

Notat

E39 Romsdalsfjorden VegRAMS - analyser Kostnader, oppetid og spesielle forhold

Til: Harald Inge Johnsen, Statens vegvesen
Fra: Åsmund Holen/Johnny M Johansen, ViaNova Plan og Trafikk AS
Kopi: Harald Buvik, Statens vegvesen
Dato: 2015-12-22
Rev.:
Arkiv: VNPT/20602/500/E39 Romsdalsfjorden 2015-12-22.docx

Formål: Notatet dokumenterer VegRAMS-prosessen som er gjennomført for E39 Romsdalsfjorden (undersjøisk tunnel) samt resultater for kostnadsanalyser, oppetidsanalyser og behandlingen av spesielle tema knyttet til tunnelen.

Dokumenthistorie		
Dato	Revisjon	Fordeling
2015-12-22	Endelig utgave	Prosjektledelse
2015-12-17	Kommentarutgave	Prosjektledelse
2015-12-09	Kommentarutgave	VegRAMS-deltagere

Innhold

1	VegRAMS-prosess for E39 Romsdalsfjorden	3
2	Systembeskrivelse	4
2.1	Basisalternativ	4
2.2	Alternativ-analyser: Oversikt	5
2.2.1	Fartsgrense 90 km/t	5
2.2.2	Kjørbar tverrforbindelse i lavbrekk	6
2.2.3	Tverrsnitt T9,5	7
2.2.4	Tverrslag	8
2.2.5	Arbeid i trafikkert tunnellop	8
2.3	Spesielle tema	9
3	Basisalternativ: Kostnader og oppetid	10
3.1	Metode og forutsetninger	10
3.1.1	Drift og vedlikehold	10
3.1.2	Rehabilitering	10
3.1.3	Hendelser	12
3.2	Kostnader	13
3.3	Oppetid	14
4	Alternativ-analyser	18
4.1	Fartsgrense 90 km/t	18
4.2	Kjørbar tverrforbindelse i lavbrekk	19
4.3	Tverrsnitt T9,5	20
4.4	Tverrslag	21
4.5	Arbeid i trafikkert løp	22
5	Spesielle tema	25
5.1	Pumpeløsning	25
5.2	Ventilasjon	25
5.3	Trafikkstyring	26
5.4	Nautneset: Kryssløsninger	27
5.5	Vegg/hvelv	27
5.6	Vegoppmerking	29
5.7	Stigningsforhold (tunge kjøretøy)	30
5.8	Kjøring mot kjøreretning – KMK - spøkelsesbilister	31
5.9	Fjellrom	32
5.10	Stengt bru pga vind	32
5.11	Slamdeponi	33
5.12	ATK	33
5.13	Vinterdrift	33
6	Referanser	36
Vedlegg 1	Deltagere i VegRAMS-prosess	38
Vedlegg 2	Oppetidsmodell - planlagt drift og vedlikehold	39

1 VegRAMS-prosess for E39 Romsdalsfjorden

I forbindelse med utarbeidelsen av reguleringsplan for ny E39-kryssing av Romsdalsfjorden, fra Vik i Vestnes kommune, via Nautneset i Midsund kommune, til Julbøen i Molde kommune, ble det avtalt mellom E39-prosjektet og Vegdirektoratet å gjennomføre en VegRAMS-prosess for den undersjøiske tunnelen under Romsdalsfjorden. VegRAMS-analysen inngår som en pilot i Vegdirektoratets VegRAMS-utvikling.

VegRAMS-prosessen har bestått av VegRAMS-analyser av kostnader og oppetid for tunnelen kombinert med vurderinger av spesielle trekk og forhold knyttet til tunnelen. VegRAMS-analysen er utført for ett basialternativ for tunnelen samt et antall alternativ-analyser for spesielle varianter av noen hovedtrekk ved tunnelen (fartsgrense, kjørbare tverrforbindelse, tverrslag, mm).

Deler av arbeidet er gjennomført som 2 VegRAMS-seminarer [15,16] med tverrfaglig deltagelse av prosjektmedarbeidere og fagpersoner fra andre enheter og selskaper. Oversikt over deltagerne i VegRAMS-prosessen er vist i Vedlegg 1.

2 Systembeskrivelse

2.1 Basisalternativ

Grunnlagsinformasjonen for tunnelprosjektet er gitt i planprogram, kostnadsoverslag, risikoanalyse samt andre dokumenter [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Oppsummert systembeskrivelse for basisalternativet er som følger:

Tunnellengde 16,020 km

350 m betongtunnel Vik – 15.630 m fjelltunnel – 40 m portal Nautneset

Tunnelklasse E

Tverrsnitt 2 x T10,5 (tunnelprofil iht N500 med buede veggelement)

Vann- og frostsikring: Prefabrikerte veggelementer hvitmalte og PE-skum og sprøytebetong i taket

Tetting mot innlekkasje av vann: 40 l/km/min

Fartsgrense 110 km/t

Dimensjonerende trafikkmengde: 9.500 (tunnel), 13.300 (bru)

Stigningsforhold:

Vik tilstøtende veg mot Ørskogfjellet: lang stigning - 3 % (tunnel) - 1 % (veg i dagen)

Tunnel: 5 % - 3 %/ramper 6 % (kryss Nautneset)

Julsund bru: 5 %

Dybde/lavpunkt: - 358 m

Uten tverrslag

Uten kjørbar tverrforbindelse i lavbrekk (for ordinær trafikk i avvikssituasjon)

Uten tverrforbindelser som er kjørbare for nødetater

Gangbare tverrforbindelser, noen lages med større tverrsnitt av hensyn til driving/arbeid under bygging

GS-/kjøreveg (saktegående kjøretøy) på bru

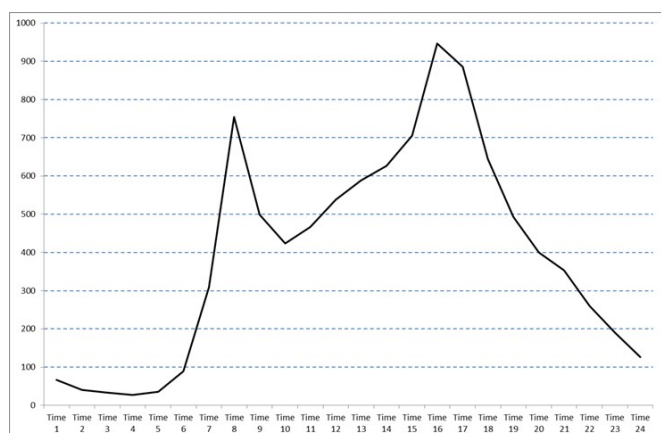
Kryss i fjell Nautneset, kryssalternativ 3

Seksjonsinndeling av trafikkstyringssystem (2-3000 m) med overlapp mellom seksjoner

Hendelsesdetektering (ITV/AID)

Arbeid i trafikkert tunnellop: Iht gjeldende bestemmelser

Dimensjonerende trafikkmengde er 9.400 [1]. Det foreligger ikke anslag på andel tunge kjøretøy eller fordeling av trafikk over døgnet. VegRAMS-analysen legger til grunn timestrafikk som vist i Figur 1. Trafikkfordelingen er basert på fordelingskurver fra tunneler i området.



Figur 1 Antatt timestrafikk.

Trafikkavvikling i avvikssituasjon forutsettes gjennomført med alternativer som vist i Tabell 1.

Alternativ	Beskrivelse
Stengt tunnel Manuell regulering	Omkjøring: E39/Rv 64 Molde – Åndalsnes (ferge Sølsnes – Åfarnes) Rv 668 Midsund (ferge Dryna – Brattvåg) Ikke reserve/beredskapsferger
Stengt ett løp Fjernstyrt regulering	Tovegsregulert trafikk i det andre løpet Nedsatt hastighet Uten kjørbar tverrforbindelse: Hele tunnallengden Med kjørbar tverrforbindelse: Halve tunnallengden
Stengt ett kjørefelt Fjernstyrt regulering	All trafikk i det andre kjørefeltet Nedsatt hastighet Seksjonsvis, lengde 2-3000 m, med overlapp mellom seksjoner Normal trafikk i det andre løpet

Tabell 1 Trafikkavvikling i avvikssituasjoner

2.2 Alternativ-analyser: Oversikt

2.2.1 Fartsgrense 90 km/t

Vegvesenet legger til grunn at det planlegges for fartsgrense 110 km/t for å bygge opp under ønsket om redusert reisetid. Dette er en endring i forhold til kommunedelplanen, som la til grunn fartsgrense 90 km/t.

Alternativet med fartsgrense 90 km/t innebærer at kryssløsning 0b kan nyttes for kryss på Nautneset. Konsekvensene av dette mht kostnader og oppetid (enklere kryss i fjell, mindre innlekkasje) analyseres i VegRAMS-alternativanalyse.

Det finnes også andre kombinasjonsalternativer mht fartsgrense og kryssløsning:

- Fartsgrense 90 km/t med kryssløsning alternativ 3
- Kryssløsning alternativ 0b med fartsgrense 110 km/t fra Vik-siden til kryss Nautneset (begge kjøreretninger) og fartsgrense 90 km/t fra og med kryssområdet og videre mot Molde (begge kjøreretninger)

Disse kombinasjonsalternativene analyseres ikke spesifikt i VegRAMS-alternativanalysen, men konsekvenser kan utledes av de analysene som utføres.

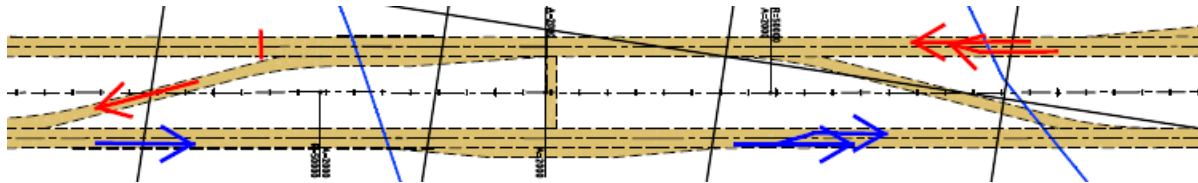
Vurdering av trafikksikkerhetsmessige konsekvenser av fartsgrense 90 km/t er gjennomført i en egen risikoanalyse.

2.2.2 Kjørbar tverrforbindelse i lavbrekk

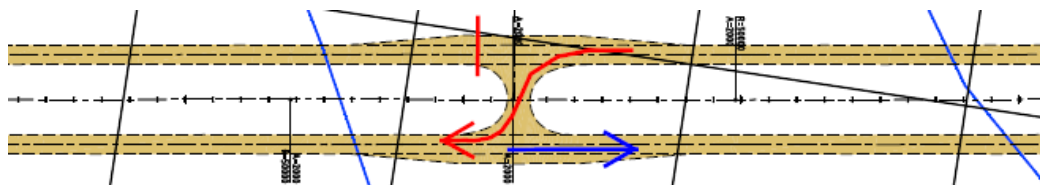
Kjørbar tverrforbindelse¹ kan etableres i bunnen av tunnelen (om lag midtvegs) for å bedre trafikkavvikling i avvikssituasjoner med ett løp stengt [2]. Trafikken kan da avvikles med tovegs motgående trafikk i et løp i kun 8 km i stedet for gjennom hele tunnelen på 16 km.

Det arbeides med tre alternative utforminger av tverrforbindelsen, se Figur 2.

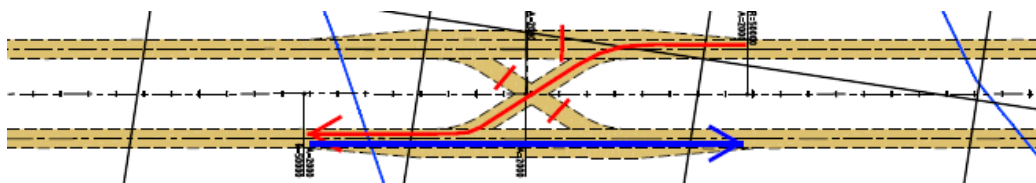
Alternativ a:



Alternativ b:



Alternativ c:



Figur 2 Kjørbar tverrforbindelse – alternative utforminger.

Konsekvensene av etablering av kjørbart tverrforbindelse mht kostnader og oppetid analyseres i VegRAMS-alternativanalyse.

Vurdering av trafiksikkerhetsmessige konsekvenser av kjørbart tverrforbindelse er gjennomført i en egen risikoanalyse.

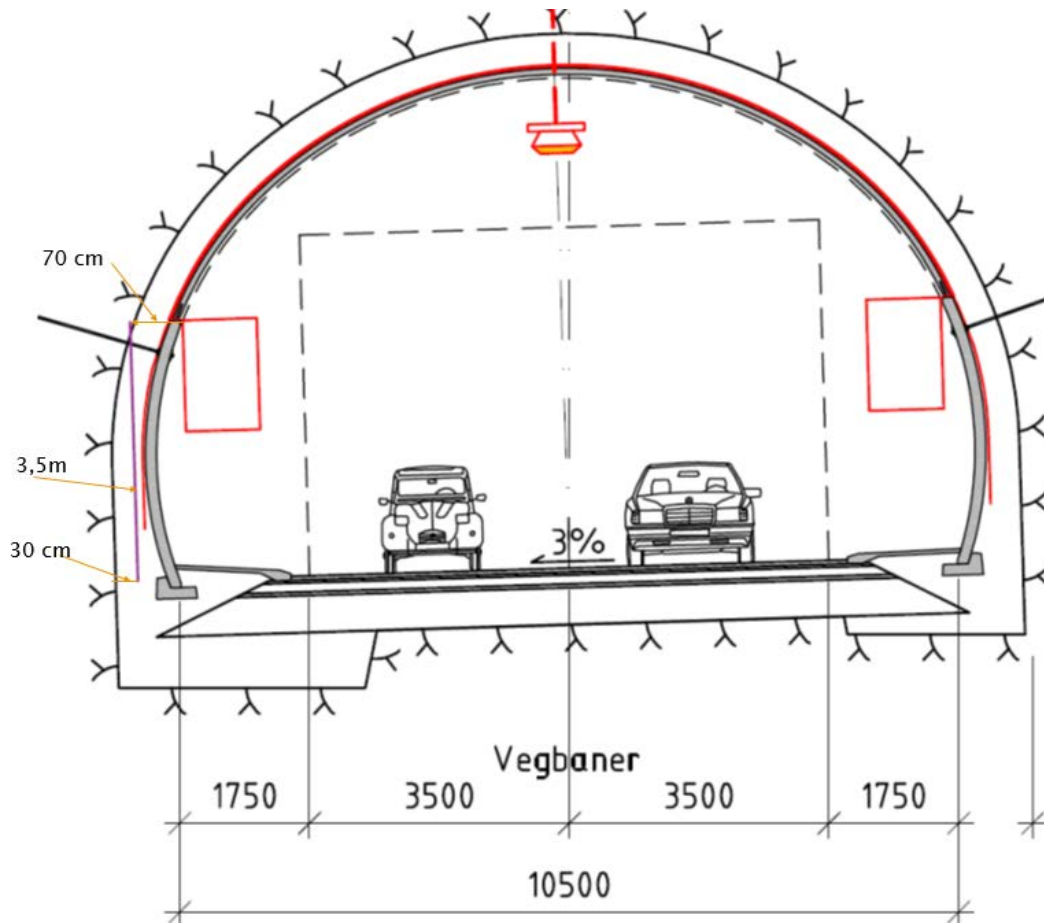
¹ Følgende begreper benyttes i dette notatet:

Kjørbar tverrforbindelse: Tverrforbindelse mellom tunnellop som kan brukes til å lede trafikk fra ett tunnellop til det andre i en avvikssituasjon.

Tverrslag: Tverrslag er atkomsttunneler til hovedtunnelen. Dette gir flere angrepspunkter for tunneldriving og forkorter byggetiden. Tverrslagene kan beholdes som nødutganger e.a. etter at tunnelen er tatt i bruk eller de kan stenges etter at tunnelen er ferdig drevet.

2.2.3 Tverrsnitt T9,5

Basisalternativet tar utgangspunkt i tunneltverrsnitt T10,5, se Figur 3. Tunnelklasse E tilsier iht N500 tunnelprofil T9,5. Tunnel lengre enn 10 km, trafikkavvikling med motgående trafikk i samme løp i avvikssituasjonen samt behov for ekstra plass til skilt mm har, blant annet i risikoanalysen, pekt på økt tverrsnitt (T10,5) som viktig avbøtende tiltak, spesielt for trafiksikkerhet men også for utførelse av drift og vedlikehold, oppetid, mm.



Figur 3 Tunneltverrsnitt T10,5.
Skissen antyder også spesiell utforming for E39 Romsdalsfjorden, se kap. 5.5.

Tverrsnitt T9,5 vurderes i VegRAMS-alternativanalyse mht kostnader og oppetid. En annen hovedeffekt av T10,5 ligger i trafiksikkerhet, som er vurdert i risikoanalysen.

2.2.4 Tverrslag

Ved bygging av to-løps undersjøisk tunnel for E39 under Romsdalsfjorden er det mulighet for tverrslag for å redusere byggetid [6]. Det er først og fremst fra Heggdal på Otrøya at tverrslag er aktuelt, men ytterligere ett tverrslag kan være hensiktsmessig å drive fra Leirvågen utenfor Vik pga. komplisert og lang løsmassetunnel for tunnelpåhugg/portal på denne siden.

Konsekvensene av etablering av tverrslag mht direkte kostnader og oppetid analyseres i VegRAMS-alternativanalyse. Andre konsekvenser (innlekkasje, alternativ bruk, mm) vurderes også. I tillegg oppsummeres øvrige fordeler og ulemper.

2.2.5 Arbeid i trafikkert tunnellop

Regelverket for arbeid i tunnel regulerer arbeid i trafikkert tunnel for å sikre arbeidstakerne et forsvarlig arbeidsmiljø. På den annen side representerer bestemmelser om stenging av tunnel eller tunnellop under utførelse av arbeid ulempe for trafikantene. Slike bestemmelser kan også medføre økning i medgått tid for utførelse av særlig mindre arbeider, med tilhørende økt forstyrrelse av trafikken.

Det er derfor viktig med god tilrettelegging av arbeidsvarslings- og trafikkstyringsopplegget og av arbeidsutførelsen inkludert spesialtilpasning av maskiner og utstyr slik at arbeidene om mulig kan utføres uten å stenge tunnellopet for trafikk.

For E39 Romsdalsfjorden forutsettes det i alternativanalysen at noen ordinære driftsoppgaver kan utføres med trafikk i tunnellopet, utover det som er tillatt i gjeldende bestemmelser. Gjennomføring av slike arbeider vil foregå med nødvendige varslings- og regulerings tiltak (variable fartsgrenseskilt og kjørefeltsignaler). Dette er basert på gode erfaringer med slik utførelse fra andre tunneler. Konsekvenser for kostnader og oppetid vurderes i alternativanalysen.

Prosjektet E39 Romsdalsfjorden har, i samråd med Vegdirektoratet, initiert arbeid med å utarbeide oversikt over drifts- og vedlikeholdsoppgaver som kan tillates utført i trafikkert tunnellop. Dette kan danne grunnlag for revisjon av bestemmelser om arbeid i trafikkert tunnellop i håndbok R512.

Det er også gjort henvendelser til Trafikverket i Sverige og til svenske entreprenører som arbeider i tunneler for å klarlegge regelverk og praksis på dette området i Sverige. Det er ikke mottatt svar på disse henvendelsene.

2.3 Spesielle tema

Ved siden av den formaliserte analysen av kostnader og oppetid har VegRAMS-analysen behandlet en rekke tema med betydning for utforming, drift/vedlikehold og rehabilitering av tunnelen. Dette omfatter forhold som nevnt nedenfor (behandlet i kap. 5).

- Pumpeløsning (inkludert alternativ innlekkasje på 100 l/km/min pr tunnellop)
- Ventilasjon
- Trafikkstyring
- Nautneset: Kryssløsninger
- Vegg/hvelv
- Vegoppmerking
- Stigningsforhold (tunge kjøretøy)
- Kjøring mot kjøreretning
- Fjellrom
- Stengt bru
- Slamdeponi
- ATK
- Vinterdrift

3 Basisalternativ: Kostnader og oppetid

3.1 Metode og forutsetninger

3.1.1 Drift og vedlikehold

Kostnader og nødvendig stengetid for planlagt drift og vedlikehold beregnes ut fra forutsetninger mht:

- Oppgaver som krever stenging av felt/løp/tunnel
- Tiltaksfrekvens for oppgaven (iht håndbøker, instruksjer, erfaring, mm)
- Mengder (fra systembeskrivelse)
- Kapasitet/framdrift (iht erfaringer)
- Enhetspriser (iht erfaringer)
- Stengetype (trafikkavvikling i avvikssituasjon)
- Ressursinnsats:
 - Det er i basisalternativet lagt til grunn en stor ressursinnsats for å minimere stengetiden for tunnelen ved utførelse av drift og vedlikehold.
 - Tunnelbelysning gruppeskift: 4 lag
 - Vasking: Helvask 3 lag, bankettvask/halvvask/teknisk 2 lag
 - Tømming av sandfang: 4 lag, slamdeponi/sedimentasjonsbasseng
 - Maling av tunnelvegg: 2 lag
 - Reasfaltering: 3 lag (og god kapasitet på asfaltverket og transport av masse)

- Samordning:

Vurdert samordningsgrad 0-100 % hvor 0 % representerer egen stengning for aktiviteten mens 100 % representerer at aktiviteten kan utføres helt på stengning foretatt for annet formål.

OBS: Effektivisering av gjennomføringen av visse oppgaver som tunnelvask, reasfaltering, m. fl., gjennom bruk av flere innsatsenheter/lag kan medføre at muligheten for samordning med andre oppgaver reduseres. Dette kan skje delvis fordi det blir samlet mindre tid for utførelsen av de andre oppgavene, samtidig som det kan oppstå konflikter mellom oppgavene pga de mange innsatsenhetene i tunnelen og konsentrert transportbehov.

Inngangsdata for beregningen for drift og vedlikehold er gitt i Vedlegg 2.

3.1.2 Rehabilitering

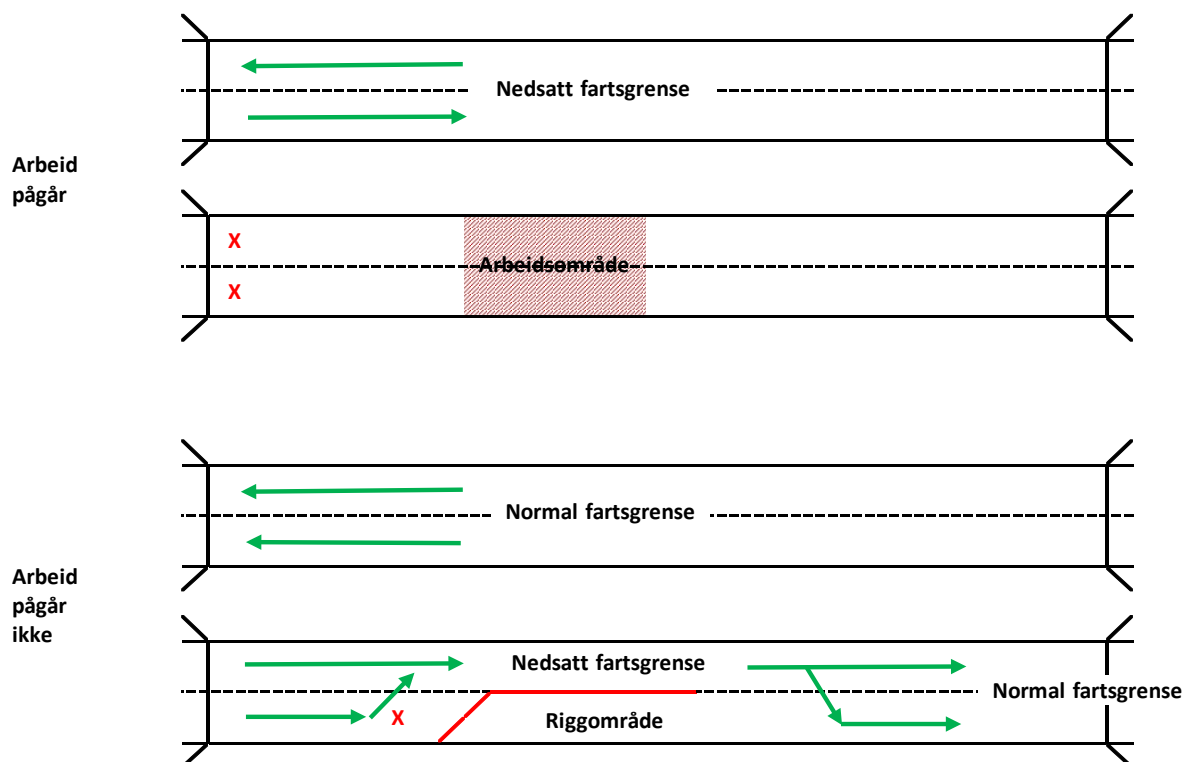
Kostnader og nødvendig stengetid for rehabilitering beregnes etter samme metode som for planlagt drift og vedlikehold. Rehabilitering deles i rehabilitering av teknisk utstyr og rehabilitering av konstruksjon (stabilitets-, vann- og frostsikring).

Rehabilitering av tunnelen forutsettes utført etter følgende opplegg:

- Arbeidet utføres om natten samt kontinuerlig over noen helger med ett tunnellop stengt og all trafikk i det andre løpet (tovegs trafikk).
- På dagtid (unntatt noen helger) åpnes begge løp for trafikk, men med ett felt stengt i det løpet rehabilitering pågår (det andre feltet nyttes som riggplass).

- Arbeidet foregår i kortere seksjoner, tilpasset tunnelens inndeling i trafikkstyringsseksjoner (men sannsynligvis over flere enn en seksjon, avhengig av endelig lengde på trafikkstyringsseksjonene).
- Dersom tunnelen har etablert kjørbare forbindelser i lavbrekk, blir lengden som påvirkes av trafikkreguleringen halvert fra 16 km til 8 km.

Skisse av trafikkavvikling under rehabilitering er vist i Figur 4. Dersom kjørbare forbindelser er etablert i lavbrekket, vil trafikkrestriksjonene bare gjelde halve tunnallengden, dvs 8 km i stedet for 16 km.



Figur 4 Trafikkavvikling under rehabilitering

Rehabilitering av teknisk utstyr forutsettes gjennomført hvert 25. år med spesifikasjoner som vist nedenfor.

<p>Framdrift pr lag: 2 m/t Antall lag/arbeidsfronter: 4 Reduksjon i framdrift for daglig opp/ned-rigging: 25 % (tatt hensyn til flere lag og større logistikkutfordringer) Netter i uka aktuelle for arbeid: 7 arbeidsnetter/uke Aktuelle arbeidsuker i et år: 47 arbeidsuker /år Arbeidstid pr natt (20 – 06): 10 t Kontinuerlig arbeid i helger: 9 helger i året (ett løp stengt fredag kl 20 til mandag kl 6)</p>
--

Rehabilitering av konstruksjon (stabilitets-, vann- og frostsikring) forutsettes gjennomført hvert 50. år med spesifikasjoner som vist nedenfor.

Framdrift pr lag: 0,625 m/t
Antall lag/arbeidsfronter: 4
Reduksjon i framdrift for daglig opp/ned-rigging: 25 %
(tatt hensyn til flere lag og større logistikkutfordringer)
Netter i uka aktuelle for arbeid: 7 arbeidsnetter/uke
Aktuelle arbeidsuker i et år: 47 arbeidsuker /år
Arbeidstid pr natt (20 – 06): 10 t
Kontinuerlig arbeid i helger: 47 helger i året
(ett løp stengt fra fredag kl 20 til mandag kl 6)
Tillegg for fullføring av teknisk rehabilitering: Utføres parallelt med konstruksjonsrehabilitering, men med en forsinkelse på om lag 6 uker pr løp

3.1.3 Hendelser

Stengetid pga hendelser beregnes ut fra følgende grunnlagsdata:

Type hendelse: Ulykker, uhell, kjøretøystopp, brann i kjøretøy, brannsløkker fjernet, strømbrydd, gjenstander i vegbanen, reparasjon ekstern årsak

Erfaringstall for frekvens for hver type hendelse (f.eks. hendelser pr mill kj.t.km)

Vurdering av stengetid pr hendelsestype

Inngangsdata for hendelsesfrekvenser baseres på statistiske verdier for hendelser i norske vegtunneler. Frekvens for brannhendelser økes noe ift gjennomsnittsdata fordi det dreier seg om en lang tunnel med stigning.

3.2 Kostnader

Kostnader for hele livsløpsfasen for tunnelen er beregnet på følgende grunnlag:

Bygging:	Basert på prosjektets kostnadsanslag [2]. Tillegg for rigg og usikkerhet mm er fordelt proratarisk på aktuelle kostnadskomponenter.
Drift og vedlikehold:	Kostnadsbasis fra prosjektet «Moderne vegtunneler» (undersjøisk tunnel), supplert med foreliggende informasjon for E39 Romsdalsfjorden for enkelte objekter (ventilasjon)
Rehabilitering (tekniske systemer):	Basert på prosjektets kostnadsanslag [2] med tillegg for riving/fjerning samt daglig opp/nedrigging. Tillegg for rigg og usikkerhet mm er fordelt proratarisk på aktuelle kostnadskomponenter.
Rehabilitering (konstruksjon):	Basert på prosjektets kostnadsanslag [2] med tillegg for riving/fjerning samt daglig opp/nedrigging. Tillegg for rigg og usikkerhet mm er fordelt proratarisk på aktuelle kostnadskomponenter.

Kostnadsestimatene for basisalternativet er vist i Tabell 2.

Kostnad (mill kr)	Basisalternativ
Bygging	6 290
Drift og vedlikehold (pr år)	60
Rehabilitering (teknisk) (etter 25 år)	1 370
Rehabilitering (konstruksjon) (etter 50 år)	2 790

Tabell 2 Kostnader for basisalternativ
(eks. mva og byggherrekostnader)

3.3 Oppetid

Beregnet gjennomsnittlig stengetid pr år er vist i Tabell 3 fordelt på årsak til stengning og stengetype for tunnelen.

Gjennomsnittlig stengetid pr år (timer)	Planlagt drift og vedlikehold	Systemsvikt	Rehab	Hendelser	Sum
Hpr 1 - FORBEREDENDE TILTAK OG GENERELLE KOSTNADER	4	0			4
Hpr 3 - TUNNELKONSTRUKSJON	291	0	638		929
Hpr 3 - TEKNISKE ANLEGG	144	0	248		392
Hpr 4, 5, 6, 7 - DRENERING, OVERBYGNING., VEGDEKKE, VEGUTST.	64	0			64
Hendelser - ekstern årsak				122	122
Sum stengetid pr år	503	0	886	122	1 511
Stengetid fordelt på stengetyper					
Helt stengt	2	0	0	18	20
Ett løp stengt	487	0	436	32	955
Ett felt stengt	15	0	450	72	537

Tabell 3 Stengetid for drift/vedlikehold, systemsvikt, rehabilitering og hendelser

Planlagt drift og vedlikehold medfører samlet stengetid på om lag 500 timer pr år i gjennomsnitt hvorav hoveddelen (487 timer) foregår med ett løp stengt.

Systemsvikt framstår med 0 timer stengetid. Dette er basert på forutsetning om at planlagt drift og vedlikehold medfører at systemsvikt av interne årsaker ikke forekommer knyttet til utstyr og installasjoner som krever korte tiltakstider for reparasjon. Eventuelle systemsvikt som oppstår (f. eks. utfall av enkeltlamper) forutsettes da å kunne samordnes med neste planlagte stengning. Strømbrudd pga eksterne årsaker håndteres i oppetidssammenheng som hendelse (se nedenfor).

Rehabilitering av teknisk utstyr innebærer med gitte forutsetninger en rehab-periode på 1,4 år, eller om lag 12400 timer. Av disse foregår det arbeid i om lag 5000 timer (ett tunnellop stengt), mens tunnelen har trafikkrestriksjoner i ytterligere 7400 timer (et kjørefelt stengt).

Rehabilitering av konstruksjon innebærer med gitte forutsetninger en rehab-periode på 3,6 år, eller om lag 31900 timer. Av disse foregår det arbeid i om lag 16800 timer (ett tunnellop stengt), mens tunnelen har trafikkrestriksjoner i ytterligere 15100 timer (et kjørefelt stengt).

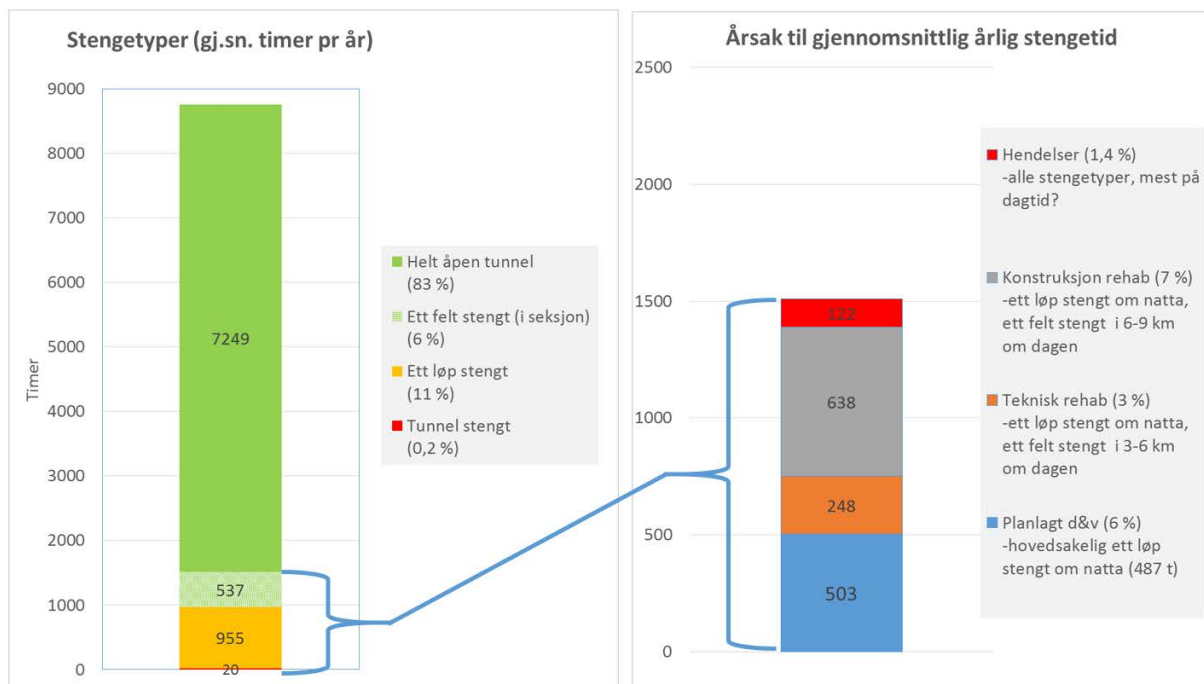
Rehabilitering av teknisk utstyr gjennomføres som egen aktivitet i år 25 og 75. I år 50 gjennomføres rehabilitering av teknisk utstyr samtidig med rehabilitering av konstruksjonen, men med en ekstra tidsperiode for ferdigstilling av teknisk rehabilitering etter at konstruksjonsmessig rehabilitering er avsluttet.

Hendelser medfører i gjennomsnitt trafikkestriksjoner i 122 timer pr år. Hendelsesfrekvenser og beregnet stengetid er vist i Tabell 4.

Stengetid - hendelser							Hendelser
Hendelse	Sannsynlig frekvens pr mill kjtkm	Hendelser pr år	Varighet (timer)	Andel av hendelse som medfører stenging	Stengealternativ	Kommentar	Stengetid pr år (timer)
Ulykker	0,03	1,67	4	100 %	Ett løp stengt		6,7
Uhell (materieell skade)	0,18	10,00	4	100 %	Ett felt stengt		40,0
Kjøretøystopp	8	444,39	1	5 %	Ett felt stengt		22,2
Brann i kjøretøy	0,0435	2,42	4	100 %	Helt stengt		9,7
Brannslukker fjernet		2	4	100 %	Ett løp stengt		8,0
Gjenstander i vegbanen		10	1	100 %	Ett felt stengt		10,0
Reparasjon - ekstern årsak	0,8	44,44	4	10 %	Ett løp stengt		17,8
Strømbrudd (lynnedslag oa.)					Helt stengt	Antatt 8 timer	8,0
Stengt bru							
Dispensasjonstransporter							
Sum							122

Tabell 4 Hendelser: Frekvenser og stengetid

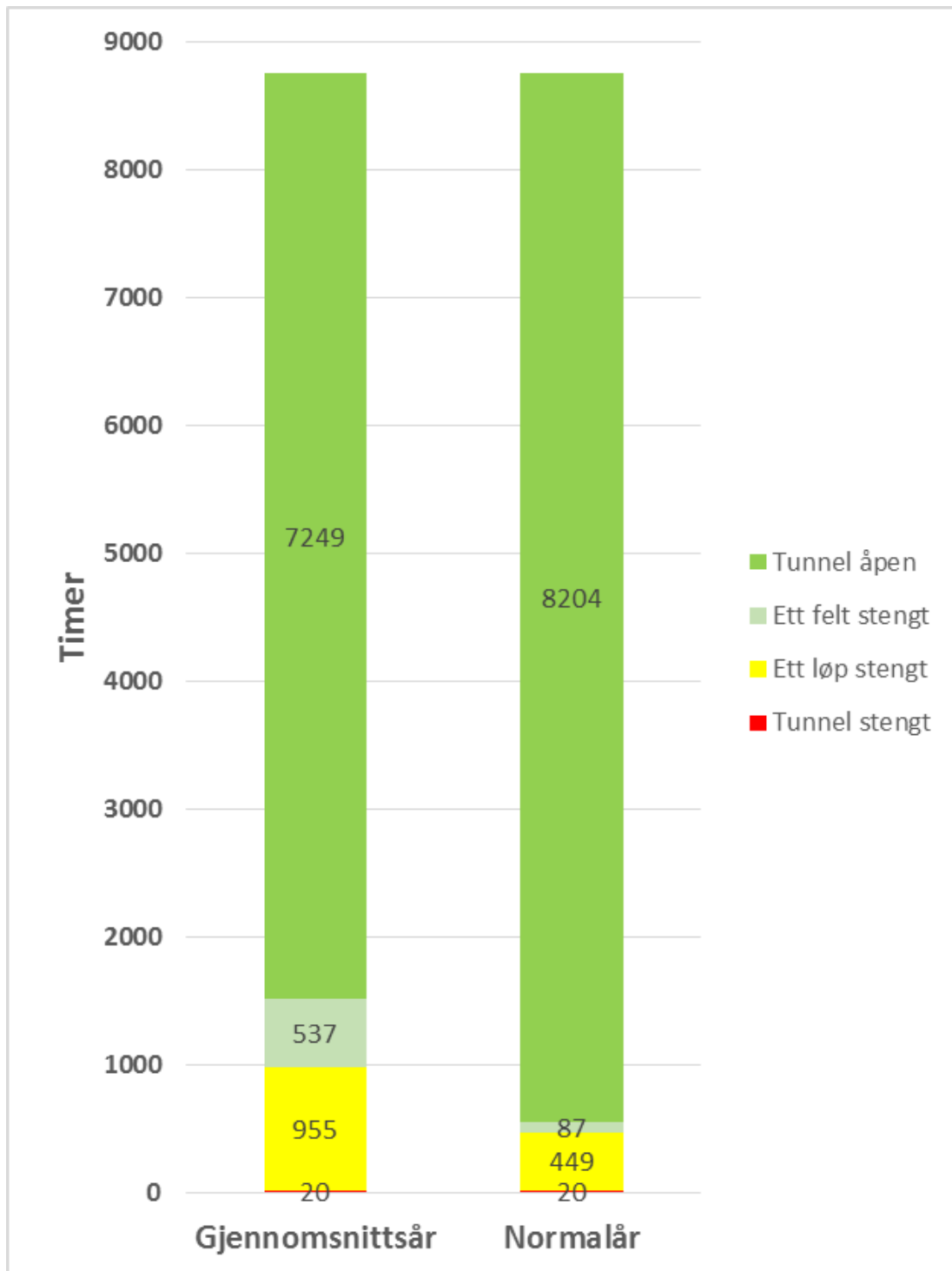
Tunnelens totale oppetid og stengetid er vist i Figur 5. Oppetiden (dvs ingen trafikkestriksjoner) er med de gitte forutsetninger 83 % i gjennomsnitt over levetiden.



Figur 5 Oppetid og stengetid – alle aktiviteter

Figur 5 viser også årsaker til gjennomsnittlig årlig stengetid for alle aktiviteter.

Figur 6 viser stengetid på grunn av ordinær planlagt drift og vedlikehold samt hendelser for tunnelen i et normalår, dvs et år uten spesielle aktiviteter knyttet til reasfaltering/oppmerking, hovedinspeksjon, maling av tunnelvegg og rehabilitering, sammenlignet med gjennomsnittsåret.



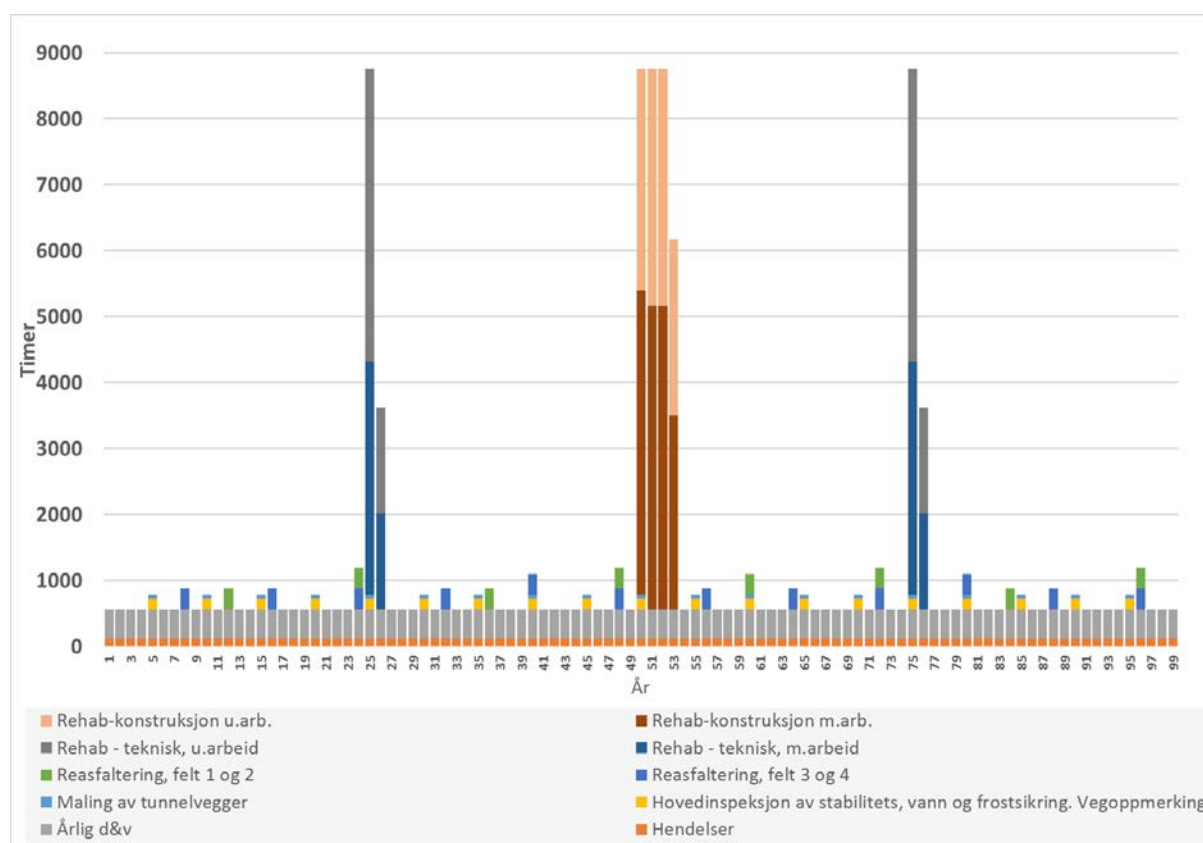
Figur 6 Stengetid i et gjennomsnittsåret og normalår. Stengetid i normalår er forårsaket av ordinær drift og vedlikehold og hendelser som forekommer hvert år (inkluderer ikke reasfaltering/oppmerking, hovedinspeksjon, maling tunnelvegg, rehabilitering).

Stengetiden i et normalår fordeler seg på drift/vedlikehold og hendelser som vist i Tabell 5.

Stengetid (timer)	Drift/vedlikehold	Hendelser	Sum
Ett felt stengt	15	72	87
Et løp stengt	417	32	449
Tunnel stengt	2	18	20
Sum	434	122	556

Tabell 5 Stengetid (timer) i normalår – forårsaket av ordinær drift og vedlikehold og hendelser som forekommer hvert år (inkluderer ikke reasfaltering/oppmerking, hovedinspeksjon, maling tunnelvegg, rehabilitering)

Framstillingene av gjennomsnittlig stengetid skjuler det faktum at stengetiden er ulikt fordelt over tunnelens levetid. Figur 7 viser hvordan stengetiden fordeler seg over levetiden.



Figur 7 Stengetid fordelt over tunnelens levetid

4 Alternativ-analyser

4.1 Fartsgrense 90 km/t

Se også kap. 2.2.1.

Hovedforskjellen for dette alternativet ift basisalternativet er kryssløsning alternativ 0b på Nautneset. Dette innebærer mindre lengde ramper og ingen rundkjøring i fjell. Dette er grovt anslått til 1650 m kortere rampelengde i fjell enn for kryssalternativ 3 (ca. 5 %).

Byggekostnader for alternativ 0b er anslått til om lag 400 mill kr mindre enn for alternativ 3 (eks. mva og byggherrekostnader). Dette omfatter alle kostnader for ramper og teknisk utstyr. Alternativ 3 må antagelig utstyres med to (1 mill kr pr port). Disse kostnadene anses å ligge inne i usikkerhetene i kostandsanslaget. For kryssalternativ 0b kommer også et tillegg ift alternativ 3 på sikring av bergskjæring i dagen på om lag 40 mill kr. Dette gir samlet en besparelse for kryssalternativ 0b på $400 - 40 = 360$ mill kr.

For drift og vedlikehold kommer et tillegg for alternativ 0b pga rensk og sikring av bergskjæringene i dagen. Dette er anslått til 2 dager arbeid ved hovedinspeksjon hvert 5 år.

Tilsvarende må det for alternativ 0b påregnes en utskiftning og fornyelse av bergsikring for skjæringene i dagen på om lag 25 mill kr ved konstruksjonsmessig rehabilitering etter 50 år.

Kostnadsestimatene for alternativet med kryssalternativ 0b/fartsgrense 90 km/t er vist i Tabell 6.

Kostnad (mill kr)	Basisalternativ	Kostnader: Tillegg
		Kryssalternativ 0b
Bygging	6290	-360
Drift og vedlikehold (pr år)	60	-2,5
Rehabilitering (teknisk) (25 år)	1 370	-68
Rehabilitering (konstruksjon) (50 år)	2 790	-110

Tabell 6 *Kostnader for basisalternativ og alternativ med kryssløsning 0b og fartsgrense 90 km/t (eks. mva og byggherrekostnader)*

Mesteparten av arbeidet med drift/vedlikehold og rehabilitering i rampene kan gjennomføres uten at trafikken i hovedløpene påvirkes, kun trafikk til/fra Otrøya blir påvirket. Med den detaljeringsgrad oppetidsberegningene utføres for i denne planfasen, gir dette neglisjerbar innvirkning på beregnede stengetider.

Trafikksikkerhetsmessige konsekvenser av fartsgrense 90 km/t er vurdert i en egen risiko-analyse.

4.2 Kjørbar tverrforbindelse i lavbrekk

Se også kap.2.2.2 og Figur 2.

Kostnadsestimatene for alternativet med kjørbart forbindelse i lavbrekk er vist i Tabell 7.

Kostnad (mill kr)	Basisalternativ	Kostnader: Tillegg
		Kjørbar tverrforbindelse
Bygging	6290	90
Drift og vedlikehold (pr år)	60	1
Rehabilitering (teknisk) 25 år)	1 370	12
Rehabilitering (konstruksjon) (50 år)	2 790	20

Tabell 7 Kostnader for basisalternativ og alternativ med kjørbart tverrforbindelse (eks. mva og byggherrekostnader)

Det foreligger ikke grunnlag for differensiering mellom de alternative utformingene (a, b og c) av tverrforbindelsen. Kostnadene inkluderer tillegg for trafikkstyringsutstyr og porter. Dersom det også er behov for en eller to fordelingsventilatorer i tverrforbindelsen for balansering av ventilasjonen eller sørge for tilførsel av luft fra det ene løpet til det andre, vil kostnadene for disse komme i tillegg.

Lengden på kjørbart tverrforbindelse mellom tunnellopene er avhengig av valgt alternativ, men vil maksimalt utgjøre en løpslengde på 200 m. Dette gir neglisjerbar økning i arbeid og kostnader for samlet drift/vedlikehold og rehabilitering av tunnelen, og likeledes på den totale stengetiden for disse aktivitetene.

Den store effekten av tverrforbindelsen mht stengetid utgjøres av at en mindre andel av utførte kjøretøykilometre i avvikssituasjonen foregår med redusert fart (kortere påvirkningslengde). Trafikkrestriksjoner og kjøring med tovegs-trafikk i ett løp ved stengt tunnellop kan begrenses til å gjelde halve tunnallengden, dvs 8 km i stedet for 16 km. Dette innebærer reduserte tidskostnader, kjøretøykostnader og ulykkeskostnader. Denne nytten er eksemplifisert ved beregnet tidsgevinst på 400 000 kr/år ved å nytte kjørbart tverrforbindelse i stedet for å la trafikken gå tovegs i hele tunnelen (basert på 50 netter stengt tunnellop pr år, 500 kj/natt). Øvrige trafikantkostnader skal også anslås.

Kjørefart for tunge kjøretøy under og etter passering av tverrforbindelsen er vist i Tabell 8.

Alternativ	Kjørefart gjennom tverrforbindelse	Maks kjørefart V (km/t) oppnås etter lengde L (m)	Kjørefart oppover stigning (km/t)
a	50 km/t	Retning Nautneset: V = 67 L = 350	47
		Retning Vik: V = 55 L = 200	47
b	15 km/t	V = 57 L = 400	47
c	30 km/t	V = 57 L = 380	47

Tabell 8 Kjørefart for tunge kjøretøy ved passering kjørbart tverrforbindelse i bunnen av tunnelen

Alternativ b er trolig ikke aktuelt fordi sikkerhetsgevinsten av tverrforbindelse er neglisjerbar. Alternativ b medfører omtrent like stor ulykkesrisiko i tverrforbindelsen som den reduserer risiko med forbikjøring på strekning med tovegs trafikk.²

4.3 Tverrsnitt T9,5

Se også kap. 2.2.3

Kostnadsestimatene for alternativet med redusert tverrsnitt T9,5 er vist i Tabell 9.

Kostnad (mill kr)	Basisalternativ	Kostnader: Tillegg
		Redusert tverrsnitt T9,5
Bygging	6290	-120
Drift og vedlikehold (pr år)	60	-1
Rehabilitering (teknisk) (25 år)	1 370	-30
Rehabilitering (konstruksjon) (50 år)	2 790	-35

Tabell 9 Kostnader for basisalternativ og alternativ med redusert tverrsnitt T9,5 (eks. mva og byggherrekostnader)

Byggekostnaden inneholder en usikkerhet mht belysning og ventilasjon, men for å kunne ta fram sikre kostnadsdata for dette, må de respektive anleggene prosjekteres mer detaljert.

Reduksjon i drift og vedlikehold utgjøres i hovedsak av reduserte kostnader til strøm.

Konsekvensene for oppetid pga drift/vedlikehold er neglisjerbare. Hovedforskjellen mellom dette alternativet og basisalternativet utgjøres av noe mindre takareal og smalere gulvareal. Dette anses ikke å ha betydning for aktuelle arbeidsoppgaver. Utstyrsnivået er det samme med et mulig unntak for antall eller størrelse av belysningsarmaturer, men dette antas å ikke ha innvirkning på arbeidsmengden.

Nødvendig stengetid for teknisk rehabilitering påvirkes ikke, jf. vurderingene for drift/vedlikehold over.

Nødvendig stengetid for konstruksjonsmessig rehabilitering vil være noe kortere for T9,5 ift T10,5 pga mindre takareal. Dersom arbeidet med PE-sum og sprøytebetong er dimensjonerende for framdrift, kan tidsbesparelsen grovt anslås til 1000 timer for gjennomføringen av rehabiliteringen, sammenlignet med total rehabiliteringstid for basisalternativet på 31 900 timer.

Tunneltverrsnitt T9,5 representerer en ulempe ift T10,5 med hensyn til trafiksikkerhet (egen risikovurdering er utført), avvikling av tovegs trafikk i avvikssituasjoner og for muligheten til å kunne utføre arbeid i trafikkert tunnellopp ved kun å stenge et kjørefelt i stedet for å stenge hele tunnelloppet.

² Foreløpig informasjon fra sikkerhetsvurderingene, mail fra Ragnar H. Nilsen, Rambøll, 2015-12-15.

4.4 Tverrslag

Se også kap. 2.2.4.

Kostnadsestimatene for alternativet med tverrslag er vist i Tabell 10.

Kostnad (mill kr)	Basisalternativ	Kostnader: Tillegg	
		Tverrslag Heggdal	Tverrslag Heggdal Leirvågen
Bygging	6290	176 ¹⁾	287 ¹⁾
Drift og vedlikehold (pr år)	60	0,1	0,1
Rehabilitering (teknisk) (25 år)	1 370	0	0
Rehabilitering (konstruksjon) (50 år)	2 790	0	0

Tabell 10 Kostnader for basisalternativ og alternativ med tverrslag Heggdal
(eks. mva og byggherrekostnader)
¹⁾ Kostnad fra [6]

Kostnadene for bygging er netto kostnad regnet som differansen mellom direkte kostnader for bygging av tverrslagene og besparelse på øvrige anleggskostnader [6]. Besparelsene ved etablering av tverrslag omfatter følgende:

- Redusert byggetid, både tunneldriving og sluttarbeider, dvs redusert byggherrekostnad og redusert riggkostnad
- Kortere gjennomsnittlig transportlengde for steinmasser fra hovedløpene
- Effektivisering: Lavere enhetspris for tunneldriving pga bedre utnyttelse av produksjonsressurser med 4 tunnelstuffer tilgjengelig

Reduserte rentekostnader i byggetiden pga 1 års kortere byggetid og økte bompenginntekter pga tidligere start på bompenginnkreving er ikke tatt med i beregningen av nettokostnaden i tabell 9.

Det er forutsatt at tverrslagene stenges etter bygging slik at det ikke er behov for aktivitet i tverrslagene i tunnelens levetid. Det er vurdert å legge pumpeledning i tverrslag Heggdal, men dette anses ikke aktuelt fordi nytten ved slik pumpeløsning er liten ift kostnadene ved å måtte foreta nødvendig inspeksjon og sikring i tverrslaget fordi det vil måtte foregå aktivitet i løpet. Med det aktuelle arbeidsopplegget for rehabilitering (se kap. 3.1) foreligger det heller ikke noen nytte av å kunne bruke tverrslagene som riggplass for rehabiliteringsarbeidene.

Økningen i årlig drift og vedlikehold stammer fra økt innlekkasje i tunnelen med tilhørende økte utgifter til pumping. Fordi tverrslagene avstenges etter driving, påløper ingen kostnader for framtidig rehabilitering.

Tverrslagene har ingen betydning for tunnelens oppetid fordi de stenges etter driving.

4.5 Arbeid i trafikkert løp

En endring av regelverk for arbeid i trafikkert tunnellop kan innebære en mulighet for effektivisering av utførelsen som igjen kan innebære en reduksjon i kostnader for drift og vedlikehold. Endring i reglene for arbeid i trafikkert tunnellop vil også medføre endring i tunnelens oppetid/stengetid gjennom overføring av stengetid fra kategori «et løp stengt» til «et kjørefelt stengt». Dette innebærer en vesentlig endring av trafikantulempene fordi tid med ett tunnellop stengt og tovegstrafikk i det andre tunnellopet overføres til tid med trafikk i et kjørefelt med nedsatt hastighet i ett tunnellop og ordinær trafikkavvikling i det andre tunnellopet. En foreløpig drøfting av oppgaver som kan utføres med trafikk i løpet har identifisert oppgavene bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner som aktuelle for utførelse med trafikk i tunnellopet, dvs med et kjørefelt stengt mens trafikken avvikles i det andre kjørefeltet i stedet for helt stengt tunnellop.

Bankettvask anses som en viktig oppgave som bør utføres oftere enn ordinær tunnelvask fordi det fjerner støv og smuss fra vegbanen og banketten. Dermed reduseres mengden støv/smuss i tunnelen som kan virvles opp og feste seg til vegger, tak og utstyr i tunnelen. Dette medfører enklere tunnelvask, lengre levetid på tunnelutstyr og bedre miljø i tunnelen.

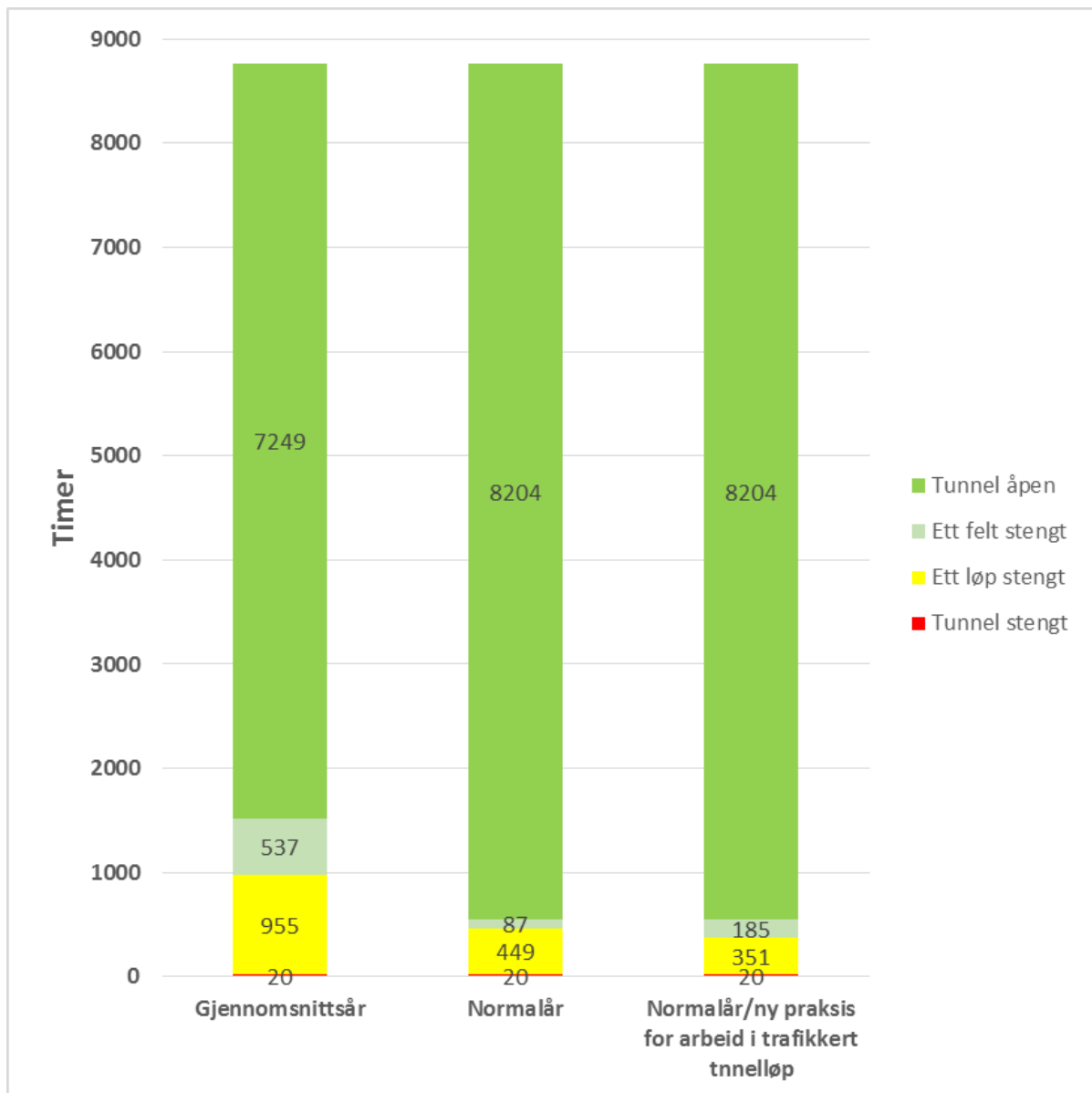
Tunnelprofil T10,5 og seksjonert trafikkstyringssystem i tunnelen med kjørefeltsignaler og variable fartsgrenseskilt legger forholdene til rette for gjennomføring av bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner med stengetype «stengt kjørefelt» i stedet for «stengt tunnellop».

Tidsforbruk på disse aktivitetene er i oppetidsanalysen beregnet slik:

Bankettvask: Stengetid er 88 timer pr år. Bankettvask er forutsatt gjennomført 12 ganger pr år med en gjennomføringstid på drøye 7 timer pr gang for hele tunnelen. Bankettvask vil bli gjennomført med kortere intervaller på vinterstid enn om sommeren pga mindre støvproduksjon fra trafikken om sommeren.

Stikkprøvekontroll av nødtelefoner: Stengetid er 14 timer pr år totalt, 4 timer er samordnet med vask, 10 timer pr år ikke samordnet.

Øvrige oppgaver som kan tenkes overført fra ett løp stengt til ett felt stengt dersom regelverket endres, er i oppetidsberegningen vurdert som mulig å samordne 100 % og har ikke egen stengetid. Konsekvensen av gjennomføring av bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner med trafikk i tunnellopet er vist i Figur 8.



Figur 8 Virkning av ny praksis: Bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner utføres med trafikk i tunnellopet (et kjørefelt stengt). Stengetid i et gjennomsnittsåar og normalår. Stengetid i normalår er forårsaket av ordinær drift og vedlikehold og hendelser som forekommer hvert år (inkluderer ikke reasfaltering/oppmerking, hovedinspeksjon, maling tunnelvegg, rehabilitering).

Figur 8 viser at om lag 100 timer overføres på denne måten fra stengekategori «stengt tunnellop» til «stengt kjørefelt». Dermed unngår man tovegsregulering av trafikken og oppnår ordinær trafikkavvikling i det andre tunnellopet i denne tiden. 100 timer kan ansjueliggjøres som 10 – 15 netter i året, eller hver natt 2-3 uker pr år.

Stengetiden i et normalår med ny praksis for arbeid i trafikkert tunnellop fordeler seg på drift/vedlikehold og hendelser som vist i Tabell 11.

Stengetid (timer)	Drift/ Vedlikehold (eksisterende praksis)	Drift/ Vedlikehold (ny praksis)	Hendelser	Sum (ny praksis)
Ett felt stengt	15	113	72	185
Et løp stengt	417	319	32	351
Tunnel stengt	2	2	18	20
Sum	434	434	122	556

*Tabell 11 Virkning av ny praksis: Bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner utføres med trafikk i tunnellopet (et kjørefelt stengt)
Stengetid (timer) i normalår – forårsaket av ordinær drift og vedlikehold og hendelser som forekommer hvert år (inkluderer ikke reasfaltering og oppmerking, hovedinspeksjon, maling tunnelvegg, rehabilitering)*

Disse endringene vil ikke ha noen effekt på kostnadsanslagene på det detaljeringsnivået som denne analysen bygger på.

Prosjektet vil i det videre arbeidet legge til grunn at bankettvask og stikkprøvekontroll av nødtelefoner kan gjennomføres med trafikk i tunnellopet med bruk av nødvendig varsling og trafikkregulerende tiltak.

Endring av regelverket for arbeid i trafikkert tunnellop utover forutsetningene gitt over, kan komme som resultat av vurderingene omtalt i kap. 2.2.5. En vurdering av konsekvenser for kostnader og oppetid av dette kan først foretas når eventuelle endringer i regelverket er fastlagt.

5 Spesielle tema

5.1 Pumpeløsning

Pumpeløsning og oppsamlingsbasseng for tunnelen samt opplegg for håndtering av brannvann og vaskevann er beskrevet i [7]. Det legges opp til å benytte trinnvis pumping med i utgangspunktet 9 basseng for håndtering av drensvann (5 pumpetrinn).

Dimensjonerende innlekkasje på 40 l/min/km pr tunnellop gir et energibehov for pumping på 620 000 kWh/år.

Forskjellen i innlekkasje mellom kryssalternativ 3 og 0b utgjør om lag 14 000 kWh pr år i energi til pumping (2 % av totalbehovet for basisalternativet).

Innlekkasje fra tverrslag Heggdal vil medføre økt energibruk på 70 000 kWh pr år (+10 %) og fra tverrslag Leirvågen 30 000 kWh pr år (+4 %).

Alternativ innlekkasje på 100 l/km/min pr tunnellop medfører et energibehov på 1 560 000 kWh for basisalternativet og økte bassengvolum med en faktor på 2,5.

Reduksjon av antall pumpetrinn til 4 gir tillegg i energibehov på om lag 5 %, reduksjon til 3 pumpetrinn gir tillegg i energibehov på om lag 13 %.

5.2 Ventilasjon

Ventilasjonsteknisk løsning er beskrevet i [8]. Det legges opp til ordinær langslufting i begge tunnellop med impulsventilatorer uten sjakter. Dimensjonerende branneffekt er 100 MW.

Tovegs trafikk i ett tunnellop representerer en utfordring ventilasjonsmessig og kan kreve spesielle tiltak. Ved tovegs trafikk i ett løp vil ventilasjonsanlegget bare klare å opprettholde luftkvaliteten opp til en timestrafikk på om lag 550 kjøretøyer. Ved større timestrafikk kan det bli aktuelt med ulike tiltak:

- Installere større skyvkraft
- Begrense trafikken (styrt av gassnivå i tunnel)
- Supplere med luft fra det andre løpet i tunnelen gjennom tverrforbindelse i bunnen av tunnelen

Nattrafikk vil neppe medføre problemer av denne typen. Problemet vil være størst om sommeren fordi temperaturforholdene i og utenfor tunnelen da kan lage en «vannlås-stopp» for luftstrømmen i tunnelen.

Basert på Figur 1 vil ikke timetrafikken i «daglig makstime» i dimensjonerende år overstige ca 950 kjt/time, eller 10 % av ÅDT. Tunnelen har en slik beliggenhet at det må regnes med noe høyere timetrafikk i maksimaltimene i året, trolig 15-20 % av ÅDT. Ventilasjon for maks 550 kjøretøy/time med tovegstrafikk vil derfor representere et mulig problem allerede fra åpningsåret for tunnelen.³ Problemet vil sannsynligvis ikke bli av stor betydning de første

³ Mail fra Jan Erik Buan, Rambøll, 2015-12-17.

årene mens arbeidet i tunnelen er av kort varighet og kan utføres om natten med lav trafikk. Etter hvert som det må gjennomføres vedlikeholdsarbeid av lengre varighet og spesielt ved framtidig rehabilitering vil dette forholdet være av vesentlig betydning. Forholdet skal derfor vies oppmerksomhet i det videre arbeidet med ventilasjonsløsningene.

Ventilasjon ved bruk av kjørbar tverrforbindelse representerer også en utfordring. I denne situasjonen må ventilasjonen avbalanseres med en fordelingsventilator (aksialventilator, diameter 2 m) i tverrforbindelsen for å flytte rein luft over i trafikkert løp. Portene i tverrforbindelsen må være røyktette for å hindre at røyk smitter over i det andre løpet ved brann. Tilsvarende gjelder for porter ved ramper for kryssalternativ 3. Kryssalternativ 0b anses uproblematisk mht røykventilering og krever ikke spesielle tiltak.

Tverrslag fra tunneldrivingen vil ikke representere noe positivt bidrag til ventilasjon og vil ikke bli benyttet i ventilasjonsløsningen.

5.3 Trafikkstyring

Trafikktekniske løsninger for E39 Romsdalsfjorden er beskrevet i [9,10].

Tunnelen planlegges med seksjonsinndeling av trafikkstyringssystemet, foreløpig seksjonslengde 2-3 km. Seksjonene anlegges med overlapp slik at det ikke blir nødvendig med stenging av to påfølgende seksjoner ved arbeid eller hendelser i grensen mellom to seksjoner. Seksjonslengden vurderes av noen som for lang. Dette kan medføre redusert lojalitet overfor nedsatt fartsgrense og annen skilting. Kjørefeltssignaler skal være tosidige, for å tillate regulering av tovegstrafikk i tunneløpene.

Kjørbar tverrforbindelse i bunnen av tunnelen medfører kortere påvirkningslengde i avvikssituasjoner samt kortere tømmeid for tunnelen ved hendelser eller endring av trafikkavviklingen.

Bruk av tverrforbindelse kan medføre reduksjon i antall møteulykker og færre ulovlige forbi-kjøringer ved tovegs trafikk i ett løp, men kan også føre til hendelser i kryssningsområdet.

Det etableres overkjøringsmulighet mellom kjøreretningene utenfor tunnelmunning på Vik, men tilsvarende overkjøring kan ikke etableres på Nautneset pga manglende plass fram mot brua. På Nautneset må derfor kryssene (alternativ 3 eller 0b) benyttes for å få til overkjøring mellom kjøreretningene.

Ramper på Nautneset tilrettelegges for tovegstrafikk i avvikssituasjonen, men fører kun trafikk i et kjørefelt i normalsituasjonen. Dermed kan midtoppmerking være gul.

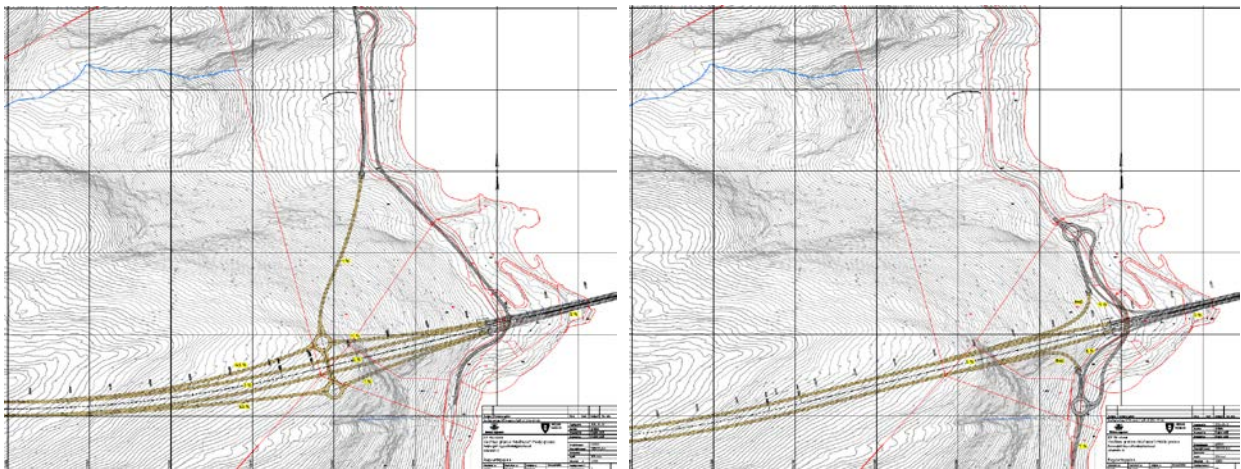
Spesiell vurdering av trafiksikkerhet er nødvendig for alle løsningsalternativer for kryss-utforming, kjørbar tverrforbindelse samt trafikkavvikling i avvikssituasjoner. Det skal gjennomføres egen risikovurdering for disse forholdene.

For kryssalternativ 3 vil hendelser som skjer i portalområdet/kryssområdet på Nautneset representere et spesielt problem. Trafikkavvikling i en slik avvikssituasjon vil kreve tovegsregulering av trafikken i ett hovedløp over Julsund bru. Foreliggende planer og

kostnadsoverslag inkluderer ikke trafikkstyringsopplegg og trafikkstyringsutstyr mm som er nødvendig for å kunne håndtere slike situasjoner. Temaet skal bearbeides i det videre planleggingsarbeidet.

5.4 Nautneset: Kryssløsninger

Det foreligger to alternative kryssløsninger for Nautneset. Alternativ 3 kan benyttes både for fartsgrense 110 km/t og 90 km/t, mens alternativ 0b kun kan nyttes for 90 km/t, se Figur 9. Det foreligger også andre kombinasjonsløsninger av kryssalternativ og fartsgrense, se kap. 2.2.1.



Figur 9 Kryssløsning alternativ 3 og alternativ 0b

Valg av kryssløsning har, som vist i kap. 2.2.1 og kap. 4.1, konsekvenser for kostnader til bygging, drift/vedlikehold og rehabilitering gjennom samlet tunneløp-lengde, innlekkasje, ventilasjonsforhold, mm.

Kryssløsningene er ikke endelig utformet, det gjenstår optimalisering mht gjeldende regelverk og detaljering av tekniske løsninger.

5.5 Vegg/hvelv

Tunnelen planlegges med tunnelprofil 2 x T10,5. Vann- og frostsikring utgjøres av prefabrikerte veggelementer av betong og PE-skum/sprøytebetong i taket.

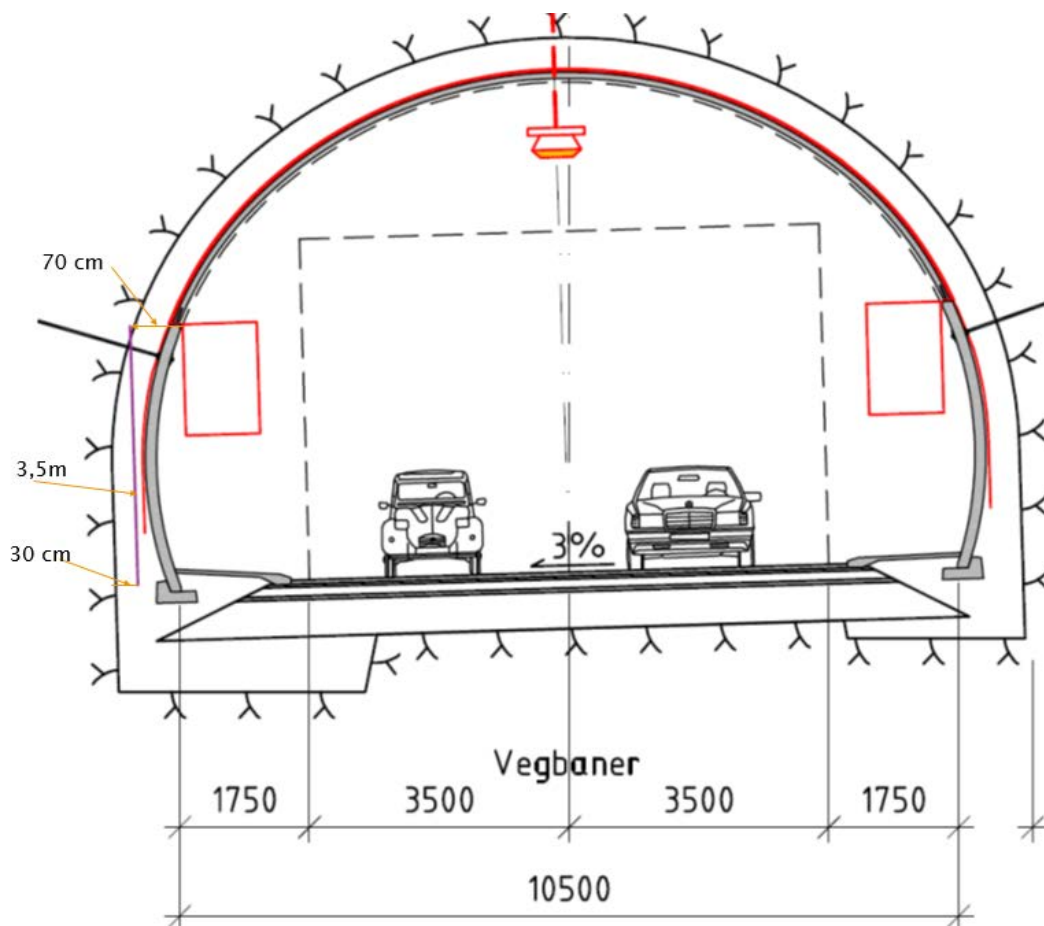
Normert veggelement er buet, men det vurderes rett veggelement med høyde om lag 3,2 m plassert inn mot bergknøl. Hensikten er å utnytte plassen som sprengningsprofilen gir til å få et bredere tunnelrom. Utvidelse av tunnelrommet gir mulighet til å plassere sideplasserte skilt lenger unna kjøretøyene (mindre påkjøringsfare). Da kan større deler av den ekstra breddemeteren som T10,5-profilen gir nyttes til bredere kjørefelt. Potensialet for breddeutvidelse i skilthøyde kan være opp mot 70 cm.

Økt bredde, 3,75-4 m brede kjørefelt, er en fordel ved at man får større avstand mellom kjøretøyene, noe som vil gi en bedre trafiksikkerhet. Spesiell vegoppmerking for å sikre større avstand mellom kjøretøy er vurdert, men noen løsninger er ikke funnet fordi tunneløpet også skal kunne føre tovegs trafikk i avvikssituasjonene.

Med denne løsningen vil det ikke være mulig å komme til mellom veggelement og berget for å utføre inspeksjon av berg og bergsikring, men tilkomst for inspeksjon av berg og bergsikring i hengen vil kunne løses fra nødutgangstverrforbindelsene hver 250 m.

Mellomrommet mellom veggelement og berg kan eventuelt fylles med pukk. Trekkerør og trekkekummer kan legges i banketten som i dette tilfellet er noe bredere. Dette sikrer grei tilkomst til trekkerør og -kummer.

Skisse av vegg/hvelv-løsning er vist i Figur 10.



Figur 10 Tunnelverrsnitt T10,5 – utforming for E39 Romsdalsfjorden.

Erfaringene fra bruk av «Møremetoden» [11], som er utprøvd på flere tunneler, kan være aktuelt å bygge videre på.

5.6 Vegoppmerking

Hovedløp

Vanlig hvit oppmerking med kjørefeltlinje er normalt/vanlig i tunneler som vanligvis har to felt i samme retning, men som av og til reguleres med tovegstrafikk. Det er kjørefeltsignalene som er viktig, ikke vegoppmerkingen.

Dobbel, gul varsellinje angir skille mellom kjørefelt hvor kjøreretningen kan varieres. Linjen nyttes bare sammen med overhengende trafikksignal som viser rødt kryss eller grønn pil. Dobbel varsellinje anvendes bare i forbindelse med reversible kjørefelt. Dette omfatter således ikke avvikssituasjonene for tunnelen.

Doble hvite feltlinjer må det eventuelt søkes om fravik for.

Romlefelt ved siden av kjørefeltlinja er vurdert, men anses å være negativt i normal-situasjonen når ordinære feltskifter foretas.

Det kan eventuelt vurderes bredere feltlinje enn normalt for aktuell fartsgrense (15 cm, men dette gir samme bredde som skillelinje).

Gule ledelys i vegbanen som tennes ved toveis trafikk er også et alternativ, men kostbart fordi dette må installeres på 32 km veg.

Takmontert gult stripelys til bruk ved tovegs trafikk anses ikke aktuelt.

Ramper

Rampene i kryss ved Nautneset er i normalsituasjonen en-felts (for én trafikkretning), men i avvikssituasjoner vil de benyttes til tovegs trafikk. Det anses riktig at gul kjørefeltlinje benyttes her, for i normalsituasjonen skal all trafikk holde seg i høyre felt (har ikke behov for to felt pga liten trafikkmengde).

5.7 Stigningsforhold (tunge kjøretøy)

Temaet tunge kjøretøy og stigning/fall er behandlet i [12,13].

Sør for tunnelen under Romsdalsfjorden vil det, når planlagte vegprosjekter er gjennomført, i hovedsak være et sammenhengende fall fra Ørskogfjellet (høyde ca 400) til tunnelens lavbrekk, bare avbrutt av et noe slakere parti før innkjøring i tunnelen under Romsdalsfjorden, se Tabell 12. Nordfra er det kun fallet på Julsund bru og i selve tunnelen som representerer nedoverbakke.

Alt: Kommunedelplan		Alt: Veg i dagen inn Tomrefjorden	
6 km (tunnel)	-3 %	4 km (tunnel)	-3,5 %
0,6 km (veg i dagen)	-1 %	0,5 km (veg i dagen)	+1 %
		1 km (veg i dagen)	-3 %
		0,5 km (veg i dagen)	-2 %
7,5 km (tunnel)		-5 % (flatere parti ved lavbrekk)	
7,5 km (tunnel)		+5 % (parti ved kryss Nautneset +3 %)	
1 km (bru)		+5 %	

Tabell 12 Stigningsforhold – fra sør mot nord

Fallforholdene i tunnelen er innenfor aksepterte verdier i tunneldirektiv og vegnormaler (5 %). Fall i tilstøtende utforbakke sørfra er lavere, i området 3-3,5 %. For normalt utrustede og vedlikeholdte tunge kjøretøy vil derfor vegstrekningen ikke by på spesielle problemer. Pga lang strekning med fall er det likevel grunn til å ha noe fokus på faremomenter knyttet til for stor fart og risiko for varmgang i bremses for tunge kjøretøy.

Regulering av inngangshastighet til tunge kjøretøy ved innkjøring i tunnel er viktig for å unngå for stor fart og risiko for varmgang i bremses i den lange utforbakken.

Den eneste løsningen for å redusere inngangsfart på tunge kjøretøy synes å være å kreve at alle tunge kjøretøy ledes i eget kjørefelt og ut av vegen og inn på annen veg/rampe /lomme. Da har man oppnådd lav inngangshastighet ved inngangen, og man kan kontrollere og regulere at allerede varme bremses ikke er for varme før innkjøring i tunnel. Det kan vurderes å kombinere slik avkjøring med innkjøring til kontrollplass.

Erfaringer med manuell temperaturscanning av hjul tyder på at det i dag er vanskelig å få til pålitelige automatiske scannemetoder av hjul på kjøretøy i fart. På sikt kan en regne med at det vil skje en utvikling av tilgjengelig utstyr slik at man kan få pålitelige målinger på kjøretøy i fart.

Det bør vurderes om areal for oppstilling og kontroll av tunge kjøretøy samt eventuelt en nedkjølingsløyfe skal tas inn i reguleringsplanen for området ved Vik. På Nautneset vil kryssområde og rasteplass kunne benyttes tilsvarende (men behov antas å være mindre der).

Ved Vik vil det være rundkjøring før innkjøring i tunnelen inntil ny E39 bygges videre sørover. Da vil denne medføre fartsreduksjon av tunge kjøretøy før nedforbakken, men allikevel kan det behøves å skille ut kjøretøy som allerede har varme bremses.

I stigningene vil kjølekapasitet til tungt lastet kjøretøy ikke være noe problem hvis motoren er i orden. Da vil kjølingen være god nok for å unngå brannfare uansett belastning. Men om det forekommer drivstoff/oljelekkasje vil det være en viss fare for brann. Dette er knyttet til vedlikehold av kjøretøy og er en faktor det er vanskelig å gjøre noe med for den enkelte tunnel.

5.8 Kjøring mot kjøreretning – KMK - spøkelsesbilister

Kjøring mot kjøreretningen (KMK) [14] er ikke et veldig utbredt fenomen, men fører ofte til svært alvorlige ulykker, spesielt på veger med fysisk skille mellom kjøreretningen og høy fart hvor det ikke uten videre er mulig for spøkelsesbilisten å snu, eller for andre biler å manøvrere unna. Uten at det skjer ulykker skjer det mange hendelser med KMK og i tillegg kommer hendelser som ikke blir registrert.

Tiltak som kan forhindre kjøring mot kjøreretning omfatter god fysisk utforming av vegsystemet og bruk av skilt og oppmerking. I tillegg kommer tiltak med varsling av spøkelsesbilister for å forhindre ulykker (ITS-teknologi, VTS-varsling).

5.9 Fjellrom

Fjellrom vurderes anlagt for å motvirke monotoni for trafikantene ved kjøring i lang tunnel.

Ved utvidelse av tverrprofilen for å lage slike rom vil ikke planlagt ventilasjonsinstallasjon kunne gi nok trykk til å motvirke og styre røykutviklingen fra en dimensjonerende brann (100 MW) i selve utvidelsen. Et alternativ er å akseptere denne situasjonen, etter en vurdering av nytten med å kontrollere brannrøyk også der. Ellers må det lages tilpasninger i ventilasjonsløsningen som gjør at man kan kontrollere brannrøyken i breddeutvidelsene. Tiltaket vil da være å ta inn luft fra sideløpet.

Det vurderes om monotoni skal brytes med bruk av lyssetting som f.eks. stasjonært eller bevegelig lys for å unngå for mange breddeutvidelser i tunnelen. Tilsvarende problem med utilstrekkelig røykkontroll kan nemlig også oppstå i de andre breddeutvidelsene (havari-lommer og eventuelt parkeringslommer).



*Figur 11 Skisse av mulig lyssetting i tunnelen for å motvirke monotoni.
(Ill.: Ove Kjensli)*

5.10 Stengt bru pga vind

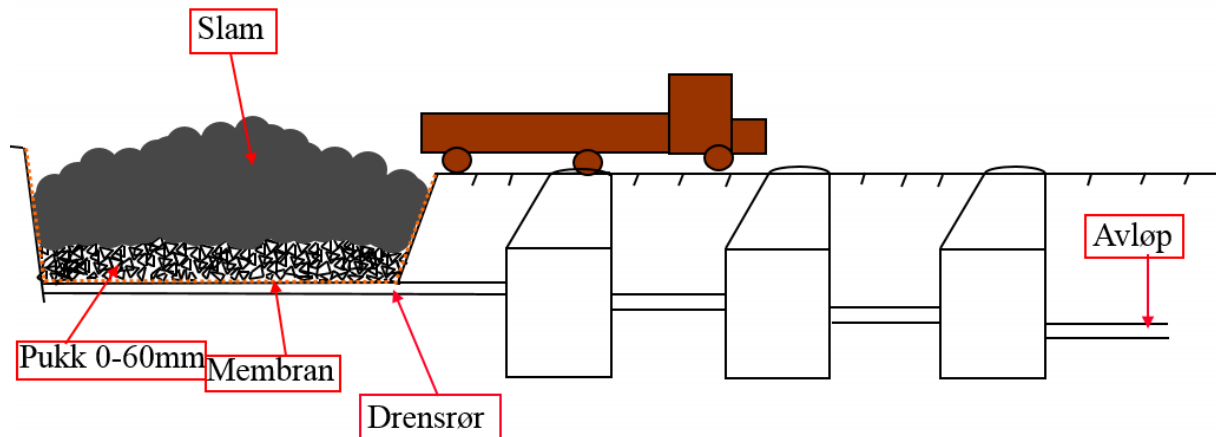
Brua over Julsundet vil være vindutsatt i visse perioder. Dette kan medføre stengning av brua. Styringen av trafikken i tunnelen må da kunne ivareta slike situasjoner for å unngå at trafikken blir stående i kø i tunnelen (lede trafikk ut til sideveg/rasteplass på Otrøya).

Det er foreløpig anslått mulig stengning av brua inntil 24 timer pr år.

5.11 Slamdeponi

For å effektivisere slamtømming fra sandfang og basseng i tunnelen bør det vurderes å anlegge et slamdeponi (sedimentasjonsbasseng) nær tunnelmunning. Figur 12. Dette vil spare transport av slammasser og redusere mengden slam som må kjøres til godkjent leveringssted.

Det antas at det er plass til et slikt anlegg innenfor regulert område på Vik.



Figur 12 Slamdeponi (figur: Helge Hoven)

5.12 ATK

ATK kan kun anlegges på steder hvor det ut fra ulykkesstatistikk og registrerte ulykker er behov for fartsreducerende tiltak. Tunnelen klargjøres for oppsetting av ATK, men dette blir ikke installert før behov er påvist.

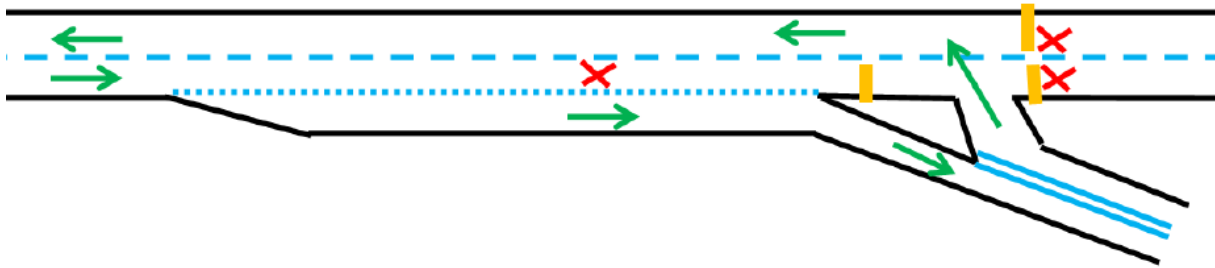
5.13 Vinterdrift

Det anses ikke mulig å etablere snumulighet for brøyte/strøbiler på en enkel måte ved tunnelmunningen på Vik. Brøyte/strøbiler fra sørsiden må derfor kjøre gjennom hele tunnelen for å snu.

Fra nordsiden kan brøyte/strøbiler snu rett innenfor tunnelmunning med kryssløsning 3, men må i utgangspunktet kjøre gjennom hele tunnelen dersom kryssløsning 0b etableres. Dette innebærer større kostnader for vinterdrift for kryssalternativ 0b enn for kryssalternativ 3.

Det finnes imidlertid alternativer for å snu brøytebiler som kan vurderes for kryssalternativ 0b avhengig av «kryssutformingen» mellom hovedløp og rampe⁴. Figur 13 viser mulig utforming av hovedløp, retardasjonsfelt og rampe [9].

⁴ Mail fra Ragnar H. Nilsen, Rambøll, 2015-12-16.



Figur 13 Tilknytning av ramper med tovegstrafikk til hovedløp.
Utforming av retardasjonsfelt. [9]

Hvis en slik løsning skal benyttes for å snu brøytebiler, må det også vurderes hvilke trafikkreguleringstiltak som skal benyttes under snuoperasjonen.

Bruker vi eksemplet ovenfor vil det gjelde for brøytebil som kommer ned rampen for så å svinge til høyre for å kjøre tilbake over brua. Innkjøring på veg/tunnel hvor trafikken kan komme i 90 km/t er ikke tilrådelig, selv om siktforholdene trolig vil være gode, og det vil være lett å se lysene på ankommende trafikk. Tre mulige tiltak kan vurderes for å bedre sikkerheten:

1. Før brøytebilen kan svinge inn i hovedløpet må trafikken i dette løpet være stanset.
2. Vegtrafikkentralen må kunne se at det er lang nok luke i trafikken til at brøytebilen kan svinge sikkert inn og gi brøytesjåføren beskjed om dette.
3. Det innføres lavere fartsgrense for trafikken i hovedløpet med varsel om vegarbeid, og brøytebilen vil da ha god nok sikt til å finne en luke i trafikken hvor det er sikkert å svinge inn.

Ingen av de løsningene er særlig gode, den siste er trolig best.

For akselerasjonsfeltet er det litt enklere, der skal brøytebilen svinge av fra hovedløpet, men svingebevegelsen må trolig måtte starte fra venstre felt. Da vil også lavere fartsgrense og varsel om vegarbeid være nødvendig, selv om øvrig trafikk i dette tilfellet vil ha kjørt bak brøytebilen et stykke og dermed blitt oppmerksom på saktegående kjøretøy.

Snøryddingsproblemet gjelder bare en kort strekning mellom tunnelmunningen og rampene retning brua til/fra Otrøya. Her kan det eventuelt benyttes annen type redskap til snørydding, men det er fortsatt behov for å varsle øvrig trafikk fra tunnelen om vegarbeid/snørydding.

Med to kjørefelt i hver retning vil det normalt benyttes tandembrøyting (to brøytebiler, en i hvert felt) for å få ryddet hele kjørebanebredden samtidig. Løsningene beskrevet over kan vurderes også for dette tilfellet, men dette gir ekstra behov for varslings og nedsatt fartsgrense i begge kjørefelt.

Det er altså tre muligheter brøytebiler nordfra for kryssalternativ 0b:

1. Brøytebilene kjører gjennom hele tunnelen for å snu.
2. Brøytebilene kjører via de tovegskjørte rampene, med varsling/regulering når brøytebilene skal inn på eller av hovedløpet.
3. Bruk av annet utstyr like utenfor tunnelmunningene, med nedsatt fart og varsling av vegarbeid.

Gatevarme for arealer som ikke kan dekkes med brøyting anses ikke aktuelt fordi snøfallene ofte er så store at vanlig kapasitet på gatevarme ikke vil klare å holde vegbanen bar på arealer som ikke brøytes.

6 Referanser

- 1 Reguleringsplan E39 Ålesund – Molde
Vedtatt planprogram Delstrekning E39 Vik – Julbøen
23. januar 2015, sist endret 11. mars 2015
- 2 E39 Romsdalsfjorden (Vik – Julbøen)
Kostnadsoverslag
23. juni 2015
- 3 Risikoanalyse av ny undersjøisk tunnel E39 Nautneset – Vik
Hovedrapport ST-11089-2, 06.07.2015
Safetec
- 4 Fravikssøknader:
Fravik 1 Kryssavstand Nautneset-Julbøen: Mindre enn 3 km
Fravik 2 Tunnellengde/tunnelklasse: Tunnellengde over 10 km, tunnelklasse E (2xT9,5)
Fravik 3 GS-veg langs motorveg: GS-/kjøreveg (saktegående kjøretøy) langs bru
Fravik 4 Kryss Nautneset: Kryss i tunnel
Fravik 5 Kryss Julbøen: Avstand til tunnelåpning (videreføring mot Molde)
Fravik 6 Kryss Vik: Avstand til tunnelåpning
- 5 Kryss Nautneset
Alternativ 3 (110 og 90 km/t)
Alternativ 0b (90 km/t)
- 6 E39 Vik – Julbøen
Vurdering av tverrslag på undersjøisk tunnel
Stig Lillevik, 23.09.2015
- 7 Reguleringsplan for E39 Vik – Julbøen
Pumpesystem i tunnel
Ole Kristian Næss, Rambøll
Versjon 2015-11-17
Versjon 2015-11-26
- 8 E39 Romsdalsfjorden – RAMS
Ventilasjonstekniske løsninger
Jan Erik Buan/Kristen Opstad, Rambøll
Versjon 2015-11-17
- 9 E39 Vik – Julbøen – trafikkstyring og kryssutforming
Ragnar H Nilsen, Rambøll
2015-11-16

- 10 RAMS Romsdalsfjorden 2015-11-17
Trafikkteknikk-løsninger:
Tovegstrafikk i ett løp
Planskilt kryss i fjell
Ragnar H Nilsen, Rambøll
- 11 Vann- og frostsikring
Rv 70 Oppdølsstrandtunnelen
Carsten Kofoed
- 12 Kjøretøytekniske utfordringer i tunneler
Henning Fransplass
- 13 Utfordringer med varmgang i bremsen ved kjøring i helling
Leif Jarle Bergseth
Versjon 2015-11-26
- 14 Kjøring mot kjøreretning – KMK – spøkelsesbilister
Elisabeth Mansfield
Region midt, Ålesund, 25.11.2015
- 15 E39 Romsdalsfjorden VegRAMS
Møte 2015-11-17 Oppsummering/Referat
- 16 E39 Romsdalsfjorden VegRAMS
Møte 2015-11-26 Oppsummering/Referat

Vedlegg 1 Deltagere i VegRAMS-prosess

Navn	Organisasjon	Funksjon
Harald Inge Johnsen	Statens vegvesen	Prosjektleder
Asta Krattebøl	Statens vegvesen	Prosjektavdelingen
Lars Erik Moe	Statens vegvesen	Planprosjektleder
Arild Gjerde	Statens vegvesen	Prosjektavdelingen
Jo Forren	Statens vegvesen	Prosjektavdelingen Elektro
Kurt Lørdøen	Statens vegvesen	Vegplanlegger
Mads Ole Kringen,	Statens vegvesen	Plan og trafikkseksjon
Elisabeth Mansfield	Statens vegvesen	TS-revisor, Plan og trafikkseksjon
Odd Arild Lindseth	Statens vegvesen	Byggherreseksjon drift/vedl.
Odd Arne Rød	Statens vegvesen	Byggherreseksjon sikkerhetskontroll
Per Meslo	Statens vegvesen	VTS, Region midt
Birgit Hamre Moe	Statens vegvesen	TS-revisor, Plan og trafikkseksjon
Leif Jarle Bergseth	Statens vegvesen	Bremser/utekontroll
Tom Tverli	Statens vegvesen	Byggeleder Drift, Møre og Romsdal
Helge Hoven	Statens vegvesen	Byggeleder Drift, Sør-Trøndelag
Terje Sundfær	Statens vegvesen	VTS, Region midt
Kai Gundersen	Statens vegvesen	VTS, Region øst
Kjell Haukeberg	Statens vegvesen	Byggeleder Drift, Møre og Romsdal
Ragnar H Nilsen	Rambøll	Trafikkteknikk
Jan Erik Buan	Rambøll	Ventilasjon/brann
Ole Kristian Næss	Rambøll	VA
Jan Erik Lien	Vegdirektoratet	Byggherreseksjonen, HMS
Harald Buvik	Vegdirektoratet	TMT, VegRAMS, brann, sikkerhet
Åsmund Holen	ViaNova Plan og Trafikk AS	VegRAMS-analyser
Johnny M Johansen	ViaNova Plan og Trafikk AS	VegRAMS prosessleder

Vedlegg 2 Oppetidsmodell - planlagt drift og vedlikehold

Oppgaver		Frekvens (pr år)	Kapasitet (framdrift under produksjon)	Stengetype	Samordning (%)	Merknad
18.3/18.8 Beredskap	Beredskapsøvelse	1		Stengt tunnel	0	Antar 2 timer
18.3/18.8 Beredskap	Beredskapsøvelse	1		Stengt løp	0	Antar 2 timer
37.1 Stabilitetssikring	Inspeksjon (bak hvelv hvis hvelv finnes)	0,2	100 m/t	Stengt løp	0	
37.1 Stabilitetssikring	Inspeksjon av synlig berg/bergsikring/utstøping/portal	0,2	200 m/t	Stengt løp	0	
37.1 Vann- og frostsikring	Inspeksjon	0,2	1200 m/t	Stengt løp	0	
37.2 Renhold mm	Teknisk vask	2	450 m/t	Stengt løp	0	
37.2 Renhold mm	Halvvask	1	450 m/t	Stengt løp	0	
37.2 Renhold mm	Helvask	1	300 m/t	Stengt løp	0	
37.2 Renhold mm	Bankettvask	12	5000 m/t	Stengt løp	0	
37.2 Renhold mm	Maling av tunnelvegger	0,2	700 m/t	Stengt løp	0	
48 Drenering	Tømming av sandfang (c/c 80 m)	1	4 stk/t	Stengt løp	0	
48 Drenering	Rørledning					
48 Drenering	Slamtømming av oppsamlingsbasseng lekkasjevann	1	15 min pr stk	Stengt felt	0	Stengetid for inn- og utkjøring
48 Drenering	Slamtømming av basseng for rensing av vaskevann					Håndteres samtidig med lekkasjevannsbasseng
65 Vegdekke	Fresing og reasfaltering felt 3 og 4	0,125	140 m/t	Stengt løp	0	
65 Vegdekke	Fresing og reasfaltering felt 1 og 2	0,083	140 m/t	Stengt løp	0	
65 Vegdekke	Lapping/repasasjon av bankett					
77 Oppmerking	Formerking, felt 3 og 4	0,125	10 km/t	Stengt løp	0	
77 Oppmerking	Formerking, felt 1 og 2	0,083	10 km/t	Stengt løp	0	
77 Oppmerking	Oppmerking, Alle felt	0,25	10 km/t	Stengt løp	0	
38.11 Fellesanlegg	Kontroll, funksjonstest, renhold i tekn rom	4	15 min pr stk	Stengt felt	50	Stengetid for inn- og utkjøring
38.11 Fellesanlegg	Kontroll, kabelbru og innfestinger	0,5	300 m/t	Stengt løp	50	
38.12 Belysning i tunnel	Funksjonstest, kontroll av armatur, kabler, lysstyring					Styresystem overvåker armaturer
38.12 Belysning i tunnel	Gruppeskift nattlys	0,2	12 stk/t	Stengt løp	0	
38.12 Belysning i tunnel	Gruppeskift innkj.sone	0,25	20 stk/t	Stengt løp	0	

Oppgaver		Frekvens (pr år)	Kapasitet (framdrift under produk- sjon)	Stengetype	Sam- ordning (%)	Merknad
38.13 Ventilasjon	Kontroll, funksjonstest av ventilatorer, (service inngår ikke her)				100	
	Kontroll, funksjonstest, renhold av målere				100	
	Utskifting av CO/NOx-målere				100	
	Utskifting av vind- og siktmåler				100	
38.14 Avbruddsfri strømforsyning	Kontroll og funksjonstest	1	15 min pr tekn. rom	Stengt felt	100	Stengetid for inn- og utkjøring
38.15 Pumper	Kontroll og funksjonstest	2	15 min pr pumpe- stasjon	Stengt felt	100	Stengetid for inn- og utkjøring
38.21 Brannsikring	Kontroll av håndslukkere	1	24 stk/t	Stengt løp	100	
38.22 Rømningsveger	Kontroll, rengjøring og smøring av dører og givere	1	6 stk/time	Stengt løp	100	
38.23 Nødstasjon	Innv. renhold, f-test, kontroll	1	4 stk/t	Stengt løp	100	
38.3 Traf.styr. og overvåkingsutstyr	f-test, kontroll	2		Stengt løp	50	Antar 8 t pr test
38.36 ITV-anlegg	f-test, kontroll, renhold	1	12 stk/t	Stengt løp	100	
38.36 ITV-anlegg	Utskifting av defekte kamera	10 stk/år	1 stk/t	Stengt løp	0	
38.41 Radiokomm. og kringkasting	f-test og kontroll	1		Stengt løp	0	Antar 8 t pr test
38.42 Nødtelefon	f-test av alle apparat	2	12 stk/t	Stengt løp	100	
38.42 Nødtelefon	Stikkprøvekontroll av 1 pr løp	12	2 stk/t	Stengt løp	25	
38.8 Internkontroll av elektriske anlegg		0,4		Stengt løp	0	Antar 80 t pr kontroll