



Statens vegvesen

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler

Drift og vedlikehold av vegtunneler
Hovedktnader

Statens vegvesens rapporter

Nr. 132



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Tunnel og betong
Juni 2012

Tittel

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler

Undertittel

Drift og vedlikehold - Hovedkostnader

Forfatter

ViaNova Plan og Trafikk AS

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Tunnel og betong

Prosjektnummer

602182

Rapportnummer

Nr. 132

Prosjektleder

Harald Buvik

Godkjent av**Emneord**

Etatsprogram, Moderne vegtunneler, tunnel, strategi, drift og vedlikehold.

Sammendrag

Hovedmålsetningene i etatsprogrammet Moderne vegtunneler har vært:

- Legge fram forslag til en helhetlig tunnelstrategi som omfatter planlegging, bygging og drift og vedlikehold.
- Sikre at levetiden til nye tunnelkonstruksjoner er i samsvar med den foreslåtte strategien
- Sikre tunneldokumentasjon i standardiserte systemer
- Optimalisere tunnelplanlegging
- Brannsikre vann- og frostsikringsløsninger
- Sikre og videreutvikle en samlet tunnelkompetanse i egen etat og i samarbeid med bransjen

Antall sider

Dato Juni 2012

Title

Major Research and Development Project: Modern Road Tunnels

Subtitle

Operation and maintenance - Main Costs

Author

ViaNova Plan og Trafikk AS

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Section

Tunnel og betong

Project number

602182

Report number

No. 132

Project manager

Harald Buvik

Approved by**Key words**

Major R&D projects, Modern Road Tunnels, Tunnel, Strategy, Operation and Maintenance.

Summary

The main objectives of the Moderne Road Tunnels project have been:

- To provide the Norwegian Public Roads Administration with a clear policy on tunnel planning, construction and maintenance
- To ensure that the life cycle of tunnels and their equipment is in accordance with the adopted strategy
- To organize the documentation of technical solutions in our tunnels into a standard system
- To optimize tunnel design
- To further develop fireproof solutions for water and frost protection
- To clarify and continue the NPRA's tunnel expertise and contribute to increasing cooperation within the industry

Pages

Date June 2012

Forord

Rapporten dokumenterer resultater fra analyse av kostnader for drift og vedlikehold for vegtunneler, bygd etter tradisjonell utførelse iht håndbok 021 Vegtunneler og med utførelse med helstøpt tunnelhvelv.

Rapporten omfatter i tillegg en drøfting av drifts- og vedlikeholdsprosessen for vegtunneler, med forslag til forbedringer

Formålet med analysen og drøftingene er å gi et bidrag til grunnlaget for valg av strategi for bygging av tunneler samt utvikling av strategi for drift og vedlikehold av vegtunneler.

Arbeidet utgjør en del av Etatsprogrammet Moderne vegtunneler, Delprosjekt 8 Drift og vedlikehold.

Innhold

Innhold

Forord	1
1 Innledning	4
2 Datakilder for drifts- og vedlikeholdskostnader	4
3 Kostnadsbildet for vegtunneler	6
3.1 Innledning	6
3.2 Samlede kostnader for vegtunneler	6
3.3 Kostnader pr kilometer tunnellop	7
3.4 Drift og vedlikehold: Hovedkostnader	13
3.5 Vegtunneler iht nytt byggekonsept	21
4 Drift og vedlikehold av vegtunneler	23
4.1 Drift og vedlikehold	23
4.2 Informasjon, erfaringsoverføring og kompetanse	25
4.3 Styrende dokumenter	26
4.4 Trafikkavvikling	26
4.5 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)	27
5 Referanser	28

<blank side>

1 Innledning

Kostnadene knyttet til drift og vedlikehold av vegtunneler representerer viktige indikatorer for drifts- og vedlikeholdsvirksomheten.

Kostnadstall for drift og vedlikehold gir indikasjoner om hvilke områder som har størst ressursbehov og som derfor bør prioriteres når det gjelder styringsinnsats og metodeutvikling. Kostnadstall utgjør videre viktige måleparametre for virksomheten, både for å registrere utvikling og måle effekten av tiltak. Kostnadstall for drift og vedlikehold kan også fortelle noe om tilstanden for tunnelene gjennom sammenligning med historiske data eller normtall dersom slike finnes.

Denne rapporten gir informasjon om situasjonen for vegtunneler i Norge ved å framstille en del trekk ved kostnadsbildet for drift og vedlikehold av vegtunnelene. Formålet med framstillingen av kostnader for drift og vedlikehold er på den ene siden å illustrere omfanget av oppgavene og på den andre siden legge et grunnlag for prioritering av innsats innen drift og vedlikehold. Dessuten vil en illustrasjon av drifts- og vedlikeholdskostnader også tjene til å vise effekten av nye krav og strategier innenfor tunnelområdet samt konsekvensene av å ikke opprettholde tilstanden på tunnelen i henhold til vedtatte standarder.

2 Datakilder for drifts- og vedlikeholdskostnader

Kostnadstall kan gi informasjon om hvilke kostnader som er knyttet til de ulike drifts- og vedlikeholdsoppgavene og de ulike objektene samt om hva som påvirker kostnadene. Kostnadsinformasjon gir dermed grunnlag for å vurdere og for å prioritere forbedringsarbeid. Forutsetningen for å kunne gjøre analyser for slikt formål er at det foreligger kostnadsinformasjon med et detaljeringsnivå som gjør det mulig å isolere de enkelte påvirkningsparametrene.

Eksisterende kostnadsinformasjon for vegtunneler tilfredsstiller i utgangspunktet ikke et slikt krav. Det er heller ikke mulig å etablere et nøyaktig og konsistent datagrunnlag for historiske kostnader gjennom bearbeiding av eksisterende data. Dette skyldes forhold knyttet til de entrepris- og kontraktsforhold som er i bruk og som ikke gir informasjon om kostnader med god nok relasjon til tilstand, mengde eller ressursinnsats. Videre skyldes det detaljeringsgrad og beskrivelsesmuligheter i regnskapssystem.

Disse forholdene fører til at kostnadsinformasjon må tas fram fra ulike kilder og på ulike måter og det er da ikke alltid mulig å få samme innhold (f. eks. objekter eller oppgaver) inn i de kostnadsoversiktene som tas fram. Kostnadene blir da ikke alltid helt sammenlignbare. Forskjeller kan i slike tilfeller skyldes ulikheter i datagrunnlag og ikke reelle forskjeller i kostnader for drift og vedlikehold. Manglende bevissthet om slike forhold kan føre til feil konklusjoner. Dataene som presenteres i dette kapitlet inneholder også unøyaktigheter og feil knyttet til disse forholdene, men unøyaktighetene og feilene er redusert til et nivå der de ikke har betydning for de konklusjoner som trekkes.

I dette arbeidet er det benyttet følgende kilder for å ta fram informasjon om drift og vedlikehold (og rehabilitering) av vegtunneler:

- Driftskontrakter og elektrokontrakter (inkludert noen spesifikke tunnelkontrakter)
- Behovsregistrering for vegtunneler for NTP 2014-23
- MOTIV-beregninger for drift og vedlikehold av vegtunneler

Det er ikke mulig på en enkel måte å trekke ut konsistente og anvendbare kostnadsdata fra drifts- og elektrokontraktene. Dette skyldes kontraktens prisformat med funksjonsbaserte oppgaver og begrenset funksjonsansvar for flere av oppgavene. Disse oppgavene prises da med en sum pr år for alle inngående mengder. Relasjonen til mengde og ressursbehov eller -forbruk framgår ikke, men må eventuelt tas fram i en kompleks analyse. For mengdebaserte oppgaver kan prisinformasjon trekkes ut, men dette omfatter bare en mindre del av alle oppgaver i entreprisene. I tillegg varierer prisene fremdeles svært mye mellom ulike områder og også mellom ulike tilbydere for samme entreprise.

Behovsregistrering for vegtunneler for NTP 2014-23 gir derimot et godt bearbeidet datagrunnlag for anslåtte kostnader for 10-års perioden fra 2014 til 2023 [1,2]. På overordnet nivå for regionen eller landet samlet gir datasettet verdifull og anvendbar informasjon. Deler av datagrunnlaget er også detaljert ned på enkelttunneler og fordelt på år i perioden.

MOTIV representerer i dag den mest komplette og oppdaterte modellen for drifts og vedlikeholdskostnader for vegtunneler. Siste versjon av MOTIV inkluderer også rehabiliteringskostnader for vegtunneler. Modellen kan nyttes på svært detaljert nivå mht objekter og oppgaver og er således godt egnet for bruk både på overordnet og detaljert nivå.

I forbindelse med forarbeidene for Oslopakke 3 ble det utarbeidet oversikter over km-kostnader for drift og vedlikehold av vegtunneler [3]. Dette representerer også en kilde for informasjon om tunnelkostnader. Dataene er imidlertid basert på analyser av de datakildene som er nevnt over og representerer således ikke en uavhengig informasjonskilde.

Vurderingene over gjelder data for riksvegnettet. Tilsvarende utfordringer finnes i enda større grad for fylkesvegnettet.

Bruk av ulike datakilder for både gjeldende og historiske data innebærer noen utfordringer fordi kostnadene er inndelt i kategorier betegnet drift, vedlikehold, utskiftning, rehabilitering, o.l. med ulike grenser mellom kategoriene og ulike definisjoner av kategoriene. Sammenligning av data fra ulike kilder vil derfor alltid innebære en unøyaktighet fordi oppgaveinnhold og objektinnhold ikke er det samme.

3 Kostnadsbildet for vegtunneler

3.1 Innledning

Kostnadsbildet for vegtunneler som presenteres i dette kapitlet bygger i stor grad på data for vegtunneler på riksvegnettet fordi grunnlagsdata som hovedregel er mer komplett for riksveg enn for fylkesveg. Men fylkesvegtunneler inngår i datagrunnlaget flere steder, både som enkelttunneler og i sammendragsoversikter.

3.2 Samlede kostnader for vegtunneler

Registreringer utført i forarbeidet for NTP 2014-2023 gir kostnadsbehov for vegtunneler på riksvegnettet på om lag 20 mrd kroner for rehabilitering og oppgradering og drøyt 400 mill kr pr år for drift og vedlikehold¹ [1].

MOTIV-beregning av kostnader til drift og vedlikehold gir et kostnadsnivå på omlag 450 mill kr pr år for riksvegtunneler og om lag 170 mill kr pr år for fylkesvegtunneler. Dette forutsetter en steady state med tilstand med kontinuerlig overholdelse av vedlikeholdsstandarden gitt av håndbok 111 [4].

MOTIV-beregning av kostnader for rehabilitering av vegtunnelene på riksvegnettet under samme forutsetninger gir et kostnadsnivå på om lag 600 mill kr pr år. Rehabilitering omfatter i MOTIV-sammenheng utskiftning av objekter etter utgått normal levetid. For fylkesvegnettet er tilsvarende årlig rehabiliteringsbehov beregnet til noe under 200 mill kr.

Dagens tunnelforfall trer tydelig fram ved å sammenholde MOTIV-beregnet rehabiliteringskostnad på riksveger til omlag 600 mill kr pr år, mens registrert behov i en ti-års periode framover ligger i snitt på nesten 2 000 mill kr pr år (inkludert nødvendige oppgraderinger).

Mer detaljert informasjon om normalkostnadene for riksvegtunnelene er vist i tabellen nedenfor.

Riksvegtunneler Sortert etter største kostnadspost	Totale kostnader		Kostnader pr løpskm	
	Drift/vedlikehold kr/år	Rehabilitering kr/år	Drift/vedlikehold kr/år	Rehabilitering kr/år
Strøm	99 079 244	0	159 664	0
Tunnelkonstruksjon	83 824 528	333 391 811	135 081	537 254
Reinhold	63 896 413	0	102 968	0
Strømforsyning/fellesanlegg	45 136 895	43 210 672	72 737	69 633
Dekkevedlikehold	42 562 299	0	68 588	0
Sikkerhetsutrustning	32 926 947	65 881 517	53 061	106 167
Belysning inkl kabelbru	26 862 233	111 439 804	43 288	179 583
Ventilasjon	14 689 192	40 202 073	23 671	64 785
Reparasjon av elektroinstallasjoner	9 134 328	0	14 720	0
Oppmerking og optisk ledning	8 005 086	0	12 900	0
Trafikkberedskap	6 333 649	0	10 207	0
Pumpe	4 193 870	0	6 758	0
Luftrenseanlegg	3 050 667	0	4 916	0
Drenering	2 685 223	0	4 327	0
Rekkverk og støtpute	1 145 249	0	1 846	0
Kantstein	986 342	0	1 589	0
Kuldeport	525 652	0	847	0
Avfuktingsanlegg	0	0	0	0
Hendelsesdetektering	0	0	0	0
Sum	445 037 817	594 125 877	717 169	957 421

¹ Anslaget for kostnader til drift og vedlikehold omfatter for de fleste tunneler ikke drift og vedlikehold av drengssystem og vegdekker, det finnes noen unntak fra dette for tunneler i Bergen og Oslo.

Tilsvarende detaljert informasjon om normalkostnadene for fylkesvegtunnelene er vist i tabellen nedenfor.

Fylkesvegtunneler Sortert etter største kostnadspost	Totale kostnader		Kostnader pr løpskm	
	Drift/vedlikehold kr/år	Rehabilitering kr/år	Drift/vedlikehold kr/år	Rehabilitering kr/år
Tunnelkonstruksjon	56 968 319	84 564 944	126 475	187 742
Strøm	22 311 594	0	49 534	0
Strømforsyning/fellesanlegg	18 553 268	31 909 392	41 190	70 842
Dekkevedlikehold	16 921 871	0	37 568	0
Reinhold	13 066 103	0	29 008	0
Sikkerhetsutrustning	9 572 304	19 662 055	21 251	43 652
Belysning inkl kabelbru	8 509 469	44 958 776	18 892	99 813
Ventilasjon	4 224 000	11 041 380	9 378	24 513
Trafikkberedskap	3 078 827	0	6 835	0
Pumpe	2 901 418	0	6 441	0
Reparasjon av elektroinstallasjoner	2 792 983	0	6 201	0
Oppmerking og optisk ledning	2 410 290	0	5 351	0
Rekkverk og støtpute	1 902 494	0	4 224	0
Drenering	1 782 448	0	3 957	0
Kuldeport	1 117 012	0	2 480	0
Luftrenseanlegg	610 133	0	1 355	0
Kantstein	338 656	0	752	0
Avfuktingsanlegg	0	0	0	0
Hendelsesdetektering	0	0	0	0
Sum	167 061 189	192 136 547	370 892	426 562

3.3 Kostnader pr kilometer tunnellop

Som vist i kap. 3.2 ligger gjennomsnittlig kostnad for drift og vedlikehold for vegtunneler iht beregning med MOTIV på om lag 720 kr pr meter tunnellop for riksvegtunneler og på om lag 370 kr pr meter tunnellop for fylkesvegtunnelene. Dette er gjennomsnittskostnader for de tunnelene vi har i dag med ulik ÅDT, lengde, tunnelklasse og utstyrsnivå².

I de følgende avsnittene gis det mer detaljert informasjon om variasjonen i drifts- og vedlikeholdskostnader for tunnelene på det norske vegnettet.

Km-kostnader for drift og vedlikehold for eksisterende tunnelmasse presenteres for følgende 3 hovedkategorier vegtunneler:

- a) 1 løps vegtunnel – oversjøisk
- b) 1 løps vegtunnel – undersjøisk
- c) 2 løps vegtunnel – oversjøisk

Kostnader presenteres for hver tunnelkategori i det ÅDT-intervallet som er relevant for kategorien iht dagens tunnelstrategi.

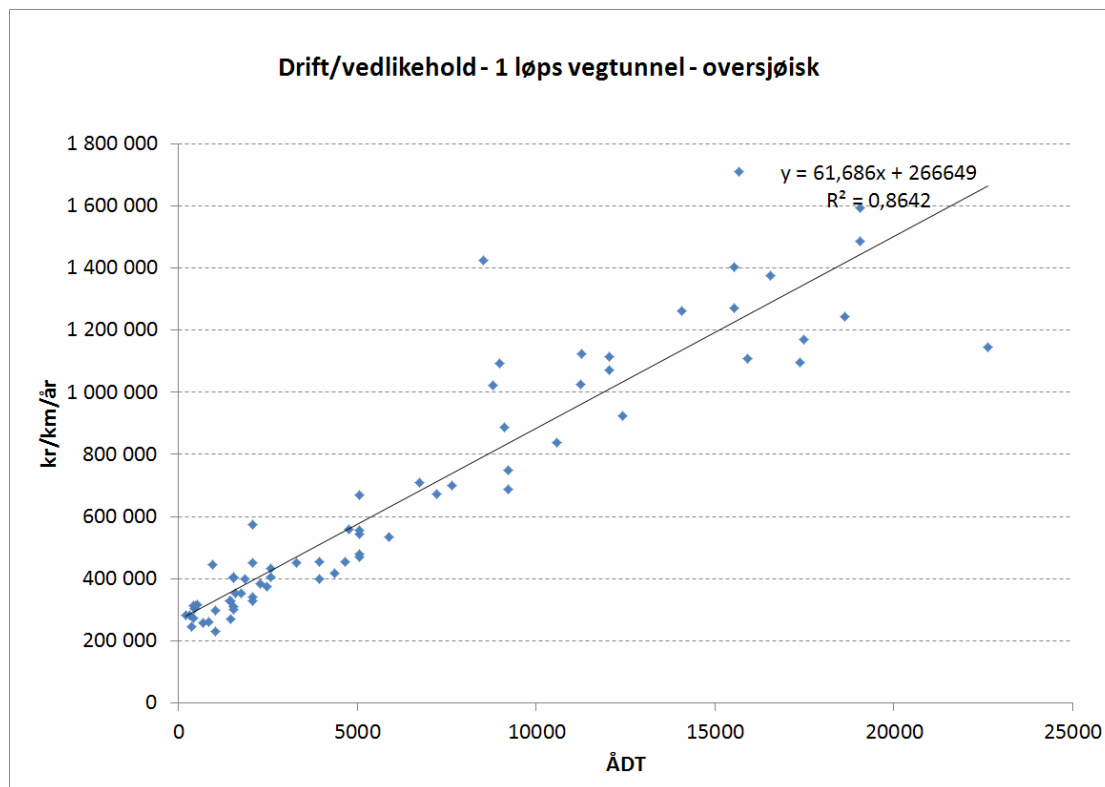
Kostnadene er gyldige for eksisterende tunnelmasse med det utstyrsnivå disse har pr i dag. Kostnadene er tatt fram gjennom MOTIV-beregning for et utvalg eksisterende tunneler. Kriteriene som ligger til grunn for utvalgene er følgende:

- Relevant ÅDT
- Tunnellengde i nærheten av 1 000 m
- Objektmengder for tunnelen er registrert i VDB/MOTIV

² Utstyrsnivå er for nybygde tunneler gitt av tunnelklasse, dvs av trafikkvolum og tunnellengde. For eldre tunneler er tunnelutstyret i hovedsak et resultat av hvilke oppgraderinger som er utført for tunnelen.

1 løps vegtunnel – oversjøisk

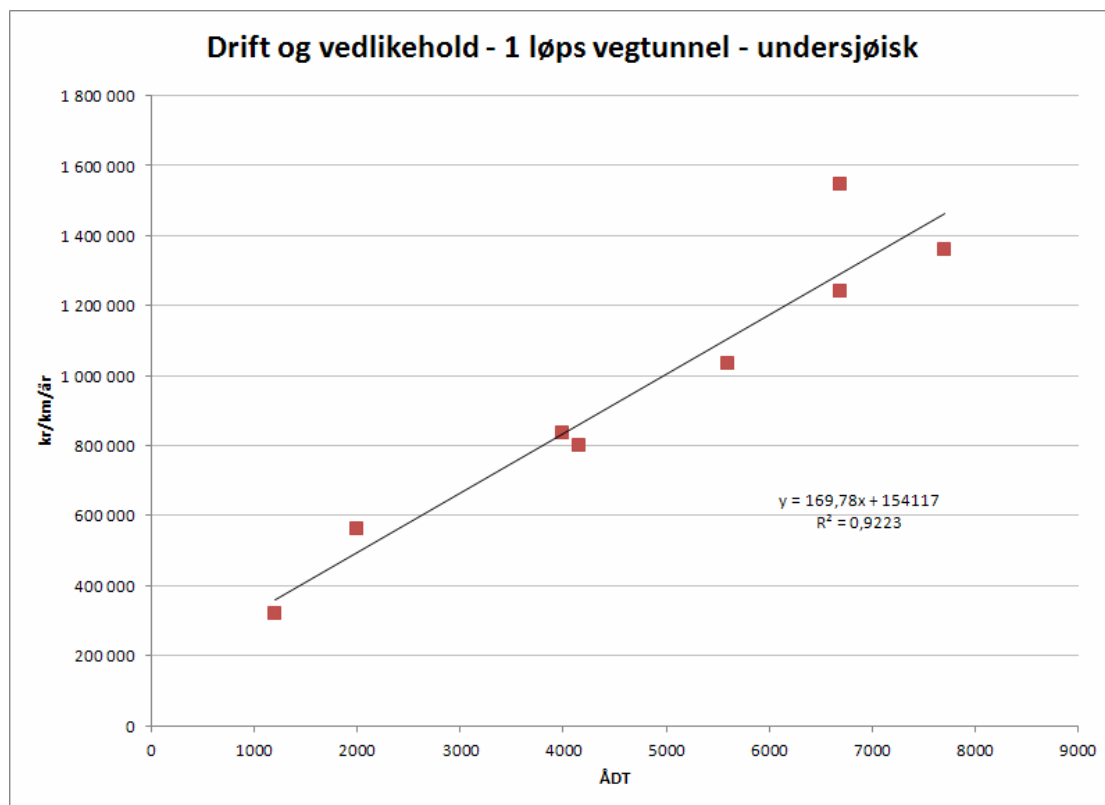
Kostnader for drift og vedlikehold for et utvalg eksisterende tunneler, oversjøiske tunneler med 1 tunnellop, er beregnet med MOTIV og vist i figuren nedenfor som funksjon av trafikkvolum ÅDT.



Figuren viser hvordan kostnadene øker med ÅDT samt variasjonen mellom tunneler med tilnærmet samme ÅDT. Variasjonen mellom tunneler med samme ÅDT kan ha reelle årsaker, som ulik bergkvalitet, ulikt sikringsnivå for berg, vann og frost og ulikt utstyrsnivå på grunn av forskjell i byggeår. Forskjellene kan imidlertid også skyldes feil i registrering av berg-, vann- og frostsikring og utstyr i den enkelte tunnel, dette forekommer relativt ofte.

1 løps vegtunnel – undersjøisk

Tilsvarende er kostnader for drift og vedlikehold for et utvalg eksisterende tunneler, undersjøiske tunneler med 1 tunnellop, beregnet med MOTIV og vist i figuren nedenfor som funksjon av trafikkvolum ÅDT.

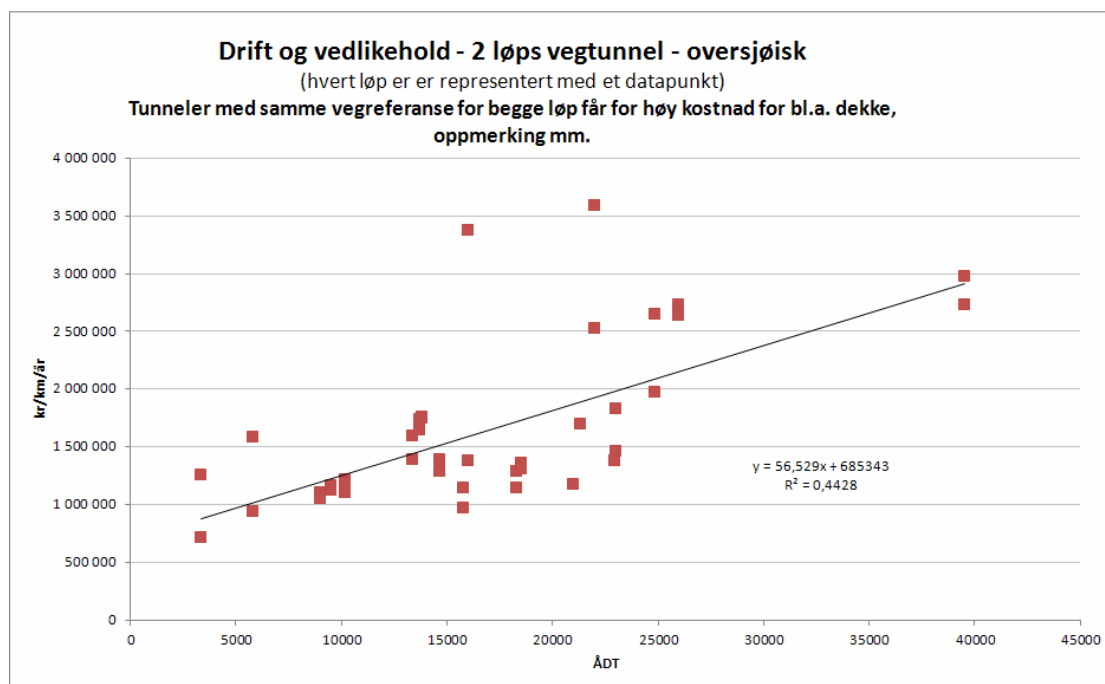


Sammenlignet med oversjøiske tunneler ligger kostnadsnivået for drift og vedlikehold for undersjøiske tunneler høyere med en sterkere stigning med økende ÅDT.

Undersjøiske tunneler er som regel lange. Gjennomsnittlig lengde for de 8 tunnelene i figuren over er 4 600 meter, altså betydelig lenger enn tunnelene i de tilsvarende figurene for oversjøiske tunneler.

2 løps vegtunnel – oversjøisk

Tilsvarende er også kostnader for drift og vedlikehold for et utvalg eksisterende tunneler, oversjøiske tunneler med 2 tunnellop, beregnet med MOTIV og vist i figuren nedenfor som funksjon av trafikkvolum ÅDT



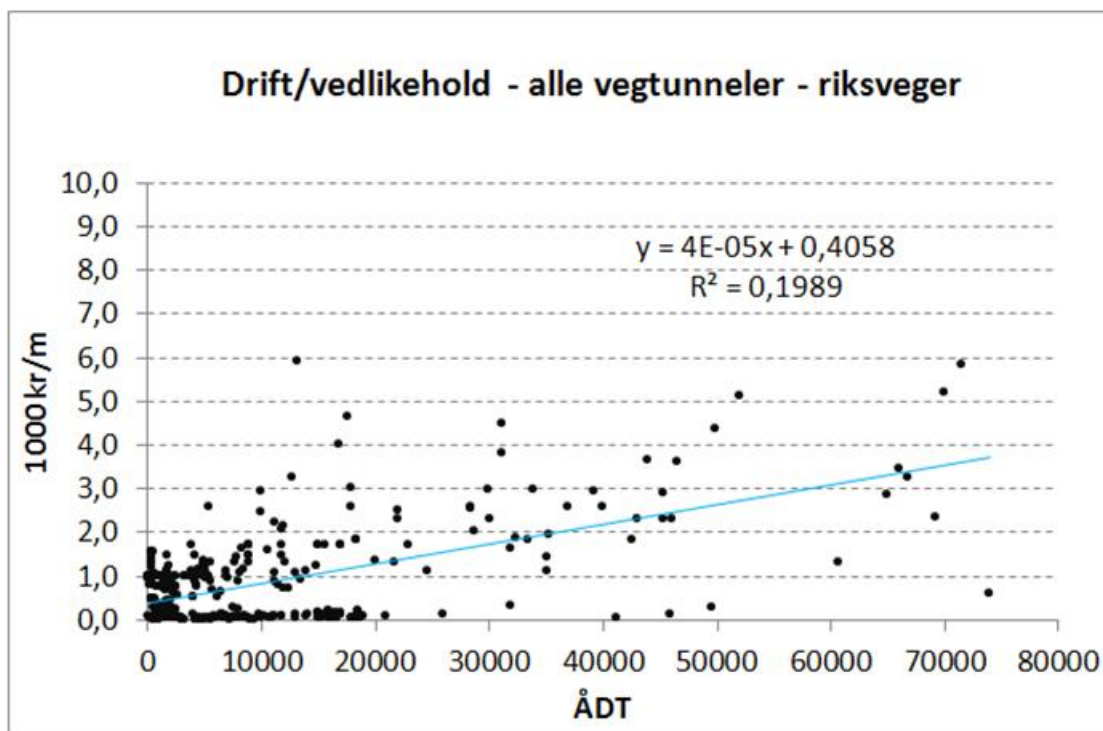
For 2-løps vegtunneler opptrer det noen spesielle forhold som kan gi feil i kostnadsberegningene. Noen vegtunneler har samme vegreferanse på de to tunnellopene. Dette kan medføre feil beregning av kostnader som ikke er direkte knyttet til registrerte mengder, f. eks vegdekker og vegoppmerking.

For noen tunneler er videre noe av tunnelutstyret registrert på det ene tunnellopet. Dette gir feil kostnader for det enkelte tunnellop, men rett kostnad for tunnelen samlet.

Sammenlignet med 1 løps tunneler ligger kostnadsnivået for drift og vedlikehold noe høyere, men ÅDT-avhengigheten er noe mindre.

NTP 2014-2023

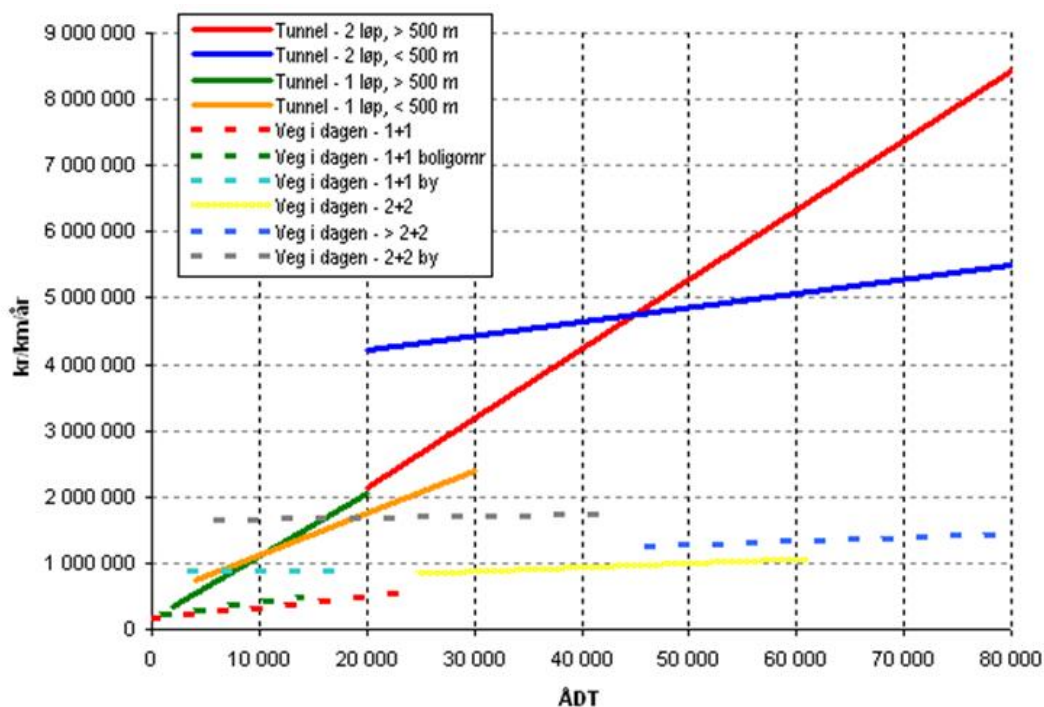
Drifts- og vedlikeholdsbehovet som er registrert i forarbeidet for NTP 2014-2023 gir også informasjon om ÅDT-avhengighet samt variasjon mellom enkelt-tunneler, som vist i figuren nedenfor.



Oslopakke 3: Vegtunnel – veg i dagen

I Oslopakke 3 – utredningen [3] ble det etablert km-kostnader for drift og vedlikehold for vegtunneler i ulike kategorier sammenlignet med tilsvarende kostnader for veg i dagen [3], se figuren under. Sammenstillingen viser også forskjellen i km-kostnader for korte og lange tunneler (prisnivå 2007, prisstigning fram til 2011 er 20 – 30 %).

Figuren viser tydelig hvordan km-kostnaden for tunnel øker med økt trafikkmenge.



For veg i dagen er denne økningen veldig liten. I drifts- og vedlikeholdssammenheng blir det dermed for veger med høy ÅDT mye dyrere med bruk av tunnel enn med veg i dagen.

Oslopakke 3 – beregningene er basert på forrige versjon av MOTIV samt på en annen fordeling av kostnader mellom drift/vedlikehold og rehabilitering enn MOTIV-beregningene rapportert over. Drift/vedlikehold-kategorien for Oslopakke 3 omfatter utskifting av flere objekter som i seinere analyser normalt er lagt til rehabiliterings-kategorien.

3.4 Drift og vedlikehold: Hovedkostnader

En viktig del av kostnadsbilder for drift og vedlikehold er hvordan de totale kostnadene fordeler seg på ulike objekter og aktiviteter.

Hovedkostnader for drift og vedlikehold for eksisterende tunnelmasse presenteres for følgende 3 hovedkategorier vegtunneler:

- a) 1 løps vegtunnel – oversjøisk
- b) 1 løps vegtunnel – undersjøisk
- c) 2 løps vegtunnel – oversjøisk

Kostnader presenteres for hver tunnelkategori i det ÅDT-intervallet som er relevant for kategorien i henhold til dagens tunnelstrategi.

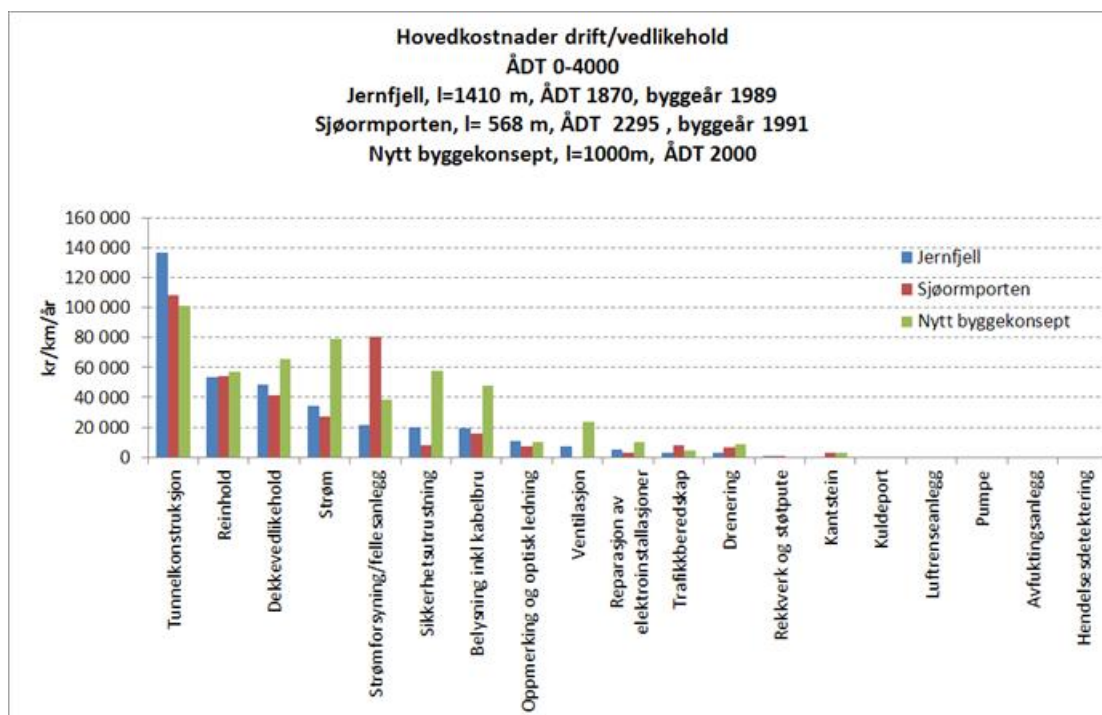
Kostnadene er gyldige for eksisterende tunnelmasse gitt de utstyrsnivået disse har pr i dag. Kostnadene er tatt fram gjennom MOTIV-beregning for utvalgte eksisterende vegtunneler. Tunnelene som er valgt ut for presentasjon, anses som representative med hensyn til drifts- og vedlikeholdskostnader i sin kategori og sitt ÅDT-intervall, men de kan representere svært ulike tunneler med hensyn til bergkvalitet, berg-, vann- og frostsikring og utstyrsnivå.

Mengden av enkelte objekter er ikke gitt av generelle krav, men utgjøres av prosjekterte mengder for den enkelte tunnel ut fra lokale forhold knyttet til tunnelen. Dette gjelder mengder for f. eks. pumper, ventilasjon/luftreanseanlegg, system for hendelsesdetektering, kuldeport, o.l. Kostnadene for drift og vedlikehold av slike objekter er derfor bare sammenlignbare mellom tunneler dersom man gjør en korreksjon for inngående mengder.

For hver tunnelkategori og hvert ÅDT-intervall er det også gjennomført en modellberegning av drifts- og vedlikeholdskostnader for en vegtunnel bygget etter ny tunnelstrategi og for øvrig i henhold til gjeldende håndbok 021, med helstøpt tunnelhvelv for ÅDT over 4 000.

1 løps vegtunnel – oversjøisk

Figuren nedenfor viser kostnader for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter/aktiviteter for vegtunneler med ÅDT under 4 000.

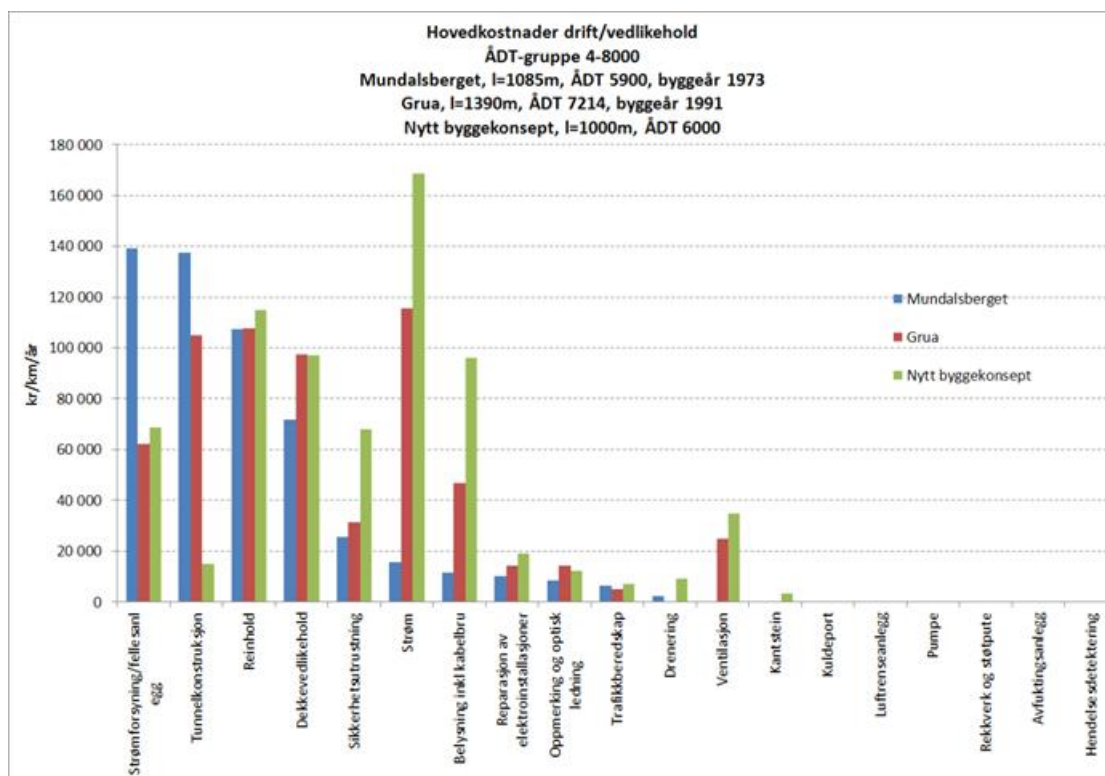


Betegnelsen “Nytt byggekonsept” angir her ny tunnelstrategi, men det innebærer ikke helstøpt tunnelhvelv for ÅDT under 4000. Derfor adskiller ikke kostnader for drift og vedlikehold for tunnelkonstruksjonen seg fra kostnadene for de eksisterende tunnelene.

I tillegg til kostnader for drift og vedlikehold av tunnelkonstruksjonen, ligger de høyeste delkostnadene på reinhold, vegdekker, strøm, strømforsyning/fellesanlegg, sikkerhetsutrustning og belysningsanlegg.

Kostnadene for strøm, strømforsyning/fellesanlegg, sikkerhetsutrustning og belysningsanlegg ligger høyere for den modellerte tunnelen enn for de eksisterende tunnelene. Dette skyldes forskjeller i kvalitetsnivå på anleggene i tunneler fra ca 1990 og tunneler bygd etter dagens krav.

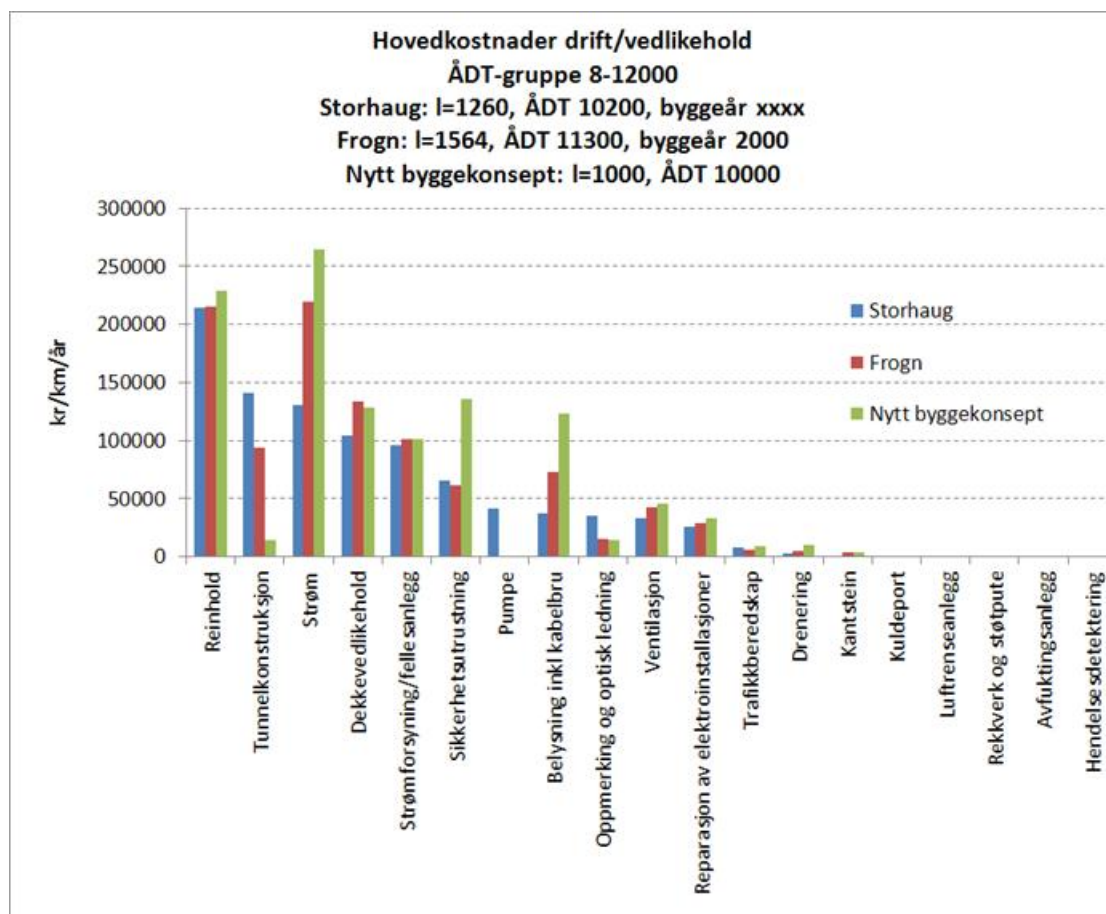
For ÅDT 4 000 – 8 000 framstår kostnadene for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter og -aktiviteter som vist på figuren nedenfor.



For dette ÅDT-intervallet ligger drifts- og vedlikeholdskostnadene for tunnelkonstruksjonen vesentlig lavere for modelltunnelen bygd i henhold til ny tunnelstrategi enn for de eksisterende tunnelene, på grunn av helstøpt tunnelhvelv. De tyngste kostnadselementene utgjøres (for de eksisterende tunnelene) av strømforsyning/fellesanlegg, tunnelkonstruksjon, reinhold, vegdekker, sikkerhetsutrustning, strøm og belysningsanlegg.

Helstøpt tunnelhvelv kan gi økte kostnader for drift og vedlikehold av drencsystem på grunn av utfelling av fast stoff i drencvannet (blant annet økt spylefrekvens). Slike kostnader er ikke inkludert i figuren over.

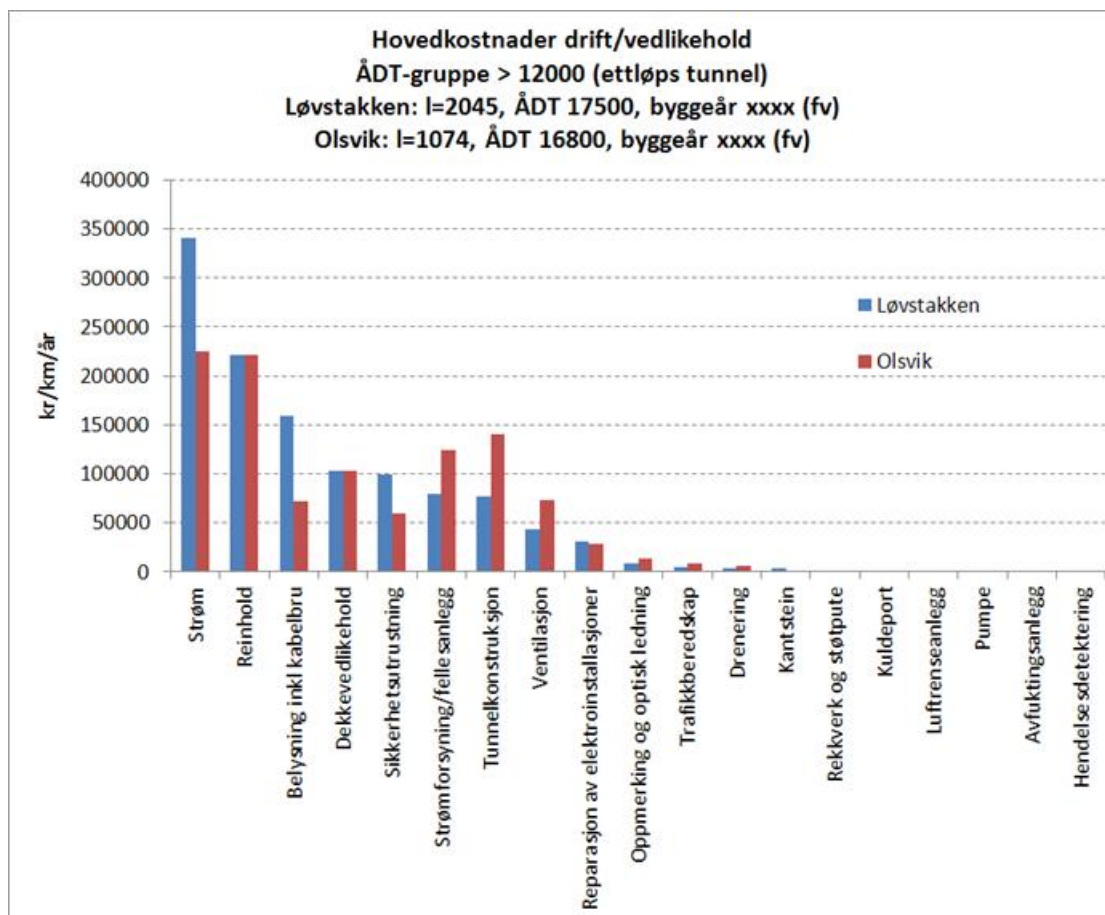
For ÅDT 8 000 – 12 000 framstår kostnadene for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter og -aktiviteter som vist på figuren nedenfor.



For denne gruppen med høyere ÅDT begynner kostnadene for reinhold og strøm å bli meget tunge kostnadselementer. Andre tunge kostnadselementene er (for de eksisterende tunnelene) strømforsyning/fellesanlegg, tunnelkonstruksjon, vegdekker, sikkerhetsutrustning og belysningsanlegg.

Helstøpt tunnelhvelv kan gi økte kostnader for drift og vedlikehold av drencsystem på grunn av utfelling av fast stoff i drencvannet (blant annet økt spylefrekvens). Slike kostnader er ikke inkludert i figuren over.

For ÅDT 12 000 – 50 000 framstår kostnadene for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter og -aktiviteter som vist på figuren nedenfor.

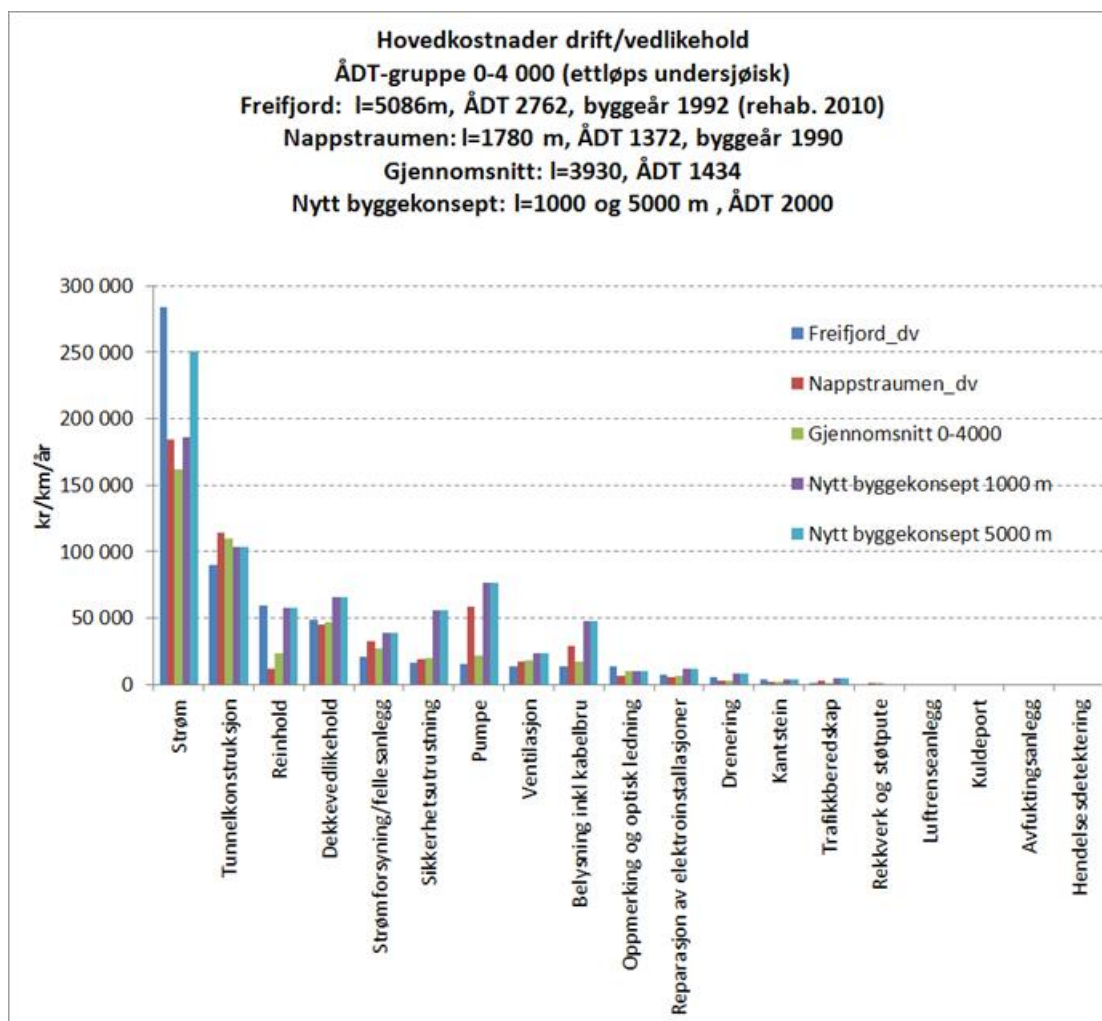


For dette ÅDT-intervallet er det ikke gjennomført modellberegning av 1-løps tunnel i henhold til ny tunnelstrategi fordi den nye strategien angir to-løps tunnel ved ÅDT 20 000.

For eksisterende tunneler er de tyngste kostnadskomponentene strøm, reinhold, belysningsanlegg, vegdekker, sikkerhetsutrustning, strømforsyning/fellesanlegg og tunnelkonstruksjon.

1 løps vegtunnel – undersjøisk

For ÅDT 0 – 4 000 framstår kostnadene for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter og -aktiviteter som vist på figuren nedenfor.

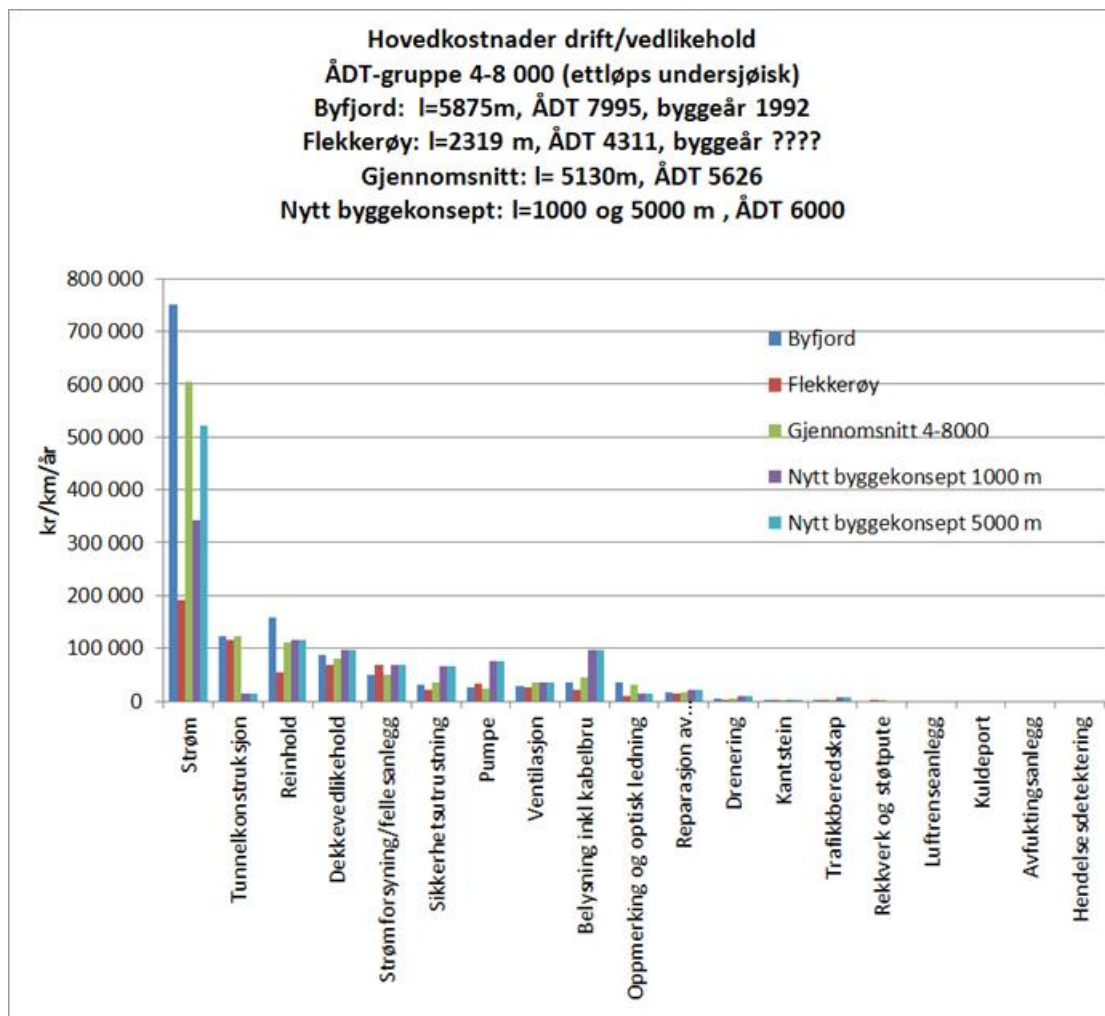


“Gjennomsnitt” angir gjennomsnittlige kostnader for alle undersjøiske vegtunneler i ÅDT-intervallet 0 – 4 000.

For undersjøiske tunneler er ikke 1 000 meter noen typisk lengde, derfor er det også kostnader for lengde 5 000 meter vist på figuren.

Betegnelsen “Nytt byggekonsept” angir her ny tunnelstrategi, men det innebærer ikke helstøpt tunnelhvelv for ÅDT under 4000. Derfor adskiller ikke kostnader for drift og vedlikehold for tunnelkonstruksjonen seg fra kostnadene for de eksisterende tunnelene.

For ÅDT 4 000 – 8 000 framstår kostnadene for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter og -aktiviteter som vist på figuren nedenfor.



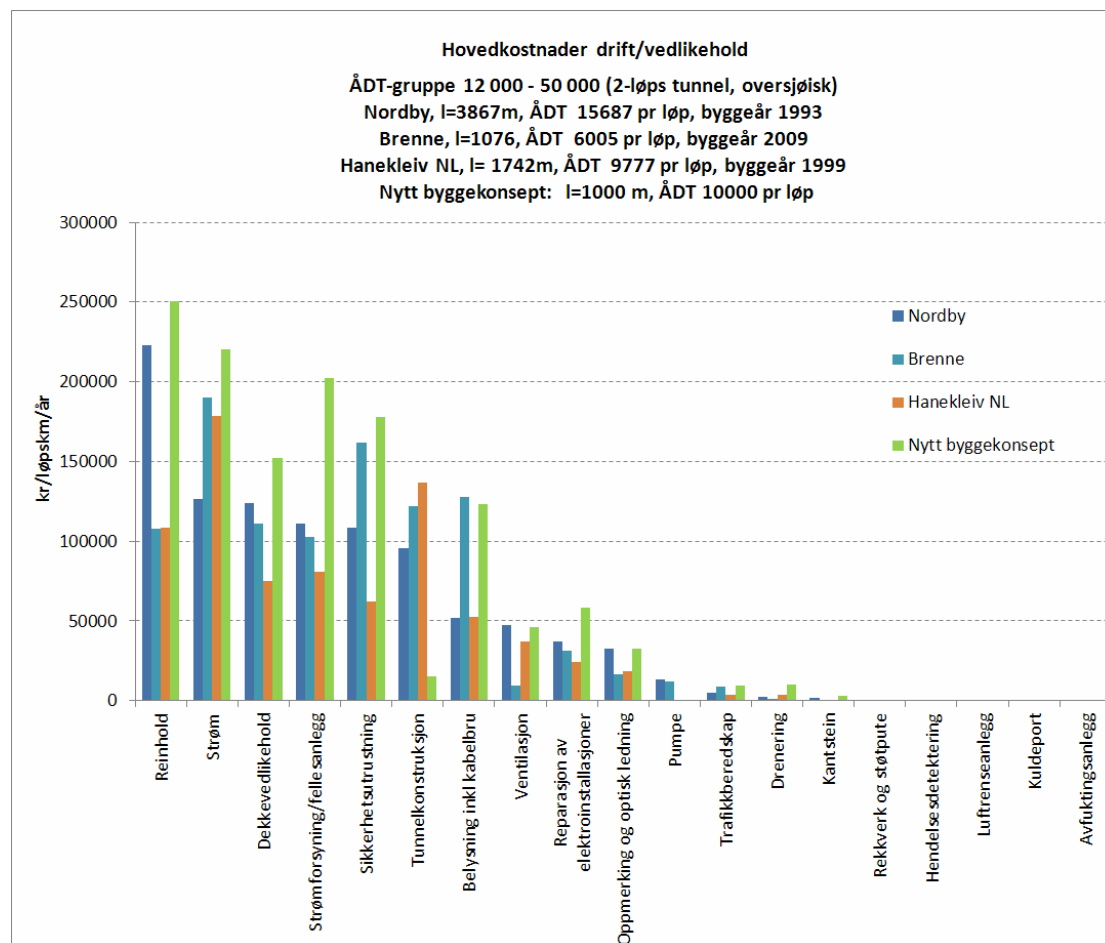
“Gjennomsnitt” angir gjennomsnittlige kostnader for alle undersjøiske vegtunneler i ÅDT-intervallet 4 – 8 000.

For undersjøiske tunneler er ikke 1 000 meter noen typisk lengde, derfor er det også kostnader for lengde 5 000 meter vist på figuren.

Helstøpt tunnelhvelv kan gi økte kostnader for drift og vedlikehold av drencsystem på grunn av utfelling av fast stoff i drencvannet (blant annet økt spylefrekvens). Slike kostnader er ikke inkludert i figuren over.

2 løps vegtunnel – oversjøisk

Figuren nedenfor viser kostnader for drift og vedlikehold fordelt på hovedobjekter/aktiviteter for 2 løps oversjøiske vegtunneler med ÅDT 12 000 – 50 000.



Forskjellene mellom tunnelene når det gjelder reinholdskostnader skyldes krav til hyppigere reinhold ved ÅDT/løp over 10 000.

For øvrig framgår det at de tyngste kostnadselementene (for eksisterende tunneler) er reinhold, strøm, vegdekker, strømforsyning/fellesanlegg, sikkerhetsutrustning, tunnelkonstruksjon og belysningsanlegg.

Helstøpt tunnelhvelv kan gi økte kostnader for drift og vedlikehold av drencsystem på grunn av utfelling av fast stoff i drencvannet (blant annet økt spylefrekvens). Slike kostnader er ikke inkludert i figuren over.

3.5 Vegtunneler iht nytt byggekonsept

Km-kostnader for drift og vedlikehold for vegtunneler bygd i henhold til nytt byggekonsept oppsummertes for følgende 3 hovedkategorier vegtunneler:

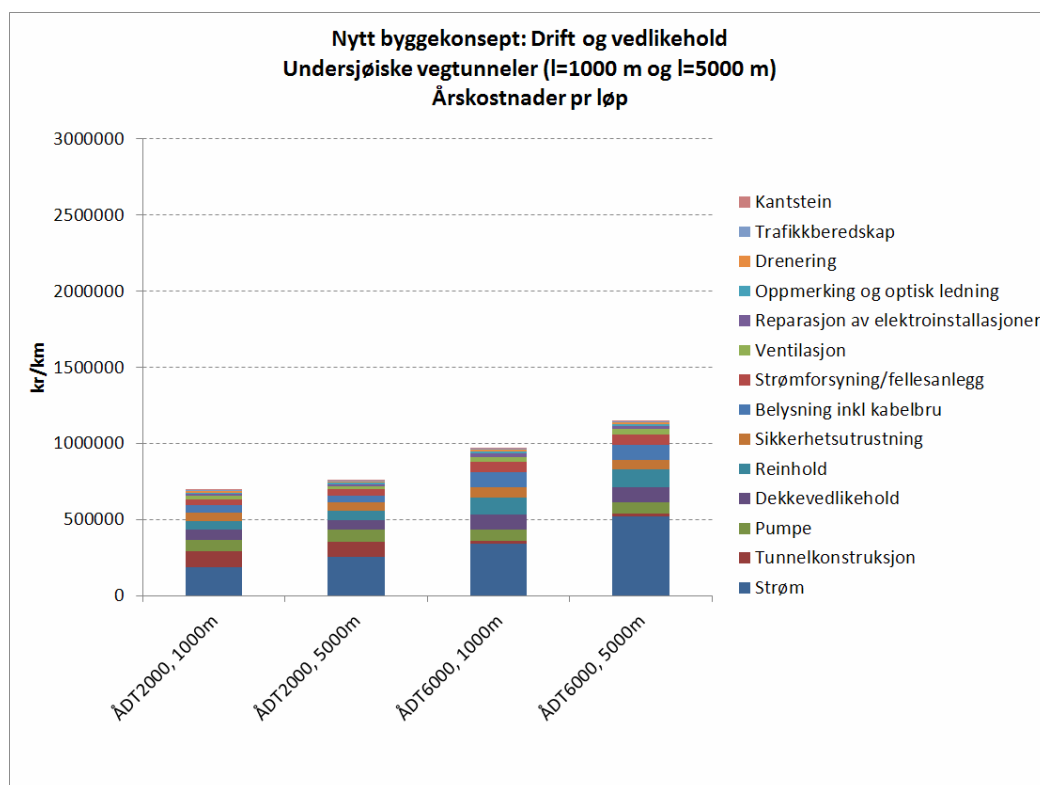
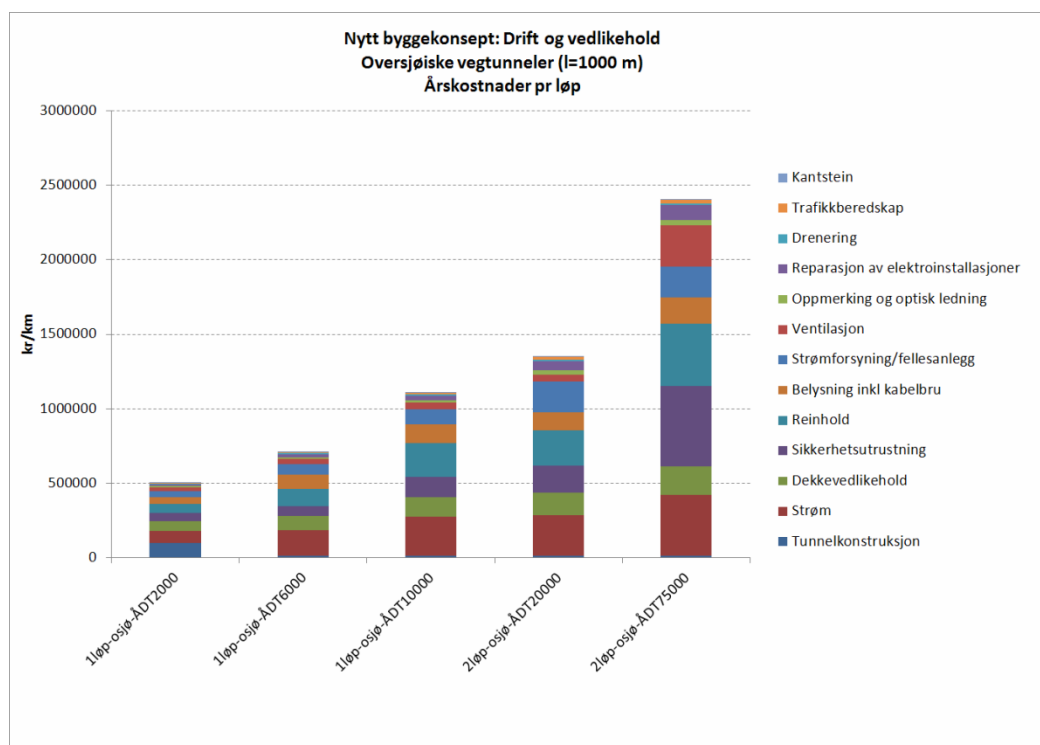
- a) 1 løps vegtunnel – oversjøisk
- b) 1 løps vegtunnel – undersjøisk
- c) 2 løps vegtunnel – oversjøisk

Kostnadene presenteres for hver tunnelkategori i det ÅDT-intervallet som er relevant for kategorien iht ny tunnelstrategi.

Kostnadene er tatt fram gjennom MOTIV-beregning for vegtunneler modellert i henhold til ny byggestrategi for vegtunneler, dvs etter håndbok 021 for ÅDT under 4 000 og med helstøpt tunnelhvelv for ÅDT over 4 000 (andre krav i henhold til håndbok 021).

ÅDT-intervall Beregningspunkt	Oversjøisk 1 tunnellop (1 000 kr/km-løp)	Undersjøisk 1 tunnellop 1000 m / 5000 m (1 000 kr/km-løp)	Oversjøisk 2 tunnellop (1 000 kr/km-løp)
0 – 4 000 2 000	510	700 / 800	
4 000 – 8 000 6 000	715	1 000 / 1 150	
8 000 – 12 000 10 000	1 100		
12 000 – 50 000 20 000			1 400
50 000 – 75 000			2 400

Fordelingen av disse kostnadene på de ulike kostnadselementene er vist på figurene på neste side.



Modellberegningene for ÅDT 2000 er ikke basert på nytt byggekonsept, men på gjeldende hb 021 (dvs ikke helstøpt tunnelhvelv).

Objekter som luftrenseanlegg, hendelsesdetektering og kuldeporter kan gi svært store drifts- og vedlikeholdskostnader. Disse objektene er ikke inkludert i figurene over fordi de bare er installert i et fåtall tunneler ut fra spesielle behov.

4 Drift og vedlikehold av vegtunneler

4.1 Drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold av vegtunneler skal sikre lave levetidskostnader for tunnel og tunnelutstyr, liten forstyrrelse for trafikkavviklingen og lav miljøpåvirkning. Utførelsen av drift og vedlikehold skal foregå slik at sikkerhet, helse og arbeidsmiljø ivaretas på en god måte for personer som er involvert i virksomheten.

Grunnlaget for en effektiv drift og vedlikehold er god informasjon om tunnel og tunnelobjekter og deres tilstand, gode rutiner for overvåking av tilstand og fastlegging av nødvendige drifts- og vedlikeholdstiltak med kjente og riktige effekter, en effektiv kontraheringsprosess samt god oppfølging av gjennomføringen av arbeidet.

Kontinuerlig forbedring av hele denne prosessen krever gode rutiner og systemer for innsamling, bearbeiding, lagring og gjenfinning av informasjon om tunnel og tunnelobjekter, tilstand, tiltak, kostnader og effekter. Etatsprogrammet Moderne vegtunneler har lagt grunnlag for denne virksomheten gjennom arbeidet med et komplett overordnet forvaltnings- og rapporteringssystem for vegtunneler med utgangspunkt i PLANIA [5], samt utviklingen av en standardisert, enkel og funksjonell metodikk for registrering, lagring og presentasjon av geologi- og sikringsdata for vegtunneler, Novapoint geologi og sikring [6].

Enhetlig informasjon om effekter av drifts- og vedlikeholdstiltak med tilhørende kostnader samt konsistent informasjon om tilstandsutvikling og levetider for tunnelobjekter er mangelvare i dag. Dette gir seg utslag i en stor variasjon i kostnader og levetider, og bare en del av denne variasjonen kan forklares ut fra objektiv variasjon i parametrene for de enkelte vegtunnelene (trafikk, lengde, utstyrsnivå, mm), se kap. 3 og [7]. Tilbudspriser i entrepriser for driftsoppgaver varierer også svært mye, både målt ut fra vinnende tilbud for flere vegtunneler og ut fra tilbudspriser for samme entrepriser. Dette antas å skyldes både manglende kunnskap og forhold som nevnt over, men også uklare og ikke entydige beskrivelser i konkurransegrunnlag.

Mange tekniske systemer er i dag en kombinasjon av programvare, elektronikk og mekaniske komponenter. Interaksjonene mellom det tekniske systemet og omverdenen blir etter hvert tettere med flere og større avhengigheter. Systemsikkerhet og kunnskap om denne blir dermed viktig. Vegtunneler representerer et meget komplekst system med mange objekter med intern avhengighet og med flere sett av konsekvenser for kapitalforvaltning, sikkerhet og trafikkavvikling. Fastlegging av et optimalt drifts- og vedlikeholdsopplegg krever en grundig og systematisk tilnærming. Drift og vedlikehold må derfor gjennomføres etter et fastlagt opplegg med hensyn til preventive og korrektive tiltak for hvert objekt, anlegg eller system basert på vurdering av hva som er samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk optimalt.

Utviklingen av et slikt systematisk opplegg for drift og vedlikehold skal ta utgangspunkt i en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS)³ for vegtunneler generelt

³ Risiko: Uttrykk for den fare som uønskede hendelser representerer for informasjon/objekter. Risikoen uttrykkes ved sannsynligheten for og konsekvensene av den uønskede hendelsen.

Sårbarhet: En svakhet som reduserer eller begrenser et systems evne til å motstå en uønsket hendelse, eller til å gjenopprette en ny stabil tilstand etter hendelsen har inntruffet.

supplert med en tilsvarende analyse for den enkelte vegtunnel. Den generelle analysen skal foretas på overordnet nivå for aktuelle tunnelkategorier (aktuelle ÅDT-intervall, ett-løp/to-løps tunneler, over/undersjøiske tunneler, mm). Resultatene må omformes til almenne krav og spesifikasjoner i normaler og retningslinjer. Spesielle ROS-analyser skal gjennomføres for den enkelte tunnel, i plan/prosjekteringsfase for nye tunneler eller i driftsfase for eksisterende tunneler.

Opplegget for drift og vedlikehold skal detaljeres videre ved hjelp av en RAMS-metodikk⁴ (Pålitelighet, Tilgjengelighet, Vedlikeholdsvennlighet og Sikkerhet). Vi bruker begrepet RAMS-metodikk her fordi det sannsynligvis er riktig med en RAMS-tilnærming, med anvendelse av noen hovedprinsipper, men ikke en full implementering av RAMS i alle levetidsfaser for vegtunneler, i alle fall ikke i starten. Over tid kan det imidlertid vurderes å gjennomføre RAMS-prosesser i alle faser. I første omgang skal RAMS-metodikken anvendes for å identifisere kritiske feil med hensyn til systemsikkerhet og dermed legge grunnlag for prinsipielle valg av hovedinnretning for vedlikeholdet, f. eks. valg mellom preventivt og korrektivt vedlikehold. RAMS-metodikken anvendt på denne måten skal også nyttes til vurdering av antall barrierer som skal etableres mot kritiske feil for å ivareta funksjonssikkerheten for tekniske installasjoner og systemer.

RAMS-prinsipper omtales i strategidokumentets kapittel og drift og vedlikehold. Men RAMS-planlegging og –styring må startes i planfasen med definering av systemet, fastsetting av overordnede mål, krav og premisser samt gjennomføring av RAM- og sikkerhetsanalyser. Dette ender opp med spesifisering av funksjons- og sikkerhetskrav. Deretter må dette videreføres i alle faser med prosjektering slik at kravene overholdes, bygging med produksjon og installering slik at det fysiske produktet tilfredsstiller kravene, validering av at kravene er ivaretatt ved overlevering og til slutt gjennomføring av drift og vedlikehold slik at funksjons- og sikkerhetskravene fortsatt blir ivaretatt.

ROS- og RAMS-analyser skal suppleres med LCC-analyser⁵ for de enkelte objekter og systemer for å fastlegge et endelig operativt opplegg for drift og vedlikehold som sikrer optimal utførelse med hensyn til tiltak, tiltakets omfang og frekvenser.

Opplegget for drift og vedlikehold skal også inkludere metoder og rutiner for tilstandsregistrering. For konstruktive og bærende elementer bør dette opplegget baseres på prinsippene i NS 3424⁶ og samordnes med tilsvarende opplegg på brusiden (BRUTUS)⁷. For andre objekter, teknisk utstyr mm, videreføres bruken av PLANIA for registrering, analyse og rapportering av tilstand.

Drift- og vedlikeholdsoppgavene bør kontraheres og styres med et sett av kontraktstyper og med en inndeling i fagområder som i tillegg til å gi effektiv drift og vedlikehold av vegtunnelene, også sikrer riktig og nødvendig informasjonsgrunnlag om tilstand, tiltak, mengder, frekvenser og kostnader for bruk i videre planlegging av drift

⁴ RAMS = Reliability, Availability, Maintainability and Safety, se f. eks. NEK EN 50126-1:1999.

⁵ LCC = Life Cycle Costing, en økonomisk metode som sammenstiller investeringskostnad med framtidige kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU).

⁶ NS 3424 (1995) Tilstandsanalyse for byggverk (under revisjon i 2011).

⁷ Brutus er Statens vegvesens informasjons- og planleggingsverktøy for forvaltning, drift og vedlikehold av bruer og andre byggverk i vegnettet. Informasjonsdelen består av en database hvor relevante data fra planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av byggverkene registreres og lagres. Planleggingsdelen brukes til å planlegge gjennomføringen av inspeksjoner og vedlikehold på byggverkene.

og vedlikehold samt erfaringsoverføring til rehabilitering, oppgradering og nybygging. Utforming og innhold i konkurransegrunnlag for drifts- og vedlikeholds-kontrakter skal bidra til dette hovedmålet, samt forbedre kalkulasjonsgrunnlaget for tilbyderne slik at riktig pris kan oppnås og variasjonene i tilbudspris reduseres.

Opplegg for driftsovervåking bør fastlegges for den enkelte vegtunnel, sett i sammenheng med eventuelle vegtunneler på samme rute eller i et sammenkoblet nettverk. Nivå og metode for driftsovervåking (overføring av informasjon til byggherrevakt, overvåking på VTS eller overvåking på egen driftssentral) skal primært fastlegges ved planlegging av vegtunnelen eller av rehabiliterings- og oppgraderingsarbeider, men behovet kan også oppstå i ordinær driftsfase for tunnelen(e). Valg av nivå må gjøres på grunnlag av vegnettets kompleksitet, antall tunneler i sammenhørende vegnett, trafikkmengde, tunnellengde, mm.

Effektiv drift og vedlikehold kan også fremmes gjennom standardisering av tunnelkonstruksjon og tunnelobjekter. Anskaffelsesregelverket legger en del føringer for hvordan slik standardisering kan foretas, men har tilstrekkelig åpning for bestemmelser som tillater standardisering som bruk av rammeavtaler og felles innkjøp for flere prosjekter. Alle systemer skal ha åpne grensesnitt og felles grensesnitt mot overordnede systemer.

Standardisering av utstyr og systemer er også nødvendig for å sikre kontinuerlig tilfredsstillende styring og overvåking i driftsfasen og for å ivareta alle rutiner knyttet til sikkerhetsmessige forhold i forbindelse med trafikkstyring og evakuering og redning i ikke-normale situasjoner.

Driften av vegtunneler bør sikres med beredskapsopplegg for utvalgt reservemateriell for objekter som er avgjørende for at tunnelen kan holdes åpen og sikker, som strømforsyning, ventilasjon og pumper (virksomhetskritisk materiell). Reserve-materiell eller -systemer kan etter spesiell vurdering installeres for den enkelte tunnel eller som mobile enheter som dekke flere tunneler. Samarbeid over regionsgrenser samt med andre etater bør etableres.

4.2 Informasjon, erfaringsoverføring og kompetanse

Informasjonsoverføring fra bygging, rehabilitering og oppgradering til drifts- og vedlikeholdsfasen og erfaringsoverføring fra drifts- og vedlikeholdsfasen tilbake til planlegging, prosjektering, bygging, rehabilitering og oppgradering må, for å oppnå de ønskede effektene, sikres gjennom formaliserte arbeidsprosesser som:

- FDV-planlegging av tunnelprosjekter samt rehabiliterings- og oppgraderingsprosjekter
- Drifts- og vedlikeholdsrevisjon av tunnelprosjekter samt rehabiliterings- og oppgraderingsprosjekter
- Kostnadsberegning av drift og vedlikehold for tunnelprosjekter samt rehabiliterings- og oppgraderingsprosjekter
- Utarbeidelse av som-bygget-dokumentasjon samt FDV-dokumentasjon for tunnelprosjekter samt rehabiliterings- og oppgraderingsprosjekter

Et hovedgrep for å sikre og spre kompetanse vedrørende vegtunneler skal være å videreføre og videreutvikle tunnelskolen [8]. Deltagelse på tunnelskolen skal settes inn i en større sammenheng i virksomheten for å sikre at det er de rette personene som gis tilbud om opplæring og at disse personene etter gjennomført skole inngår i arbeidet med vegtunneler i Norge. Oppdatering av kompetanse skal ha konkrete mål og hensikt. Deltagelse på tunnelskolen skal være en del av en helhetlig plan for kompetanseoppbygging med fokus på bruken av kompetansen i ettertid. Slike kriterier for deltagelse på tunnelskolen vil bidra til at tunnelfaget utvikles raskere ved at tillært kunnskap settes på prøve og kan videreutvikles i praktisk virke.

I tillegg kan det vurderes å arbeide med formalisering av krav til kompetanse for flere fagområder innenfor vegtunnelområdet. I dag foreligger det formelle forskriftsfestede krav til kompetanse innenfor elektroområdet. For nye områder er det i de fleste tilfeller antagelig ikke aktuelt med forskriftsfesting av krav, men utvikling av interne krav i Statens vegvesen og krav til aktører som utfører arbeid for Statens vegvesen.

4.3 Styrende dokumenter

Styrende dokumenter for tunnelvirksomheten består i dag av en lang rekke dokumenter av ulike typer og med svært ulik tilgjengelighet. Det bør gjøres et arbeid for å samle, kategorisere, sammenstille og gjøre tilgjengelig disse dokumentene. På litt lengre sikt bør det arbeides for å redusere antallet styrende dokumenter og lette tilgangen på dem gjennom å slå sammen enkelte dokumenter og etablere enklere dokumentstruktur.

4.4 Trafikkavvikling

Drift og vedlikehold samt rehabiliterings- og oppgraderingsarbeider i vegtunneler utgjør hovedårsaken til forstyrelsene av trafikkavviklingen i tunnelens levetid sett samlet [9]. Effektene av trafikale hendelser er i sum mye mindre, selv om de ofte opptrer på tidspunkter hvor situasjonens effekt isolert sett blir stor. Effektiv organisering og samordning av drifts- og vedlikeholdstiltak er derfor viktig for å redusere effekten på trafikkavviklingen. Det foreslås å etablere "oppetid" for tunnelen som en mål- og kvalitetsparameter. Oppetid defineres som den tiden tunnelen er åpen for trafikk og vil normalt bli registrert gjennom den inverse parameteren "stengetid", dvs den tiden tunnelen er stengt for trafikk. Oppetid bør beregnes pr år og kan angis som %-andel av året hvor tunnelen er åpen for trafikk.

I etatsprogrammet Moderne vegtunneler er det utviklet en metodikk for beskrivelse og beregning av oppetid basert på en kategorisering av hendelser i planlagte og ikke planlagte hendelser [9]. Metodikken kan nyttes både for analyse basert på generell hendelsesstatistikk og for registrering av reell oppetid for konkret vegtunnel.

Kvaliteten på trafikkavviklingen i vegtunnelen bør følges opp gjennom registrering av oppetid for vegtunnelen med tilhørende årsaker til stengning. Oppetid og årsaker til stengning bør rapporteres årlig, og benyttes for analyse av hendelser og driftsopplegg som grunnlag for forbedringsarbeid.

Tunnelprofil T10,5 for ÅDT > 1 500 anses fordelaktig fra drifts- og vedlikeholdssiden fordi det gir mulighet for bedre trafikkavvikling under utførelse av drifts- og vedlikeholdsarbeider gjennom tovegsregulering av trafikk i ett løp (ved to-løps

tunneler) samt større mulighet for gjennomføring av sideorientert arbeid med trafikk i en retning i tunnellopet.

4.5 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)

Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) bør videreføres etter eksisterende retningslinjer [10]. Et spesielt fokus må rettes på forhold knyttet til arbeid i vegtunneler med trafikk samt inspeksjon bak hvelv. Ny byggestrategi vil løse problemene knyttet til inspeksjon bak hvelv for nye tunneler ved at behovet for slik inspeksjon faller bort, men utfordringen vil fortsatt være tilstede for eksisterende vegtunneler [11].

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler har ikke tatt fram ytterligere anbefalinger eller forslag på SHA-området.

5 Referanser

- 1 Rapporter om registrering av forfall og om behov knyttet til utbedring av forfallet på riksveger, utarbeidet i forbindelse med NTP 2014-2023. Vegdirektoratet, under utarbeiding høsten 2011 (unntatt offentlighet)
- 2 Rapporter om registrering av forfall og om behov knyttet til utbedring av forfallet på fylkesveger. Statens vegvesen, under utarbeiding høsten 2011 (unntatt offentlighet)
- 3 Oslopakke 3 – Partiell analyse lokk og tunneler
Kostnader for drift og vedlikehold
ViaNova Plan og Trafikk AS, 2007
- 4 Standard for drift og vedlikehold
Håndbok 111
Statens vegvesen 2003
(håndbok 111 er under revisjon, ny utgave vil gjelde fra 2014)
- 5 Moderne vegtunneler
PLANIA videreutvikling av forvaltningssystem
Delprosjekt 6
(under utarbeidelse)
- 6 Kartlegging med Novapoint Tunnel
Geologi og bergsikring
(Foreløpig utgave)
Are Håvard Høien, Tore Humstad, Alf Kveen
Trafikksikkerhets-, miljø- og teknologiavdelingen, Vegdirektoratet
- 7 Moderne vegtunneler
Analyse av konsekvenser av alternative byggestrategier
ViaNova Plan og Trafikk AS
2011-06-14
- 8 Tunnelskolen
Sluttrapport for gjennomføring av pilot 2008-2009, kull 1 og 2
Statens vegvesen, Vegdirektoratet
April 2010
- 9 Moderne vegtunneler
Vegtunnelers oppetid
ViaNova Plan og Trafikk AS
2011-12-02
- 10 Helse, miljø og sikkerhet ved arbeid i trafikkerte vegtunneler
Håndbok 213
Statens vegvesen
1999 (under revisjon 2011)

- 11 Veiledning om inspeksjon bak hvelv
Vegdirektoratet
(under utarbeidelse)



Statens vegvesen

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162