

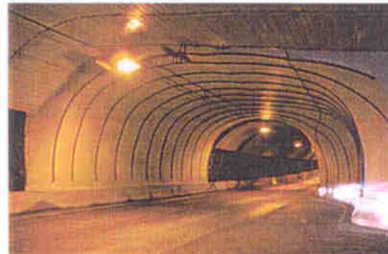
Intern rapport nr. 2223

Etatsprosjekt:

Samfunnstjenlige vegtunneler

Delprosjekt I:
Drift og vedlikehold

Forhold som påvirker drift - og
vedlikeholdskostnader



Oktober 2001



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Vegteknisk avdeling

Intern rapport nr. 2223

Samfunnstjenlige vegtunneler Forhold som påvirker drift - og vedlikeholdskostnader

Sammendrag

Målsettingen med denne rapporten er å rette fokus på de forhold som etter prosjektgruppens vurderinger har størst påvirkning og innflytelse på de framtidige kostnadene for drift og vedlikehold av tunnel.

Prosjektgruppen har tidligere vært gjennom en omfattende erfaringsregistrering tilknyttet tunnelens ulike elementer, jfr. intern-rapport nr. 2221. Disse erfaringene er basert på hensynet til og konsekvensen av vedlikeholdsvennlige 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.

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.

Et optimalt vedlikehold betyr lavest mulige vedlikeholdskostnader, liten stengetid, god driftstilgjengelighet og driftssikkerhet, lengst mulig levetid på konstruksjoner og utstyr og ivaretagelse av sikkerhetsnivået.

For å kunne realisere optimalisering av drift og vedlikehold i en tunnel er det viktig at både tilgjengelighet og vedlikeholdsvennlige løsninger blir tilstrekkelig vektlagt helt fra planleggingen starter.

Emneord: *Tunnel, Etatsprosjekt, Samfunnstjenlige vegtunneler, Drift og vedlikehold, Drift- og vedlikeholdskostnader*

Kontor: *Geologi og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Harald Buvik*

/ harabu

Dato: *05.07.01*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

1. Innledning	2
2. Sammendrag	4
3. Forvaltning, drift og vedlikehold	5
3.1 Forvaltning	5
3.2 Drift og vedlikehold	7
4. Erfaringsoverføring	8
4.1 Administrativt Forvaltning-, Drift- og Vedlikeholdssystem	9
4.2 Erfaringstilbakeføring	9
4.2.1 Planfase	9
4.2.2 Byggefase	10
4.2.3 Overleveringsfase	10
4.2.4 Driftsfase	11
4.2.5 Erfaringsfase	11
4.2.6 Oppfølging på element	13
5. Utforming	16
5.1 Profilet	16
5.2 Bruk av New Jersey i lavtrafikk tunneler	17
6. Levetidskostnader	20
7. Miljø	22
8. Metoder	26
8.1 Forebyggende vedlikehold	27
8.1.1 Periodisk vedlikehold	28
8.1.2 Tilstandsbasert vedlikehold	28
8.2 Korrigerende vedlikehold	29
8.3 Organisering	29
9. Reduksjon av kostnader	31

1. Innledning

Målsettingen med denne rapporten er å rette fokus på de forhold som etter prosjektgruppens vurderinger har størst påvirkning og innflytelse på de framtidige kostnadene for drift og vedlikehold av tunnel.

Prosjektgruppen har tidligere vært gjennom en omfattende erfaringsregistrering tilknyttet tunnelens ulike elementer, jfr. intern-rapport nr. 2221. Disse erfaringene er basert på hensynet til og konsekvensen av vedlikeholdsvennlige 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.

Erfaringsregistrering har dannet grunnlag og forutsetninger for de forslag til tiltak som fremkommer i denne rapporten for å bidra til et stadig mer optimalt tunnelvedlikehold med optimale kostnader.

Målet for drift og vedlikehold av vegtunneler:

- Funksjonskravene for tunnelen og det tilhørende utstyr skal opprettholdes
- Funksjonssikkerheten skal ivaretas
- Sikkerhetsutstyret skal oppfylle de krav som er gitt
- Lik standard for sammenlignbare anlegg tilstrebes
- Nybygg skal sikre framtidige behov
- En optimalisering av vedlikeholdsnivået tilstrebes

Definisjon av drift og vedlikehold

- Drift er alle oppgaver og rutiner som er nødvendig for at en bygning eller et anlegg skal fungere som planlagt
- Vedlikehold er alle tiltak som er nødvendige for å opprettholde et anlegg eller en bygning på en fastsatt kvalitet

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 estimater 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.

Målene må knyttes tettere opp mot:

- vedlikeholdskostnader
- driftstilgjengeligheten
- levetiden
- framkommelighet
- skader
- sikkerhet

Et optimalt vedlikehold betyr lavest mulige vedlikeholdskostnader, liten stengetid, god driftstilgjengelighet og driftssikkerhet, lengst mulig levetid på konstruksjoner og utstyr og ivaretagelse av sikkerhetsnivået.

For å kunne realisere optimalisering av drift og vedlikehold i en tunnel er det viktig at både tilgjengelighet og vedlikeholdsvennlige løsninger blir tilstrekkelig vektlagt helt fra planleggingen starter.

Optimalisering av vedlikeholdet forutsetter levetidsberegninger basert på prosessfordelte erfaringsdata. Dette krever god tilgjengelighet og valg av vedlikeholdsvennlige løsninger og materialer allerede i plan- og byggefasen.

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

2. Sammendrag

For å kunne redusere kostnadene med drift og vedlikehold er det en del grunnleggende forhold som prosjektgruppen mener må vektlegges og aksepteres:

- Utforming må være slik at det er tatt hensyn til behovene som kjøretøyene har. Minimum 3,5 m kjørebane og 1,0 m skulder/sideareal.
- I høytrafikkerte tunneler vil vi at det skal brukes betongelement som tunnelvegg.
- I lavtrafikkerte tunneler vil vi at det skal brukes langsgående New Jersey betongkant.
- Løsningsvalg må baseres på at det skal utføres drift og vedlikehold i tunnelen. Dette tilsier at arbeid som skal utføres må kunne gjøres i størst mulig grad maskinelt. Disse valgene må gjøres i planfasen basert på erfaring fra driftsfasen.
- Levetidskostnader må vektlegges i atskillig større grad enn det som blir gjort ved nybygging og reinvesteringer i dag.
- Erfaringsoverføring må skje automatisk ved nybygging. All nybygging må basere seg på erfaring fra driftsfasen. Disse erfaringene skal være dimensjonerende for valg i planfasen og ved fornying av standarder, håndbøker etc.
- Nye prosjekt må dimensjoneres ut fra de behov som ivaretar det langsiktige eierskapet
- Stengning av tunneler må skje i minst mulig grad for at den skal tilfredsstillende samfunnets behov på en best mulig måte.
- Utstyr og installasjoners sårbarhet
- Vurdering og oppfølging av sviktintensitet på viktig utstyr

Et optimalt vedlikehold vil i første rekke være avhengig av tunneltype og hvilke investeringer som er gjort for å sikre dette i planfasen. Videre vil betingelsene for drift og vedlikehold og tilgjengeligheten til være helt sentrale.

For å kunne styre mot optimalt drift og vedlikehold må man ha kjennskap til hvilke forhold man skal styre etter, hvilke faktorer som påvirker styringen og hvilke faktorer som må påvirkes for at man skal få de resultatene man ønsker.

3. Forvaltning, drift og vedlikehold

Skal drifts- og vedlikeholdsoppgavene kunne løses på en mest mulig kostnadseffektiv måte må ressursutnyttelsen være optimal. Dette krever en viss grad av forutsigbarhet, noe som i dag ikke er tilfredstillende. Denne forutsigbarheten kan gjøres bedre gjennom å utarbeide retningslinjer for "Forvaltning, drift og vedlikehold av tunneler". Slike retningslinjer vil gi grunnlag for byggherrestrategi som igjen sikrer forutsigbarheten for produksjonsoppgavene fremover. Dette vil også gjøre strategivalgene for produksjon betydeligere enklere.

Enhetlige retningslinjer for "Forvaltning drift og vedlikehold av tunneler" finnes ikke i dag. Noe finnes i Håndbok 021, noe i Håndbok 213, noe i Håndbok111 med tilhørende temahefte, mens andre deler kan finnes i ulike rapporter inkl. NVF-rapporter og rundskriv. På en del områder mangler slike retningslinjer. Det er derfor stort behov for å samle og gjøre det enhetlig.

Det foreslås følgende målsetting for slike retningslinjer:

- Forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) skal sikre at fremkommeligheten i tunnelen skal være minst like god som på vegnettet for øvrig
- FDV skal sikre at:
 - sikkerhetsnivået i tunnelenes innkjøringssoner (dvs. 100 m før og de første 100 m inne i tunnelen) skal være på samme nivå som tilstøtende vegnett
 - sikkerhetsnivået inne i tunnelen skal ligge på samme nivå som på en tilstøtende veg uten vegkryss og gang-/sykkeltrafikk
 - tilsvarende skal gjelde ulykkenes alvorlighetsgrad
- FDV skal sikre hensiktsmessig beredskap for uforutsette hendelser i tunnelen
- FDV skal sikre at gjeldende miljøkrav blir ivaretatt
- FDV skal sikre at oppgavene blir utført på en for samfunnet økonomisk måte (LCC)

3.1 Forvaltning

Forvaltning vil bestå av:

- a. En administrativ del.
- b. En beredskapsdel.
- c. En drifts- og vedlikeholdsdel.
- d. Handlingsplaner
- e. Dokumentasjon

Forvaltningssystemet skal være med på å gi en oversikt og dokumentasjon av de fleste forhold som gjelder eller som kan oppstå i en tunnel. Det vil si en oversikt over tegninger, arbeidsordrer, avtaler, leverandører og en beredskapsplan. For å sette dette i system, er det behov for et verktøy som samler drift og vedlikeholdsoppgavene i et Edb basert program. Dette verktøyet er FDV-programmet Spektrum.

Forvaltningssystemet skal altså gi svar på alle spørsmål knyttet til forvaltning, drift og vedlikehold i en tunnel.

Administrativ del

Den administrative delen skal innholde en beskrivelse av selve byggverket.

- Tunnelnavn
- Type
- Byggeår
- Nøkkeldata

Videre skal den vise en oversikt over organisasjonen og de ulike delers ansvarsområde. Organisasjonsplanen skal beskrive ansvarsgrenser for personell med tilknytning til tunnelen. De administrative prosedyrer for kvalitetsikring skal beskrives med arkivering, utarbeiding av dokumenter og vedlikehold av selve forvaltningssystemet.

Beredskapsdelen

I vegtunneler er det behov for fastlagte rutiner for hvem som skal rykke ut, og hvor hurtig det skal skje når feil oppdages eller det skjer ulykker.

En slik beredskapsplan skal innholde en oversikt over hvem som skal varsles og når det skal varsles alt etter hvilke hendelser som oppstår.

Drifts og vedlikeholdsdelen

Alle tunnelens elementer registres og samles i FVD-programmet Spektrum med utarbeidelse av vedlikeholdsrutiner og dokumentasjon av disse.

Handlingsplaner

For tunneler med så mye teknisk utstyr og kostbare løsninger, bør det utarbeides planer som baserer seg på en tilstandsvurdering med forventet fremtidig reparasjons- og utskiftingsbehov.

Dokumentasjon

Denne kan bistå av:

- Teknisk dokumentasjon
- Juridisk dokumentasjon
- Økonomisk dokumentasjon
- Kvalitetsikringsmateriale

3.2 Drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold skal tilrettelegges slik at de forutsetninger som lå til grunn da tunnelen ble planlagt videreføres gjennom hele driftsfasen.

Allerede i planfasen må en altså ha kunnskap om løsninger og utforminger som påvirker fremtidig vedlikehold. De standarder og løsninger som her blir valgt vil påvirke framtidige drifts og vedlikeholdsbehov.

- utarbeiding av register for den enkelte tunnel
- register for vedlikeholdsoppgaver med beskrivelse av de enkelte element
- register for historikk, hvor erfaringer kan hentes fra.
- funksjonsavtaler
- vask
- renhold
- inspeksjon
- elektrisk kraft
- trafikkavvikling
- rensk
- supplerende sikring
- dreosanlegg
- vedlikehold vannsikring
- vedlikehold elanlegg
- pumper
- ventilasjons- og renseanlegg
- trafikkavvikling

Systematisk utførelse av drift og vedlikehold sikrer god utførelse, lang levetid og lavere kostnad.

4. Erfaringsoverføring

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 å 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, intern-kontroll og dokumentasjon. På den måten overføres nødvendige 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.

Det administrative system skal sikre at vi har prosesser som ivaretar/sikrer data fra prosjektets forskjellige faser.

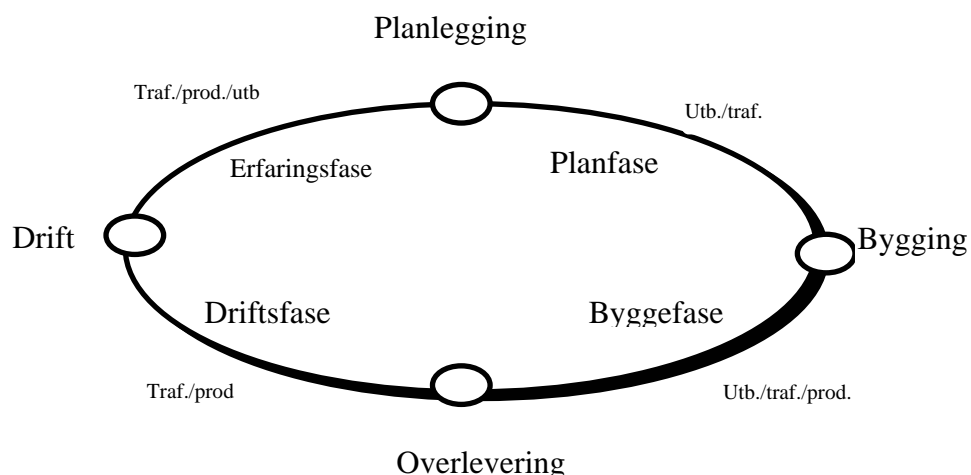
SPEKTRUM skal brukes til dette, herunder Word, Excel, autocad etc.

Systemet skal sikre en korrekt og forsvarlig behandling og oppbevaring av data fra den første del av planfasen starter opp til driftserfaringene blir overført til et annet prosjekt.

Prosessen som vises her skal alltid følges.

På denne måten vil plan- og byggefasen bli bedre, og overleveringen bli enklere, driftsfasen bli lettere og problemene som skal bringes tilbake i erfaringsfasen færre. Samarbeidet mellom de enkelte avdelinger vil bli mer fast og sikre at resultatet totalt blir bedre.

Vi må alltid ha klart for oss at det er driftsfasen på 50 år vi skal planlegge og bygge for. Vi må med andre ord legge slike føringer til grunn for våre metoder.



4.1 Administrativt FDV-System - SPEKTRUM

- Definisjon: Spektrum er et drift- og vedlikeholdsprogram der alle rutiner blir lagt inn.
- Status: I dag brukes programmet for tunnel, trafikklys, elektro og bygninger.
- Framtid: Programmet skal følge prosessen fra plan til drift og fra drift til plan. Programmet skal være landsdekkende
- Standard: Programmet er valgt som etatsstandard.

4.2 Erfaringstilbakeføring

Strukturert og systematisk erfaringstilbakeføring sikrer nødvendige erfaringsdata fra alle tunnelens faser.

4.2.1 Planfase

Generelt:

Holdbarhet sett opp mot levetid og -analyser vil her være grunnleggende. Det er nå tilgjengelig en regnemodell(dataprogram) som skal brukes for å dokumentere gevinst ved valg av løsninger, selve tunnelen og valg av utstyr.

- Alle kabler i en tunnel skal registreres i eget dataprogram.
- Utbyggingsavdelingen er ansvarlig for all oppdatering/sikring av data/lagring.
- Samarbeid/deltakelse mellom avdelingene gjøres tidlig i denne fasen.
- Valg av tunnelklasse og utstyr gjøres tidlig i denne fasen.

- Framdrift og andre tidsavhengigheter avklares her.
- Deltakelsen fra de enkelte avdelinger blir avklart tidlig i denne fasen.
- Byggetid og åpningstidspunkt avklares her.
- All anbudsdokumentasjon legges inn i dokumentmaler som blir tilgjengelig på vedkommende tunnel i Spektrum
- Alle anbud som blir utarbeidet av konsulent leveres på fil og er Statens vegvesens eiendom for ettertiden.
- Det lages kvalitetsdokumentasjon som nyttes for alle framtidige prosjekt med justeringer.
- All kvalitetsdokumentasjon legges inn i dokumentmaler som blir tilgjengelig på vedkommende tunnel i SPEKTRUM.
- All tegningsdokumentasjon legges inn i dokumentmaler som blir tilgjengelig på vedkommende tunnel i SPEKTRUM.
- Alle leverandører skal levere inn oversikt over leveransen i eget excel-ark som skal legges inn i SPEKTRUM.

- All kostnadsdokumentasjon legges inn i dokumentmaler som blir tilgjengelig på vedkommende tunnel i SPEKTRUM.
- All prosjektdokumentasjon legges inn i dokumentmaler som blir tilgjengelig på vedkommende tunnel i SPEKTRUM.
- Her legges inn alle endringer som gjøres underveis i prosjektet.
- Levetidsvurderinger og levetidsgevinstvurderinger legges til grunn for alle løsningsvalg i prosjektet.

4.2.2 Byggefase

- Byggetid avtales her eksakt.
- Åpningstidspunkt skal være klart før byggestart.
- Åpningstidspunkt avtales her eksakt.
- Veganlegg skal ikke åpnes dersom det gjenstår arbeid.
- Kostnadene med for tidlig åpning må dokumenteres og bringes opp til vegsjef/vegdirektør og bli avklart der.
- Alle entreprenører/egne skal være ferdig minimum 14 dager før åpning. Kun testing skal da gjenstå.

Det skal inngås en avtale mellom utbygging og utførende (entreprise / egenregi) før anlegget starter opp.

For å få tid til testing av teknisk utstyr etc., er det viktig at alle entreprenører / egendrift er ferdige minst 14 dg før åpning. Veganlegget skal ikke åpnes dersom det gjenstår arbeid. Med bakgrunn i dette blir man enig om en forsvarlig byggetid / åpningstidspunkt som fastsettes i avtalen.

Forsering av åpningstidspunktet skal ikke føre til at arbeid utsettes til etter åpning.

Følgende dokumentasjon skal følge med fra denne fasen:

- Anbud som er brukt.
- Kvalitetsutførelse på de enkelte element.
- Tegninger.
- Kostnadsoppstilling.
- Generelle data om prosjektet.
- Oversikt over tidsbruk.
- Oversikt over avtaler og garantier som løper.
- Vise hvem som har deltatt fra Trafikk/Produksjon/Utbygging.
- Beredskapsplan

4.2.3 Overleveringsfase

Her deltar personell fra både Utbygging, egendrift, entreprenør og Trafikk i denne fasen.

- Alle byggedata inkludert type utstyr og antall, legges inn i Vegdatabanken - ansvarlig er Utbygging. Dette er svært viktig fordi

disse dataene brukes i programmet MOTIV som styrer tildelingen av midler til drift og vedlikehold.

- Alle byggedata legges også inn i SPEKTRUM - Utbygging er ansvarlig. Dataene som legges inn er "som bygget"-dokumentasjon. Alle vedlikeholdsrutiner som er gitt fra leverandør legges inn samtidig.
- Vegoverleveringsforretning foretaes i henhold til vedtatt instruks. Utbygging kaller inn.
 - Det settes opp protokoll med mangelliste.
 - Det gis 3 års garantitid.
 - Ny befaring årlig inntil garantitiden er slutt.
 - Sluttbefaring etter 3 år.
 - Det settes opp oversikt over løpende garantier og avtaler.

Det holdes et internt møte for å gjennomgå erfaringene/resultatene fra prosjektet senest 1 år etter ferdigstilling.

Det holdes videre et møte for å gjennomgå erfaringene/resultatene fra prosjektet senest 1 år etter ferdigstilling, der alle deltagende parter, interne og eksterne deltakere deltar.

4.2.4 Driftsfase

I denne fasen brukes FDV-programmet Spektrum for å systematisere vedlikeholdsrutinene. På denne måten vil en kunne redusere driftskostnader. Kostnader knyttet til ressursbruk, personell og utstyr i driftsfasen vil bli synliggjort. Systemet utarbeider en såkalt historikkdatabase der all dokumentasjon av alle utførte oppgaver i tunnelen blir lagret.

Ved bruk av Spektrum vil en kunne ta ut erfaringer fra Drift og Vedlikeholdsdriften. Når nye anlegg bygges vil en så nyttiggjøre seg denne kunnskapen. Utstyrsendringer skal legges inn i Vegdatabanken.

Oppfølging/krav til utførelse skal ligge i avtalene mellom Produksjon og Trafikk. Alle data fra denne fasen skal være tilgjengelig for Trafikk og Utbygging og egenregidriften.

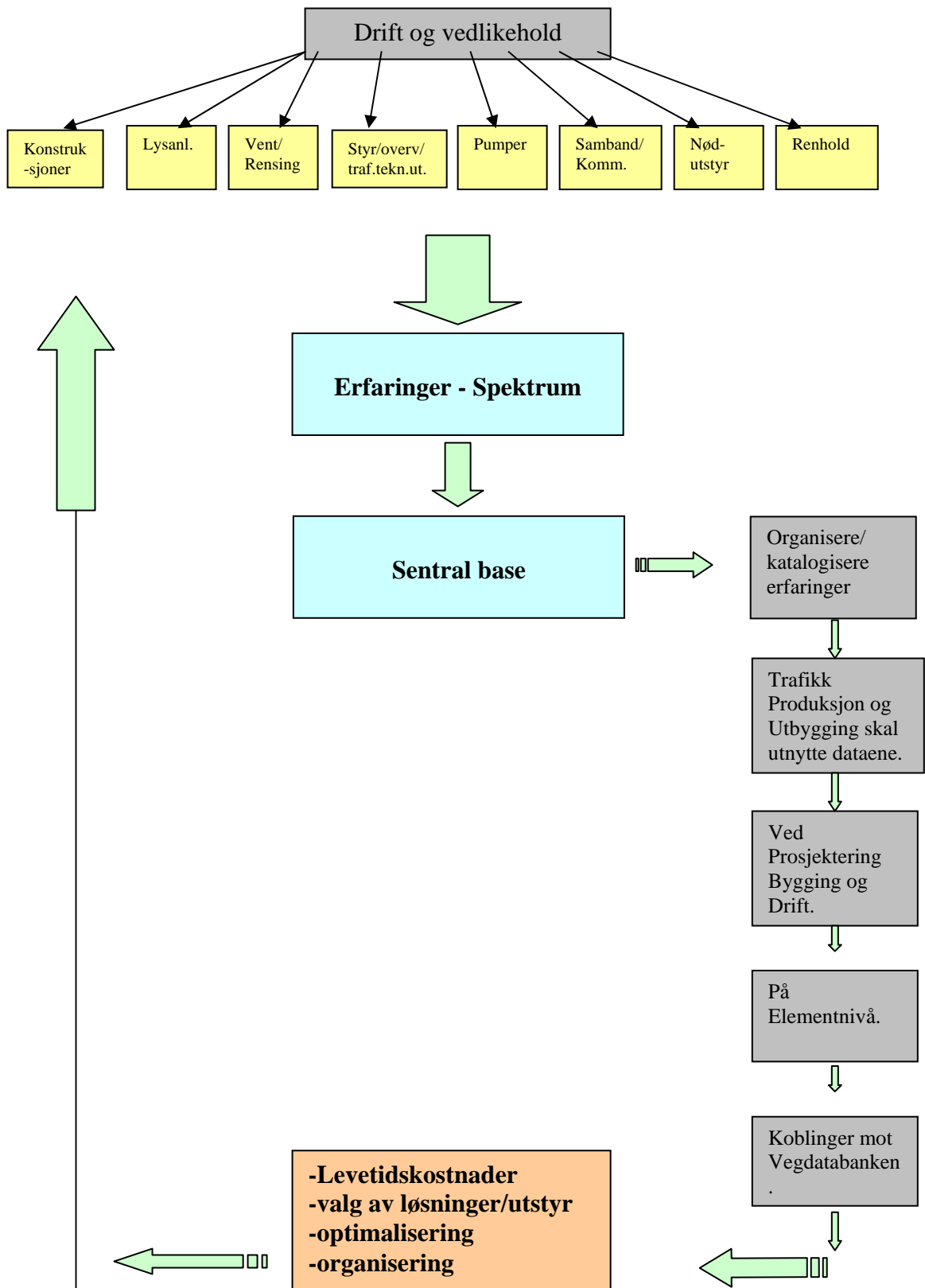
4.2.5 Erfaringsfase

Ved all nybygging skal driftserfaringene legges til grunn. Alle byggedata skal være tilgjengelig i Vegdatabanken. Drifts- og vedlikeholdsdata skal være tilgjengelig i Spektrum. Historikkdatabasen i Spektrum vil være av stor betydning, og skal brukes.

Flytskjema for å vise utnyttelsen av SPEKTRUM:



4.2.6 Oppfølging på element.



Spektrum inneholder full oversikt over tunneler og installasjoner i tunnelene. Ved bruk av Spektrum gir en arbeidsoppgaver samtidig som rutiner og utførte oppgaver med tidsforbruk og kostnad angis. Her kan en få fram tidspunkt for utskifting, forbruk og levetid for de enkelte utstyrtyper.

Alle data fra planlegging og bygging må legges inn i programmet, både direkte og/eller i andre dataprogram som kan koples opp mot Spektrum.

Slik Spektrum er bygget opp i dag kan følgende program koples mot Spektrum: Vegdatabanken, Visio, Veginnsyn, Word, Excel, Autocad etc. Gjennom dette kan erfaring fra planfasen, byggefasen og driftsfasen kunne vurderes opp mot hverandre på en rimelig enkel måte.

Kravet må være at alle planer, kart, tegninger, anbud og beskrivelser kan brukes ved seinere planlegging, bygging og drift av tunneler.

Gjennom disse koplelingsmulighetene blir kopieringseffekt muligjort og erfaringene fra drift og vedlikehold kan lettere brukes i plan- og byggefase.

Dokumentasjon vil si å bekrefte alle forhold som vil være med å bestemme tunnelens totale levetid. Det være seg tekniske løsninger både under plan- og byggefasen, teknisk utstyr og materialer samt alle forhold innen drift og vedlikehold.

For å utnytte et slikt FDV-program er det nødvendig at alle data som legges inn er reelle og konsistente. Programmet gir både systematikk til og erfaringsutnyttelse om økt driftssikkerhet, bedre trafikkavvikling, trafiksikkerhet og miljø. Samtidig kan en systematisk utnyttelse av programmet være et grunnlag som kan legge forholdene tilrette for å optimalisere vedlikeholdet med hensyn til levetid og kostnader.

Oppfølging på element.

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

- nødutstyr
- ventilasjon
- belysning
- renseanlegg
- pumpeanlegg
- styre- og overvåkingsanlegg
- kabler
- renhold
- stabilitetssikring
- vann- og frostsikring

Det må settes krav til dokumentasjon av:

- levetid
- enhetskostnader pr. definert nivå
- driftstid
- funksjonssvikt og avvik
- vedlikeholdsomfang (tidsforbruk)
- renholdsomfang (tidsforbruk)
- utskifting, teknologisk utskifting/fornyning/oppgradering (tid/frekvens), årsak

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

Erfaringsrapporter skal danne grunnlaget for å kunne si noe om:

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

Den første strukturerte erfaringsrapportering skal skje etter tre års driftstid og definert detaljeringsgrad skal være i samsvar med detaljeringsgraden ved overlevering, evt avtalt avvik.

5. Utforming

5.1 Profilet

Profilet defineres som:

- Teoretisk sprengningsprofil.
- Normalprofil

Teoretisk sprengningsprofil er det profil tunnelen skal ha etter at tunnelen er råsprenget. Foruten tak 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 og permanent arbeidsvarsling
- Sikkerhetsutrustning

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

Merknad:

Det er prosjektgruppens mening 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 m.v.).

Havarinisjer utformes iht. samme standard som i veg i dagen mht lengde og med en kjørebanebredde tilsvarende 3,5 m.

Ved prosjektering av grøfter må flg. vektlegges:

- Sikre nødvendig plass til hoved- og evt. hjelpedren.

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

5.2 Bruk av New Jersey i lavtrafikkerte tunneler

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

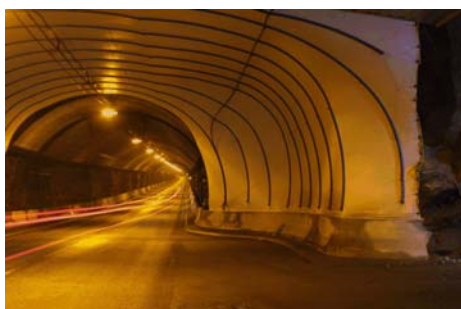
- visuell føring,
- "rene" flater,
- økt trafiksikkerhet
- lysere flater,
- oppnå brannsikring av kabler på baksiden,

m.a.o. skape et helhetlig miljø.

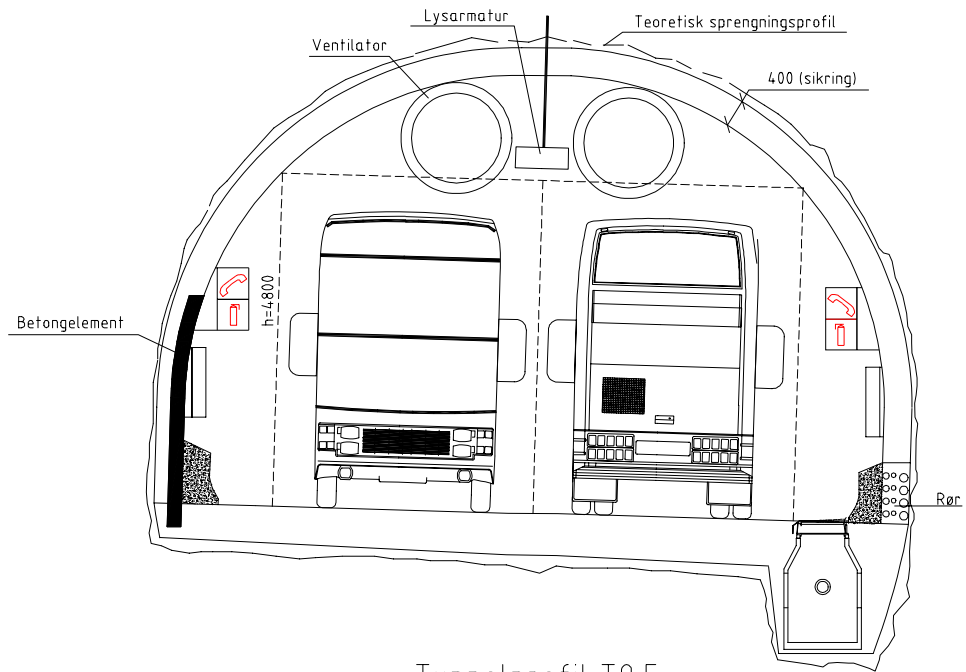
Det er viktig at overflatene er slette og enkle å holde rene, samtidig som de gir en god linjeføring. Den nederste delen av tunnelveggen (0,95 m i lavtrafikkerte tunneler, og 3,5m i høytrafikkerte tunneler) må være utformet slik at de kan tåle en påkjørsel uten at veggen blir skadet. Prosjektgruppen foreslår derfor bruk av en plasstøpt New Jersey i 0,95m høyde i lavtrafikkerte tunneler og betongelement i 3,5m høyde i høytrafikkerte tunneler (i samsvar med håndbok 021) . Gruppen foreslår videre at veggelementene og New Jersey tilsettes hvit sement og hvitt steintilslag, samt en overflatebehandling som sikrer glatt flate som ikke binder støv og skitt.

Fordelene med gjennomgående New Jersey er flere:

- vi kan bruke arealet bak steinen/elementet til kabler og rør og oppnå 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
- og ikke minst så gir det en fin linjeføring med god optisk ledning, evt. gjennom å montere refleks 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.

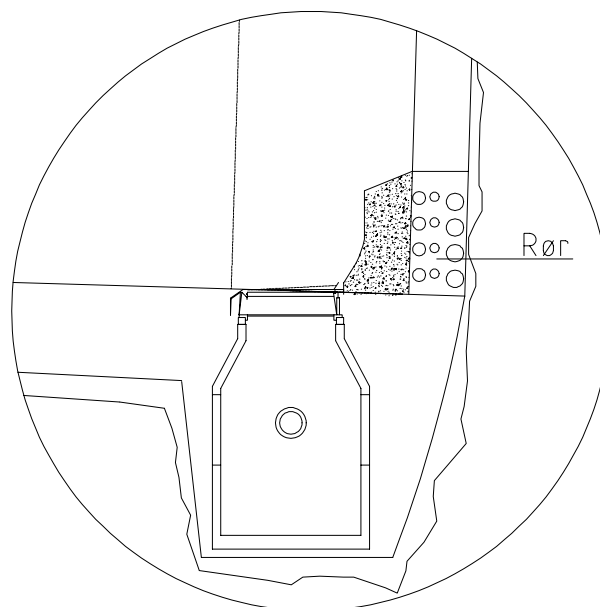


Drenskummene må legges på framsiden av veggelementet/New Jersey steinen. Trekkekummer legges i overkant New Jersey stein i arealet mot fjellet. Ved bruk av element brukes utsparring.



Tunnelprofil T9,5

Eksempler på utforming/profil etter prosjektgruppens forslag:

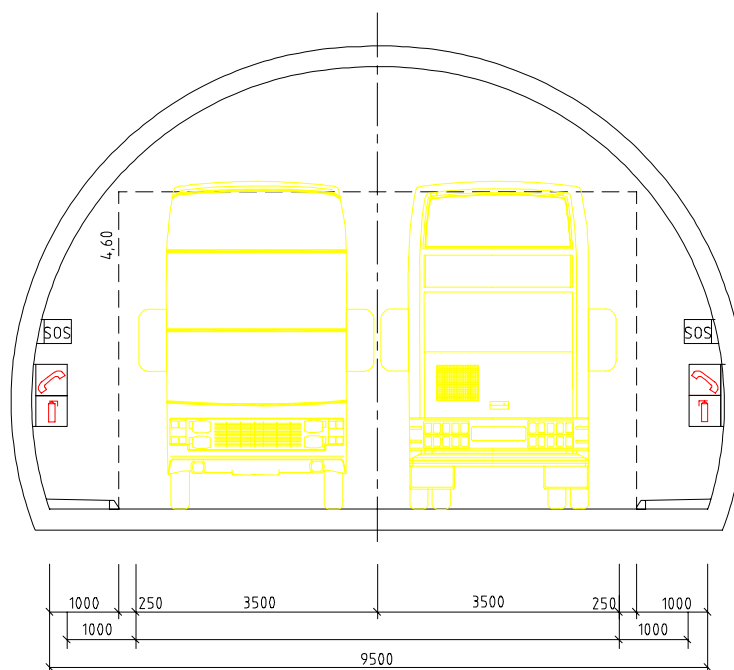


Utsnitt v/kum

Disse løsningene vil kreve et minimumsprofil på T-9,5 , 3,5 m kjørebane og 1,0m 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.

Tegning som viser plassbehov for store kjøretøy:

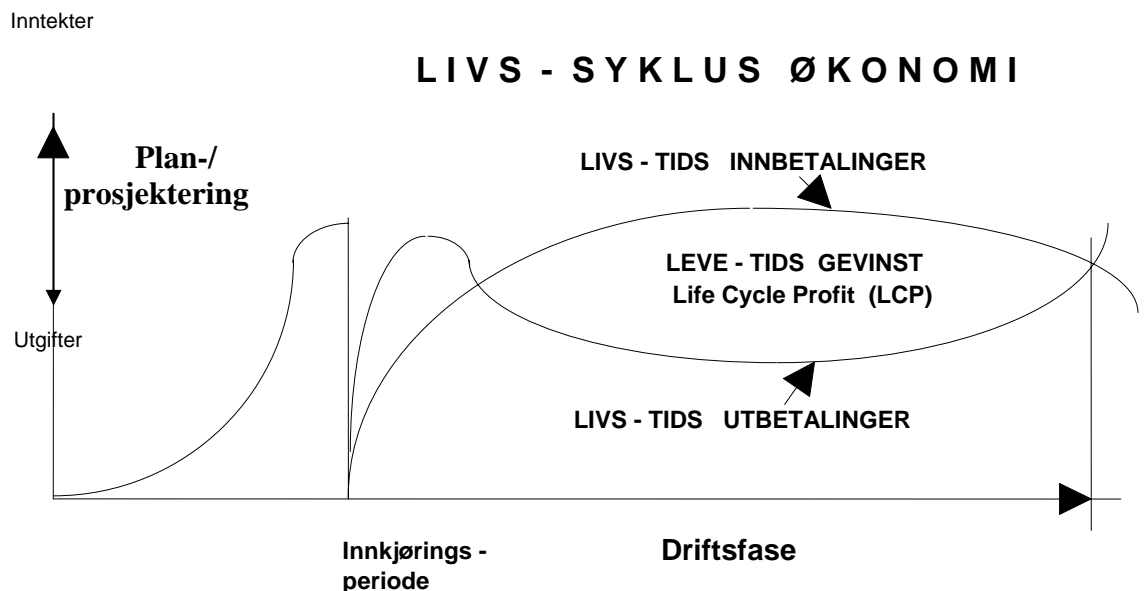


TUNNELPROFIL T9.5

6. Levetidskostnader

Man har etter hvert erkjent at kostnadene til drift og vedlikehold i stor grad blir fastsatt gjennom de valg som blir tatt allerede i planfasen. Dette medfører at behovet for å få fram et verktøy hvor man kan fokusere på en samlet driftsoptimalisering blir mer og mer aktuelt.

Gjennom hele levetiden til et tunnelprosjekt gjøres det fornyinger og oppgraderinger av teknisk utstyr, pga. slitasje og/eller teknisk utvikling. Hele tiden står man overfor alternative valg av løsninger og metoder. Det er da viktig at man klarer å synliggjøre konsekvensene av de valg man gjør ut fra et langsiktig eieransvar. Hovedmålsettingen for en hver anskaffelse er optimale levetider med lavest mulig kostnad.



Etatsprosjektet har utviklet en enkel modell for beregning av levetidskostnader for tunneler. En slik modell bidrar til å oppfylle målsettingen om å medvirke til optimalisering av levetidskostnadene gjennom rett valg av utstyr og løsninger. Slike valg blir gjort i en meget tidlig fase av et hvert tunnelprosjekt og det er derfor meget viktig at disse valgene blir gjort ut fra de rette forutsetninger og perspektiv som nettopp ivaretar det langsiktige eieransvaret.

Levetidskostnader har tradisjonelt blitt omtalt og demonstrasjonsbrukt i samband med teoretiske regneeksempler. Dette gjelder generelt og er ikke spesielt knyttet til drift og vedlikehold av tunneler. Det har imidlertid etter hvert utviklet seg en stadig

voksende erkjennelse av at den til tider manglende forutsigbarhet omkring framtidige drifts- og vedlikeholdskostnader for tunneler, har blitt en økende utfordring.

Valg som påvirker utstyr og løsninger i tunnelene er med på å legge premissene for framtidige kostnader. Denne erkjennelsen har vært avgjørende for ønsket om å få utvikle modell(er) som innehar nødvendig fleksibilitet til å ivareta både konsekvenser av investeringsvalg og av drifts- og vedlikeholdsvalg.

Systematisk bruk av levetidskostnadsberegninger har frem til nå vært lite benyttet i Statens vegvesen. Ferdige modeller for slike levetidsberegninger for tunneler har heller ikke vært tilgjengelige.

I dag er det vanlig at det fokuseres i stor grad på anskaffelsesprisen ved investering av utstyr, og konsekvensen av dette er at man ofte får produkter som i sum medfører levetidskostnader som er betydelig høyere enn om de hadde valgt en løsning med en høyere anskaffelsespris.

Modellen som nå er utviklet beregner levetidskostnader og lønnsomhet for drift av tunneler. En variant av denne modellen beregner også verdiskapningen under gitte forutsetninger.

Det bør være første trinnet i en utvikling hvor også beregning av optimale utskiftingstider og optimale økonomiske levetider for teknisk utstyr blir systematisert. En slik utvikling vil kunne kreve en større grad av tilstandsstyrt vedlikehold innenfor deler av tunnelvedlikeholdet, men skal ikke gi reduksjon av funksjon og sikkerhet.

Det vises til intern-rapport nr. 2224 "Levetidskostnader og lønnsomhet for drift av tunneler"

Det er betydelig kapital som allerede er nedlagt og som i framtiden blir investert i norske vegtunneler.

Forvaltningen av denne kapitalen skal skje ut fra hensynet til det langsiktige eierskapet. Dersom dette skal innfris er det vanskelig å se hvorledes det kan gjøres uten å legge langt sterkere vekt på levetidskostnader både ved investering og drift og vedlikehold

7. Miljø

Vi utsettes for stadige krav om forbedring av luftkvaliteten i våre tunneler. Det er krav fra trafikanter som opplever det eksisterende miljøet som problematisk og/eller utrygt og det gjelder krav fra offentlige myndigheter, nasjonale og internasjonale. Disse miljøkravene blir lett møtt med krav om tiltak i form av bl.a. renseanlegg for å tilfredsstille kravene. Dette er meget kostbare tiltak og erfaringen vi sitter med i dag fra slike tiltak er blandet dersom man legger nytte/kost prinsippet til grunn.

Inne i tunneler skal gjeldende krav til luftkvalitet ivaretas. Dette innebærer både krav til arbeidsmiljø, trafikantmiljø og kriterier for eventuelle ulike utslipp til omgivelsene.

Utenfor tunneler gjelder følgende:

- SFT's anbefalte luftkvalitetskriterier gitt i SFT-rapport 92/17 (som helsebaserte mål for ethvert prosjekt) NO₂: 100 ug/m³, PM₁₀: 35 ug/m³
- Forskrift til forurensningsloven om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy (krav som skal være oppfylt 1.1.2005) NO₂ og PM₁₀: 300 ug/m³
- Nye EU-direktiver for lokal luftkvalitet, fra juli 2001 "Forskrift om lokal luftkvalitet" (krav som skal være oppfylt hhv. 1.1.2005 og 1.1.2010 og som vil erstatte eksisterende forskrift til forurensningsloven). Har unntak for luften inne i tunneler.
- Nasjonale mål for lokal luftkvalitet (nesten tilsvarende EU-direktivet)

De viktigste miljøfaktorene som påvirker tunnelmiljøet og som i sin tur vil kunne påvirke kostnadsbildet er:

- Støv

Partikkelforurensningen i vegtunneler skyldes i vinterhalvåret primært slitasje av vegdekket på grunn av piggdekkbruk og oppvirvling fra ulike vegstøvdepot langs vegbanen. Om sommeren skyldes hoveddelen av partikkelforurensningen utslipp av sot og andre partikulære forurensninger fra kjøretøyene som passerer gjennom tunnelen. På grunn av dette endrer også den kjemiske sammensetningen av de partikulære forurensningene i tunnelatmosfæren over året.

Partikkelkonsentrasjoner påvirker i varierende grad både det indre og ytre miljøet. Først og fremst gjennom direkte helseeffekter som konsekvens av eksponering, siktforhold som kan oppleves som utrygge inne i tunnelen og i form av økt konsentrasjon av utslipp til omkringliggende miljø.

Rensing av tunnelluften vil under gitte forutsetninger kunne ivareta kravene til både helseeffekt og utslipp. Generelt hyppigere og bedre utført vask/feiling vil kunne redusere oppbyggingen av vegstøvdepot i tunneler og dermed reduseres også oppvirvlingen av partikulært materiale. Reduksjon av

partikkelkonsentrasjonen i tunnelatmosfæren vil også redusere bilistenes opplevelse av vegtunneler og bedre trafikkavviklingen

- Eksos/gass

Det forekommer ikke andre forurensinger i vegtunneler enn dem man finner langs veger og gater ellers. I og med at tunneler er "lukkede" rom medfører imidlertid dårlige spredningsforhold at forurensningene i større grad konsentreres i lufta og dermed oppleves som plagsomme.

Tunnelatmosfæren tilføres gassformige og partikulære (sot) forurensninger som i all hovedsak kommer fra kjøretøyene og fra arbeidsmaskiner under vedlikeholdsarbeid.

Ventilasjonsanlegg og evt. renseanlegg vil ut i fra dimensjonerende forutsetninger kunne sikre at atmosfæren i tunneler tilfredstiller gjeldende krav til luftkvalitet.

- Støy

Hovedkildene til støy i tunneler er kjøretøy og eventuelt ventilasjonsanlegg. Støynivået i og rett innenfor tunnelmunningen er også et resultat av forholdene rundt tunnelen. I tunneler er støynivået et resultat av både reflektert og direkte lyd.

Støy påvirker arbeidsmiljøet og gir kommunikasjonsproblemer, tretthet og uoppmerksomhet som kan føre til ulykker.

- Utslipp av vaskevann

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 et av de viktigste bidrag til trafikantens miljøopplevelser. Standarden setter krav til regelmessig vasking av tunnelene.

Avleiringer på tunnelvegger, tak, kabelbru, armatur og vegbane som inneholder PAH-forbindelser som, kadmium, bly, kvikksølv, nikkel, sink, kobber, krom og andre tungmetaller vil i varierende mengder følge vaskevannet ut i naturen ved vasking. Standarden angir at slike stoffer skal fjernes før ansamlingen overstiger lovlige grenseverdier.

Statens forurensningstilsyn har ikke villet fastsette grenseverdier for utslipp av slike miljøgifter men har henvist til behandling hos lokale miljømyndigheter i hvert enkelt tilfelle for deponi.

JORDFORSK har utført miljøkjemisk undersøkelse av vaskevann og skal utføre nye undersøkelser av forurensningskomponenter (såpe) og effekt av renseanlegg.

- Klima

Luftkvaliteten har innvirkning på helse, trivsel og arbeidsevne. Dårlig klima og luftkvalitet er bakenforliggende faktorer som kan redusere oppmerksomheten, øke sannsynligheten for feilhandlinger og dermed redusere sikkerheten.

Luftkvaliteten avgjøres ikke bare av eventuelle forurensinger, men også av temperatur, relativ fuktighet, trekk og lukt. Tilførsel av stor luftmengde gir for eksempel trekk og ubehag, og samtidig uttørring og oppvirvling av støv.

Luftfuktighet, trykk- og temperaturendringer vil også under gitte betingelser i tunnelene kunne skape tåkedannelser som dekker bilenes frontrute. Dugg om sommeren og dugg/frost om vinteren er faktorer som kan påvirke sikkerheten ved kjøring i tunneler.

- Belysning

Belysningens kvalitet påvirker sikkerheten. Det er en klar sammenheng mellom belysning og grad av feilhandlinger, herunder også ulykkesfrekvens. God belysning gjør arbeidet lettere, bedrer prestasjonsevnen og motvirker feilhandlinger. Stor synsanstrengelse gir tretthet. Belysning spiller således en viktig rolle både i forhold til produktivitet og sikkerhet.

Støvproblematikken er et vesentlig bidrag til vedlikeholdskostnadene i mange av våre tunneler. Piggdekkbruken er selvsagt årsaken og problemene er knyttet opp i mot de mest trafikkerte tunnelene. Krav til luftkvalitet rent generelt vil også være med på påvirke vedlikeholdsinnsatsen og dermed også kostnadene.

Behovet for renhold i tunneler avhenger av flere forhold. De viktigste er:

- geometrisk utforming
- trafikkmengden
- bilenes hastighet
- årstiden
- grad av våt vegbane
- ventilasjonsanlegg og
- veggkledning

I tillegg må de omkringliggende omgivelsene (ytre miljø) inngå som en del av behovsvurderingen.

Renhold i tunneler kan på noen områder sammenlignes med renhold i dagen. Renholdsbehovet skyldes på begge områder i stor grad den produksjon av svevestøv som trafikken skaper. I tunneler forblir svevestøvet i større grad i et lukket rom og må fjernes bl.a. ved hjelp av ventilasjonsanlegg og/eller renseanlegg.

Det er kjent at slitasjen av vegdekket øker med økt hastighet. Dette er bekreftet fra bl.a. forsøk i Sverige. Redusert hastighet i tunnelen i vintersesongen kan derfor være et annet aktuelt tiltak.

Tunnelluften betyr svært mye for trafikantens inntrykk av tunnelen. Mye svevestøv og sterk eksosluft gir trafikanten et negativt inntrykk av tunnelmiljøet og kan for noens vedkommende medføre angst og utrygghet. Dette kan gi seg utslag på flere måter, som for eksempel nedsettelse av farten, vinglete kjøring og uoppmerksomhet overfor øvrig trafikk i tunnelen. Alle disse faktorene kan bidra til en mer trafikkfarlig ferd gjennom tunnelen. Jo dårligere tunnelluften er, desto dårligere vil trygghetsfølelsen være.

Luftkvaliteten bestemmes av to hovedfaktorer, nemlig den forurensende og den rensende faktoren. Den forurensende faktoren er 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 på grunn av stempeleffekter og trafikkpåvirkede strømningsforhold.

Effekten av renholdstiltak i forhold til ulike miljøgevinster er i dag ikke godt nok utredet.

Ut i fra et slikt perspektiv bør det vurderes revidert standard med langt større 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

8. Metoder

Arbeidet med drift og vedlikehold i en tunnel skal skje i størst mulig grad uten unødvendige hindringer for trafikantene. Både trafikanter og vedlikeholdspersonell skal sikres gjennom det utstyr som skal være bygget inn i tunnelens sikkerhetssystem.

For å oppnå dette må det legges opp til systematisk vedlikehold. FDV- programmet Spektrum skal brukes for å legge inn riktige vedlikeholdsrutiner.

Vedlikeholdsrutinene vil i stor grad basere seg på erfaringsdata fra tidsvarende tunnelement og fra den dokumentasjon over utstyr som byggherren får tilgang til ved overtakelsen av ferdig tunnel. Hvilke vedlikeholdsrutiner det skal legges opp til, vil være avhengig av bl.a. lengde, profil, ÅDT og hvilke element som finnes i tunnelen.

Riktige vedlikeholdsrutiner er avgjørende både for at vedlikeholdskostnadene skal holdes som lave som råd er, men også for at det optimale vedlikehold skal tilstrebes ved at:

- manuelt vedlikehold reduseres
- maskinelt arbeid økes gjennom å tilrettelegge for dette.
- arbeidsvarling i tunneler tilrettelegges slik at arbeidere i minst mulig grad oppholder seg i trafikkert vegbane, jfr. Håndbok 051 og Håndbok 213

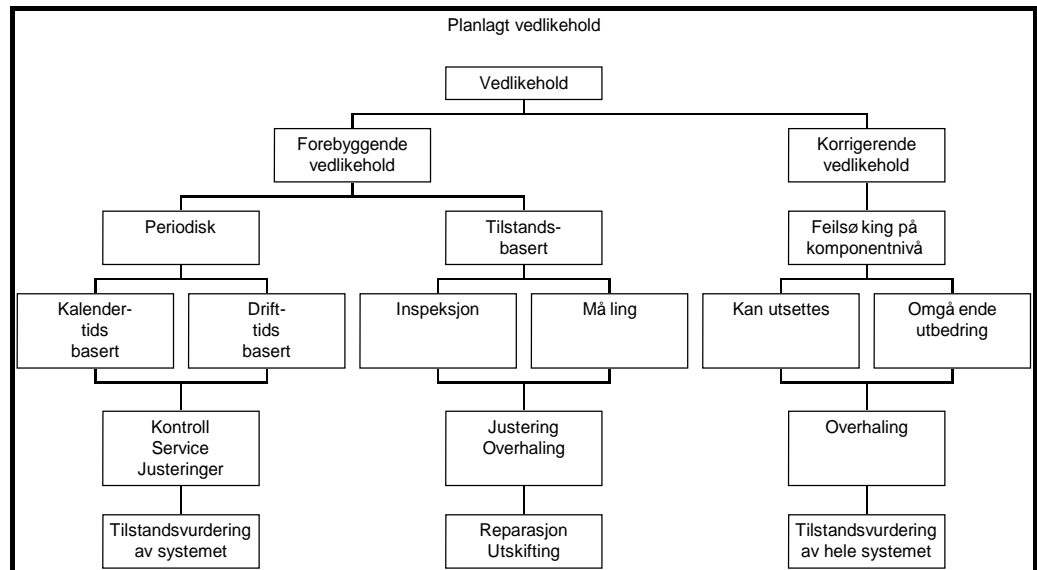
Forskjellige former for vedlikehold:

- intervallbasert
- havaribasert
- "når sjansen byr seg"-basert
- tilstandsbasert
- "sånn har vi alltid gjort det"- basert
- "publikumstyrt"-basert

Problemstillingene knyttet til drift og vedlikehold er i hovedsak lik enten det dreier seg om industrivedlikehold eller en tunnel. Når det gjelder vedlikehold av en tunnel, må det tas hensyn til trafikantene både i forhold til sikkerhet, fremkommelighet og miljø.

Noen systemer er gjennomtenkte og planlagte, og bidrar til en sikker tunnel for alle som ferdes i den. Andre systemer for vedlikehold kan være basert på tilfeldige tiltak, og gir ikke den sikkerhet som vi ønsker.

Figuren viser en skjematisk oversikt over de ulike former for vedlikehold, og hvordan disse henger sammen.



8.1 Forebyggende vedlikehold

Dette er en type vedlikehold som gjøres for å hindre at det blir en driftsstans. I enkelte sammenhenger kalles det også preventivt vedlikehold.

Erfaringer har vist at et vedlikehold som baserer seg på å hindre at noe skjer med de enkelte komponenter og systemer, over tid gir det beste, sikreste og billigste resultat i forhold til å utbedre skader når de oppstår. Dersom man legger opp et systematisk og godt planlagt system for det vedlikehold som skal utføres får vi det som kalles et forebyggende systematisk vedlikehold.

Grunnlaget for et forebyggende tunnelvedlikehold er som for bygninger, maskiner og utstyr, det opplegg som leverandøren har levert sammen med utstyret, eller det opplegg som tunneleieren har utarbeidet i sin driftsinstruks.

Dersom det er mange typer utstyr, og flere leverandører, ofte av ulike fabrikat, vil forskjellige vedlikeholdsopplegg vanskeliggjøre både en totaloversikt, og gjennomføringen av vedlikeholdet.

Et systematisk forebyggende vedlikehold er et godt system, og er et godt hjelpemiddel i mange tilfeller til å holde et økonomisk vedlikeholds nivå. Det er imidlertid klart at systemet må basere seg på erfaringer og gjennomsnittsvurderinger som kan medføre både for godt eller for dårlig vedlikehold under forskjellige omstendigheter.

Eksempel på forhold som kan slå sterkt ut er miljøet i tunnelen. En tunnel med mye støv og fuktighet og med høyt saltinnhold gir større påkjenninger enn en tørr tunnel med god naturlig ventilasjon.

Vi regner ofte med to typer forebyggende vedlikehold:

- Periodisk
- Tilstandsbasert

8.1.1 Periodisk vedlikehold

Et forebyggende vedlikehold utføres som nevnt før det skjer skader, og det benyttes derfor periodiske vedlikeholdsrutiner for å ha styring på denne type vedlikehold. Det brukes normalt to former for å definere periodens lengde:

- Kalendertidsbasert
- Driftstidsbasert

Kalendertidsbasert vedlikehold

Som navnet sier baserer denne typen vedlikehold seg på intervaller basert på kalendertid. Det kan være intervaller på uker, måneder eller år.

Driftstidsbasert vedlikehold

Også dette navnet indikerer hva som ligger i begrepet. Driftstiden må registreres ved hjelp av automatiske tellere, selv om manuell registrering også er mulig. I rutinebeskrivelsene er det så angitt hvor mange timer som skal gå mellom de ulike typer av service og vedlikehold.

Kontroll, service og justeringer

For alle typer periodisk vedlikehold vil en også kontrollere tilstanden og funksjonen for de aktuelle komponenter og foreta nødvendig tilleggsarbeid på stedet, eller sørge for at disse blir utført senere.

Tilstandsvurderinger

Det ligger også som en del av det periodiske vedlikeholdssystem at det skal foretas større inspeksjoner. Slike inspeksjoner skal ikke bare vurdere enkeltkomponenter, men ta hensyn til hele systemet for å vurdere hvilke tiltak som eventuelt er nødvendige å gjennomføre.

8.1.2 Tilstandsbasert vedlikehold

Det er viktig å se etter muligheter til å redusere kostnader og omfanget av konsekvenser av det forebyggende vedlikeholdet. En metode er tilstandsbasert vedlikehold. Dette innebærer gjennomføring av tilstandskontroll som skal gi beskjed eller signal om at ettersyn eller vedlikeholdstiltak er nødvendig på et riktig tidspunkt, verken før eller senere.

Hensikten med å innføre tilstandskontrollmetoder er å effektivisere og redusere omfanget av det forebyggende vedlikeholdet, forlenge serviceintervallene og holde bedre oversikt over tunnelens og utstyrets tilstand.

Inspeksjon

Den enkleste form for tilstandskontroll er visuell inspeksjon. Det er lytting etter ulyder, leting etter lekkasjer, løse komponenter, dårlig effekt m.m.

Måling av tilstand

Tilstanden kan også vurderes ut fra målinger under drift av utstyret ved hjelp av måleinstrumenter.

De mer avanserte metodene baserer seg på fast monterte sensorer eller indikatorer som temperaturmålinger, målinger av elektriske forhold, analyser osv. Innføring av dataovervåking og styring av lys, vifter og pumper vil også gjøre det lettere å innføre automatisk tilstandskontroll. Det er i dag lite bruk av automatiske indikatorer og sensorer i forebyggende tunnelvedlikehold, men de tekniske mulighetene for dette er som nevnt tilstede, men kostnadene må vurderes opp mot den nytten en kan forvente å få av slikt utstyr.

8.2 Korrigerende vedlikehold

Korrigerende vedlikehold går som navnet tilsier ut på å foreta vedlikehold etter at det har skjedd en stans eller et havari. Denne type vedlikehold reduserer driftssikkerheten vesentlig fordi det baseres på at komponentene kjøres til det oppstår feil. Det vil heller ikke være mulig å planlegge og budsjettere hvilke tiltak som må gjøres før de skjer. Denne type vedlikehold kalles også havaribasert vedlikehold.

Selv om det forebyggende vedlikeholdet generelt er å foretrekke, kan det være anleggselementer som vedlikeholdes etter prinsippet om korrigerende vedlikehold. Det vil si at dette anleggselementet ikke vedlikeholdes, men skiftes når det er defekt.

Ved planlagt korrigerende vedlikehold har en tenkt gjennom denne problemstillingen på forhånd, og bestemt hvilke komponenter dette skal gjelde, og hvor hurtig de skal erstattes. Det er altså planlagt hvordan feilen skal avhjelpest, men en har ikke mulighet for å forutsi når feilen vil oppstå. Dette er bare forsvarlig når det ikke går ut over sikkerheten for trafikantene eller annet utstyr i tunnelen.

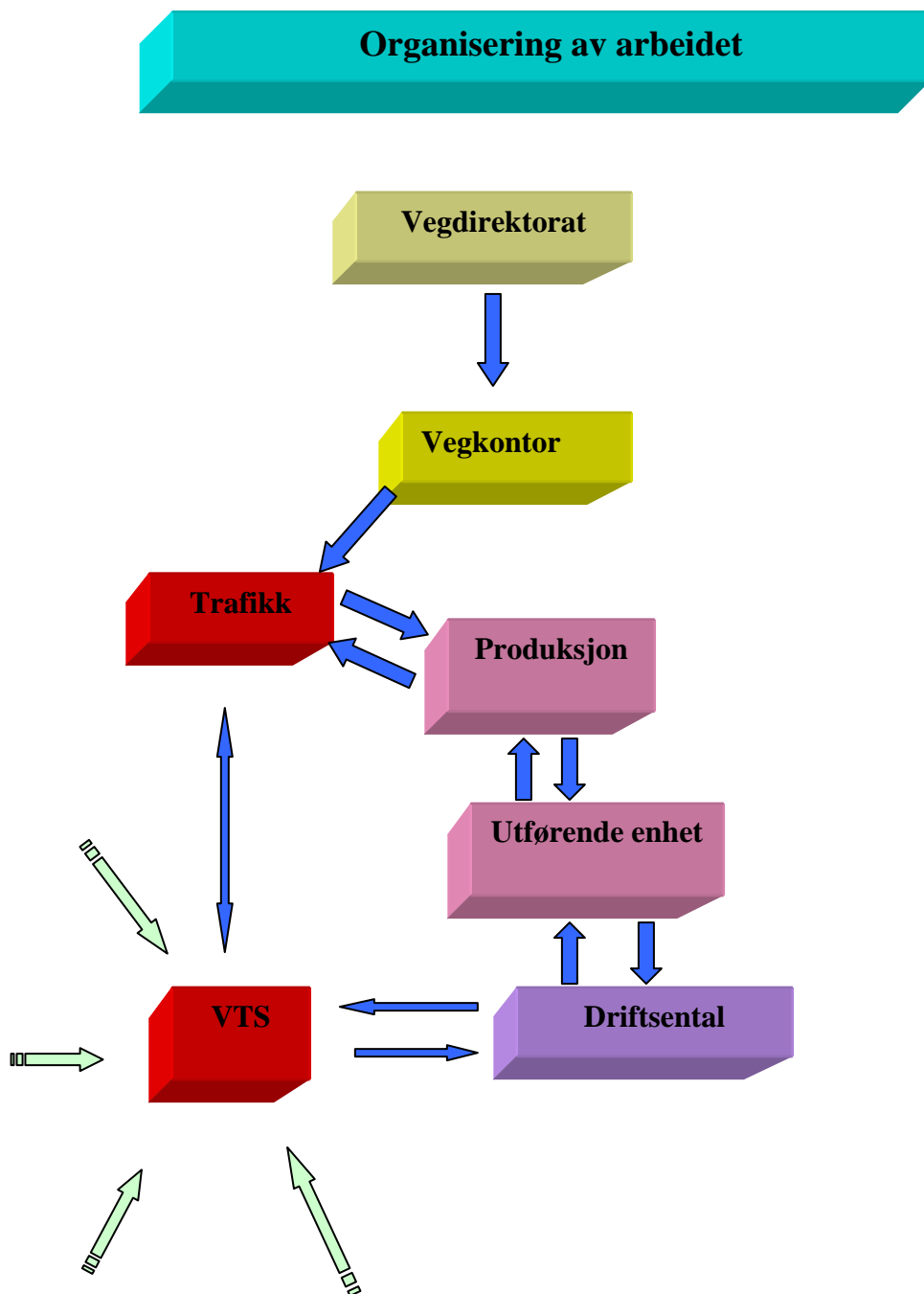
På tross av at det drives med forebyggende vedlikehold må en regne med at enkelte komponenter utsettes for feil eller skader som er forårsaket av påkjørsler eller lignende.. Når det skjer må en vurdere om det er feil som skal utbedres straks, eller om det kan utsettes til et mer passende tidspunkt.

Vedlikeholdskostnadene er meget sterkt knyttet til hvilken standard som skal opprettholdes. Man kan lett redusere kostnadene i nærmeste framtid gjennom å senke vedlikeholdsstandarden. Dette vil imidlertid føre til at kostnadene over lang tid uunngåelig vil bli større. Derfor er det meget viktig at man setter krav og vedlikeholdsstandard på en slik måte at det blir levetidskostnadene som blir vesentlige og at dette ikke går ut over kravene til sikkerhet og driftssikkerhet.

8.3 Organisering

Driftsansvarlig må velge en optimal vedlikeholdsorganisasjon som også må ta høyde for øvrige trafikale oppgaver i tillegg til tekniske spørsmål tilknyttet aktuelle vedlikeholdsoppgaver. Retningslinjer og instruksjoner for alle typer rutineoppgaver,

reparasjon av sikkerhetsutstyr og for større rehabiliteringsoppgaver er nødvendige. Samfunnskostnader i form av trafikkulempet vil generelt sett øke når tunnelen stenges for langvarige vedlikeholdsarbeid. Ved planlegging og bygging kan man ta høyde for måter å utføre drift og vedlikehold på som reduserer behovet for stengning.



9. Reduksjon av kostnader

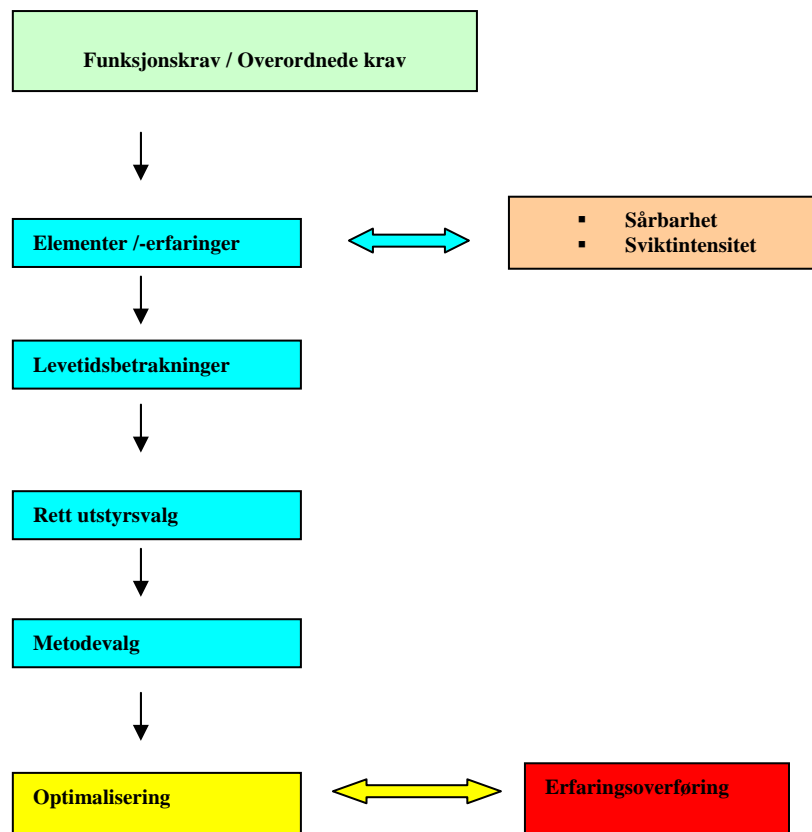
For å kunne redusere kostnadene med drift og vedlikehold er det en del grunnleggende forhold som må aksepteres:

- Løsningsvalg må baseres på at det skal utføres drift og vedlikehold i tunnelen. Dette tilsier at arbeid som skal utføres må kunne gjøres i størst mulig grad maskinelt. Disse valgene må gjøres i planfasen basert på erfaringen i driftsfasen.
- Levetidskostnader må vektlegges i atskillig større grad enn det som blir gjort ved nybygging og reinvesteringer i dag.
- Erfaringsoverføring må praktiseres ved nybygging. All nybygging må basere seg på erfaring fra driftsfasen. Disse erfaringene skal være dimensjonerende for valg i planfasen og ved fornying av standarder, håndbøker etc.
- Stengning av tunneler må skje i minst mulig grad for at den skal tilfredsstillende samfunnets behov.

Et optimalt vedlikehold vil i første rekke være avhengig av tunneltype og hvilke investeringer som er gjort i planfasen. Videre vil betingelsene for og tilgjengeligheten til drift og vedlikehold være helt sentrale:

- For å optimalisere drift og vedlikehold er det en forutsetning at de årlige bevilgningene gjør det mulig å utnytte tilgjengelige virkemidler for å oppnå en slik utvikling
- Riktig tunnelprofil i forhold til:
 - kjøretøyenes nye bredder og høyder
 - plass for maskinelt vedlikehold
 - sideareal/skulder som gir stopplass for havarerte kjøretøyer
 - tunnelens levetid på 50 år
- Valg av riktig utstyr i tunnelen
- Utstyret er plassert tilgjengelig med tanke på vedlikehold
- Riktig driftsform
- Fokus på enøk-tiltak
- Oppfølging i henhold til FDV-programmet Spektrum
- Krav til oppfølging av kostnader på definerte prosesser
- Fokuserer på overflater som er lyse og som er enkle og rimelige å holde rene

- Metoder er avhengig av at tunnelen er bygget og installert slik at det er mulig å drive et optimalt vedlikehold
- Kostnad må sees opp mot muligheten for å drive et optimalt vedlikehold basert på tunnelens utforming
- For å gi trafikantene en sikker tunnel med få stengninger er en avhengig av at tunnelen kan vedlikeholdes og driftes effektivt
- Derfor er en total gjennomgang av ovennevnte forhold viktig å avklare i planfasen slik at drifts- og reinvesteringskostnader kan synliggjøres som del av de totale byggekostnadene for et prosjekt
- Sårbarhet
- Sviktintensitet



For å kunne styre mot optimalt drift og vedlikehold må man ha kunnskap om hvilke forhold man skal styre etter, hvilke faktorer som påvirker styringen og hvilke faktorer som må påvirkes for at man skal få de resultatene man ønsker.