten i tunnelen
 - hva som har størst betydning for livsløpskostnadene på tunnelens vitale installasjoner som vifter, lysarmaturer, nødstasjoner og bevegelige elementer i tunnelen.
 - hva som er vesentlig for vedlikeholdsmannskapets helse, miljø og sikkerhet
 - hva som er vesentlig for tunnelens øvrige omgivelser
- Vurdere tilstandsbasert utløsende standard for renholdet i de enkelte tunneler. Det bør vurderes om det skal være en egen standard for undersjøiske tunneler.
- Gjennom nye målinger og forsøk, beregne kostnader for tiltak for å unngå, eller mest mulig begrense dekkelitasjen som fører til svevestøv og tilsmussing i tunneler og deretter sammenholde dette mot kostnader for å utføre renholdet. Det tenkes i første rekke på tiltak som kan holde dekket tørt, men også om nedsatt hastighet kan være aktuelt.

- Hvilke faktorer i tunneler som påvirker trafikantens oppfatning av ferdsel i tunnel. Dette gjøres ved en spørreundersøkelse. Resultatet fra undersøkelsen bestemmer til en viss grad hvilke tiltak som bør utprøves.
- Om hyppig renhold av vegdekket og sideareal gir noe gevinst mht. tunnelluftens kvalitet og tilsmussing av tunnelens elementer. Konklusjon skal baseres på nye kontrollerte forsøk i en høytrafikkert tunnel.
- Kantlinjens betydning for optisk ledning og konsekvensene av at den ikke er synlig. Det er viktig å kartlegge betydningen før omfattende renholdstiltak settes inn på å holde den synlig.
- Trafikkskiltene lesbarhet i forhold til i dagen, både når de er rene og under forskjellige stadier av tilsmussing.
- Nivået på belysningen for å kunne beregne kostnaden for økt maksimalstyrke og liten renholdsintensitet, kontra et hyppig renhold og lavere styrke.
- Nye renholdsmetoder gjennom utprøving av nyere mekanisk utstyr, forsøk med forskjellig type og styrke på såpemidler og forsøk på forskjellige type veggkledning, inklusiv malingstyper, i den hensikt å gi klare anbefalinger for valg når nye tunneler skal bygges eller gamle renoveres.

Renholdsinnsetningen påvirker:

- standard og levetid på utstyr
- arbeidsmiljøet
- utslipp til ytre miljø
- trafikantenes trygghetsoppfatning

2.6 Styring og overvåking

2.6.1 Overvåking

Overvåking av tunneler vil etter som trafikken øker bli stadig viktigere. Dette vil gi tidlig informasjon ved ulykker. Dette ser vi spesielt viktig ut fra et økende antall branner i våre hjemlige tunneler samt flere svært alvorlige ulykker ute i Europa det siste året.

Overvåking er måling og kontroll av alle forhold i tunnelen. Dette vil si kontroll av:

- trafikken inkludert tungtrafikk/farlig gods gjennom en kombinasjon av målesløyfer og videokameraer. Spesielle krav til farlig gods må vurderes.
- kommunikasjon mot nødskap med telefon og brannslukker
- gasser, herunder CO, NO_x
- ventilasjon, herunder funksjonalitet
- eventuell stor temperaturøkning
- uønskede hendelser
- sikt

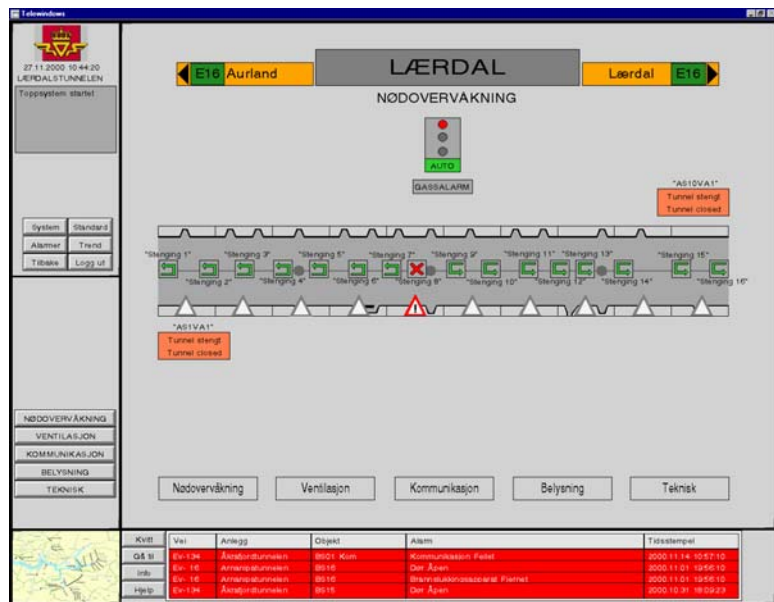
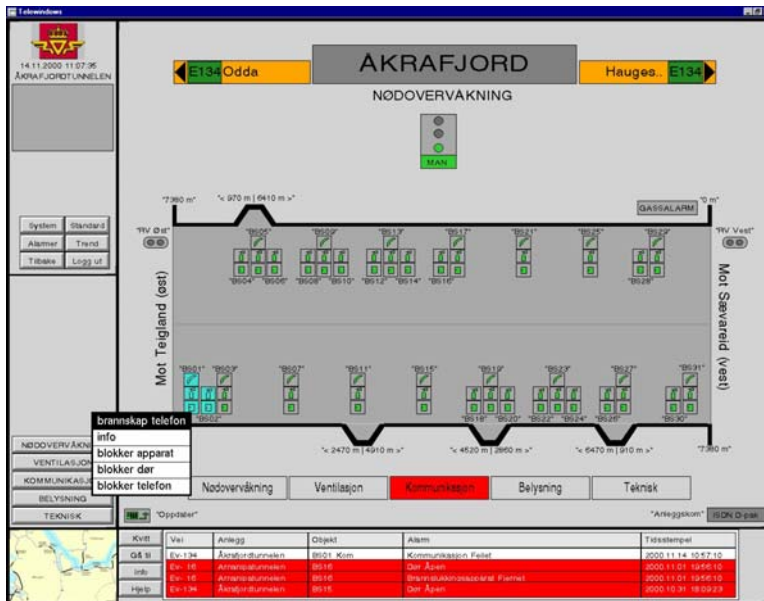
For at et overvåkingssystem skal fungere må det være enkelt oppbygget samtidig som det er robust. Således må det være vedlikeholdsvennlig og med lang levetid som gir få behov for tiltak og dermed blir rimelig å drifte. Hyllevarer må brukes mest mulig. Vi må gjennom et overvåkingssystem utnytte mulighetene som gies gjennom å kunne legge bilder ut på internett/intranett.

Overvåking må dekke både behov driften har for å utføre drift og vedlikehold, og dekke trafikkstyringsbehov som oppstår ved uforutsatte hendelser eller planlagte arbeider.

Systemet må kunne brukes både fra VTS, drifts-/styringsentral og nødstyreskap som er plassert i tunnelmunningene.

Vi må utnytte kopieringseffekten fra tunnel til tunnel. Besparingene kan på denne måten bli svært store.

Sikre kontroll av aktiviteten i tunnelene

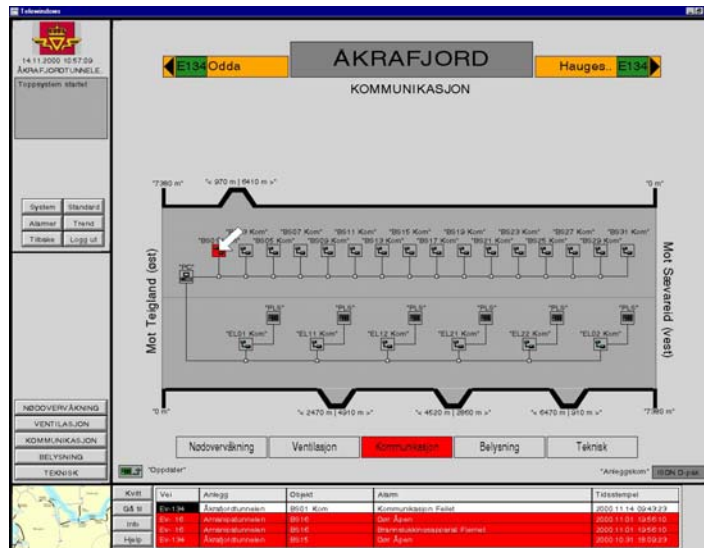


2.6.2 Kommunikasjon

Kommunikasjon er:

- samband internt i tunnelen.
 - radiosamband for redningsetatene.
 - radiokanaler
- samband til og fra tunnelen.
 - kontakten fra tunnel til Driftsentral og VTS.
 - nødtelefon

Kommunikasjon internt i tunnelen og til og fra tunnelen opprettholdes uavhengig av hendelse



2.6.3 Styringssystemer

Styringssystemer dekker både kommunikasjon og overvåking mot tunnelen. I tillegg sikrer det at tiltak kan iverksettes. Det vil også være et system som hjelper til å sikre trafikanter, drifts- og vedlikeholdspersonell og utstyr. Systemet styrer og overvåker ved hjelp av "Programmerbar Logisk Styring" (PLS).

Systemet skal dekke alle alarmfunksjoner som krever tiltak så som:

- stengning/åpning av tunnelen med rødblink og/eller bom
- styring av ventilasjon
- styring av pumper på bakgrunn av alarmer/varsling
- varsling til trafikantene
- tilkalling av redningsetatene
- behov for vedlikeholdstiltak på bakgrunn av alarmer
- andre uønskede hendelser som krever tiltak

Varslings- og styringssystemene skal sikre kontroll med samtlige sikkerhetsmessige funksjoner i tunnelen

2.6.4 Trafikanten

Dette er et samlebegrep for alle som bruker og ferdes i en tunnel. Trafikanten er et komplekst begrep som viser at en vegtunnel må være bygget og utstyrt slik at de kan bringe alle typer trafikanter trygt igjennom.

Trafikantene har forskjellige behov ut fra sine ståsted. Men de har behov for minst like gode forhold som ute i dagen. De må få informasjon om sikkerhetsutrustning og kjøring i tunnel via kjøreopplæring, brosjyrer, interaktiv video på internett, TV og kino.

I og ved tunnelen må det gis orientering om:

- tunnelens navn
- tunnelens lengde
- avstandsangivelser for hver 1000 m i tunnelen.
- info om sikkerhetsutrustning og nisjer

Spesielt viktige forhold er:

- alder er et viktig element som det må legges ekstra vekt på sett opp mot belysning og syn
- kurvatur
- lys
- linjemarkering

Turister er en trafikantergruppe som må gis tilfredsstillende behandling gjennom brosjyrer på flere språk om hva som finnes av utstyr i tunnelene og hvorledes utstyret fungerer og forventes utnyttet ved hendelser.

Trafikanten, som er alle typer brukere av tunnelen – kjente og ukjente – setter store krav til utførelse i tunnelen og informasjon om utstyret

2.6.5 Sikkerhetsutrustning

Sikkerhetsutrustning blir montert i tunnelen i henhold til det den enkelte tunnelklasse i håndbok 021. Høyeste tunnelklasse gir den mest omfattende utrustning. Tunnelklassene er inndelt bl.a. i forhold til ÅDT og lengde. Den del av sikkerhetsutrustningen som krever elektrisk kraft skal ha aggregatsikring via batteri for minimum 2 t.

Alle nødskap / nødstasjoner med nødtelefoner utstyres med følgende informasjon:



Sikkerhetsutrustning gir brukerne tilgang på nødvendig utstyr ved uønskede hendelser

2.6.6 Status og forbedringer:

Utrustningen i tunnelen skal hjelpe og sikre trafikanten dersom det skulle oppstå behov for å bruke den, dersom:

- kjøretøyet stopper
- det skjer en ulykke
- trafikanten av en eller annen grunn trenger å få kontakt med omverdenen.

Sikkerhetsutrustningen må enkel men samtidig robust og vedlikeholdsvennlig. Utstyret må kunne testes fra VTS og driftssentralen. Det må være enkelt og rimelig å drifte utstyret.

Emne/Element	Erfaringer fra dagens løsninger	Forbedringspotensiale
Overvåking	<ul style="list-style-type: none"> • «spesialsystem» • ikke kompatibelt • vanskelig å oppgradere • høy pris • dyrt å endre • lite tilgjengelig 	<ul style="list-style-type: none"> • må være «hylleware» • må være kompatibelt • må være lett å oppgradere • må være enklere oppbygd • kunne drifte det selv • rimelig å gjøre endringer • må være enkle system
Kommunikasjon	<ul style="list-style-type: none"> • kobberkabel • parkabel 	<ul style="list-style-type: none"> • fiberkabel • fiberkabel i grøft + kobberkabel i heng med sendere • sikkert ved at signal sendes i kabel i bakken + i hengen • sikre redondans • sikre behov opp mot leietakere
Styringsystem	<ul style="list-style-type: none"> • tunge • kompliserte/ komplekse • vanskelig å vedlikeholde selv • lukket 	<ul style="list-style-type: none"> • enkle • kunne vedlikeholde med eget driftsmannskap ute i organisasjonen • åpne systemer
Trafikanten/publikum	<ul style="list-style-type: none"> • lite tenkt på til nå 	<ul style="list-style-type: none"> • bedre informasjonen • bruk av kamerainformasjon • bruk av internett • trygghetskravet øker • krav til sikre tekniske løsninger • økt krav til overvåking • økt krav til godt lys • bedre oppbygging og synlighet av nød og sikkerhetsutstyr.
Sikkerhetsutrustning	<ul style="list-style-type: none"> • mange typer • mange løsninger • uenighet om behov 	<ul style="list-style-type: none"> • standardisere • bli oversiktlige • bruke varmedeteksjon • gi informasjon om bruk av nødtelefon på norsk, fransk, tysk og engelsk.
SOS	<ul style="list-style-type: none"> • forskjellige løsninger • uenighet om behov • parkabel 	<ul style="list-style-type: none"> • standardisere • bruke fiberkabel • sees ut fra utviklingen innen kommunikasjonsindustrien

Styring og overvåking setter krav til at løsningsvalg basert på levetidsbetraktninger gjennomføres før byggestart og at fullskalatest skal utføres før åpning

2.7 Tekniske installasjoner

2.7.1 Generelt.

Dette temaet blir behandlet i denne rapporten ut fra en ren generell betraktning etter som en egen prosjektgruppe tar en grundigere gjennomgang av de ulike tekniske installasjonene i tunnel, jfr. internrapporter nr. 2227 og 2228

Drift og vedlikehold av tekniske installasjoner har etter hvert blitt en av de viktigste faktorene i forhold til tunnelvedlikehold. Dette ut i fra at stadig flere tunneler får mer teknisk utstyr og kompleksiteten øker. Omfanget og dimensjoneringen av tekniske installasjoner er en viktig faktor for å ivareta sikkerheten i tunnelen. Det er avgjørende at slike beslutninger blir definerte og klarlagte så tidlig som mulig i planfasen. Omfanget av tekniske installasjoner påvirker i meget stor grad omfanget av den totale drifts- og vedlikeholdsinnnsatsen.

Drift og vedlikehold skal sikre at bruken av tunnelen kan skje uten unødige hindringer/stopp for trafikanten. Videre skal trafikantenes sikkerhet sikres gjennom det utstyr som er i tunnelen, herunder utforming, nødutstyr og kommunikasjon. På denne måten skal en på best mulig måte sikre både mennesker og materiell.

Jfr. NVF-rapport 11-2000: Sikkerhetskonsept 2000.

2.7.2 Elektro

Elektro-faget knyttet til bygging, drift og vedlikehold av vegtunneler er en forholdsvis ung profesjon. Behovet for slik kompetanse var heller ikke like påtrengende tidligere etter som tunnelbyggingen ofte foregikk i utkantstrøk hvor vegutløsning var et viktigere behov enn å løse trafikkproblemer. Tunnelene var dimensjonert for et relativt lite trafikkgrunnlag og de tekniske installasjonene dermed beskjedne. Under slike forhold var kravet til elektroteknisk kompetanse ikke det man var mest opptatt av.

Etter hvert som tunnelbyggingen ble mer preget av å løse trafikkproblemer i byer og tettsteder ble kravet til utstyr i disse tunnelene tilsvarende større. Flere undersjøiske tunneler og i den senere tid stadig lengre tunneler har bare forsterket behovene for tekniske installasjoner og dermed kravene til elektroteknisk kompetanse på ulike nivåer i etaten. Det er etter hvert blitt ganske mange store og komplekse tunnelanlegg som skal driftes og vedlikeholdes. Betydelig kapital er nedlagt og skal ivaretas på en best mulig måte.

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 kostander.

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.

Det rettes her fokus på hvorledes denne kompetansen kan struktureres og organiseres slik at hensynet til det langsiktige eierskapet best kan ivaretas.

- ✓ Eier/byggherre skal ha gode nok kunnskaper og innblikk i lovverket som regulerer elektrofaget.
- ✓ Eier/byggherre skal videre ha bestillerkompetanse som ivaretar krav til tekniske løsninger, utførelse og nødvendig dokumentasjon.
- ✓

Vi må ikke sette oss i en situasjon hvor vi blir sittende å administrere konsulenter uten å kunne styre utviklingen og erfaringsoverføringen

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

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

Etaten må gjøre strategiske valg og definere hvilken kompetanse som skal være hvor!

Vi må bruke den kompetansen som finnes i Statens vegvesen. Her er elektroinstallatøren sentral, og skal brukes. Vi er ikke tjent med stadig nye medarbeidere på hvert prosjekt. Da drar vi ikke med oss erfaringer fra prosjekt til prosjekt slik vi både må og skal.

Jfr. Internrapport nr. 2135 "Elektro – Kompetanse og organisering"

Elektrokompetanse er en del av byggherreansvaret generelt og bestilleransvaret spesielt og som påvirker optimalisering av levetid og kostnader på teknisk utstyr.

2.7.3 Energiøkonomisering (ENØK)

Energiøkonomisering (ENØK) er, og vil være en særdeles viktig oppgave å få satt i system. Hvordan Statens vegvesen skal kunne gjennomføre tiltak for å redusere el-kraftkostnader totalt er svært viktig å få synliggjort

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

- 1) Bruk av regulator av inngangspenning – kan gi 15 – 25 % besparelse i forbruk
- 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) Regulering av tidspunkt for å unngå samtidig bruk av vifter og pumper eksempelvis
- 6) Kontroll / oppfølging av strømforbruket
- 7) Høgspenning
- 8) Kostnader – bedre kontrakter – lengre kontraktstid - 30 år
- 9) Andre vurderinger ved utleie av grøft/areal til strømleverandører?
- 10) Generelt gjennom anskaffelse av elektrisk kraft

ENØK i tunnel – forslag til tiltak:

- Vurdere faktorene i el-kraft kostnadene. For tiden er fordelingen av disse faktorene ca. en tredjedel på hver av strømpris, nettleie og avgift til staten.
- Vurdere avtaleform med kraftselskapene.
- Alle tiltak må kun utføres dersom de ikke medfører økt risiko for skader eller ulykker
- Fordele forbruket over døgnet - minst mulig ved industristart om morgen, ettermiddag og kveld.
- Gjennomføre «mykstart» for tyngre utstyr som pumper, vifter og store lysmengder. Dvs. en forsiktig start av vifter 1-2 t før rushet starter, og på denne måten redusere maks. uttak av strøm.
- Styre ventilasjonsbruken bedre ved programmering - oppstart/stopp av lys og ventilasjon og pumper etc. Oppstart av noen få vifter ved lavere nivå på NO_x/CO vil redusere toppene og således også totalforbruk og kostnader.

- Styre lysbruken bedre ved å redusere lysbruk om natten og på mørke dager. Skumringstrinn.
- Vurdere bruk av nye og mindre elkraft-krevende lysarmaturer med lengre levetid, for eksempel QL-lamper + bruke lavtrykksarmaturer i stedet for høytrykksarmaturer.
- Gjøre en mer dyptgående LCC-vurdering ved innkjøp av utstyr - vurdere holdbarhet - strømbehov - utskiftingsbehov.
- Vurdere totalt utstyrets 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.
- Kanskje langsiktige - 20-30 års avtaler - vil være langt gunstigere enn det vi nå gjør ved å handle på børsen.
- Vi må redusere impulsbruk av ventilasjon - eksempelvis når publikum ringer inn til VTS om dårlig luft etc. Instruks for VTS må utarbeides.
- Styring av lys/ventilasjon på bakgrunn av trafikkmengde fordelt over døgn.

Ventilasjon bør starte opp gradvis og muligens la noen få vifter gå med lavt strømbruk over hele døgnet for å holde jevn trekk i tunnelen. Dette for å redusere toppbelastningen.

**Energikostnadene er den største enkeltfaktoren til drifts- og vedlikeholdskostnadene i tunnel.
ENØK må ses ut i fra et slikt perspektiv for innsparingspotensial**

2.8 Estetikk

Alle nye vegtunneler bygges etter nye vegnormaler, og de blir sikkerhetsmessig utstyrt i henhold til dagens retningslinjer.

De trafikkmessige erfaringene med våre nybygde tunneler er gode. En del eldre tunneler har imidlertid for dårlig utformingsstandard. Dette påvirker sikkerheten spesielt i innkjøringssonene.

Selv om vegtunnelene synes å fungere godt i dag er det behov for å bedre en del forhold knyttet til trafiksikkerhet og miljø. Gjennomgående lys Jersey-stein i tunneler hvor det ikke er utstøping/veggelementer vil både bidra til en jevn, lys og entydig flate og bidra til økt sikkerhet.

Siden tunneler er lukkede byggverk, uten utsikt til omgivelsene, er det en viktig oppgave å utforme tunnelrommet slik at trafikantene kan ferdes der uten følelse av ubehag.



Valg av utforming og tekniske løsninger for tunnelene skal sikre:

- god tilgjengelighet
- høy sikkerhet og kjørekomfort
- tilfredsstillende miljø
- optimal levetid
- lave driftskostnader
- fellestrekk
- trafikantene kjenner seg igjen

Kravene til både utforming og tekniske løsninger vil imidlertid stadig være i utvikling. Det er hele tiden vesentlig at løsninger som blir valgt også blir valgt ut i fra vedlikeholdsmessige hensyn.

Jfr. Publikasjon 96 "*Estetisk utforming av vegtunneler*"

Estetiske tiltak skal være miljøfremmende og vedlikeholdsvennlige



2.9 Materialvalg

Det må stilles krav om og dokumentasjon av de materialer som skal inn i en tunnel på en annen måte enn det som har vært tilfellet frem til i dag. Spesielt gjelder dette undersjøiske tunneler, der både kravet til IP grad og syrefaste materialer har vært mangelfulle.

Eksempler på dårlige løsninger som viser noen av konsekvensene av feil materialvalg:



Det kan nevnes kantstein-typer og utforming av disse, vann- og frostsikring, skiltutstyr, manglende krav og kvalitet til gods og godstykkelser på pumper, vifter og armaturer.

Vann- og frostsikring er pr. i dag av de elementer som er mest "flytende" og som det til stadig er diskusjon omkring, spesielt i lavtrafikkerte tunneler. Håndbok 062 "Materialkrav" kom ut i 1979. Etter den tid har det tildels utviklet seg flere og forbedrede løsninger.

Forbedringer:

- Det bør derfor utarbeides ny håndbok 062 som stiller krav både til materialvalg og til den funksjon de enkelte element skal betjene.
- Denne bør videre vise til andre håndbøker som stiller materialkrav og da i henhold til internasjonale standarder.
- Materialvalg knyttet til miljøet utstyret skal fungere i

Et riktig materialvalg vil ha vesentlig betydning i forhold til levetidskostnadene, som igjen vil være med på å optimalisere drifts- og vedlikeholdsutgiftene.

**Materialvalg skal være begrunnet ut fra bestandighet knyttet til det miljøet som materialet blir utsatt for.
Materialvalg påvirker optimalisering, levetid og kostnader**



3.0 Overlevering

Det henvises til nye retningslinjer som gjelder for overlevering generelt. Dersom disse ikke tilfredstiller alle forhold knyttet til tunneloverlevering, må merknader formuleres!

3.1 Erfaringsoverføring

Generelt:

For å kunne lykkes med målsettingen 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 fokus 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 ivarettatt kreves store energimengder, enkeltvis og samlet. Der bør det ligge et forbedringspotensiale. Et omfattende renhold må være aktivt for å ivareta kravene til tilfredsstillende miljø både for trafikanter, arbeidstakere og omgivelser.

For å kunne si noe om et forbedringspotensiale 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 sin 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. internrapport nr. 2153 ”Kvalitetsikring av erfaringsdata og driftsoptimalisering”

Optimale løsninger krever bruk av erfaringsdata ut ifra kostnadsoppfølging

Struktur på erfaringsoverføringen:

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.

Slike metoder og løsninger er allerede kjent og valgt. Disse skal sikre et 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.

Erfaringsdata fra tunnelens:

- plan- og prosjekteringsfase
 - byggefase
 - overtakelsesfase
 - drifts- og vedlikeholdsfasen
- samles i erfaringsbank

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" med 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 gjennomgå 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