



Statens vegvesen

Hordaland fylkeskommune –
Samferdselsavdelinga
Postboks 7900
5020 BERGEN

Behandlende enhet:
Region vest

Saksbehandler/telefon:
Hege Løtveit / 55516404

Vår referanse:
16/46369-14

Deres referanse:

Vår dato:
20.11.2017

IKKE OFFENTLIG, offentleglova § 14, 1. ledd

Fv. 212 Slettebrekka – Hetlevik; søknad om fravik

Vi viser til retningslinjer for handsaming av fråvikssaker på fylkesvegar i Hordaland datert 8. mars 2016.

Statens vegvesen sender med dette over søknad om fråvik frå gjeldande vegnormalar for vidare handsaming hos vegeigar Hordaland fylkeskommune. Fråvika er naudsynte for å kunne bygge ny veg og tunnel på strekninga fv. 212 Slettebrekka – Hetlevik.

Fråviket er tilrådd frå Statens vegvesen si fråviksgruppe og skal endeleg avgjerast av vegeigar. Fråviket er nærare skildra i fråvikssøknaden som følgjer som vedlegg til brevet. I søknaden har fråviksgruppa kommentert si tilråding.

Vi ber Hordaland fylkeskommune om å vurdere fråvika og gi tilbakemelding når desse er handsama.

Vegavdeling Hordaland

Med hilsen

Grethe Vikane
avdelingsdirektør

Sindre Lillebø
seksjonssjef

Dokumentet er godkjent elektronisk og har derfor ingen håndskrevne signaturer.

Postadresse
Statens vegvesen
Region vest
Postboks 43
6861 LEIKANGER

Telefon: 22 07 30 00
firmapost-vest@vegvesen.no
Org.nr: 971032081

Kontoradresse
Nygårdsgaten 112
5008 BERGEN

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Regnskap
Postboks 702
9815 Vadsø



Statens vegvesen

Søknad om fravik

Del 1 - søknadsdel

Her finner du [brukerveiledning](#)

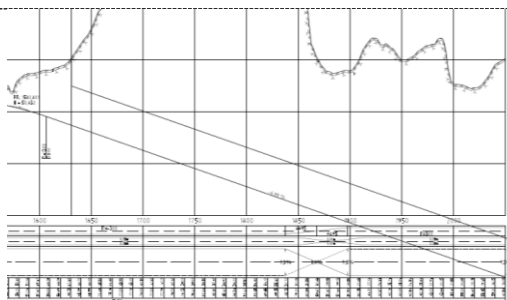
Skal fylles ut av fravikssøker

Region:	Vest
Fravikssøker:	Statens vegvesen Region vest v/Askøypakken
Dato:	20.09.2017
MIMEnr:	MIMEnr påføres her

Prosjekt (navn): Fv. 212 Slettebrekka-Hetlevik				
Vegnr:	Fv. 212	Parsell:	Ny veg (fv. 212)	
ÅDT (i dag):	0	Fartsgrense:	50 km/t	
ÅDT (2041):	2400	Tegn.nr:	Tekst her	
Brunn ¹ :		Tekst her		
Dim.klasse:		Sa2		
Planfase:		Reguleringsplan		
Håndbok/dokument det søkes fravik fra (Kryss av kun for én av normalene):				
Håndbok N100:	<input checked="" type="checkbox"/>	Håndbok N101:	<input type="checkbox"/>	
Håndbok N200:	<input type="checkbox"/>	Håndbok N300:	<input type="checkbox"/>	
Håndbok N301:	<input type="checkbox"/>	Håndbok N302:	<input type="checkbox"/>	
Håndbok N303:	<input type="checkbox"/>	Håndbok N400:	<input type="checkbox"/>	
Håndbok N500:	<input type="checkbox"/>	Eventuelle rundskriv: Nummer og tittel på rundskriv her		
Krav det søkes fravik fra (Det skal kun være ett vegnormalkrav per fraviksskjema):				
Krav:	Beskrivelse, begrunnelse:	Myndighet til fravik ²		
		Region	Vegdir.	Fylkesk.
N 100- Kap D Prosjekteringstabell, Sa2, stigning på 7 % gir min R _h =350. R _h =300 krever maks 6,8 % stigning	I reguleringsplanen for fv. 212 Slettebrekka-Hetlevik er det planlagt tunnel. Tunnelen har stigning på 6,99 % og R _h =300. Dette fraviker fra krav gitt i prosjekteringstabell for Sa2 med stigning på 7 % og R _h =350. Stigning på 7 % fraviker fra kravet om maks stigning 5 % i tunnel (N500). Det er utført en risikoanalyse for tunnelen med løsningen som er regulert. Risikoanalysen har gitt en forhåndsgodkjenning fra Vegdirektoratet på løsningen (se vedlegg). Planlegging av tunnelen tar utgangspunkt i denne forhåndsgodkjenningen av stigningen. Tunnelen starter ved Nibbene (pel 1630) og munner ut i Hetlevik (pel 2220). Vanskelig terreng samt påkobling mot eksisterende vegnett i Hetlevik er faktorer som har påvirket valget om å legge horisontalkurvaturen til R _h =300. I planleggingen er det lagt vekt på å tilpasse veg til terrenget for å unngå større terrenginngrep og rivning av mange bygg i Hetlevik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

¹ Gjelder bru, ferjekai og annen bærende konstruksjon prosjektert iht N400

² Se kvalitetssystemet for nærmere beskrivelse av myndighetsroller



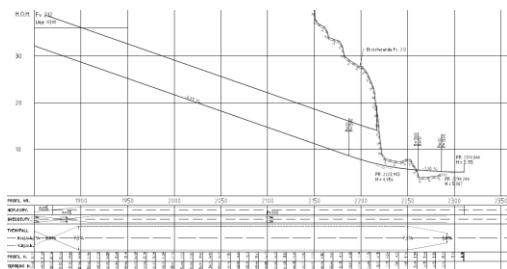
Figur 1, Vertikalgeometri i tunnel fra Nibbene pel 1630. Se vedlegg C003.

Dersom vegen hadde blitt planlagt med en høyere horisontalkurvatur ville dette fått store konsekvenser for løsningen:


- Enten: Dersom tunnelmunningene ligger som vist i planen og horisontalkurveradiene i tunnelen ble planlagt etter kravet ville tunnelen blitt kortere og dermed stigningen brattere. På grunn av myr i Nibbene er det ikke mulig å legge rundkjøringen på lavere høyde enn vist i planen.
- Eller: Dersom stigningen skulle vært 7% og horisontalkurvene fulgt kravet hadde det medført at sørlig tunnelportal ville blitt flyttet sørover med det som følge at rundkjøring ved Nibbene også måtte flyttes sørover (uten å endre vertikalkurvatur). Det hadde medført at rundkjøringen ville lagt tungt i terrenget, og at vegen sørover mot Slettebrekka ville lagt enda tyngre i terrenget enn det allerede er vist i planen.



Figur 2, Horisontalgeometri tunnel fra Nibbene, pel 1630. Se vedlegg C003.



Figur 3, Vertikalgeometri tunnel pel 1900- 2220. Se vedlegg C004.

	 <p><i>Figur 4, Horisontalgeometri tunnel pel 1900-2220. Se vedlegg C004</i></p> <p>I planleggingen er det satt krav til tiltak i tunnel for å ivareta trafikksikkerheten. Dette er gjort på bakgrunn av rapport fra HOJ Consulting GmbH datert juni 2015. Det er foreslått følgende tiltak for å redusere risiko for ulykker:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forbedret belysning i tunnelen • Nedsatt hastighet inn mot den vestlige portalen og advarsel om rundkjøring. Skilt og rumlefelt kan etableres med lave investeringer. • Forbud mot forbikjøring og sinusfresing av gulstripa. • Det kan vurderes om LED lys og et sammenhengende lysbånd bør etableres. <p>Dersom tunnelen skal bygges med en horisontalgeometri på $R_h=350$ vil dette medføre store økonomiske konsekvenser.</p> <p>Med bakgrunn i de tiltakene som blir iverksatt i tunnel vurderer vi at trafikksikkerheten blir ivaretatt ved bygging av tunnel med horisontalgeometri $R_h=300$.</p>			
<p>Vedlegg som følger saken:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • C-tegninger • tidligere utført risikoanalyse • tidligere innsendt fravikssøknad om stigning i tunnel • referat fra møter angående endring av standard • referat fra møter og e-post om fastsettelse av fartsgrense • brev om forhåndsvurdering av tunnel • forhåndsvurdering av tunnel fra Vegdirektoratet 			
<p>Konsekvenser av fravik:</p>				
<p>Konsekvenser for teknisk kvalitet: Den foreslåtte løsningen vil medføre at vegen har en bratt stigning kombinert med liten horisontalkurvatur. Dette gir en noe redusert teknisk kvalitet. Med utgangspunkt i at farten blir satt ned til 50 km/t vil ikke kurvaturen på $R_h=300$ gi en vesentlig dårligere kvalitet enn en $R_h=350$.</p>				
<p>Konsekvenser for sikkerhet (for trafikantene):</p>				
<p>Kombinasjonen av liten horisontalkurvatur og bratt stigning kan føre til økt risiko i forhold til ulykker. Det er planlagt tiltak som reduserer risikoen for ulykker. Disse er nevnt i rapporten som er utarbeidet av HOJ Consulting GmbH datert juni 2015. Rapporten konkluderer med at trafikksikkerheten i tunnelen er som på en gjennomsnittlig norsk veg. Risikoen for drepte er under de øvre grenser for dødsrisiko i referansetunnelene. Tiltak som blir gjennomført for å redusere risikoen i tunnelen er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forbedret belysning i tunnelen 				

- Nedsatt hastighet inn mot den vestlige portalen og advarsel om rundkjøring. Skilt og rumlefelt kan etableres med lave investeringer.
- Forbud mot forbikjøring og sinusfresing av gulstripa.
- Det kan vurderes om LED lys og et sammenhengende lysbånd bør etableres.

Konsekvenser for miljøkvalitet, ytre miljø og HMS:

Dersom det skulle planlegges en løsning med en horisontalkurvatur som innfrir kravene i Håndbok N100 ville dette fått store konsekvenser for terrenginngrepet utenfor tunnel ved Nibbene og videre langs strekningen mot Slettebrekka. Rundkjøringen ved Nibbene er planlagt slik at den ligger på samme platå som tunnel. En høyere horisontalkurvatur hadde medført at tunnelen ble brattere eller at rundkjøringen måtte flyttes lenger sørover. Det hadde igjen medført store konsekvenser for landskapstilpasningen sør for Nibbene.

Konsekvenser for estetikk:

I planarbeidet er det brukt mye tid å oppnå en god tilpassing av veg til omkringliggende terreng. Den nye vegen vil likevel utgjøre et betydelig terrenginngrep. Dersom horisontalkurvaturen i tunnelen endres for å oppfylle kravet vil dette føre til enda større inngrep i landskapsbildet.

Konsekvenser for økonomi:

Omfanget av å endre horisontalkurvaturen er lengre tunnel samt større skjæringer.

De økonomiske konsekvensene for endring av horisontalkurvatur på fv.212 Slettebrekka – Hetlevik for å ivareta kravet vil være vesentlig økte kostnader.

Konsekvenser for framkommelighet (Gjelder alle kjøretøy- og trafikantgrupper):

Framkommeligheten vil i liten grad være påvirket som følge av en horisontalkurvatur $R_H=300$.

Andre konsekvenser:

Tekst her

Forslag til avbøtende tiltak:

Vi viser til risikoanalysen som er utarbeidet av HOJ Consulting GmbH datert juni 2015 der følgende tiltak vil bli gjennomført for å redusere risiko i tunnel.

- Forbedret belysning i tunnelen
- Nedsatt hastighet inn mot den vestlige portalen og advarsel om rundkjøring. Skilt og rumlefelt kan etableres med lave investeringer.
- Forbud mot forbikjøring og sinusfresing av gulstripen.
- Det kan vurderes om LED lys og et sammenhengende lysbånd bør etableres

Skal fylles ut av prosjekteier

Prosjekteier: Cathrine Botnevik

Dato: 20.09.2017

Prosjekteier er enig i søknaden



Søknad om fravik

Del 2 – behandlingsdel

Skal fylles ut av Regionvegkontoret

Region: Vest				
Saksbehandler - region: Runa Aaland Eggum				
Dato: 20.10.2017				
Regionvegkontorets begrunnelse for vedtak eller anbefaling:	Godkjent	Ikke godkjent	Anbefalt	Ikke anbefalt ³
Fråviksgruppa tilrår fråvik for stigning på 6,8 % med horisontalkurve 300 meter sidan kravet vert marginalt overskride, og er knytt til kravet om 10 % resulterande fall og vil ha liten praktisk betydning i tunnel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videre saksgang:				
Sendes til Vegdirektoratet for behandling ⁴ <input type="checkbox"/>	Sendes til fylkeskommunen for behandling ⁵ <input checked="" type="checkbox"/>	Melding om fravik til Vegdirektoratet ⁶ <input type="checkbox"/>	Retur til søker <input checked="" type="checkbox"/>	

Skal fylles ut av Vegdirektoratet/Fylkeskommunen (Fk)

Saksbehandler – Vd/Fk: Navn påføres her		
Dato: Velg aktuell dato her		
MIMEnr: MIMEnr påføres her		
Vegdirektoratets/fylkeskommunens begrunnelse for vedtak:	Godkjent	Ikke godkjent
Tekst her	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

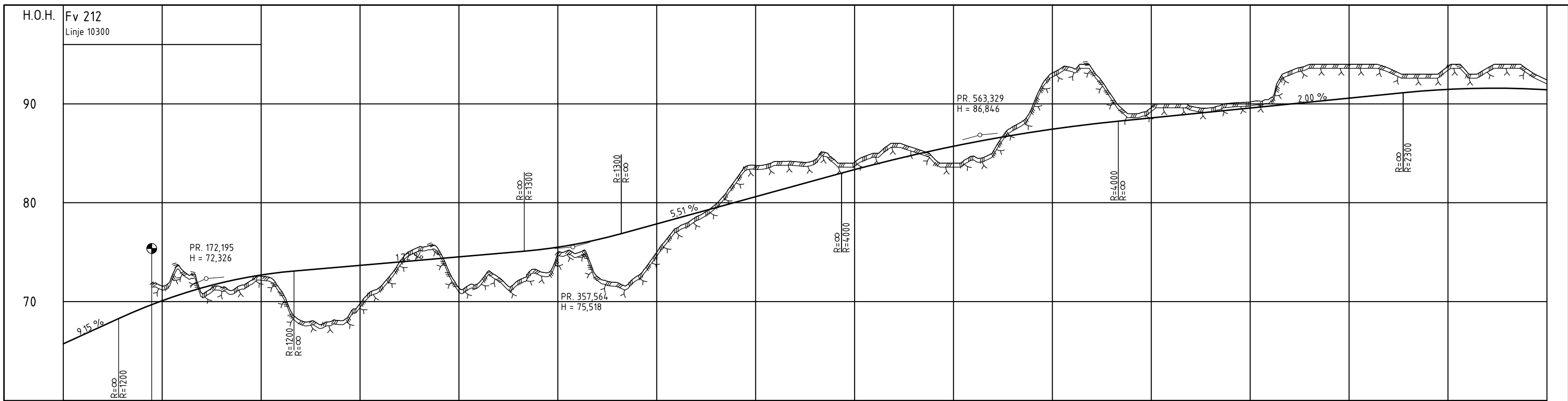
Rev. 24.05.2016

³ Brukes kun ved fravikssøknader på fylkesveg. Hvis ikke annet er avtalt kan regionene kun gi tilråding om fravik på fylkesveg (se [avtaleoversikt i kvalitetssystemet](#)). Vedtak gjøres i fylkeskommunen.

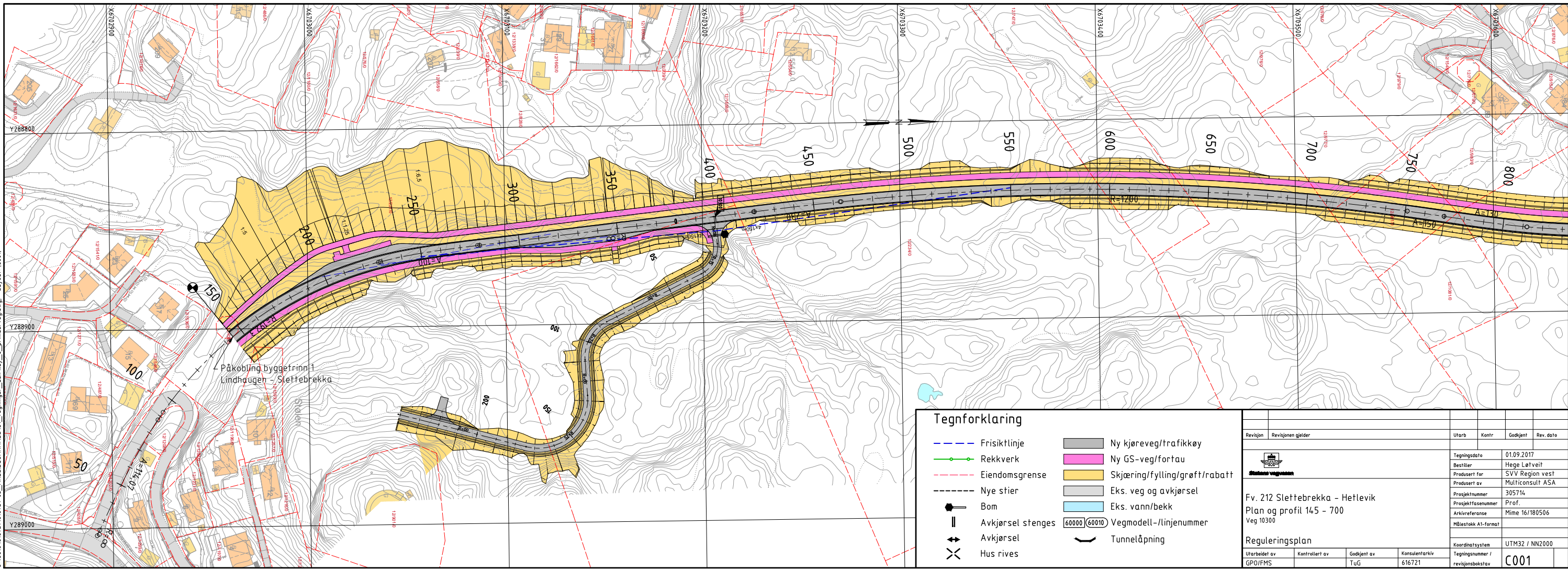
⁴ Fravikssøknaden sendes til Vegdirektoratet via MIME360 til Postmottak Vegdirektoratet

⁵ Se kvalitetssystemet hvilke rutiner den enkelte region har i forhold til hvem som oversender søknaden til fylkeskommunen (se [avtaleoversikt i kvalitetssystemet](#))

⁶ Meldingen sendes til Vegdirektoratet via MIME360 til Postmottak vegdirektoratet

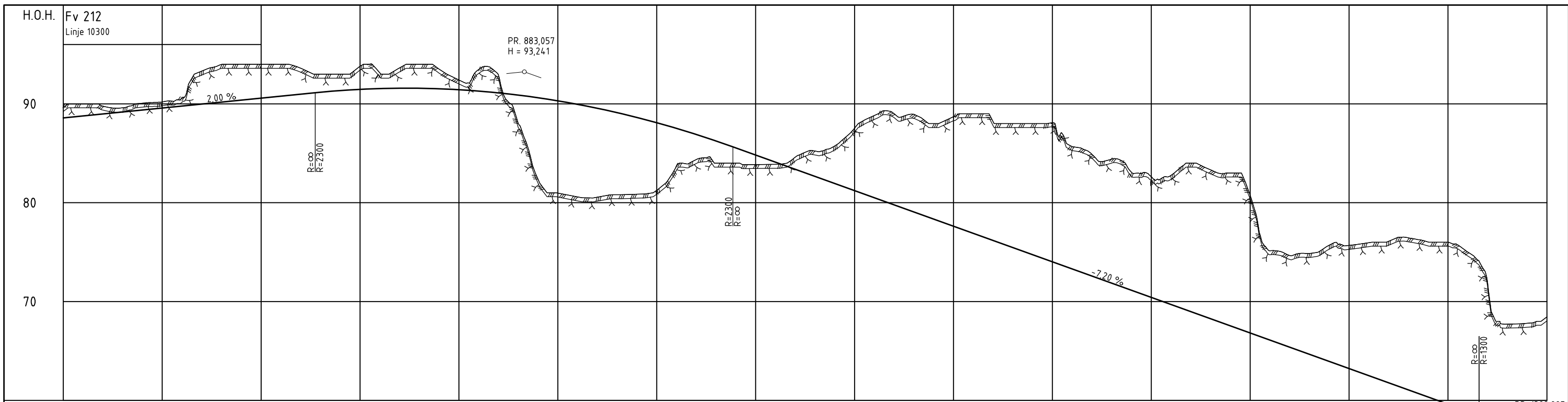


PROFIL NR.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800																																																								
HOR.KURV.	R=192.3		A=100		R=∞		A=230		R=1200		A=150		A=130	R=-400																																																								
BREDEDEUTY.	0.35m		0.35m		0.00m		0.00m		0.20m		0.20m		0.20m																																																									
TVERRFALL	5.0%		5.0%		3.0%		3.0%		3.0%		0.0%		6.8%																																																									
H.kj.b.k.	5.0%		5.0%		3.0%		3.0%		3.0%		0.0%		6.8%																																																									
V.kj.b.k.	5.0%		5.0%		3.0%		3.0%		3.0%		0.0%		6.8%																																																									
PROFIL H.	65.72	66.64	67.55	68.46	69.37	70.28	71.14	72.04	72.96	73.84	74.71	75.54	76.35	77.11	77.84	78.54	79.21	79.84	80.51	81.16	81.77	82.34	82.87	83.35	83.88	84.37	84.84	85.29	85.71	86.11	86.48	86.82	87.14	87.44	87.71	87.96	88.19	88.38	88.58	88.78	88.96	89.14	89.31	89.48	89.64	89.78	89.91	90.00	90.08	90.15	90.21	90.26	90.30	90.33	90.35	90.36	90.37	90.38	90.39	90.40	90.41	90.42	90.43	90.44	90.45	90.46	90.47	90.48	90.49	90.50
TERRENG H.	65.72	66.64	67.55	68.46	69.37	70.28	71.14	72.04	72.96	73.84	74.71	75.54	76.35	77.11	77.84	78.54	79.21	79.84	80.51	81.16	81.77	82.34	82.87	83.35	83.88	84.37	84.84	85.29	85.71	86.11	86.48	86.82	87.14	87.44	87.71	87.96	88.19	88.38	88.58	88.78	88.96	89.14	89.31	89.48	89.64	89.78	89.91	90.00	90.08	90.15	90.21	90.26	90.30	90.33	90.35	90.36	90.37	90.38	90.39	90.40	90.41	90.42	90.43	90.44	90.45	90.46	90.47	90.48	90.49	90.50
OVERBYGN.T.																54CM																																																						

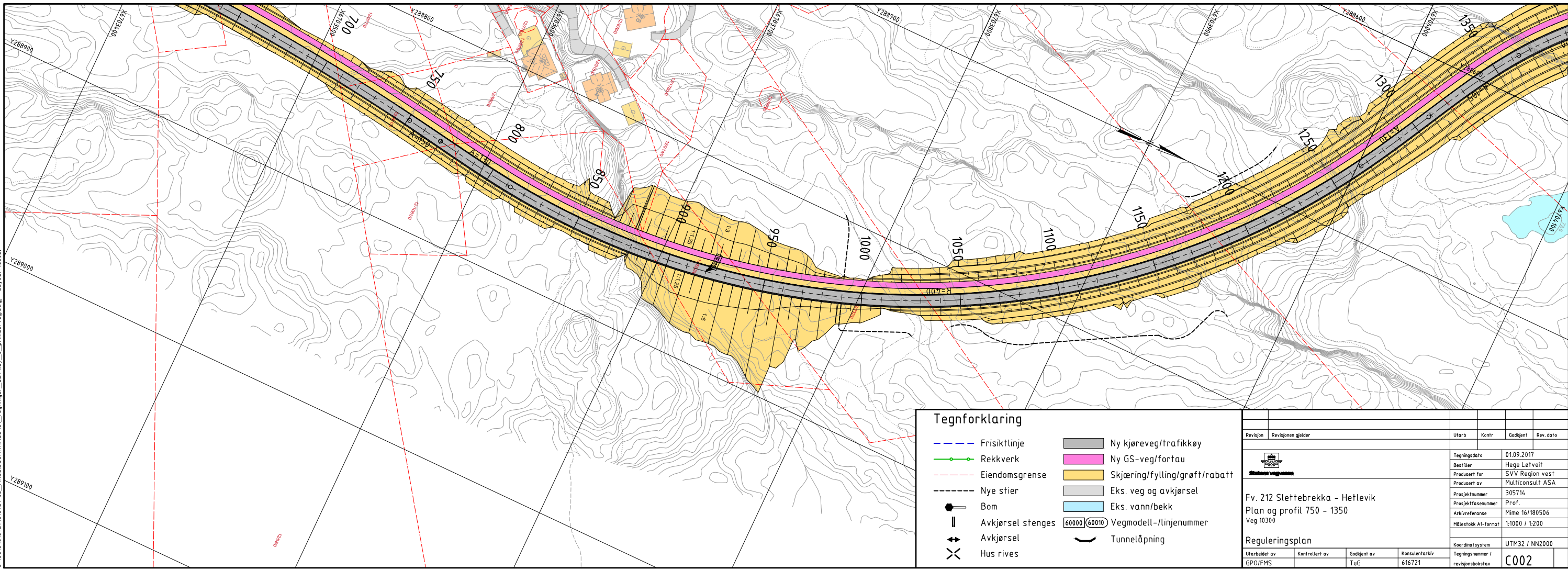


Revisjon		Revisjonen gjelder		Utb.	Kontr.	Godkjent	Rev. date
Tegningsdato		01.09.2017					
Bestiller		Hege Løfveit					
Produsert for		SVV Region vest					
Produsert av		Multiconsult ASA					
Prosjektnummer		305714					
Prosjektfasennummer		Prof.					
Arkivreferanse		Mime 16/180506					
Målestokk A1-format							
Koordinatsystem		UTM32 / NN2000					
Tegningsnummer / revisjonsbokstav		C001					
Reguleringsplan							
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv				
GPO/FMS	TUG	TUG	616721				

D:\0616161721\616721-03_ABEIDSONDRAGE\31_Tegninger_csk\lay_C_primarveg.dwg - Layout (C001)



PROFIL NR.	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	PR. 1392,885 H = 56,533
HOR.KURV.	R=200	A=150	A=130					R=-4,00					A=130	A=105	R=200
BREDDDEUTV.	0,00m 0,00m							0,20m 0,20m					0,00m 0,00m	0,35m 0,35m	
TVERRFALL															
H.kj.b.k.	3,0%	3,0%	0,0%	6,8%								6,8%	0,0%	8,0%	8,0%
V.kj.b.k.															
PROFIL H.	89,63	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58
TERRENG H.	90,00	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78	89,78
OVERBYGN.T.															

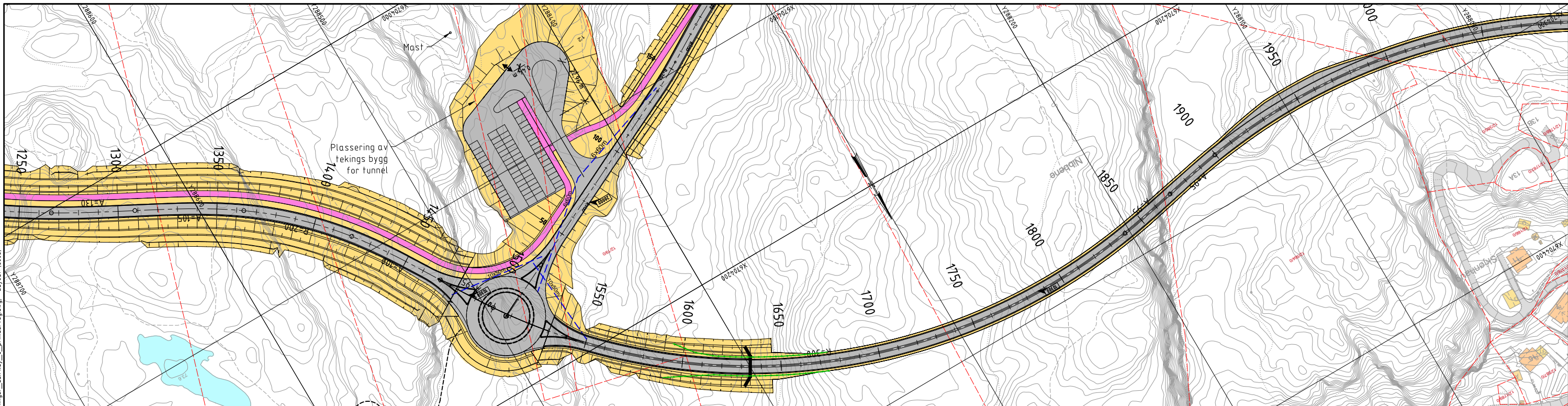
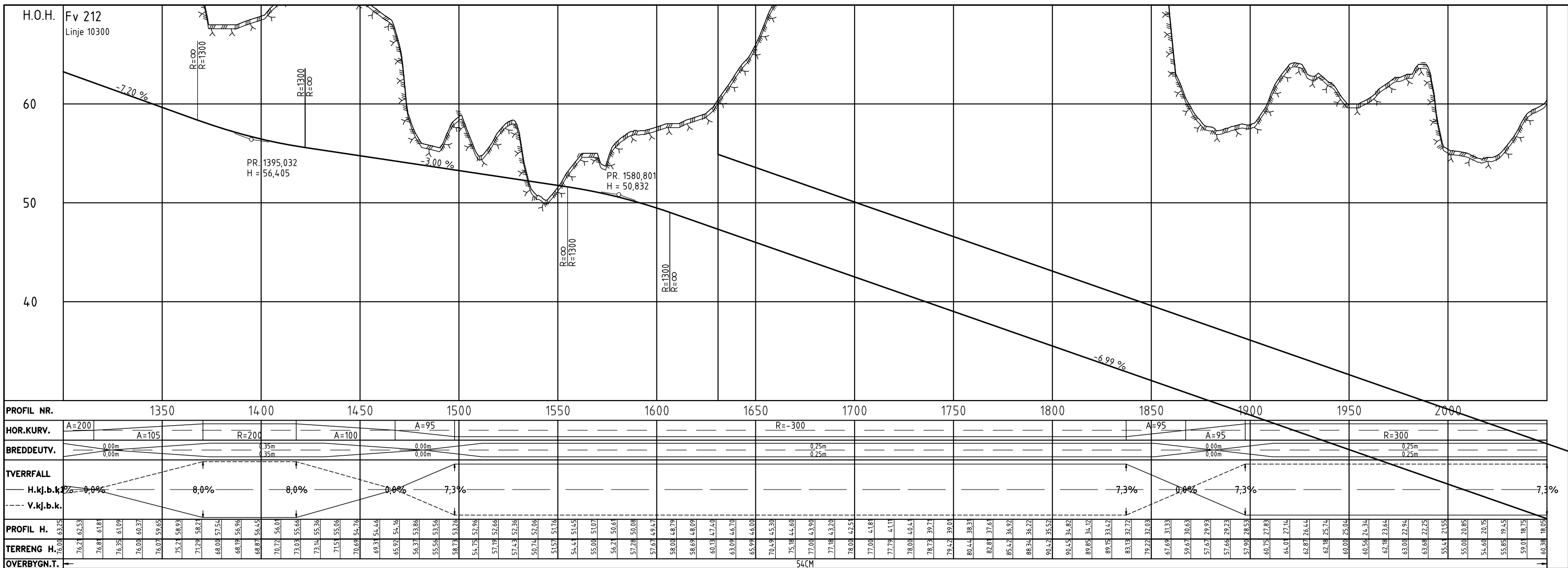


Tegnforklaring

	Frisiktlinje		Ny kjøreveg/trafikkøy
	Rekkverk		Ny GS-veg/fortau
	Eiendomsgrense		Skjæring/fylling/grøtt/rabatt
	Nye stier		Eks. veg og avkjørsel
	Bom		Eks. vann/bekk
	Avkjørsel stenges		60000 (60010) Vegmodell-/linjenummer
	Avkjørsel		Tunnelåpning
	Hus rives		

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb. Kontr.	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato 01.09.2017 Bestiller Hege Løfveit Produsert for SVV Region vest Produsert av Multiconsult ASA Prosjektnummer 305714 Prosjektfase Prof. Arkivreferanse Mime 16/180506 Målestokk A1-format 1:1000 / 1:200		
Reguleringsplan		Koordinatsystem UTM32 / NN2000 Tegningsnummer / revisjonsboks C002		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godjent av	Konsulentarkiv	
GPO/FMS		TuG	616721	

D:\061616721\616721_03_ABEED\SOMRADE\31_Tegninger_csk\lay_c_primaerveg.dwg - Layout (C02)

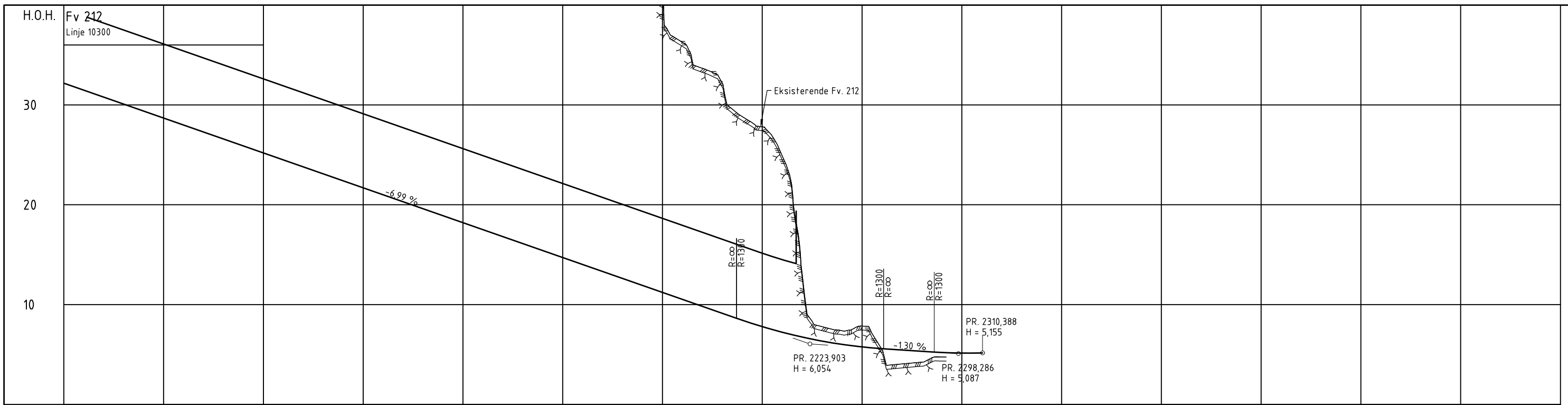


Tegnforklaring

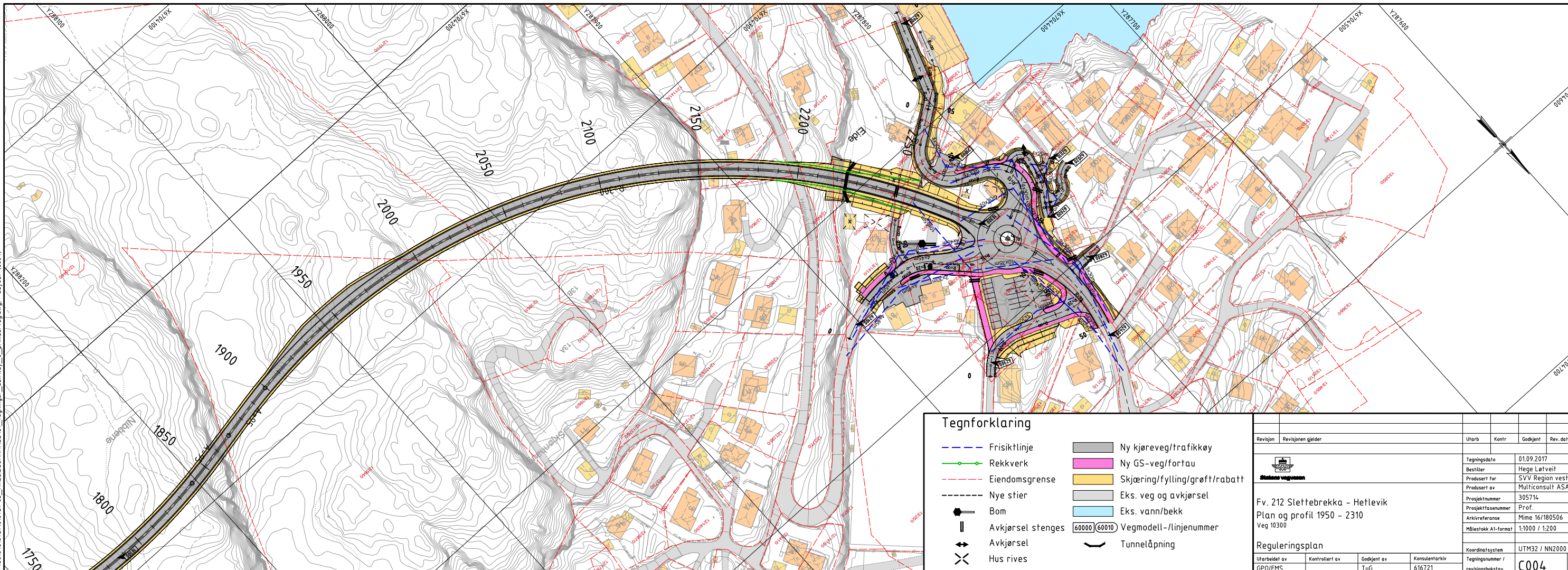
	Frisiktlinje		Ny kjøreveg/trafikkøy
	Rekkverk		Ny GS-veg/fortau
	Eiendomsgrense		Skjæring/fylling/grøtt/rabatt
	Nye stier		Eks. veg og avkjørsel
	Bom		Eks. vann/bekk
	Avkjørsel stenges		60000 60010 Vegmodell-/linjenummer
	Avkjørsel		Tunnelåpning
	Hus rives		

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb.	Kontr.	Godkjent	Rev. date
 Sveinveggene AS		Tegningsdato 01.09.2017 Bestiller Hege Løfveit Produsert for SVV Region vest Produsert av Multiconsult ASA Prosjektnummer 305714 Prosjektfase Prof. Arkivreferanse Mime 16/180506 Målestokk A1-format 1:1000 / 1:200			
Reguleringsplan Utarbeidet av GPO/FMS Kontrollert av Godkjent av TuG Konsulentarkiv 616721		Koordinatsystem UTM32 / NN2000 Tegningsnummer / revisjonsbokstav C003			

D:\0616161721\616721_03_ABEID\SOPRA\AE\31_Tegninger_csk\lay_C_primærveg.dwg - Layout: C003



PROFIL NR.	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550																																																																				
HOR.KURV.	A=95		A=95		R=300		R=300		R=300		R=300		R=300																																																																					
BREDEDEUTY	0.5m / 0.00m		0.5m / 0.00m		0.25m / 0.25m		0.25m / 0.25m		0.25m / 0.25m		0.25m / 0.25m		0.25m / 0.25m																																																																					
TVERRFALL	H.kj.b.k. 0.0%		0.0%		7.3%		7.3%		7.3%		3.0%		3.0%																																																																					
PROFIL H.	68.16	31.48	59.49	27.98	63.20	27.28	62.90	26.59	61.96	25.88	59.98	25.18	60.00	24.49	61.68	23.79	62.00	23.09	63.00	22.39	55.67	21.70	54.66	21.00	54.34	20.30	54.97	19.60	58.21	18.90	59.67	18.20	62.16	17.50	63.99	16.81	65.08	16.11	65.66	15.41	66.55	14.71	67.88	14.01	67.43	13.31	66.25	12.61	61.77	11.92	44.00	11.22	36.28	10.52	33.66	9.82	32.15	9.12	28.82	8.43	27.81	7.74	24.89	7.23	13.10	6.75	7.79	6.34	7.38	6.01	7.85	5.76	5.49	5.59	4.05	5.46	4.23	5.33	4.74	5.20	5.14	5.18
TERRENG H.	68.16	31.48	59.49	27.98	63.20	27.28	62.90	26.59	61.96	25.88	59.98	25.18	60.00	24.49	61.68	23.79	62.00	23.09	63.00	22.39	55.67	21.70	54.66	21.00	54.34	20.30	54.97	19.60	58.21	18.90	59.67	18.20	62.16	17.50	63.99	16.81	65.08	16.11	65.66	15.41	66.55	14.71	67.88	14.01	67.43	13.31	66.25	12.61	61.77	11.92	44.00	11.22	36.28	10.52	33.66	9.82	32.15	9.12	28.82	8.43	27.81	7.74	24.89	7.23	13.10	6.75	7.79	6.34	7.38	6.01	7.85	5.76	5.49	5.59	4.05	5.46	4.23	5.33	4.74	5.20	5.14	5.18
OVERBYGN.T.	54CM																																																																																	



D:\0616161721\6161721_03_ABEIDSPRADE\31_Tegninger_dak\lay_C_grimnerveg.dwg - Layout [C004]

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utb.	Kontr.	Godkjent	Rev. date
		Tegningsdato 01.09.2017 Bestiller Hege Løfveit Produsert for SVV Region vest Produsert av Multiconsult ASA Prosjektnummer 305714 Prosjektfase Prof. Arkivreferanse Mime 16/180506 Målestokk A1-format 1:1000 / 1:200			
Fv. 212 Slettebrekka - Hetlevik Plan og profil 1950 - 2310 Veg 10300		Koordinatsystem UTM32 / NN2000 Tegningsnummer / revisjonsboks C004			
Reguleringsplan		Utarbeidet av GPO/FMS Kontrollert av Godkjent av TuG Konsulentarkiv 6161721			



Statens vegvesen Region vest
Multiconsult

Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse af tunnel

Rapport

Juni 2015

(Rapporten er forberedt på dobbeltsidig trykning)



HOJ Consulting GmbH
www.hoj.ch

Ballyweg 33
CH-6440 Brunnen
Schweiz

Tel+41 41 820 3376

Statens vegvesen Region vest
Multiconsult

Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse af tunnel

Rapport

Juni 2015

Rapport nr.	H-NO-197
Revision	00
Dato	15 juni 2015
Udarbejdet	Niels Peter Høj
Kontrol	Joan Qi Si
Godkendt	Niels Peter Høj

Revision		Ændringer
Rapport nr.	H-NO-197	Færdig rapport, udsendt
Revision	00	
Dato	15.06.2015	
Udarbejdet	Niels Peter Høj	
Kontrol	Joan Qi Si	
Godkendt	Niels Peter Høj	

Indholdsfortegnelse

1	Forord	4
2	Sammenfatning	6
2.1	Indledning	6
2.2	Resumé	6
2.3	Konklusion	9
3	Indledning	10
3.1	Opsummering af projektformål	10
3.2	Krav om risikoanalyser	11
3.3	Indhold af risikoanalysen	11
3.4	Fremgangsmåde	12
3.5	Grundlag	12
4	Beslutningsgrundlag og vurderingskriterier	14
4.1	Risikomålsætning	14
4.2	Format for vurderingskriterier	14
4.3	Kvantificering af vurderingskriterier	15
4.4	Ulykker med store konsekvenser	17
5	Beskrivelse af tunnelanlægget	18
5.1	Generelt	18
5.2	Tunneldata	18
5.3	Tunneltværsnit	21
5.4	Tunnelkonstruktion	21
5.5	Portalområder	21
5.6	Indsatstider	22
6	Tunnelens særtræk	23
6.1	Generelt	23
6.2	Hetleviktunnelen	24
7	Risikoestimering	28
7.1	Indledning	28
7.2	Hetleviktunnelen med trafikniveau efter 20 år	28
7.3	Tiltag	30
7.4	Yderligere tiltag	32
7.5	Lang tunnel	36

8	Diskussion af resultater og tiltag	38
8.1	Sammenfatning af risikoanalysens resultat	38
8.2	Risikoberegninger og vurderinger	39
8.3	Diskussion af muligheder for at undgå gradienter over 5 %	40
8.4	Diskussion af muligheder for at undgå kort afstand til rundkørsel	41
9	Referencer	43
10	Appendiks: Gennemgang af krav i HB N500	46
11	Appendiks: Modelling af særtræk	50
11.1	Indledning	50
11.2	Geometriske forhold	50
11.3	Trafikale forhold	53
11.4	Tunneludrustning mm.	55
12	Appendiks: Referencetunnel	57
12.1	Kort referencetunnel	57
12.2	Lang referencetunnel	58

1 Forord



Figur 1.1 *Hetlevik på Askøy*

Baggrunden for at gennemføre risikoanalyser er, at man ønsker at støtte beslutninger om udformningen af vejanlæg på et solidt og rationelt grundlag og for risikobaserede beslutninger. Risikoanalyser afdækker sammenhængen mellem mulige initierende hændelser og mulige konsekvenser og afdækker samtidigt, hvilke tiltag der kan reducere og kontrollere risikoen.

Statens vegvesen Region vest arbejder med en byggeplan for strækningen Slettebrekka – Hetlevik i Askøy Kommune for den såkaldte Askøy-pakke. Den detaljerede kvantitative risikoanalyse gennemføres som en del af sikkerhedsdokumentationen for tunnelen, der indgår i projektet fv 212 Slettebrekka.

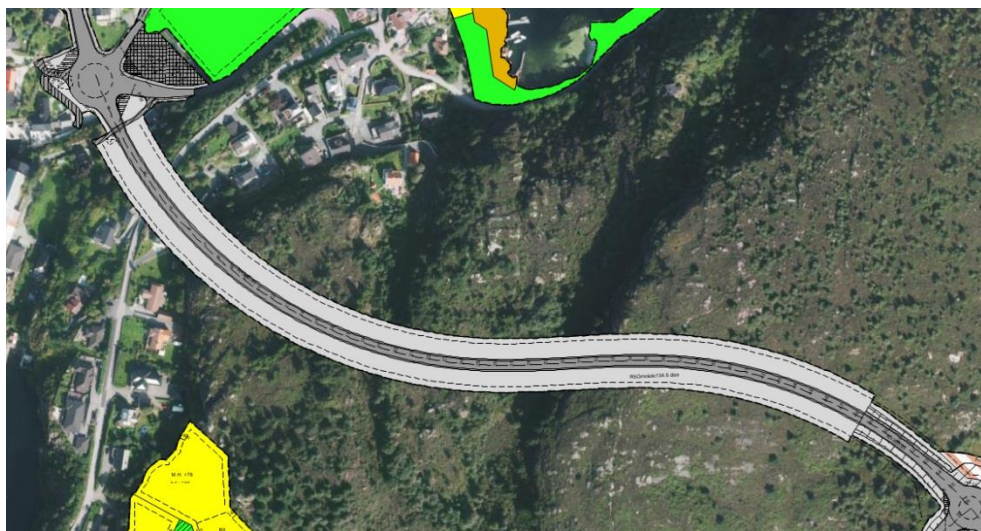
Tunnelen har endnu ikke noget officielt navn men betegnes af praktiske hensyn i denne rapport som Hetleviktunnelen. Hetleviktunnelen planlægges som en 585 m lang tunnel.

I November 2014 blev der udarbejdet en (i hovedsagen kvalitativ) risikoanalyse af tunnelen (Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse af Tunnel, Statens vegvesen Region vest, Rambøll, Ref. 1350007054, Rev 01, 28/11/2014). Siden da er projektet ændret, og det ønskes at få udført en mere detaljeret kvantitativ analyse

Den nærværende rapport indeholder en kort beskrivelse af tunnelen i risikomæssig sammenhæng samt kvantitative risikoanalyser af tunnelen. I den aktuelle risikoanalyse har det været målet at dokumentere sikkerhedsniveauet i den foreslåede tunnel og diskutere, om der kunne være yderligere relevante tiltag.



Figur 1.2 Hetlevik ved den fremtidige vestportal og rundkørsel



Figur 1.3 Forløb og placering af Hetleviktunnelen ifølge reguleringsplanen. Nord er opad

2 Sammenfatning

2.1 Indledning

Risikoanalysen omfatter den 585 m lange tunnel (Hetleviktunnelen), som er en del af fv 212 på Askøy, som del af Askøy-pakken. Der indgår nogle særtræk og fravig i tunnelen, hvilke tenderer til at forhøje risikoen, herunder blandt andet:

- Rundkørsler lige uden for den vestlige tunnelportal
- Store gradienter op til nær 7 %

I November 2014 blev der udarbejdet en (i hovedsagen kvalitativ) risikoanalyse af tunnelen (Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse av Tunnel, Statens vegvesen Region vest, Rambøll, Ref. 1350007054, Rev 01, 28/11/2014). Siden da er projektet ændret, og det ønskes at få udført en mere detaljeret kvantitativ analyse

Målet med den nærværende risikoanalyse er at støtte beslutningsprocessen for yderligere sikkerhedstiltag for tunnelen og afgøre, om tunnelen er tilstrækkelig sikker. Tunnelen skal have et risikoniveau, der er under en fastsat øvre grænse og ikke betydeligt overstiger risikoen i en hypotetisk tunnel ("referencetunnel") med samme længde og trafik, og som er bygget i henhold til de gældende forskrifter. Der sammenlignes også med en længere referencetunnel på 1.84 km. Referencetunnelernes risikoniveau fremgår af appendiks afsnit 12, og andre generelle vurderingskriterier beskrives i kapitel 4.

Tunnelen er gennemgået, og risikoen er analyseret både kvalitativt og kvantitativt. Der er foretaget beregninger af risikoen for trafikulykker, brande og hændelser med farligt gods ved anvendelse af en detaljeret beregningsmodel.

Tunnelen fører udelukkende til bebyggelsen Hetlevik, der har ca. 500 husstande, en mindre fritidshavn og et sportsanlæg. Trafikken i tunnelen forventes at være ret lav. Kun få tunge lastbiler og busser antages at ville anvende tunnelen.

2.2 Resumé

2.2.1 Kvalitativ beskrivelse

Kvalitativt kan det konstateres, at tunnelen har nogle fravig og særtræk, som indebærer en højere risiko. Dette omfatter især den meget store gradient i hele tunnelens længde og den korte afstand fra tunnelportalen mod Hetlevik (vestportal) og den rundkørsel, der ligger umiddelbart uden for portalen. Tunnelen generelle udrustning antages som udgangspunkt at være i overensstemmelse med kravene i HB N500.

Tunnelen antages ikke at have nogen mekanisk ventilation, hvilket er i overensstemmelse med korte tunneler i tunnelklasse B. Det må forventes at røgen i de fleste tilfælde vil gå opad – altså imod østportalen. Behovet for mekanisk ventilation er undersøgt separat.

Den store gradient på næsten 7 % overstiger maksimalkravet på 5 %, som fremgår af Sikkerhedsforskriften (og det europæiske direktiv 2004/54/EC), og som kun kan overskrides, hvis andre løsninger ikke er geografisk mulige.

2.2.2 Risikoberegninger

Risikoen er beregnet for en række situationer - og nogle varianter af disse, som det er vist i Tabel 2.1.

Ved denne kvantitative beregning kan det fastslås, at den projekterede tunnel har en risiko, der målt som dødsfaldsrisiko ligger på niveau som for en gennemsnitlig norsk vej og under de øvre grænser og dødsfaldsrisikoen i referencetunnelerne. Herved er dødsfaldsraten på et niveau, der normalt er acceptabelt. Alligevel skal det overvejes, hvilke yderligere tiltag, som kan reducere risikoen i overensstemmelse med ALARP-princippet.

Risikoen er beregnet for en række tiltag og - kombinationer, som det er vist i Tabel 2.1. For nærmere beskrivelse af de enkelte varianter henvises til kapitel 7.

	Hetleviktunnelen		
	Dødsfald /Mia kt-km	Dødsfald /år	Årl. Trafik Mia kt-km
Øvre grænse	10.4	-	-
Reference			
<i>L = 0.585 km, 2037, 80 km/t, 15 % TTA</i>	10.71	0.0048	0.45
<i>L = 1.84 km, 2037, 80 km/t, 15 % TTA</i>	10.48	0.0134	1.27
Projekt			
L = 0.585 km, 2037, 7 % TTA, 60 km/t	6.58	0.0030	0.45
Tiltag			
1. Forbedret belysning 2 cd/m ²	5.34	0.0024	0.45
2. Tiltag 1 +forbikøringsforbud, sinusfræsning, LED lys og lysbånd	4.89	0.0022	0.45
3. Tiltag 1 + 40 km/t ved vestportal og advarsler	4.56	0.0021	0.45
4. Tiltag 2 + 40 km/t ved vestportal og advarsler	4.17	0.0019	0.45
Lang tunnel			
L = 1.840 km, 2037, 7 % TTA, 60 km/t	3.76	0.0048	1.27
L = 1.840 km, 2037, 7 % TTA, 80 km/t	11.03	0.0141	1.27

Tabel 2.1 Fv 212 Hetleviktunnelen: Resumé af risikoanalysens kvantitative resultater.

Den nye vejstrækning aflaster og erstatter den eksisterende vej langs Askøys vestkyst, hvor det antages, at ulykkes- og dødsfaldsrisikoen er i størrelsesordenen som en bytrafik i almindelighed. Efter åbning af det nye anlæg vil det forventede resultat alt i alt blive en tydelig risikoreduktion i form af færre ulykker, færre personskader og færre dræbte – især hvis de foreslåede tiltag gennemføres.

Risikoen med transporter af farligt gods i tunnelen er beregnet. Ud fra de foreliggende oplysninger om omfanget af farligt gods transporter kan det konkluderes, at risikoen er så lav, at der ikke er grundlag for mere detaljerede beregninger eller restriktioner for trafikken med tung trafik eller farligt gods.

2.2.3 Risikovurderinger

Ifølge ALARP princippet skal det undersøges, om der er yderligere risikoreducerende tiltag som vil være relevant at indføre. De følgende tiltag anbefales:

- Forbedret belysning giver en god reduktion i risikoen, og det vurderes, at det er omkostningseffektivt at indføre forbedret belysning.
- Nedsat hastighed hen mod den vestlige portal, advarsler mod rundkørslen, skilte og rumlefter kan etableres med meget lave investeringer, og da tiltagskombinationen viser en god reduktion i risikoen antages det, at dette tiltag er omkostningseffektivt.

- Forbud mod forbi køring og sinusfræsning af striberne synes uden videre at være omkostningseffektive tiltag
- Omkostningerne ved markering af vejen med LED lys og et sammenhængende lysbånd kan undersøges nærmere. Lysbåndet har i flere sammenhænge været fremhævet som et godt tiltag og det må bemærkes, at dette tiltag er det eneste tiltag som direkte imødegår de forhøjede konsekvenser af en brand i en tunnel med en stor stigningsgrad og uden ventilation. Derfor anbefales også dette tiltag.

Ud over dette er en række tiltag og handlinger foreslået og diskuteret (afsnit 7.3), herunder følgende:

- Portaler skal beskyttes for nedfald af sten, jord, sne mm. Der skal tillige sikres mod adgang for personer over portalen og mod at genstande kan tabes eller kastes ned på vejen.
- Det bør lejlighedsvis overvåges, om forbuddet mod fodgængere, cyklister og mopeder overholdes. Der kan eventuelt gennemføres oplysningskampagner for lokalbefolkningen om forbuddet og dets baggrund.
- Automatiske bomme ved tunnelportaler kan overvejes. Stopblik kan desuden suppleres med skilte med variabel tekst til at tydeliggøre stængningen og til forklaring af årsagen.
- Uanset, at der ikke installeres ventilationsanlæg, kan det være nyttigt at installere målinger af luft og røgbevægelserne.
- Der skal udarbejdes en beredskabsplan, der beskriver anlæggets udformning og som tager resultaterne af risikoanalyserne i betragtning. Beredskabsplanen skal tage i regning, at der ikke er nogen brandventilation, og at røgdredelsen normalt vil være opad i østlig retning. Angrebspunktet for redningstjenester vil derfor være vestfra. Beredskabsplanen skal dog også være forberedt på situationen, hvor røgen bevæger sig i den modsatte retning
- Tunnelen skal holdes ren: renholdelsen gavner lysforhold i tunnelen, sikkerhedsudrustningen og synlighed af skilte mm.

2.2.4 Fravik

Gradienter over 5 %

Hetleviktunnelen har en gradient, som overskrider den øvre grænse på 5 %, som fremgår af HB N500. Ved diskussion af, om det er tilladeligt at overskride en gradient på 5 % tages der udgangspunkt i Vegdirektoratets rundskriv [23], som angiver, at mere end 5 % stigning/fald kun er tilladt, hvis *ingen anden løsning er geografisk mulig*. Det fremgår af rundskrivet, hvilke momenter der skal lægges til grund for at vurdere undtagelse fra reglen om maksimalstigning/fald.

- En tunnel med fastholdt portalplaceringer og en sløjfeformet linjeføring med mindre end 5% gradient vil medføre en ”Uakseptabel forlængelse af tunnelen ift totalsikkerhet”. Hvis horisontalradien i sløjfen reduceres for at forkorte tunnelen vil det evt. medføre en ”Uakseptabel horisontalkurvatur ift til trafikksikkerhet”.
- En lang tunnel, hvor østportalen er flyttet langt mod sydøst for at opnå en gradient under 5 %, vil ikke gøre det muligt at etablere et kryds og en vejforbindelse fra den nye fv 212 til Follese, hvilket var et hovedformål med den nye vej. I rundskrivets formulering: ”Tunnelmunning ender på feil sted i forhold til vegforbindelsens hensikt”. Krydset på den nye fv 212 og den åbne vejstrækning er også en del af planen om at udbygge området vest for den nye fv 212. Dermed har denne linjeføring af en lang tunnel konsekvenser for ”fremtidig arealbruk”, som det også fremhæves i rundskrivet.

Ud fra disse overvejelser konkluderes det, at ingen anden løsning end en kort tunnel med stigning over 5 % er geografisk ”mulig” i den forstand, at risikoanalysen viser, at det ud fra en funktionel og sikkerhedsmæssig betragtning er bedre at bygge en kort tunnel med større gradient og indføre passende sikkerheds-tiltag.

Kort afstand fra vestportal til rundkørsel

For at opfylde kravet burde vigepligtlinje flyttes 23 m mod nord. Denne flytning giver nogle praktiske problemer både med pladsforhold, arealerhvervelse og med tilknytning af de øvrige veje til rundkørslen. Det foreslås at arbejde videre med den detaljerede udformning af rundkørslen for at få så stor afstand som muligt mellem portal og vigepligtlinje.

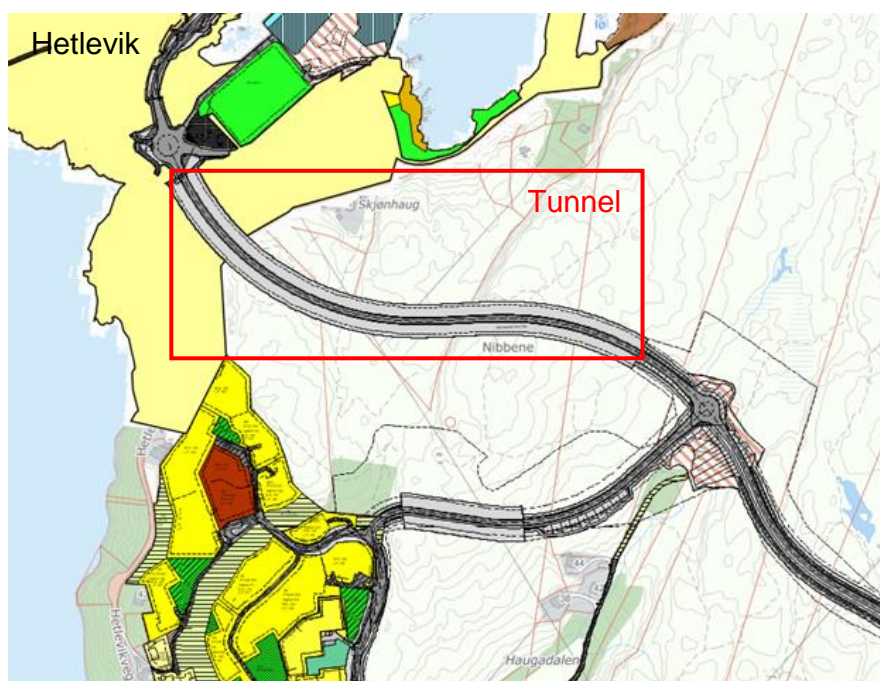
2.3 Konklusion

Resultatet af risikoanalysen viser, at de risikoforøgende særtræk, som Hetlevik-tunnelen har (f.eks. stor gradient og rundkørsel udenfor tunnelen ved portaler) er kompenseret med lavere hastighedsgrænser og sikkerhedsudrustning. Tiltag er anbefalet og prioriteret ud fra ALARP princippet og resultaterne af de kvalitative og kvantitative risikoanalyser. Dermed er risikoen på et acceptabelt lavt niveau.

3 Indledning

3.1 Opsummering af projektformål

Opdraget gælder udarbejdelse af risikoanalyse tunnelen på projektet Fv 212 Slettebrekka. Tunnelen er 585 m lang og er beliggende i den nordlige ende af Fv 212. Tunnelen har et kraftigt fald på strækningen ned mod Hetlevik.



Figur 3.1 Placeringen af tunnelen nær Hetlevik

Tunnelen har fravik, som gør det nødvendigt at søge godkendelse af projektet. Disse fravik er først og fremmest:

- Stigning / fald på nær ved 7 % (dvs. over 5 % som nævnt i HB N500)
- Kort afstand mellem den vestlige portal og rundkørsel (kryds). Afstanden overholder ikke kravene i HB N500.

Risikoanalysen skal give grundlag for en sikkerhedsgodkendelse af tunnelen iht. kap. 5.4 i vegvesenets HB R511 ”Sikkerhedsforvaltning af vegtunneler”.

Risikoanalysen skal give en vurdering af hændelser som kan give alvorlige konsekvenser for trafikanterne i tunnelen som for eksempel: trafikulykker, brande, standsede køretøjer og problemer med det tekniske udstyr. Risikoen beregnes med risikoanalyseprogrammet TRANSIT, der kan modellere en lang række særtræk i tunneler¹.

¹ Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels. Utvikling av beste praksis metode for risk modeling for vegtunneler. Matrisk GmbH and HOJ Consulting GmbH. Research project ASTRA 2009/001 at request of Federal Road Office (FEDRO) and Norwegian Public Roads Administration (NPRA), Januar 2011.

For beskrivelse af tunnelen henvises til kapitel 5 og for ”referencetunnelen” til Appendiks kapitel 12.

3.2 Krav om risikoanalyser

HB N500 [10] kræver risikoanalyser af tunnelanlægget, når forskellige omstændigheder er til stede. For det aktuelle tunnelanlæg anfører HB N500 blandt andet de i Tabel 3.1 anførte krav. De specielle særtræk er kontrolleret i Tabel 3.2. ”Veileder for risikoanalyse af vegtunneler” [16] kræver risikoanalyser i alle tilfælde.

Sikkerhedsniveauet i en tunnel skal være basert på en systematisk vurdering av alle sider ved systemet som utgjøres av infrastrukturen, bruken, trafikantene og kjøretøyene.
Dersom en tunnel har et spesielt særtrekk [se Tabel 3.2] når det gjelder ovennevnte parametere, skal det utarbeides en risikoanalyse for å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre et høyt sikkerhetsnivå i tunnelen.
Farlig gods. For tunneler i bystrøk, xxx bør det foretas særlige vurderinger. Gjennom slike analyser skal det foretas en beregning og sammenligning av risikoen for personskader og materielle skader ved kjøring gjennom tunnel og på alternativ rute

Tabel 3.1 Uddrag af HB N500 vedrørende krav til gennemførelse af risikoanalyser

Parameter	Særtræk	
Tunnellængde	nej	< 0.6 km er en ret kort tunnellængde, men ikke noget særtræk.
Antal løb,	nej	
Antal kørefelt	nej	
Tværsnitsgeometri	nej	
Vertikal and horisontal profil	ja	Der er stor gradient >> 5 %.
Konstruktionstype	nej	
Envejs eller tovejstrafik	nej	
Trafikvolumen per løb	nej	Med ÅDT = 1800 og L = 0.6 km er trafikvolumen relativt lavt.
Risiko for kø	nej	
Adgangstid for redningstjenester,	nej	
Nærvær og andel af tunge lastbiler	nej	
Nærvær og andel af farligt gods transporter	nej	Andel farligt gods transporter er antageligt lav.
Særtræk ved adgangsvejene	ja	Afstand til kryds er mindre end 2x stopsigt.
Kørefeltbredde	nej	
Hastighedsaspekter	nej	Dette aspekt belyses nærmere.
Geografisk og meteorologisk miljø	nej	

Tabel 3.2 Kontrol af specielle særtræk ved Hetleviktunnelen

3.3 Indhold af risikoanalysen

Ifølge kravene til risikoanalyse i Veilederen for Risikoanalyser [16] skal en risikoanalyse indeholde:

- Beskrivelse av analyseobjekt, formål og vurderingskriterier (avgrensning, hensikt og krav)
- Identifikasjon av sikkerhetsproblemer (hvilke uønskede hendelser kan inntreffe og hvorfor)
- Vurdering av risiko (Hvor ofte kan de uønskede hendelser inntreffe og hva er konsekvensene)
- Forslag til tiltak (hva er effektive risikohåndterende tiltak)
- Dokumentasjon

Det er afgørende, at der uafhængigt af detaljeringsgraden bruges en metodik som fastlægger indflydelsen fra de faktiske forhold ved anlægget og at disse repræsenteres i analysen på en gennemskuelig og velstruktureret måde. Anvendelse af kvalitativ vurdering og ekspertudsagn kan være en del af analysen, og indgår indenfor rammerne af analysen, således at indflydelsen kan efterspores. I det hele taget er det vigtigt at analysen er transparent når det gælder metoder og data.

Risikoanalysen må, for at bidrage til optimeringen, belyse risikobilledet, dvs. identificere uønskede hændelser/ulykker, årsager og mulige konsekvenser med tilhørende sandsynlighed. For at kunne bestemme risikobilledet må dette bygge på en modellering af systemet, med alle de oplysninger som er tilgængelige samt på en række forudsætninger. Da disse forudsætninger ofte er forbundet med en vis usikkerhed må de dokumenteres og der må foretages en analyse af betydningen af de enkelte forudsætninger. I et komplekst system er det ofte svært vanskeligt at overskue sammenhængen mellem alle egenskaber ved systemet og deres samlede virkning. Derfor er en detaljeret kvantitativ model et vigtigt værktøj for at undgå vilkårlighed i beslutningerne.

3.4 Fremgangsmåde

Analysen omfatter tunnelen med den forudsatte forbedrede udrustning samt en referencetunnel til sammenligning.

Risikoanalyserne gennemføres som detaljerede risikoanalyser. 5-trinsmetodikken i vegvesenets håndbok 271 ”Risikovurderinger i vegtrafikken” benyttes.

- | | |
|----|---|
| 1. | Beskrive analyseobjekt, formål og vurderingskriterier |
| 2. | Identificere sikkerhedsproblemer |
| 3. | Vurdere risiko |
| 4. | Foreslå tiltag |
| 5. | Dokumentere |

Følgende tre spørgsmål besvares:

- | | | |
|---|--------------------------|----------------------|
| - | hvad kan gå galt? | (uønskede hændelser) |
| - | hvor sandsynligt er det? | (frekvens) |
| - | hvad er konsekvenserne | (skade/tab) |

Der gennemføres en detaljeret risikoanalyse, jfr. Vegvesenets ”*Veileder for risikoanalyse av vegtunnelen, TS 2007:11*”:

- | | |
|----|---|
| 1. | Detaljeret kvantitativ analyse for at tegne et risikobillede for tunnelerne. Til den detaljerede kvantitative analyse er der blandt andet anvendt analyseprogrammet Transit [24]. |
| 2. | Risikovurdering for at dokumentere sikkerheden samt identificere og prioritere eventuelle sikkerhedsproblemer og foreslå tiltag. |
| 3. | Supplerende risikoanalyser for at studere særskilte problemer og for at dokumentere eventuelle supplerende tiltag |

3.5 Grundlag

Der er en lang række regler og vejledninger som danner det generelle grundlag for risikoanalyser. Dette omfatter blandt andet:

- Statens vegvesen HB V721 Håndbok V721 Risikovurderinger i vegtrafikken, 2006/2014
- Statens vegvesen HB V712 Håndbok V712. Konsekvensanalyser, 2007/2014
- Statens vegvesen HB N500 Håndbok N500 Normal Vegtunneler, 2010/2014.
- Statens vegvesen HB N100 Håndbok N100 Normaler Veg- og gateutformning, 2013/2014
- Statens vegvesen HB R511 Håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler 2007/2014
- Tunnelsikkerhedsforskriften, 15. Maj 2007
- Veileder for Risikoanalyser av Vegtunneler Rapport, nr. TS 2007:11. Vegdirektoratet, Veg- og trafikkavdelingen, Trafikksikkerhetsseksjonen, Revisjons dato: 2007-10-31
- Norsk Standard NS 3901 Risikoanalyse av brann i byggverk, 1. udg. mai 1998 samt Risikoanalyse av brann i vegtunneler, Veiledning til NS 3901, NBR Norges byggstandardiseringsråd, januar 2000.
- NS 5814 Norsk Standard. Krav till risikoanalyser. Norges standardiseringsforbund, 1991.
- NA-rundskriv: Avklaringer og nye bestemmelser i håndbok 021 Vegtunneler, Dato 04.04.2014, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

For beskrivelse af systemet er der stillet oplysninger til rådighed. Disse oplysninger antages i tilstrækkelig grad at beskrive tunnelsystemet mht. geometri og udstyr. Der henvises til listen i kapitel 9, deriblandt følgende referencer:

- Tegninger af tunnelgeometrien, herunder Tegn. Nr. C004, Fv 212 Slettebrekka, Plan og profil, profil 1500 – 2250, Veg 10000, Byggeplan, Foreløbig 27. Feb. 2015.
- Tegning ”t_geom_tunnel_justert 5” (uden nummer og dato), 7% gradient
- Rapport Statens vegvesen Plan 276 – Fv 212 Slettebrekka - Hetlevik Sammenligning av alternative vegløsninger, Multiconsult, 19/3/2015.
- Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse av Tunnel, Statens vegvesen Region vest, Rambøll, Ref. 1350007054, Rev 01, 28/11/2014
- Askøypakken Fv 212 Slettebrekka – endringer framdrift og entreprisse, Dato 05.05.2015, Statens vegvesen.

Internationale referencedokumenter fra organisationer som for eksempel PIARC for risikoanalyser af tunneler, ITA, OECD, EU danner tillige grundlag for risikoanalyserne.

Desuden baseret analyserne sig på erfaring fra tilsvarende analyser, samt grundlæggende materiale om hændelser på veje og i tunneler i Norge og i udlandet. Herunder kan nævnes resultater af internationale og nationale forskningsprojekter inden for risikoanalyser generelt og risikoanalyser af veje og tunneler specifikt.

4 Beslutningsgrundlag og vurderingskriterier

4.1 Risikomålsætning

I Håndbok 021 (nu HB N500) i udgaven fra 2006 og tidligere var målsætning med risiko i tunneler fastlagt som følger, citat:

"Sikkerheten mot personskader skal være like god regnet pr km veg i en tunnel som på vegen utenfor. Sikkerheten mot materielle skader skal velges slik at de totale samfunnsmessige kostnadene for anlegg, Drift og opprettholdelse av sikkerheten blir lavest mulig. Kontroll av at Sikkerhetsmålene nås, skal gjøres ved risikoanalyse ..."

I den nyeste udgave af HB N500 (indhold fra 2010) er dette ikke anført, men der henvises til at sikkerhedsniveauet opnås ved at indføre de fastsatte sikkerhedsforanstaltninger. Det antages dog i det følgende at den underliggende målsætning stadig er den samme.

Samtidig ønskes det at sammenligne risikoen i de aktuelle tunneler med referencetunneler, der er udformet helt i overensstemmelse med HB N500

4.2 Format for vurderingskriterier

Vurderingskriterier opstilles for at støtte beslutninger, som tages i forbindelse med anlægget, og som indeholder en passende afvejning af risiko. Vurderingskriterierne har stor betydning for sikkerhed og økonomi forbundet med anlægget og må formuleres og implementeres i fuld overensstemmelse med samfundets præferencer og samtidig på en sådan måde, at der sikres en konsistent og homogen anvendelse af disse.



Figur 4.1 ALARP område og øvre grænse (omformulering af ALARP princippet til at gælde grænseomkostningsprincippet).

Vurderingskriterierne er dog søgt opstillet således, at de kan have en generel gyldighed for alle typer projekter. Der opstilles risikoacceptkriterier for tunnel-systemet, som er kompatible med risikovurderingskriterier for aktiviteter i almindelighed i Norge og internationalt, hvad angår såvel format som kvantitative størrelser.

Det sammenfattes her, at tunnelprojekter grundlæggende kan vurderes i henhold til en revideret udgave af ALARP (As Low As Reasonably Practicable) princippet, som det er illustreret i Figur 4.1. Det centrale i ALARP princippet er ”ALARP området”, hvor der foretages en vurdering af risikoen ved sammenligning af risikoreduktionen og omkostningerne forbundet med denne risikoreduktion. Vurderingen gennemføres i henhold til grænseomkostningsprincippet, der kræver, at der skal investeres i risikoreduktion, indtil omkostningerne forbundet hermed overstiger en nærmere fastsat grænseværdi. Omkostningerne må forstås i bred forstand og omfatte alle samfundsrelevante omkostninger forbundet med at indføre risikoreduktionen. Ligeledes omfatter risikoreduktionen alle direkte og indirekte reduktioner af risikoen ved de mulige foranstaltninger. Det er grundlæggende vigtigt, at der gennemføres en dækkende identifikation og vurdering af risikoreducerende tiltag svarende til bedste praksis for de involverede fagdiscipliner. Dette krav til identifikation af alle relevante risikoreducerende tiltag, projektændringer, foranstaltninger og systemer er ofte den største udfordring i denne fremgangsmåde.

For at være i stand til at foretage sammenligningen mellem risikoreduktionen og omkostningsstigningen må disse omsættes til et format der muliggør sammenligningen (dette er yderligere diskuteret i afsnittet herunder).

Ud over ”ALARP området” indeholder ALARP princippet såvel en øvre som en nedre grænse.

I implementeringen af ALARP princippet indføres desuden en øvre grænseværdi med det formål at identificere risici, der ligger ud over det normale i samfundet. En overskridelse af denne grænse vil normalt betyde, at systemet har alvorlige konceptmæssige mangler, der nødvendiggør en nyvurdering af projektets udformning.

Den nedre grænse angiver det almindeligt acceptable område, hvor der ikke er nogen grund til at studere risikoen i detaljer.

4.3 Kvantificering af vurderingskriterier

ALARP-område

I ALARP området skal alle relevante risikoreducerende foranstaltninger indføres. Hvis man forestiller sig en komplet identifikation af risikoreducerende foranstaltninger og sorterer disse efter omkostninger, skal man indføre alle de mindst kostbare foranstaltninger. Når omkostningerne for at redde det sidste statistiske menneskeliv svarer til de såkaldte ”grænseomkostninger”, har man nået grænsen for de foranstaltninger, som skal indføres.

For Statens Vegvesen er der i HB V712 fastsat omkostninger ved ulykker, som i denne sammenhæng vil blive betragtet som de ovennævnte grænseomkostninger. Disse er angivet i Tabel 4.1 herunder. Foruden omkostningerne angivet for 2013 fra høringsudgaven af HB V712 er der også foretaget en fremskrivning til 2020 og 2040 med 2 % p.a. som angivet i HB V712. 2020 er det omtrentlige åbningstidspunkt, 2040 er 20 år efter åbningstidspunktet.

Ved sammenligning af risikoreducerende foranstaltninger, som medfører en (årlig) reduktion af risikoen over projektets restlevetid, må der foretages en nutidsværdiberegning for at kunne sammenligne denne risikoreduktion med om-

kostningerne for at indføre denne risikoreduktion. Tidshorizonten for nutidsværdiberegningen afhænger af levetiden af det betragtede tiltag.

Skadesgrad	Omkostning (2005) (NOK pr. tilfælde)	Omkostning (2013) (NOK pr. tilfælde)	Omkostning (2020) (NOK pr. tilfælde)	Omkostning (2040) (NOK pr. tilfælde)
Dødsfald	26 500 000	35 300 000	40 600 000	60 300 000
Meget alvorlig skade	18 100 000	26 800 000	30 800 000	45 700 000
Alvorlig skade	6 000 000	9 500 000	10 900 000	16 200 000
Lettere skade	800 000	700 000	800 000	1 200 000
Materiel skade	49 000	60 000	69 000	102 000

Noter: De to skadesgrader ”Meget alvorlig skade” og ”Alvorlig skade” bliver i nogen sammenhænge slået sammen under betegnelsen ”Hårdt skadet” med en omkostning pr. skadetilfælde på 7.8 MNOK (2005), 11.1 MNOK (2013).

Den gennemsnitlige omkostning pr. politirapporter personskadeulykke (vægtet gennemsnit i henhold til skadesgrad, dødsfald inkluderet) er 3.56 MNOK (2005), 3.2 MNOK (2013).

Omkostninger i 2005 i 2005 pristal fra HB V712 (2006), omkostninger i 2013 fra høringsudgave HB V712 (2014) og øvrige omkostninger i 2014 pristal.

Tal for 2020 og 2040 er baseret på 2013-tallene med en fremskrivning på 2 % p.a.

Tabel 4.1 Ulykkesomkostninger i norske kroner efter skadesgrad [14].

Nedre grænse

Den nedre grænse angiver det almindeligt acceptable område, hvor der ikke er nogen grund til at studere risikoen i detaljer. En kvantitativ værdi for denne grænse kan principielt bestemmes, men i praksis vil det ikke være nyttigt. Da grænsen jo definerer, hvorvidt det påkræves at studere risikoen i detaljer, bør grænsen defineres med formuleringer, der kan afgøres uden detailstudier (dvs. uden kvantitative studier). Det foreslås, at det vurderes, om risikoen er i det almindelige acceptable område, ved vurdering af, om anlægget/tunnelen opfylder forskellige kvalitative krav, der definerer almindelig / bedste praksis. Sådanne krav er blandt andet formuleret i ”*Tunnelveileder*” [16], der foreskriver, hvornår detaljerede risikoanalyser skal gennemføres.

Øvre grænse

Med en ideel og konsekvent anvendelse af grænseværdibetragtninger i ALARP området kan det argumenteres, at der ikke er noget behov for en absolut øvre grænse. Formålet med den øvre grænse er imidlertid på den ene side at hindre, at givne randbetingelser, manglende evne til at identificere projektændringer mm i ALARP-området medfører, at risikoen bliver urimelig høj, og på den anden side kan denne grænse sammen med andre mere informative vurderingsniveauer tjene som målestok for sammenligning med bedste praksis for andre tunneler og for andre anlæg i trafikken og i samfundet generelt.

I udgangspunktet forekommer det derfor at være praktikabelt at vurdere risici over hele udstrækningen af et tunnelsystem som en middelværdi over et år.

Også for andre (industri) anlæg og for tilhørende normative krav specificeres risikogrænser i form af årlige risici. I henhold til denne praksis kan man bestemme risikoen per år i forhold til, hvor mange ”person-år” tunnelen anvendes af trafikanterne. Dette mål, der nedenfor er benævnt den absolutte individrisiko, kan også til sammenligning omsættes til risikoen per køretøjskilometer, som normalt bruges for vejtrafik.

Det må desuden tages i betragtning, at tunnelanlæg, der opfylder de kvalitative krav, der definerer almindelig / bedste praksis, falder under den ”nedre grænse”. Den øvre grænse må nødvendigvis ligge et stykke over den nedre grænse.

Det foreslås derfor her at definere en øvre grænse for tunneller, som angives som 70 % over den gennemsnitlige risiko på veje i Norge.

I supplement til denne øvre grænse fastsættes nogle risikoniveauer, som kan fungere som målestokke for, i hvilken udstrækning den bedste praksis med hensyn til risikoniveau er nået i den aktuelle tunnel / på den aktuelle strækning. Disse niveauer kan fastsættes i forhold til forskellige typer anlæg (som for eksempel motorveje, stamveje, regionale veje i landområder eller i byområder, mm). Grænserne er ikke egentlige acceptgrænser, men kan tjene som grundlag for diskussion af anlæggets udformning.

Fastsættelse af grænser for Hetleviktunnelen

På baggrund af overvejelserne om øvre grænser og supplerende målestokke for risikoniveau er der fastsat nedenstående talværdier. Talværdierne er fastsat for dødsfald. Øvrige konsekvenser (andre personskader eller evt. forekomst af ulykker og brande) betragtes som ivaretaget ved behandlingen i ALARP-området og desuden derved, at der normalt er et bestemt forhold mellem dødsfald og personskader ved ulykker på veje og i tunneler. Grænsen for dødsfaldsrisiko vikarierer dermed for de øvrige personskader.

Hetleviktunnelen	Individerisiko for dødsfald	Risiko per køretøjskilometer
Øvre grænse	$4.9 \cdot 10^{-3}$ dødsfald per individ-år	10.4 dødsfald per milliard kt-km
Supplerende risikoniveauer		
Normal risiko for motorveje	$1.4 \cdot 10^{-3}$ dødsfald per individ-år	3.0 dødsfald per milliard kt-km
Normal risiko for veje generelt	$2.9 \cdot 10^{-3}$ dødsfald per individ-år	6.1 dødsfald per milliard kt-km
Normal risiko for veje i byer	$4.6 \cdot 10^{-3}$ dødsfald per individ-år	12.0 dødsfald per milliard kt-km

For fastsættelsen af grænserne er der anvendt en gennemsnitlig hastighed: på 70 km/t og 1.3 personer per køretøj. Den øvre grænse for tunneller er fastsat som 70 % over den gennemsnitlige risiko på veje i Norge (6.1 dødsfald per milliard kt-km, gennemsnit over de sidste 10 år).

Tabel 4.2 Øvre grænse og supplerende vejledende risikoniveauer for Hetleviktunnel.

Referencetunnel

Risikoen vurderes endvidere ved sammenligning med risikoen i en reference tunnel, som netop/fuldt opfylder krav i HB N500 (se separate beregninger i appendiks kapitel 12).

4.4 Ulykker med store konsekvenser

Undertiden giver man en særlig stor vægt til ulykker med store konsekvenser. I den såkaldte risikoaversion forsøger man at indarbejde i risikovurderingen, at eksempelvis 1 ulykke med 100 dødsfald skal gives større betydning end 100 ulykker med hver 1 dødsfald. Uanset, at det er rigtigt, at store ulykker kan have større offentlig opmærksomhed og, at der i risikoaversionen ligger en konservatisme imod ukendte konsekvenser af store ulykker, forfølges ideen om risikoaversion ikke i denne risikoanalyse. Dette skyldes, at anvendelse af risikoaversion kan føre til økonomiske skævheder og etiske problemer. I stedet må det grundigt identificeres, hvilke følgevirkninger store ulykker kan have, og risikovurderingen må medregnes den kvantificerede konsekvens af disse.

5 Beskrivelse af tunnelanlægget

5.1 Generelt

Beskrivelsen af tunnelen er baseret blandt andet på følgende:

- Illustrationer af geometri og linjeføring.
- Systembeskrivelser (opdeling af tunnelsystemet i fysiske komponenter og segmenter samt tunnelens udrustning mm.)
- Trafik oplysninger.
- Sammenfatning af særskilte karakteristika af betydning for ulykkes-hændelser: risikoindikatorer.

5.2 Tunneldata

5.2.1 Tunnelens hovedtræk

Hetleviktunnelen er en tunnel på fv 212 i Askøy kommune i Hordaland. Tunnelen forbinder Hetlevik med omverdenen uden om den eksisterende kystvej fv 212. Tunnelen forventes at få en trafik på 1800 kt/d 20 år efter åbning, den bliver 585 m lang, og bygges i henhold til tunnelklasse B.



Figur 5.1 Placering af Hetleviktunnelen som del af fv 212 og "Askøypakken".

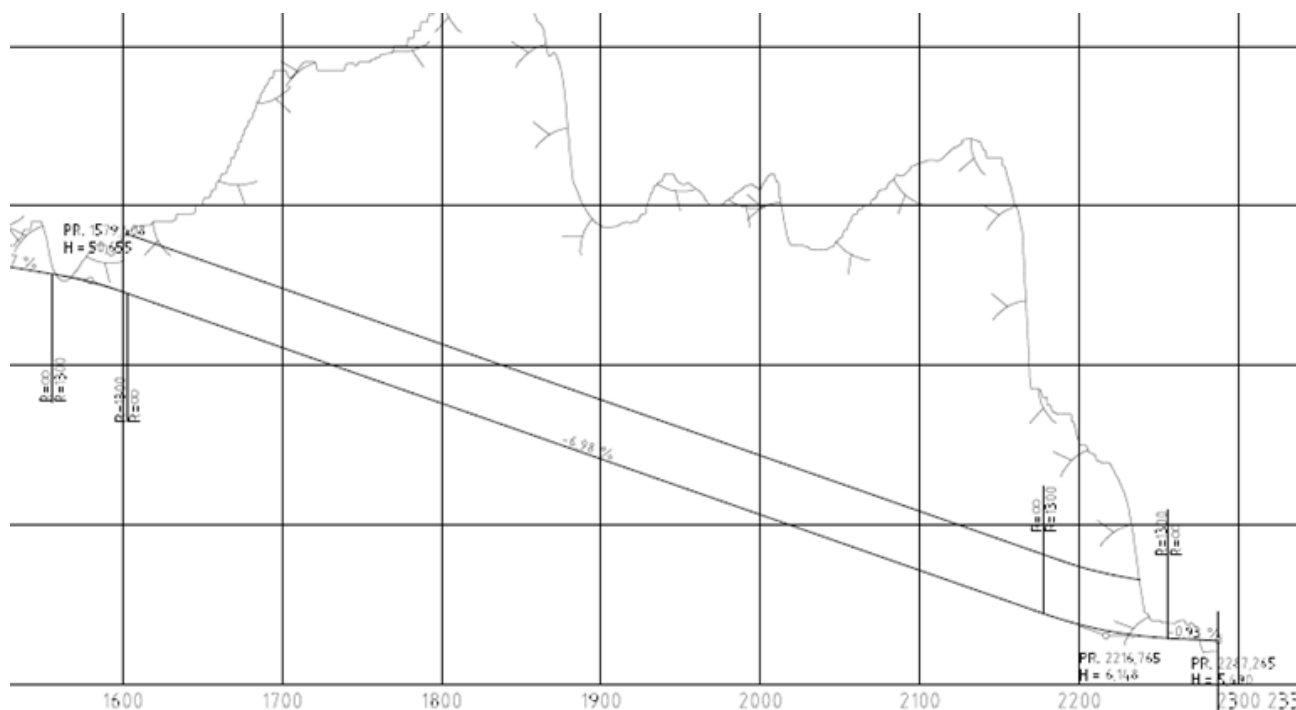
Placeringen af tunnelen er vist i Figur 5.1. Tunnelens nøgledal er resumeret i det følgende:

Tunnelklasse		B
Tunneltværsnit		T9.5
Længde total	m	585
Stigning	%	6.98
ÅDT (20 år efter åbning)	kt/dag	1800
Tungtrafikandel	%	7
Farligt gods andel ift. tung trafik*	%	3
Bustrafik*	%	1
Fartgrænse	km/t	60
Dimensionsgivende brand	MW	Tunnelen antages at være uden mekanisk ventilation
Brandventilation	m/s	
Overvågning		Ingen. Teknisk styring fra VTS (Bergen)

Tabel 5.1 Data for Hetleviktunnelen



Figur 5.2 Forløb og placering af Hetleviktunnelen, vest er mod højre (stigende profilretning).



Figur 5.3 Tunnelens længdeprofil, stigende profilretning mod vest.

Der er en havariniche for det opadgående kørefelt omtrent midtvejs i tunnelen. Der antages at være nøds skabe med nødtelefoner og brandslukkere for hver 125 m. Tunnelen forudsættes desuden at kunne stænges med rødt lys ved portalerne.

Den konstruktive udformning antages at være i henhold til reglerne i HB N500.

Lysanlægget forudsættes som udgangspunkt at leve op til de gældende regler, dvs. 50 cd/m² i indkørselszonens første halvdel og 0.5 cd/m² i tunnelens indre.

Dreneringssystemet, elforsyningen mm. planlægges efter gældende krav.

5.2.2 Trafik

Årsdøgntrafikken ÅDT er oplyst for 20 år efter åbning (2037).

Som grundlag for bestemmelsen af risikoen anvendes normalt en trafikprognose 20 år efter åbning/rehabilitering. For det tekniske udstyr anvendes ofte en frem-skrivning på 10 år, da levetiden af dette udstyr generelt er kortere. Tunnelkonstruktionens levetid kan være 50 – 100 år. I denne risikoanalyse er der derfor brugt en trafikprognose for 2037 som hovedgrundlag for risikoanalysen.

Med den lave trafik antages der ikke at være nogen risiko for kø i tunnelen – også selvom tunnelen munder ud i en rundkørsel.

Tungtrafikandelen er oplyst som 7 %, hvilket er en ret lav andel sammenlignet med 11-12 % som gælder i gennemsnit i Norge. Der antages desuden 1 % busser. Transport af farligt gods er ikke begrænset. Det antages, at andelen af den tunge trafik, som transporterer farlige stoffer, er højst ca. 3 % af alle lastbiler, hvilket er en gennemsnitlig andel.

Det antages en belægningsgrad på 1.3 personer per personbil, 15 -30 personer per bus og 1.1 person per lastbil.

Tunnelklassen bestemmes ud fra trafikken 20 år efter åbning Med prognosen for ÅDT er tunnelen klassificeret i tunnelklasse B.

		2015	2037
ÅDT	kt/dag	1200	1800
Tungtrafikandel	%	7	7
Busandel	%	1	1
Farligt gods andel af tung trafik	%	3	3

Tabel 5.2 Antagelse og prognose for trafikken i Hetleviktunnelen

5.2.3 Sektionering af tunnelen

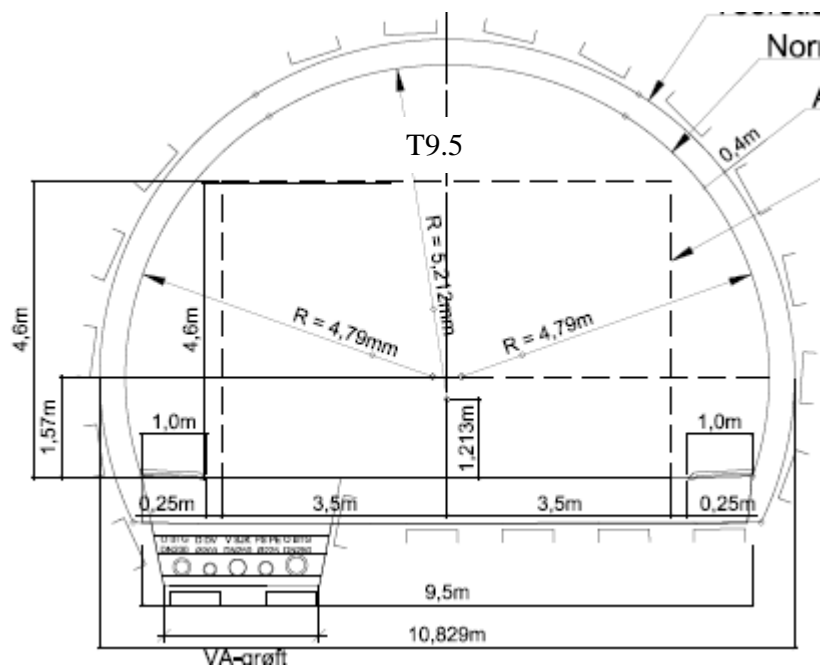
Tunnelen er opdelt i sektioner som beskrevet i Tabel 5.3.

Navn	Pr. Nr.	L	H-radius	Hastighed	ÅDT 2037	Vestgående		Østgående	
						Gradient	Felt	Gradient	Felt
		(m)	(m)	(km/t)	kt/dag	%		%	
Østportal	1650								
	1700	50	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	1800	100	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	1860	60	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	1910	50	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	1990	80	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	2085	95	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
	2185	100	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
Vestportal (Hetlevik)	2235	50	300	60	1800	-6.98	1	6.98	1
I alt		585							

Tabel 5.3 Geometriske data og andre nøgledata for Hetleviktunnelen.

5.3 Tunneltværsnit

Tunnelen projekteres med tværsnittet T9.5



Figur 5.4 Tunneltværsnit T9.5

Tunnelen er en etløbstunnel med tværsnitsprofil T9.5, svarende til tunnelklasse B. Tunnelens normalprofil har et tværsnit på 60.4 m². Der er 2 kørebaner med kørefeltbredde hver 3.50 m og et 1.00 m bredt midterfelt,

I overensstemmelse med kravene for en tunnel i klasse B er der ingen nødudgange (ud over portalerne)..

5.4 Tunnelkonstruktion

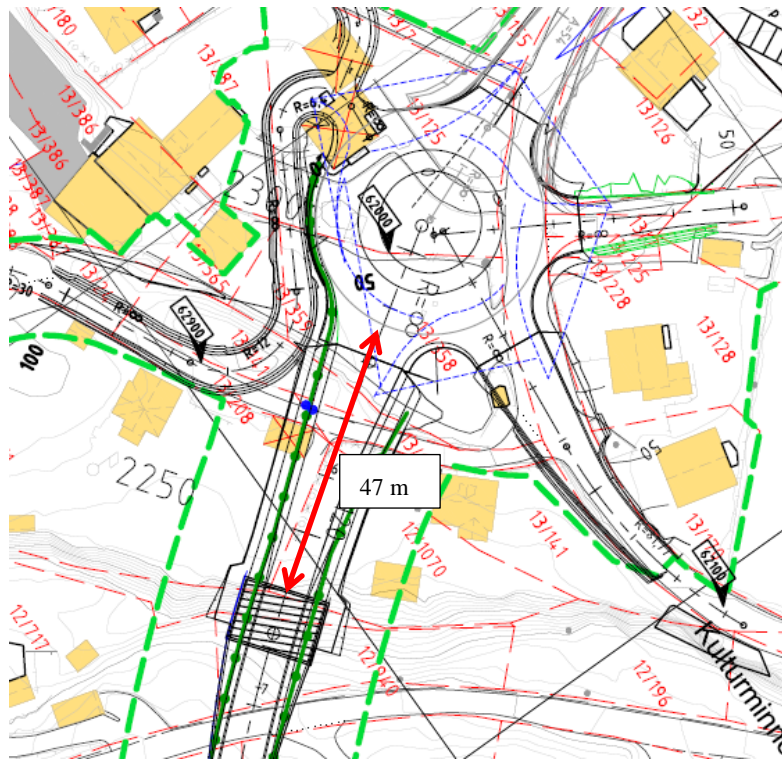
I portalområderne bygges tunnelen som in-situ støbte betontunneler. Tunnelen vil generelt have en støbt eller påsprøjtet tunnelindervæg.

5.5 Portalområder

Det kræves i HB N500, at: ”Når trafikken fra tunnelen er vikeplikts- eller signalregulert, skal afstand fra tunnelåpning til vikepliktlinje, stopplinje eller gangfelt ikke være mindre enn stoppsikt”. Det nærmeste kryds skal ligge mindst 1 x stopsigt fra tunnelmundingen: (Ls for dimensjoneringsklasse S1 og 60km/t = 70m. Hvis hastigheden ville have været 80 km/t, ville Ls have været 115 m.

Ved vestportalen (Hetlevik) er der (for) kort afstand til et vejkryds i form af en rundkørsel. Afstanden mellem portalen og vigepligtslinjen er 47 m.

Portalens geometri er tilpasset bredden af vejen udenfor – denne bredde reduceres i tunnelens portalområde indenfor de første ca. 20 m.



Figur 5.5 Rundkørsel ved den vestlige portal i Hetlevik.

5.6 Indsatstider

Udrykningstider for Askø Brand og Redning forventes at være ca. 14 min. Brandvæsenet vil kunne angribe branden fra vestsiden ved adgang via eksisterende fv 212. På grund af den manglende ventilation må det antages at alle indsatser (eller i hvert fald for hændelser hvor der er fare for brand eller lignende) skal anvende vestportalen.

6 Tunnelens særtræk

6.1 Generelt

6.1.1 Definitioner og regler

Tunnelens særtræk identificeres for at afgøre, hvilke risikoanalyser der må gennemføres for en tunnel og hvilke forhold der skal modelleres og vurderes i en risikoanalyse. I HB R511 [15] anføres:

”En risikoanalyse er en analyse av risikoer ved en bestemt tunnel, der det tas hensyn til alle konstruksjonsfaktorer og trafikforhold som berører sikkerheten, særlig trafikens særtræk og type, tunnallengde og -geometri, samt prognosen for antall tunge lastebiler ...”

For at vurdere om tunnelen har særtræk, tages som regel udgangspunkt i en sammenligning med gældende regler i HB N500 og i hvilken grad, disse er opfyldt. I *Veileder for risikoanalyse af vegtunneler* [16] nævnes følgende særtræk:

- Kryssløsninger i eller like utenfor tunnelen, på- og avkjøringsramper i tunnelen
- Stigningsgrad mellom 3 % og 5 %
- Skarp kurvatur
- Lokale klimatiske forhold (eks vann og is i eller rett utenfor tunnelen)
- Andel tungtrafikk > 15 %
- Frakt av farlig gods utover det normale (jf. ADR-overenskomsten)
- Høyt fartsnivå i forhold til skiltet hastighet
- Store variasjoner i trafikmengden over året, uka eller døgnet
- Fotgjengere, syklistar, mopedister og dyr i tunnelen
- Spesielle beredskapsmessige forhold (lang innsattid, dårlig vanntilgang osv.)
- Tunnelens kompleksitet for trafikantene

Følgende træk ved tunnelens udformning antages normalt at have betydning og indgår i kvantitative risikoanalyser:

Geometriske forhold

- Tunnellængde
- Tunneltværsnit (Frihøjde, kørefeltsbredde, tunnelbredde)
- Tunnelvægge, skuldre og kantsten
- Gradienter
- Horisontalradier
- Havarinicher og snunicher
- Nødudgange
- Tunnelportaler
- Forhold udenfor tunnelportaler

Trafikale forhold

- Hastighed
- Forbikøring
- Trafikmængde og fordeling over dag, uge og år
- Tungtrafikandel
- Gang og cykeltrafik
- Farligt gods transporter

Tunneludrustning mm.

- Lysforhold i tunnelindre
- Visuelføring
- Kommunikationsforhold
- Brandventilation
- Brandvand
- Nødstationer
- Brandlast
- Afvanding / drenering

Reference og kompensation

Særtræk identificeres som nævnt i forhold til reglerne i HB N500. Dette gøres blandt andet med henvisning til formålet i *Veileder for risikoanalyse* [16]:

Gjennom analysen må det avdekkes om det finnes spesielle forhold ved tunnelen som kan gi spesielt høyt risikonivå....

Formålet er å avdekke om tekniske bytter/kompenserende tiltak gir minst like høyt sikkerhetsnivå for tunnelen som om det ikke hadde vært fravik eller spesielle særtrekk. En risikoanalyse kan også benyttes til å vurdere og sammenligne flere alternative løsninger...

6.2 Hetleviktunnelen

6.2.1 Hetleviktunnelen, Geometriske forhold

Tunneltværsnit

Hetleviktunnelen planlægges med et tværsnit T9.5, dvs. med en bredde på 9.5 m. Dette er i overensstemmelse med kravet for en tunnel i tunnelklasse B og dermed ikke noget særtræk. Tunneltværsnittet er medregnet i den kvantitative risikoanalyse.

Tunnelvægge

Det forudsættes, at Hetleviktunnelen bygges med betontunnelvægge iflg kravene i HB N500. Disse vægelementer medvirker til at kollisioner ikke får for store konsekvenser.

Gradienter

Store gradienter er anerkendt som et særtræk, der bidrager til øget ulykkes- og brandfrekvens og som gør ventilation af tunnelen vanskeligere.

Stigningsgraden er op til 6.98 i Hetleviktunnelen.

Dette overskrider grænsen på 3.0 %, hvor der skal gennemføres risikoanalyser. Tunnelsikkerhedsforskriften foreskriver i afsnit 2.2.3, at ”I tunneler med stigning på mer enn 3% skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten på grunnlag av en risikoanalyse”. Stigningen er desuden over 5 %, hvor tunnelsikkerhedsforskriften afsnit 2.2.2 og HB N500 afsnit 4.2.3 kræver: ”Mer enn 5 % stigning i lengderetningen skal ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig” og ”Med unntak for undersjøiske tunneler skal ikke veg i tunnel bygges med mer enn 5 % stigning”.

Der kan ikke ændres væsentligt på længdeprofilet i tunnelen med mindre projektet gennemgående ændre. En mulighed ville være en længere tunnel (ca. 1.84 km),

Det tages i regning i de kvantitative risikoanalyser, at store gradienter giver et bidrag til en øget risiko.

Horisontalradier

Det er generelt observeret, at antallet af ulykker er større ved kurver. Dette har blandt andet sammenhæng med den relativt ringe sigt. Der er derfor krav til minimumsradier i tunneler afhængigt af kørselshastigheden. Helt retlinede tunneler frarådes også.

Hetleviktunnelen har relativt små horisontalradier på ca. 300 m. Ved en nedsat hastighed på 60 km/t (men ikke ved 80 km/t) vil kravet til stopsigt være opfyldt.

Dette er medregnet i den kvantitative risikoanalyse.

Havarinicher

I følge HB N500 skal der i tunneler med stigning over 5 % (i en længde over 1 km) overvejes at placeres en ekstra havariniche per km ud over det normale krav for havarinicher per 500 m. Dette gælder når ÅDT(20) er under 2500 kt/dg.

Hetleviktunnelen er under 1 km: Det er forudsat at indbygge en havariniche midt i tunnelen på siden med det opadgående kørefelt, hvorved afstanden er under 300 m.

Havarinichernes udformning svarer til geometrien krævet i HB N500, dvs. nichernes afslutning har en udfasning 1:10 (endeafslutning på udstøbning min H=0.9m over kørebane-niveau).

Nødudgange

Der er ingen andre nødudgange end de to portaler, hvilket er i overensstemmelse med kravene i HB N500 for tunnelklasse B. Den bedste flugtvej vil i de fleste tilfælde være nedad mod Hetlevik, da røgen normalt vil stige opad.

Tunnelens længde overstiger kun afstandskravet mellem nødudgange med 85 m, der er derfor relativt gode muligheder for at evakuere.

Tunnelportaler

Der er generelt en forhøjet risiko for ulykker i portalzonen. Dette er integreret i de kvantitative risikoberegninger.

I HB N500 kræves det, at portalen skal have en overgangslængde hvor skuldrene i tunnelen tilpasses til forholdene udenfor. Denne overgangszone er i tunnelprojektet for Hetleviktunnelen placeret indenfor tunnelportalen.

Lysen i overgangszoner er ved ind- og udkørsel af tunneler en betydelig sikkerhedsfaktor. Kørsel ind i en "sort væg" ved indkørsel og i en "hvid væg" ved udkørsel, kan føre til bratte opbremsninger og kollisioner med andre køretøjer og tunnelen. Tunnelnormalen forudsiger en højere belysningsgrad i portalområderne. Alligevel er der en overhyppighed af ulykker.

Der kunne være problemer med sten, jord og sneras ved portalerne. Det antages, at der tages hensyn til dette i den detaljerede projektering..

Kryds uden for tunnelen

Der er kryds i nærheden af vestportalen ved Hetlevik

Afstanden er ca. 47 m, og dermed mindre end stopsigt ved 60 km/t (70 m). Dette giver anledning til en øget risiko for trafikulykker i portalområdet, som i forvejen har en større ulykkesrate end tunnelens midte og åbne veje generelt..

6.2.2 Hetleviktunnelen, Trafikale forhold

Hastighed

Det er altid af stor betydning for en tunnels sikkerhed, hvilken hastighed der køres med i anlægget. Frekvensen af ulykker og konsekvenser i form af tilskadekomne og dødsfald er afhængig af gennemsnitshastigheden. Som det fremgår, er hastigheden i tunnelen en af de afgørende parametre i risikoen, og fartbegrænsning er dermed et muligt risikoreducerende tiltag..

Hetleviktunnelen forudsættes generelt at have en fartgrænse på 60 km/t.

Det kan tænkes at denne fartgrænse overskrides. Især nedadgående med 6.9 % fald, kan en utilsigtet overskridelse af fartgrænsen forekomme.

Hastigheden i tunnelen er medregnet i den kvantitative beregning af risikoen, som det vises i Appendiks afsnit 11.3.1.

Forbikøring

Forbikøring er tilladt i tunnelen og er en kilde til ulykker. Forbikøring i tunneler kan medføre en øget risiko, på grund af de forringede oversigtsforhold. Der synes umiddelbart ikke at være behov for forbikøring i den relativt korte tunnel på ca. 600 m.

Det anbefales derfor, at forbikøring forbydes.

Trafikmængde og fordeling af trafik over dag, uge, år

Trafikmængden indregnes som del af risikoberegningerne. Trafikkens fordeling i løbet af ugen og året antages at være normal og giver sig ikke udslag i noget tillæg i risikoen. Der må antages en udpræget morgentrafik mod øst og en eftermiddagstrafik mod vest.

Tungtrafikandel

Tungtrafikandelen er 7 % hvilket er under den gennemsnitlige andel for norske tunneler. En høj tungtrafikandel bidrager til en højere ulykkesrate, brandrate og til konsekvenserne af hændelserne. Dette indgår i de kvantitative beregninger. I Hetleviktunnelen medvirker tungtrafikandelen altså til en nedsat risiko.

Bustrafik

Det antages, at kun få busser vil anvende tunnelen. For turistbusser er ruten gennem tunnelen ikke aktuel, og rutebusser antages i større omfang at anvende den eksisterende kystvej Fv 212. Nogle enkelte "ekspresbusser" antages at kunne anvende ruten gennem Hetleviktunnelen.

Gangtrafik, cykeltrafik etc.

Gående og cykler kunne udgøre en risiko. Forbud mod gang- og cykeltrafik antages etableret, og det antages, at denne type trafik ikke vil forekomme i et større omfang. Der findes en alternativ rute for cykler ad den eksisterende fv 212. I de kvantitative analyser antages det, at gang- og cykeltrafik kan negligeres.

Farligt gods transport / afløbsanlæg

Det er tilladt at transportere farligt gods gennem tunnelen, hvilket er normalt for de fleste tunneler i Norge. Andelen af transport af farligt gods antages indtil videre at være gennemsnitligt i forhold til den tunge trafik sammenlignet med trafikken i Norge i almindelighed.

Hetleviktunnelen antages at have et lukket, sektioneret afvandingssystem, hvor brande og farlige stoffer ikke kan brede sig. Afstanden mellem sluk / brønde antages 80 m, hvilket er normalt. Dette kan dog ved store stigninger/fald føre til meget store pool brande ved udløb af brandfarlige væsker.

Risiko for farligt gods beregnes som del af de kvantitative beregninger..

6.2.3 Hetleviktunnelen, Tunneludrustning mm.

Teknisk udstyr generelt

Sikkerhedsudstyret antages generelt at leve op til de gældende regler i HB N500.

Lysforhold i tunnelindre

Lysforhold kan have stor betydning for sikkerheden i en tunnel, med et højlluminansniveau reduceres risikoen for ulykker. Det antages som udgangspunkt, at belysningen svarer til en luminans på 0.5 cd/m^2 i tunnelens indre og 50 cd/m^2 i første halvdel af indkøringszonen. Dette er i overensstemmelse med HB N500 for den givne trafik, men udgør et ret lavt lysniveau.

Belysningen modelleres som del af de kvantitative beregninger.

Øvrigt lys

Der antages ledelys (evakueringslys) i tunnelen (per 25 m). Disse bør placeres i en højde på 1.5 m med en lysydelse på 1800 lumen og tændes automatisk ved fjernelse af brandslukker eller ved brandalarm.

Visuelføring (kantstriber, adskillelse af kørebaner)

Den visuelle føring antages i overensstemmelse med normkravene.

LED-lys lang kantsten eller lysbånd, som kan bruges til optisk føring og til evakueringslys samt hvide rumlestriber kan foreslås.

Overvågning

Det antages, at tunnelen i overensstemmelse med HB N500 for tunnelklasse B ikke har overvågning / detektering af uønskede hændelser (stoppede køretøjer, ulykker, brande, cykler, fodgængere, dyr mm).

Dette tages i regning i de kvantitative risikoanalyser.

Kommunikationsforhold (advarsler, styring)

Der kan kommunikeres til trafikanterne over radio indsnak. Tunnelen modelleres i risikoanalysen, som en tunnel med normale kommunikationsforhold.

Brandventilation

Der er ikke noget ventilationsanlæg i tunnelen, og ventilationen i driftssituationen og ved brand er derfor ”naturlig ventilation”. Ved en brand antages røgen i langt de fleste tilfælde at gå opad (mod øst).

Nødstationer

Nødstationer skal iflg. HB N500 placeres per 125 m og indeholder 2 brandslukkere og en nødtelefon. Brandslukkerne er en væsentlig del af selvredningen, og telefonerne er en vigtig del af kommunikationen. Desuden skal der være nødstationer uden for tunnelen. Nødstationerne placeres i skab eller kiosk og skal ikke udgøre nogen fare ved kollision.

I Hetleviktunnelen antages afstanden generelt at være 125m mellem nødstationerne.

Afløbsanlæg

Afløbsanlægget er især vigtigt i forbindelse med udslip af brandfarlige væsker. Der kræves et lukket sektioneret system, hvor afstanden mellem kummerne på samme ledning ikke skal overstige 80 m.

7 Risikoestimering

7.1 Indledning

I de følgende afsnit i dette kapitel undersøges først den opgraderede Hetlevik-tunnelen (med trafikken 20 år efter åbning), dernæst undersøges forskellige yderligere tiltag, og det vurderes hvilken sikkerhedsforbedring det vil bringe med en lang tunnel.

Beregningerne for tunnelanlægget er gennemført for tre typer af hændelser:

- Ulykker
- Brand
- Transport af farlig gods

Risikoen bestemmes kvantitativt ved brug af programmet modellen for den kvantitative risikoanalyse [26]. Modeller for sammenhængen mellem træk / særtræk mm og risikoen i tunnelen henvises til kapitel 11. For yderligere beskrivelse af metodikken henvises til [24]. Referencetunnelen er omtalt i kapitel 12.

7.2 Hetleviktunnelen med trafikniveau efter 20 år

Med udgangspunkt i antagelserne vedrørende tunneludformning og trafik er den årlige risiko beregnet for tunnelen med trafikken som den forventes om 20 år. Resultaterne er opsummeret i Tabel 7.1.

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0026	0.131	0.096
Brand	0.0004	0.006	0.038
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0030	0.137	0.134
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.213		Per Million kt-km
Brandrate	0.084		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	6.58		Per Milliard kt-km

Tabel 7.1 Risiko 20 år efter åbning (2037); person risici og forventet antal brande og ulykker for Hetleviktunnelen iflg. projektet (projektstade maj 2015)

De i afsnit 6 nævnte særtræk har indgået i beregningerne af risikoen i Tabel 7.1, herunder den øgede risiko for ulykker ved gradienter over 3 % og ved udkørslen mod rundkørsel ved vestportalen.

På den anden side har den relativt lave forudsatte fartgrænse i tunnelen en betydelig del af æren for at risikoen kan holdes lav, også den relativt lave tungtrafikandel tenderer til en reduceret risiko: Med en hastighedsgrænse på 80 km/t ville der være næsten 5 gange flere dræbte fra ulykker og dødsfaldsraten ville være 28.6 dødsfald per milliard kt-km. Dette ville være langt over den øvre grænse og over risikoen i referencetunnelen.

Det ses, at dødsfaldsraten i Tabel 7.1 er reduceret med mere end en tredjedel i forhold til referencetunnelen (som beskrevet i appendiks i kapitel 12) og svarer omtrent til gennemsnitlig norsk vej. Især da tunnelstrækningen aflaster en vejstrækning med vanskelige trafikale forhold, nærtliggende boliger, fodgængere

og andre bløde trafikanter på vejen (mm.), vil tunnelen bidrage til en samlet forbedring af trafikikkerheden.

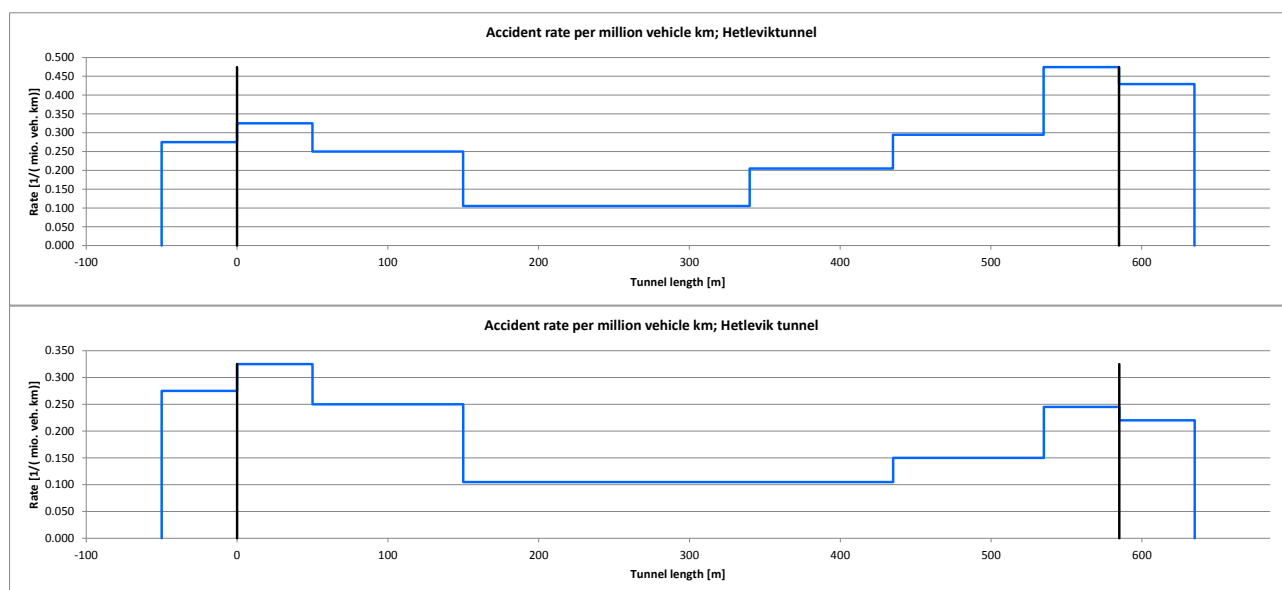
Brandraten er betydeligt forøget og er dobbelt så høj som i referencetunnelen, hvilket hovedsagligt skyldes gradienten på 6.98 % i tunnelen. (Det bemærkes, at de nævnte ulykker kun omfatter personskadeulykker, mens brandfrekvensen indeholder alle brande – også brande uden personskader).

Konsekvenserne af brand er dog kun lidt højere i den aktuelle tunnel i forhold til referencetunnelen, da der på grund af den lavere tungtrafikandel i forhold til referencetunnelen regnes med færre brande i tunge køretøjer.

Da risikoen er lavere end for referencetunnelen, er den samtidigt langt under den øvre grænse, der er defineret i kapitel 4. Dødsfaldsraten svarer til et niveau nær den gennemsnitlige dødsfaldsrate for veje i Norge i almindelighed. Herved er dødsfaldsraten på et niveau, der normalt er acceptabelt. Alligevel skal det overvejes, hvilke yderligere tiltag, som kan reducere risikoen i overensstemmelse med ALARP-princippet (se diskussion heraf i det følgende kapitel).

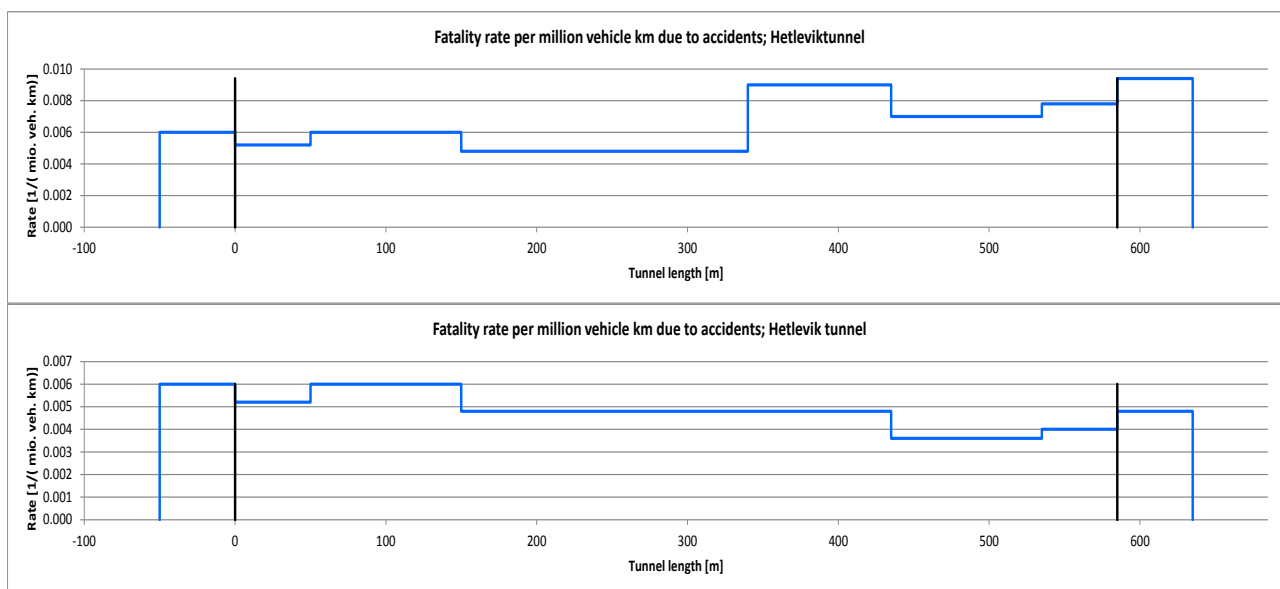
Fordeling af ulykkesrate, dødsfaldsrate og brandrate i tunnelen

I Figur 7.1, Figur 7.2 og Figur 7.3 illustreres, hvordan ulykkesraten dødsfaldsraten og brandraten fordeler sig langs tunnelens længde. Det ses tydeligt, at risikoen er særligt høj ved rundkørslen og ved portalerne.

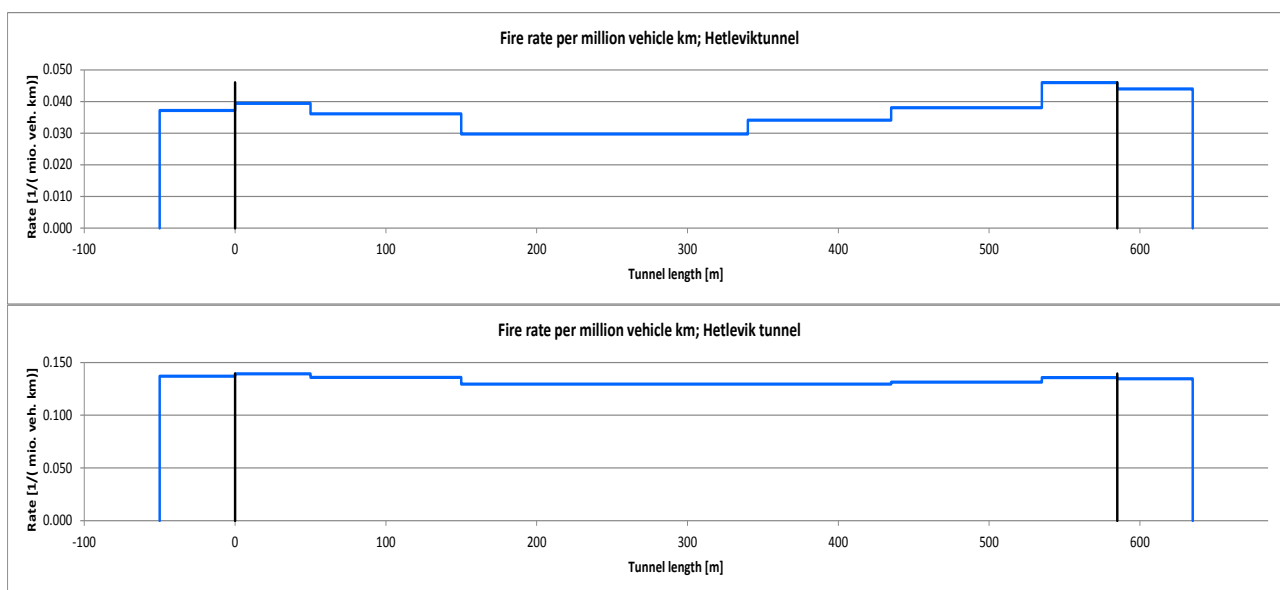


Figur 7.1

Ulykkesraten i Hetleviktunnelen langs tunnelens længdeakse. Rater er vist for (øverst): vestgående trafik, vest mod højre og (nederst): østgående trafik, øst mod højre.



Figur 7.2 Dødsfaldsraten i Hetleviktunnelen langs tunnelens længdeakse. Rater er vist for vestgående og østgående trafik og for den samlede trafik. Vest er mod højre.



Figur 7.3 Brandraten i Hetleviktunnelen langs tunnelens længdeakse. Rater er vist for vestgående og østgående trafik og for den samlede trafik. Vest er mod højre.

7.3 Tiltag

Herunder beskrives nogle tiltag, og det vurderes, hvilken effekt de har for sikkerheden. Tiltagene er opdelt i form af tiltag, der har betydning for ulykker, brande og farligt gods og andet. Desuden er tiltagene opdelt i sandsynlighedsreducerende og konsekvensreducerende tiltag.

Tiltag til at hindre ulykker (eller reducere konsekvenserne heraf):

Sandsynlighedsreducerende tiltag

Geometri og konstruktion

- Portaler skal beskyttes for nedfald af sten, jord, sne mm. Man skal tillige sikre sig mod, at der kan blive adgang for personer over portalen og mod, at genstande kan tabes eller kastes ned på vejen.

- Farvevalg og lyssætning af tunnelkonstruktionen skal sørge for et lyst miljø med gode oversigtsforhold. Der er generelt en vis sammenhæng mellem luminansen i tunneler og tunnelers sikkerhed – naturlige lysfarver og højt luminansniveau må derfor tilstræbes.
- Det kunne være et tiltag at ændre linjeføring af vejene ved tunnelportalerne for at undgå kryds/rundkørsel nær portalerne. Dette tiltag er i praksis vanskeligt at gennemføre med det givne projekt. Der må i stedet indføres tiltag i form af markering, advarsel og evt. hastighedsbegrænsning.

Trafikstyring

- Hastighedsgrænser: Der er allerede forudsat en generel hastighedsgrænse på 60 km/t i Hetleviktunnelen. Omkostningseffektivitetsbetragtninger peger på, at en yderligere generel reduktion af hastigheden ikke er et relevant tiltag, og det vil desuden være vanskeligt at håndhæve endnu lavere hastighedsgrænser. Der kan dog foreslås lavere hastighedsgrænser ved vestportalen sammen med advarsler mod rundkørslen.
- Hastighedsbegrænsende foranstaltninger (f.eks. rumlestriber, hump, lyssætning mm) skal indføres – især på steder, hvor der er særlige forhold. Konkret anbefales rumlestriber hen mod vestportalen. Der anbefales desuden kraftigere belysning.
- Forbud mod forbikøring anbefales, da der umiddelbar ikke synes at være behov for forbikøring i den korte tunnel.
- Hvis der vil tunnelens drift iagttages problemer med kø ved tunnelportalen (især vestportalen) kunne det undersøges nærmere, om der kan indføres prioriteret trafikføring for trafikken ud af tunnelen for at undgå, at der opstår kø i tunnelen
- Lejlighedsvis overvågning af, om forbuddet mod fodgængere, cyklister og mopedister overholdes samt eventuelle oplysningskampagner for lokalbefolkningen om forbuddet og dets baggrund.
- Registreringer af om der er problemer med dyr i tunnelen.

Skilte/markering

- Visualisering og markering:
Rumlefelter for at markere nedsat hastighed og kørefeltsbegrænsninger.
Visualisering af hastighed ved brug af tværgående striber på vejbanen.
- Der kan indføres kantstriber/spærremarkeringer med sinusfræsing..
- LED lys på kantstenene til at markere yderkanten af kørefeltet (visuel føring), alternativt reflektorer undersøges og implementeres.
- Automatiske bomme ved tunnelportaler. Rødt stop blink udformet som trafiklys må placeres ved portaler. Stopblik kan suppleres med skilte med variabel tekst til at tydeliggøre stængningen og til forklaring af årsag

Sikkerhedsudrustning

- Forbedret belysning i tunnelen (over håndbogens krav), f.eks. 2 cd/m² har en risikoreducerende effekt og omkostningerne hertil må undersøges..

Tiltag til at reducere konsekvenserne af brande:

De tiltag nævnt for ulykker, som også har en gavnlig virkning for reduktion af risikoen for brand er ikke gentaget under dette punkt.

Konsekvensreducerende tiltag

Sikkerhedsudrustning

- Brandventilation kunne være et tiltag til at reducere konsekvenserne ved brand. Ventilationsanlægget kunne sættes ind ved brand nær vestportalen, ved kraftig trafik i vestlig retning eller ved østlig vind. Brandventilation er undersøgt separat.
- Uanset, at der ikke installeres ventilationsanlæg kunne det være nyttigt at installere målinger af luft og røgbevægelserne.
- Hurtig og pålidelig detektering af branden (5 MW indenfor 60 s) således, at tunnelen efterfølgende stænges med bomme (indenfor 60 s). Dette vil dog være en uvanlig udrustning ved denne type tunnel.
- For at igangsætte evakuering kan det være nødvendigt at supplere radioindsnak med andre kommunikations (informationsmidler).

- For at lede trafikanterne hen mod nødudgangene måder indrettes LED lys langs vejbanerne. Disse LED lys er tændt både ved normal drift og ved brandalarm. (Se også ovenfor, hvor samme LED lys er nævnt som et visualiseringstiltag for optisk føring).
- Ud over dette anbefales, at vejvisningsskiltene (placeret per 25 m) er indvendigt belyste.
- Vandforsyning i form af vandledning i tunnelen kan undersøges nærmere.
- Brandhydranter, som lever op til brandvæsenets krav mht. vand tryk og vandmængde skal installeres ved tunnelportalerne.

Tiltag til at hindre hændelse med farligt gods eller reducere konsekvenserne heraf:

Risikoen for hændelser med farligt gods transporter er meget lav. Hvis risikoen for hændelser i tunnelen med farligt gods skal reduceres, skal tiltag og restriktioner derfor være effektive og med ekstremt lave omkostninger.

Andre tiltag, herunder organisation, planlægning og andet:

- Der skal udarbejdes en beredskabsplan, der beskriver anlæggets udformning og som tager resultaterne af risikoanalyserne i betragtning. Beredskabsplanen skal være detaljeret til et niveau, så de nødvendige aktioner i forbindelse med forskellige hændelser i tunnelens drift er beskrevet. Dette gælder både mindre alvorlige hændelser, som tabte genstande og stoppede køretøjer og egentlige ulykker og brande. Desuden skal beredskabsplanen beskrive, hvordan sikkerhedsudstyret skal betjenes og hvordan de enkelte dele af sikkerhedssystemet indgår i den samlede virkning.
- Beredskabsplanen skal tage i regning, at der ikke er nogen brandventilation, og at røgudbredelsen normalt vil være opad i østlig retning. Angrebepunktet for redningstjenester vil derfor være vestfra. Beredskabsplanen skal dog også være forberedt på situationen, hvor røgen bevæger sig i den modsatte retning

Sandsynlighedsreducerende tiltag

- Tunnelen skal holdes ren: hvilket gavner lysforhold i tunnelen, sikkerhedsudrustningen og synlighed af skilte mm.
- Tunnelen skal inspiceres så ofte, at man til stadighed kan regne med at sikkerhedssystemet er tilstrækkeligt virksomt.

Konsekvensreducerende tiltag

- Indsats og styring af det tekniske anlæg skal afprøves ved periodiske øvelser.
- På grund af udbygningen af vejtunneler og de højere sikkerhedskrav bliver VTS stadig belastet med nye opgaver – både under normal trafik men i særlig grad ved hændelser. Det skal sikres, at VTS er tilstrækkeligt bemandet, trænet og udstyret til at håndtere alle forventede hændelser – herunder alarmer og ”falske” alarmer.
- Digitalt nødnett/bakkenett er et godt supplement i tunneler fordi radiosamband kan være besværligt og langsomt at bruge. Tetra-sambandet er anslået at være færdigtestet og tilgængeligt i 2015. VTS anbefales integreret i det nye nødnett således, at de kan kommunikere med nødetaterne.

7.4 Yderligere tiltag

Risikoen i tunnelen beregnes for følgende tiltag og tiltagspakker:

- Forbedret belysning 2 cd/m²
- Forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd samt forbedret belysning 2 cd/m²
- Nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet, i tillæg til forbedret belysning 2 cd/m²
- Nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet, i tillæg til forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd samt forbedret belysning 2 cd/m²

7.4.1 Forbedret belysning 2 cd/m²

Som et muligt tiltag beregnes risikoen ved samme tunnelforudsætning som i afsnit 7.2, men med forbedret belysning med generelt 2 cd/m² luminans (indre zone dag) og adaptionsluminans 2 % svarende til kravene i HB N500 for tunneler med ÅDT > 2500.

Det skal nævnes at indkøringszonen ved 60 km/t er 60 m og overgangszonen er 333 m. Med en længde på 585 m og et løb med tovejstrafik vil hele tunnelen ligge i indkørings- og overgangszonen. Lysniveauet vil derfor i gennemsnit ligge noget over 2 cd/m².

En yderligere forbedring af belysningen er derfor mindre afhængig af luminansen i den indre zone end af adaptionsluminansen.

En forbedret belysning påvirker ulykkesfrekvensen og dermed også indirekte brandfrekvensen som det vises i Tabel 7.2.

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0020	0.103	0.076
Brand	0.0004	0.006	0.037
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0024	0.109	0.113
<hr/>			
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.170		Per Million kt-km
Brandrate	0.082		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	5.34		Per Milliard kt-km

Tabel 7.2 Risiko 20 år efter åbning (2037); person risici og forventet antal brande og ulykker for Hetleviktunnelen med forbedret belysning til 2 cd/m² og adaptionsluminans 2 %.

Det fremgår af resultaterne, at den forbedrede belysning giver en god reduktion i antallet af ulykker og dødsfaldsraten falder med næsten 20 %.

Der har ikke været et omkostningsoverslag til rådighed for at vurdere dette tiltag, men det antages indtil videre, at dette tiltag er omkostningseffektivt, især da de omkostninger der skal indgå i vurderingen kun er de marginale omkostninger i forhold til lysanlægget, der skal kunne give en luminans på 0.5 cd/m².

7.4.2 Forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd

Som supplement til den forbedrede belysning (2 cd/m²) beskrevet i afsnit 7.4.1 foreslås en række yderligere tiltag, som især har det mål at reducere risikoen for at imødegå den højere risiko ved tunnelens stigning/fald samt den manglende ventilation. Der foreslås forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys samt et sammenhængende lysbånd som fungerer som ledelys i forbindelse med evakuering.

Disse projektforbudringer kan reducere risikoen yderligere som vist i Tabel 7.2.

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0019	0.095	0.071
Brande	0.0003	0.005	0.037
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0022	0.101	0.108
<hr/>			
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.157		Per Million kt-km
Brandrate	0.082		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	4.89		Per Milliard kt-km

Tabel 7.3 Risiko 20 år efter åbning (2037); person risici og forventet antal brande og ulykker for Hetleviktunnelen med forbedret belysning til 2 cd/m² og adaptationsluminans 2 % samt forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd.

Det fremgår af resultaterne, at tiltagene giver en god reduktion i antallet af ulykker og af konsekvenserne af brand. Dødsfaldsraten falder som følge af denne kombination af tiltag med næsten 9 % i forhold til risikoen ved den forbedrede belysning alene og med ca. 25 % i forhold til udgangspunktet i afsnit 7.2, Tabel 7.1.

7.4.3 Nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet

Som supplement til tiltagene beskrevet i afsnit 7.4.1 og 7.4.2 foreslås en række yderligere tiltag, som især har det mål at reducere risikoen ved vestportalen.

I første omgang udregnes risikoen for nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet, i tillæg til forbedret belysning 2 cd/m². Dernæst beregnes risikoen for nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet, i tillæg til forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd samt forbedret belysning 2 cd/m².

Nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet i tillæg til forbedret belysning 2 cd/m²

Formålet med tiltaget er at reducere risikoen ved udkørsel af norportalen, hvor afstanden til rundkørslen er meget kort. Hovedtiltaget er en nedsættelse af hastigheden til 40 km/t startende 200 m fra vestportalen for trafikken i vestlig retning. Normalt frarådes det at reducere fartgrænserne inde i en tunnel, da dette har tendens til at øge risikoen for kollision bagfra. I den aktuelle tunnel er trafikken lav og tunnel anvendes hovedsagelig af stedkendte trafikanter til og fra Hetlevik, som er klar over, at hastigheden under alle omstændigheder skal nedsættes hen mod rundkørslen. Da hastighedsgrænsen næppe er 100 % virkningsfuld præcis ved positionen for skiltet med 40 km/t regnes med en 50 m overgangszone, således at hastigheden på 40 km/t tages i regning på de sidste 150 m af tunnelen.

For at skabe respekt for hastighedsgrænsen og for yderligere at advare mod rundkørslen udenfor tunnelportalen indføres tiltag i form af: advarselsskilt mod rundkørsel samt rumlestriber på vejbanen. Med disse tiltag kan også ikke-stedkendte blive gjort opmærksom på de uvanlige forhold ved portalen.

Resultatet af beregningerne med denne kombination af tiltag vises i Tabel 7.4.

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0017	0.085	0.064
Brande	0.0004	0.006	0.037
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0021	0.091	0.100
<hr/>			
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.142		Per Million kt-km
Brandrate	0.081		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	4.56		Per Milliard kt-km

Tabel 7.4 Risiko 20 år efter åbning (2037); person risici og forventet antal brande og ulykker for Hetleviktunnelen med forbedret belysning til 2 cd/m² og adaptionluminans 2 % samt nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet.

Det fremgår af resultaterne, at tiltagene giver en god reduktion i antallet af ulykker, af konsekvenserne af brand. Dødsfaldsraten falder som følge af denne kombination af tiltag med ca. 15 % i forhold til risikoen ved den forbedrede belysning alene og med ca. 30 % i forhold til udgangspunktet i afsnit 7.2, Tabel 7.1.

Nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet i tillæg til forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd samt forbedret belysning 2 cd/m²

Hvis de ovenfor nævnte tiltag kombineres med tiltagene nævnt i afsnit 7.4.2 (forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd) kan risikoen beregnes som vist i Tabel 7.5. Der gælder de samme kommentarer til tiltagene som nævnt ovenfor.

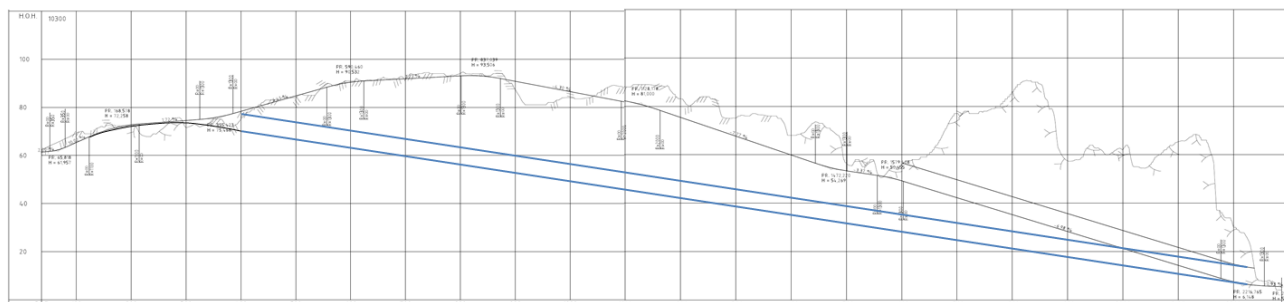
	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0016	0.079	0.059
Brande	0.0003	0.005	0.037
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0019	0.084	0.095
<hr/>			
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.131		Per Million kt-km
Brandrate	0.081		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	4.17		Per Milliard kt-km

Tabel 7.5 Risiko 20 år efter åbning (2037); person risici og forventet antal brande og ulykker for Hetleviktunnelen med forbedret belysning til 2 cd/m² og adaptionluminans 2 %, forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd samt nedsat hastighed ved vestportal (40 km/t) og advarsler mod portalområdet.

Det fremgår af resultaterne, at tiltagene giver en god reduktion i antallet af ulykker, af konsekvenserne af brand. Dødsfaldsraten falder som følge af denne kombination af tiltag med ca. 20 % i forhold til risikoen ved den forbedrede belysning alene og med ca. 35 % i forhold til udgangspunktet i afsnit 7.2, Tabel 7.1.

7.5 Lang tunnel

Det er ikke uden videre muligt at reducere tunnelens gradient. Med fastholdt vestportal mod Hetlevik, forekommer det, at den eneste mulighed for en tunnel med en gradient under 5 % er en lang tunnel på 1840 m der passerer hele strækningen under bakken øst for Follese. Dermed bliver gradienten ca. 3.5 %, som det illustreres i Figur 7.4. Det vil med den lange tunnel ikke være muligt at forbinde tunnelen med vejen til Follese.



Figur 7.4

Længdeprofil for en hypotetisk lang tunnel.

Lang tunnel, fartgrænse 60 km/t

Det forudsættes, at denne tunnel generelt udformes som den foreslåede korte tunnel og har samme trafikale betingelser, herunder en fartgrænse på 60 km/t. På de følgende områder afviger den lange tunnel fra den korte tunnel: Længden er 1840 m, gradienten er 3.5 %, horisontalradius er 2000 m og der indbygges en mekanisk længdeventilation. Geometrien og andre nøgletal er vist i Tabel 7.6 nedenfor. Med disse tal er risikoen beregnet. Resultaterne er opsummeret i Tabel 7.7 for trafikken i 2037.

Navn	Pr. Nr.	L	H-radius	Hastighed	ÅDT 2037	Vestgående		Østgående	
						Gradient	Felt	Gradient	Felt
		(m)	(m)	(km/t)	kt/dag	%		%	
Østportal	535	50	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	585	100	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	685	300	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	985	470	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	1385	470	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	1785	300	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	2085	100	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
	2185	50	2000	60	1800	-3.5	1	3.5	1
Vestportal(Hetlevik)	2235								
I alt		1840							

Tabel 7.6

Geometriske data og andre nøgledata for Lang Hetleviktunnel (1840 m), klasse B

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0043	0.161	0.119
Brande.	0.0005	0.008	0.053
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0048	0.169	0.172
Trafik	1.27		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.093		Per Million kt-km
Brandrate	0.042		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	3.76		Per Milliard kt-km

Tabel 7.7 Lang tunnel 1840 m, max gradient 3.5%, luminans 0.5 cd/m², fartgrænse 60 km/t. Risiko 2037; person risici og forventet antal brande og ulykker

Risikoen kommer ned på et niveau der er betydeligt under referencetunnelen og under risikoniveauet for en gennemsnitsvej i Norge. Risikoniveauet er med denne tunnel under det gennemsnitlige niveau for alle veje og kun lidt over det gennemsnitlige risikoniveau for motorveje i Norge. Som for den korte tunnel er en del af forklaringen på den lave risiko den lave hastighedsgrænse på 60 km/t.

Risikoen i form af dræbte per år kan ikke direkte sammenlignes med tallene for den korte tunnel, da vejstrækningen er længere. Hvis tallene skulle sammenlignes måtte man for den korte tunnel tillægge risikoen for den ca. 1.3 km lange strækning i dagen.

Lang tunnel, fartgrænse 80 km/t

Ved en 1840 m lang tunnel vil det eventuelt være vanskeligt at få tilladelse til en fartgrænse på 60 km/t. Det vil også i endnu større grad være vanskeligt at opretholde respekt for en 60 km/t. Nedenfor vises resultaterne af risikoanalysen under forudsætning af en fartgrænse på 80 km/t i den lange tunnel.

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0135	0.321	0.206
Brande.	0.0006	0.009	0.057
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0141	0.330	0.263

Trafik	1.27	Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.162	Per Million kt-km
Brandrate	0.045	Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	11.03	Per Milliard kt-km

Tabel 7.8 Lang tunnel 1840 m, max gradient 3.5 %, luminans 0.5 cd/m², fartgrænse 80 km/t. Risiko 2037; person risici og forventet antal brande og ulykker

Som det fremgår af Tabel 7.8 vil risikoen stige betydeligt ved 80 km/t i forhold til 60 km/t. Dødsfaldsraten for denne lange tunnel med 80 km/t er dermed højere end dødsfaldsraten for den korte tunnel med stor stigning og 60 km/t. Risikoen er også højere end den øvre grænse og lidt over risikoen for den lange referencetunnel.

Det er derfor ikke klart om den lange tunnel med lavere gradient faktisk bidrager til en lavere risiko.

Tunnelens funktion

Målet med projektet fv 212 Slettebrekka og dermed med Hetleviktunnelen er, at aflaste den eksisterende fv 212 ved at forbinde Follese og Hetlevik med en vejforbindelse, som ikke går gennem boligområderne langs Askøys vestkyst. Hvis man ville bygge en lang tunnel, så ville projektet i hvert fald delvist miste sit mål. I så fald ville kun Hetlevik blive forbundet med en ny vej og trafikken til og fra Follese ville stadig skulle anvende kystvejen.

8 Diskussion af resultater og tiltag

8.1 Sammenfatning af risikoanalysens resultat

Risikoanalysen omfatter den 0.585 km lange Hetleviktunnel, som ligger på Fv 212 i Askøy kommune.

Kvalitativt kan det konstateres, at tunnelen har nogle fravig og særtræk, som indebærer en højere risiko. Dette omfatter især den meget store gradient i hele tunnelens længde og den korte afstand fra tunnelportalen mod Hetlevik (vestportal) og den rundkørsel, der ligger umiddelbart uden for portalen. Tunnelen generelle udrustning antages at være i overensstemmelse med kravene i HB N500.

Den store gradient på næsten 7 % overstiger maksimalkravet på 5 %, som kun kan overskrides, hvis andre løsninger ikke er geografisk mulige.

Ved en kvantitativ beregning kan det fastslås, at risikoen er i det område, hvor yderligere sikkerhedstiltag skal overvejes (ALARP-område). Risikoen er beregnet for en række situationer - og nogle varianter af disse, som det er vist i Tabel 8.1. For nærmere beskrivelse af de enkelte varianter henvises til kapitel 7. Resultaterne af beregningerne kan understøtte beslutningen om yderligere tiltag.

Hovedresultater

	Hetleviktunnelen		
	Dødsfald / Mia kt-km	Dødsfald /år	Årl. Trafik Mia kt-km
Øvre grænse	10.4	-	-
Reference			
L = 0.585 km, 2037, 80 km/t, 15 % TTA	10.71	0.0048	0.45
L = 1.84 km, 2037, 80 km/t, 15 % TTA	10.48	0.0134	1.27
Projekt			
L = 0.585 km, 2037, 7 % TTA, 60 km/t	6.58	0.0030	0.45
Tiltag			
1. Forbedret belysning 2 cd/m ²	5.34	0.0024	0.45
2. Tiltag 1 +forbikøringsforbud, sinusfræsning, LED lys og lysbånd	4.89	0.0022	0.45
3. Tiltag 1 + 40 km/t ved vestportal og advarsler	4.56	0.0021	0.45
4. Tiltag 2 + 40 km/t ved vestportal og advarsler	4.17	0.0019	0.45
Lang tunnel			
L = 1.840 km, 2037, 7 % TTA, 60 km/t	3.76	0.0048	1.27
L = 1.840 km, 2037, 7 % TTA, 80 km/t	11.03	0.0141	1.27

Tabel 8.1

Oversigt over risikoanalysens kvantitative resultater Fv 212 (Hetleviktunnelen).

- Dødsfaldsraten i Hetleviktunnelen er som projekteret (projektstade maj 2015) reduceret med mere end en tredjedel i forhold til referencetunnelen (dvs. en tunnel med samme længde og trafik bygget helt efter gældende regler) og svarer i risikoniveau omtrent til en gennemsnitlig norsk vej.

Den nye vejstrækning aflaster og erstatter den eksisterende vej gennem Follse, med vanskelige trafikale forhold, nærtliggende boliger, fodgængere og andre bløde trafikanter på vejen, hvor det antages, at ulykkes- og dødsfaldsrisikoen er i størrelsesordenen som ved bytrafik i almindelighed. Tunnelen vil dermed bi-

drage til en samlet forbedring af trafiksikkerheden, og efter åbning af det nye anlæg vil det forventede resultat alt i alt blive en risikoreduktion i form af færre ulykker, færre personskader og færre dræbte.

Herved er dødsfaldsraten på et niveau, der normalt kan accepteres. Alligevel skal det overvejes, hvilke yderligere tiltag, som yderligere kan reducere risikoen i overensstemmelse med ALARP-princippet.

8.2 Risikoberegninger og vurderinger

Risikoen er beregnet for tunnelen i et antal situationer, der kan understøtte beslutningen om de nødvendige yderligere tiltag. Risikoen er beregnet for tiltag ved modifikationer af det eksisterende projektforslag samt for en lang tunnel, der kan overholde kravet for tunnelens stigningsgrad.

Resultaterne af disse risikoberegninger er sammenfattet i Tabel 8.1.

Alle de foreslåede tiltag og tiltagskombinationer giver en god reduktion i risikoen. Da omkostninger for tiltagene ikke har stået til rådighed for denne risikoanalyse er en egentlig vurdering af omkostningseffektivitet ikke mulig. De følgende vurderinger er foretaget ud fra en kvalitativ vurdering af disse forhold.

Forbedret belysning giver en god reduktion i risikoen, og da der under alle omstændigheder skal etableres et lysanlæg i tunnelen, vurderes de ekstra omkostninger til at etablere de forbedrede lysanlæg at stå i et sådant forhold til risikoreduktionen, at det er omkostningseffektivt at indføre forbedret belysning.

Nedsat hastighed hen mod den vestlige portal resulterer i meget lave investeringsomkostninger. For trafikanterne er forøgelsen i køretid yderst marginal, da hastigheden under alle omstændigheder skal nedsættes hen mod rundkørslen. De øvrige advarsler mod rundkørslen (skilte og rumlefter) kan også etableres med meget lave investeringer. Da tiltagskombinationen viser en god reduktion i risikoen antages det, at også omkostningseffektivitet for dette forslag.

For tiltagskombinationen ”forbud mod forbikøring, sinusfræsning af kantstriber og midterstribe, markering af vejen med LED lys, evakueringslys som sammenhængende lysbånd” kan der være behov for yderligere at undersøge omkostningerne. De nødvendige investeringer for at etablere forbud mod forbikøring og for sinusfræsning af striberne er meget begrænsede, og det antages uden videre, at disse tiltag er omkostningseffektive. Markering af vejen med LED lys har hidtil ikke været meget udbredt i Norge, mens tilsvarende markeringer anvendes i andre tunnellande i Europa. Det kan være behov for yderligere undersøgelser af dette tiltag. Ligeledes savnes der omkostninger for at etablere et sammenhængende lysbånd, som kan understøtte selvredningen. Det må dog nævnes, at dette tiltag har været fremhævet som et godt tiltag ved forskningsprojekter i Norden [44], [45], [46] og i udlandet. Desuden har vurderinger af aktuelle tunnelbrande konkluderet, at lysbånd kunne have været en god støtte til at understøtte selvredning. Det må bemærkes, at dette tiltag er det eneste tiltag, som direkte imødegår de forhøjede konsekvenser af en brand i en tunnel med en stor stigningsgrad og uden ventilation. Derfor anbefales også dette tiltag.

8.3 Diskussion af muligheder for at undgå gradienter over 5 %

Hetleviktunnelen har en gradient på næsten 7 %, hvilket overskrider den øvre grænse på 5 %, som fremgår af HB N500. For at undgå at overskride maksimalgradienten på 5 % må der bygges en længere tunnel.

Ved diskussion af, om det er tilladeligt at overskride en gradient på 5 %, tages der udgangspunkt i Vegdirektoratets rundskriv [23], som er citeret i Tabel 8.2.

Citat fra Vegdirektoratets Rundskriv [23]	Kommentar
<i>Teksten i (HB N500) Vegtunneler pkt 4.2.3 Vertikalkurvatur erstattes med følgende tekst:</i>	
Mer enn 5 % stigning/fall i lengderetningen skal ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig.	Det er i rundskrivet præciseret, at undtagelse kan gives "når ingen anden løsning er geografisk mulig", hvilket før var angivet kun for "undersøiske tunneler".
Hvis det er aktuelt å vurdere stigning/fall > 5 %, skal dette begrunnes og dokumenteres med bruk av risiko- og sårbarhetsanalyse.	Den nærværende rapport antages at udgøre denne dokumentation.
Følgende momenter kan eventuelt legges til grunn for å vurdere unntak fra hovedregelen om maks. stigning/fall 5 %.	-
<ul style="list-style-type: none"> • Uakseptabel totalsikkerhet i tunnelens dagsoner, for eksempel: ras- og flomutsatt område, grunnforhold, etc. 	Ikke aktuelt
<ul style="list-style-type: none"> • Hvis tunnelen blir plassert i områder med uakseptable grunnforhold ift risiko og gjennomførbarhet. 	Ikke aktuelt
<ul style="list-style-type: none"> • Uakseptabel horisontal- og vertikalkurvatur ift til trafiksikkerhet. 	Se diskussion nedenfor
<ul style="list-style-type: none"> • Tunnelmunning ender på feil sted i forhold til vegforbindelsens hensikt. 	Hvis der bygges en lang tunnel ligger tunnelmundingen på et fejl sted, idet veje ikke længere kan forbindes med Føllese
<ul style="list-style-type: none"> • Uakseptabel forlængelse av tunnelen ift totalsikkerhet. 	Se diskussion nedenfor
<ul style="list-style-type: none"> • Tunnelmunning i område som gir store miljøbelastninger ift bebyggelse, sårbar natur etc. 	Ikke aktuelt
<ul style="list-style-type: none"> • Fremtidig arealbruk. 	Hetleviktunnelen indgår i en udbygning og bymodning af området vest for den nye fv 212. Ved en lang tunnel kan dette område ikke forbindes til den nye vej.

Tabel 8.2

Citat fra Vegdirektoratets rundskriv [23] vedrørende afklaring af kravene til vertikalkurvatur og maksimal fald / stigning.

Ud fra rundskrivet er mere end 5 % stigning/fald kun tilladt, hvis ingen anden løsning er geografisk mulig. Dette er en ændring i forhold til teksten i HB N500, hvor der står "Med unntak for undersøiske tunneler skal ikke veg i tunnel bygges med mer enn 5 % stigning". Mens man ikke kan påstå, at Hetleviktunnelen er en undersøisk tunnel, så kan man argumentere for, at ingen anden løsning er geografisk mulig:

Det fremgår af rundskrivet, at stigninger over 5 % skal vurderes ved en risikoanalyse, hvilket har været en del af denne rapport. Desuden angives det, hvilke momenter, der skal lægges til grund for at vurdere undtagelse fra reglen om maksimalt 5 % stigning/fald. Disse forhold er diskuteret nedenfor. Som del af diskussionen er det nødvendigt at diskutere mulighederne for at undgå gradienter over 5 %.

Det fremgår af tunnelens længdeprofil, at højdeforskellen mellem portalerne er ca. 45 m. Med en gradient på 5 % vil tunnelen blive 890 m lang. Gradienten kan dog kun reduceres til under 5 % med den givne placering af de to portaler, hvis man ville indføre en "sløjfeformet" linjeføring. (Det er ikke undersøgt i detalje om en sådan løsning er mulig). Længden af en sløjfe med radius 200 m - 300 m vil blive ca. 1200 m - 1800 m i tillæg til den horisontale afstand mellem portalerne på ca. 500 - 550 m. Dermed vil den samlede længde blive 1700 - 2400 m, hvilket er 3 - 4 gange længere end den projekterede tunnel.

Gradienten af denne tunnel vil kunne blive (i gennemsnit) 2 – 2.5 %. Alligevel vil risikoen målt i antal ulykke, dødsfald, skadede per år blive betydeligt højere for denne lange sløjfeformede tunnel end for den projektrede tunnel samtidigt med, at tunnelen har den samme trafikale funktion. En sådan løsning vil derfor medføre en ”Uakseptabel forlængelse af tunnelen ift totalsikkerhet” (se Tabel 8.2).

Hvis horisontalradien i sløjfen reduceres for at forkorte tunnelen, vil det evt. medføre en ”Uakseptabel horisontalkurvatur ift til trafikksikkerhet” (se Tabel 8.2).

Bortset fra løsningen med en sløjfeformet linjeføring vil man kunne opnå en tunnel med mindre end 5 % gradient ved at flytte østportalen. Denne løsning er vist i Figur 7.4. Risikoen er beregnet for denne tunnel under forudsætning af hastighedsgrænser på 60 km/t og 80 km/t. Som det fremgår af Tabel 8.1, er dødsfaldsraten i den lange tunnel lavere end i projekterede tunnel, hvis hastighedsgrænsen fastholdes som 60 km/t, mens den er højere, hvis hastighedsgrænsen sættes til 80 km/t. Den årlige risiko er højere for den lange tunnel end for den projektrede kortere tunnel. På den anden side erstatter den længere tunnel også et stykke vej i dagen. Denne option medfører derfor antageligt ikke nogen uacceptabel forlængelse af tunnelen i forhold til totalsikkerhed.

På den anden side vil denne linjeføring af en lang tunnel ikke gøre det muligt at etablere et kryds og en vejforbindelse fra den nye fv 212 til Follese, hvilket var et hovedformål med den nye vej. Efter rundskriv af 4.4.2014 (Tabel 8.2): ”Tunnelmunning ender på feil sted i forhold til vegforbindelsens hensikt.”. Krydset på den nye fv 212 og den åbne vejstrækning er også en del af planen om at udbygge området vest for den nye fv 212. Dermed har denne linjeføring af en lang tunnel konsekvenser for ”fremtidig arealbruk”, som det også fremhæves i rundskriv af 4.4.14 (Tabel 8.2).

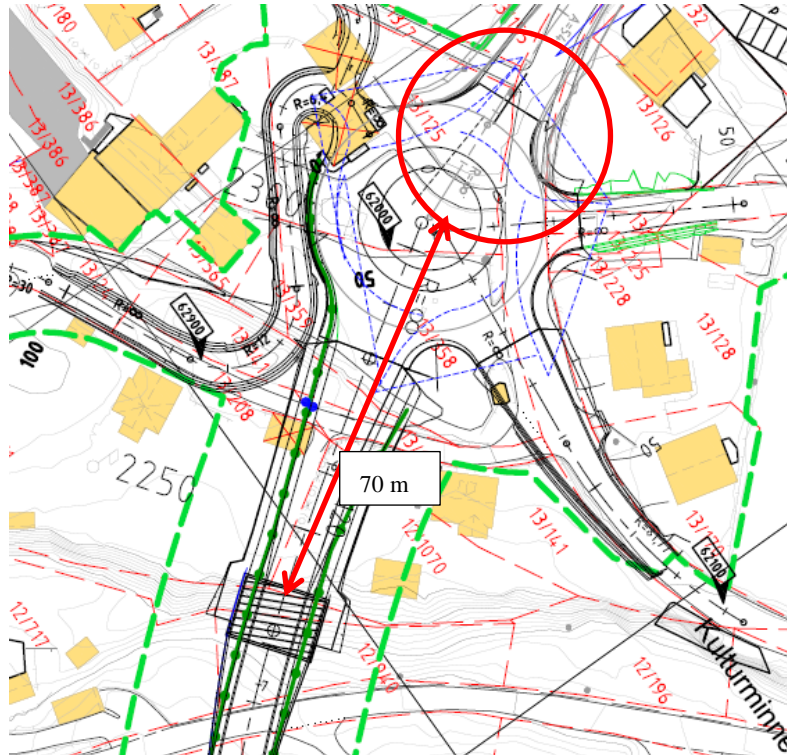
Ud fra disse overvejelser konkluderes det, at ingen anden løsning end en kort tunnel med stigning over 5 % er geografisk ”mulig”, i den forstand at risikoanalysen viser, at det er bedre at bygge en kort tunnel med større gradient og indføre passende sikkerhedstiltag.

8.4 Diskussion af muligheder for at undgå kort afstand til rundkørsel

Afstanden fra den vestlige tunnelportal til rundkørslen er 47 m, hvilket er mindre end de krævede 70 m for en dimensioneringshastighed på 60 km/t. I risikoanalysen er der medregnet et tillæg for en forhøjet risiko på grund af den forkortede afstand.

Tunnelportalen kan af topologiske grunde ikke flyttes længere mod øst / sydøst. For at opfylde kravet burde vige punktlinjen flyttes 23 m mod nord. Dette er illustreret i Figur 8.1. Denne flytning giver nogle praktiske problemer både med pladsforhold, arealerhvervelse og med tilknytning af de øvrige veje til rundkørslen. Specielt kommer den eksisterende fv 212 og den nye fv 212 (forbindelsen til tunnelen) til at ligge parallelt, hvorved det eventuelt ikke bliver muligt at dreje fra den nye fv 212 ind på den eksisterende fv – og man må derfor tage en runde på rundkørslen for at komme ind på den eksisterende fv 212.

Det foreslås at arbejde videre med den detaljerede udformning af rundkørslen for at få så stor afstand som muligt mellem portal og vigepligtslinje.



Figur 8.1 Nødvendig flytning af rundkørsel, hvis afstanden på 70 m skal respekteres



Figur 8.2 Nødvendig placering af rundkørsel, hvis afstanden på 70 m skal respekteres

9 Referencer

Projektoplysninger

- [1] Tegninger af tunnelgeometrien, herunder Tegn. Nr. C004, Fv 212 Slettebrekka, Plan og profil, profil 1500 – 2250, Veg 10000, Byggeplan, Foreløbig 27 Feb. 2015.
- [2] Tegning ”t_geom_tunnel_justert 5” (uden nummer og dato), 7% gradient
- [3] Rapport Statens vegvesen Plan 276 – Fv 212 Slettebrekka - Hetlevik Sammenligning av alternative vegløsninger, Multiconsult, 19/3/2015.
- [4] Fv 212 Slettebrekka Risikoanalyse av Tunnel, Statens vegvesen Region vest, Rambøll, Ref. 1350007054, Rev 01, 28/11/2014
- [5] 615350-RIE-NOT-002. Ventilasjon i tunellen ned til Hetlevik, Fv 212 Slettebrekka, Statens vegvesen region vest, Multiconsult, Ole Henning Davik. (uden dato 2015)
- [6] Transport av farlig gods på veg og jernbane – en kartlegging 2002- 2003.
- [7] Oplysninger om projektet givet på startmødet 17. april 2015
- [8] Møtereferat Møte ROS-analyse 19 maj 2015 615350-RE-019, Multiconsult, Kari Sveva Dowsett.
- [9] Askøypakken Fv 212 Slettebrekka – endringer framdrift og entrepriser, Dato 05.05.2015, Statens vegvesen.

Regelverk

- [10] Statens vegvesen HB N500 Håndbok N500 Normal Vegtunneler, Statens Vegvesen 2010/2014.
- [11] Statens vegvesen HB N100 Håndbok N100 Normaler Veg- og gateutforming, Statens vegvesen, 2013/2014.
- [12] NS 5814 Norsk Standard. Krav till risikoanalyser
- [13] Statens vegvesen HB V721 Håndbok V721 Risikovurderinger i vegtrafikken, 2007/2014.
- [14] Statens vegvesen HB V712 Håndbok V712. Konsekvensanalyser, Statens Vegvesen 2006/2014
- [15] Statens vegvesen Håndbok: HB R511 Håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler 2007/2014.
- [16] Veileder for Risikoanalyser av Vegtunneler Rapport, nr. TS 2007:11. Vegdirektoratet, Veg- og trafikkavdelingen, Trafikksikkerhetsseksjonen, Revisjons dato: 2007-10-31
- [17] Forskrift av 1. Desember 2006 nr 1331 om transport av farlig gods på veg og jernbane med veiledning
- [18] Tunnelsikkerhetsforskriften, 15. Maj 2007
- [19] Norsk Standard NS 3901 Risikoanalyse av brann i byggverk, 1. Udg. Mai 1998 samt Risikoanalyse av brann i vegtunneler, Veiledning til NS 3901, NBR Norges byggstandardiseringsråd, januar 2000.
- [20] NS 5814 Norsk Standard. Krav till risikoanalyser. Norges standardiseringsforbund, 1991.
- [21] Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on “Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network”, Brussels 29 April 2004.

- [22] ADR 2009 European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR),
<http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2009/09ContentsE.html>
- [23] NA-rundskriv: Avklaringer og nye bestemmelser i håndbok 021 Vegtunneler, Dato 04.04.2014, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Andre Kilder

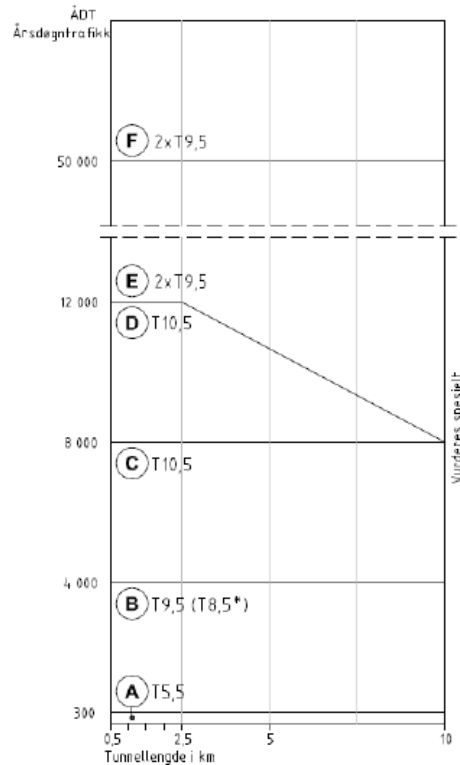
- [24] Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels. Utvikling av beste praksis metode for risk modeling for vegtunneler. Matrisk GmbH and HOJ Consulting GmbH. Research project ASTRA 2009/001 at request of Federal Road Office (FEDRO) and Norwegian Public Roads Administration (NPRA), Januar 2011. (TRANSIT)
- [25] Statens Vegvesen Amundsenssen, F.H, Engebretsen, A. Trafikkulykker i Vegtunneler 2, En analyse av trafikkulykker i vegtunneler for perioden 2001 – 2006, Rapport Ved- og trafikkavdelingen Trafikksikkerhetsseksjonen, TS7, Dato 2008-12-18.
- [26] Amundsen, F. H. Og Raner G. Trafikkulykker i vegtunneler, TTS 9 1997
- [27] Bilbranner, alvorlige trafikkulykker og andre hendelser i norske vegtunneler. TTS7 2001
- [28] Amundsen, F. H. Og Melvær, P. Data om tunneler på riks- og fylkesveger 1996/97. Rapport TTS 6 1997
- [29] Statistiske data fra IRTAD (www.irtad.org) OECD/IRTAD International Road Traffic and Accident Database. Selected values, injury accidents, road fatalities
- [30] Statistiske data vedrørende uheldsfrekvenser og uheldstyper (www.ssb.no/vtu)
- [31] OECD/GD(97) 153, Road Transport Research, Road Safety Principles and models: Review of Descriptive, Predictive, Risk and Accident Consequence Models, 1997
- [32] TØI rapport 740/2004 Fart og trafikulykker: evaluering av potensmodeller, Rune Elvik, Peter Christensen, Astrid Amundsen, Oslo 2004, 134 sider
- [33] PIARC, Fire and Smoke Control in Road Tunnels. Committee on Road Tunnels C5, 1999
- [34] Safety in Tunnels. Transport of Dangerous Goods through Road tunnels. OECD, PIARC, 2001
- [35] Pannes, Accidents et Incendies dans les Tunnels Routiers Français. Rapport de recherche, CETU (Centre d'Etudes des Tunnels, Mai 1998
- [36] Road Grade and Safety, Ezra Hauer Dept. Of Civ. Eng. Univ. Of Toronto, 2001
- [37] JCSS Joint Committee of Structural Safety: Risk Assessment in Engineering; Principles, System Representation & Risk Criteria June, 2008.
- [38] Dsb, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Prosjekt: Forslag til risikoakseptkriterier for tredjeperson, 2009.
- [39] OECD Studies in Risk Management, Norway Tunnel Safety, OECD, Paris 2006
- [40] St.meld. nr. 41, (2000-2001), Brann- og eksplosjonsvern, Tilråding fra Arbeids- og administrasjonsdepartementet av 27. april 2001, avsnitt 5.2).
- [41] Risikovurdering af tung trafik i E39 Rogfast Statens vegvesen Region vest, Rapport nr.H-NO-171, HOJ Consulting, januar 2013.

- [42] Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 – 2011. Grensesprengende tunneler – lange og dype, går det en grense?. Statens vegvesens rapporter Nr. 136, Vegdirektoratet, Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen, Juni 2012.
- [43] TØI rapport 1205/2012, Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011. Tor-Olav Nævestad, Sunniva Frislid Meyer, ISBN 978-82-480-1338-9 Elektronisk versjon Oslo, april 2012.
- [44] NordFoU: "Evakuering i vegtunneler" Forskningsrapport DP1, DP2 og DP3, 2015, Niels Peter Høj, Rune Brandt, Marieke Martens, Kristian Appel, HOJ Consulting, HBI, TNO, Traficon.
- [45] NordFoU: "Evakuering i vegtunneler" Forskningsrapport DP2, Niels Peter Høj, Rune Brandt, Marieke Martens, Kristian Appel, HBI, HOJ Consulting, TNO, Traficon, Juni 2014.
- [46] NordFoU: "Evakuering i vegtunneler" Forskningsrapport DP3, Niels Peter Høj, Rune Brandt, Marieke Martens, Kristian Appel, HBI, HOJ Consulting, TNO, Traficon, Maj 2015.

10 Appendiks: Gennemgang af krav i HB N500

Tunnelklasse

Der gælder de følgende regler i HB N500 for klassificering af tunneler.



Figur 10.1 Tunnelklasser iht. HB N500. * Tunnelklasse B: tunnelprofil T8,5 kan benyttes ved $\text{ÅDT} \leq 1\,500$, forudsat at sikkerheden er ivaretaget.

"Tunnelklasse skal velges ud fra den trafikmængde som kan forventes 20 år, ÅDT (20), efter at tunnelen er åbnet for trafik."

Hetleviktunnelen antages at have en trafik 20 år efter åbning på ca. 1800 kt/d. I HB N500 står der:

10.1.1 Geometriske krav

I det følgende er kravene i HB N500 sammenlignet med den geometriske udformning af tunnelsystemet.

Ref. HB N500	HB N500 Krav "citat"	Kommentar
4.2.2	Krav til stoppsikt vil bestemme minste horisontalkurve.... Sammenhengen mellom horisontalkurveradius (R), stoppsikt (LS) og avstand fra bilførerens øye til tunnelveggen (B) er gitt ved formelen $R = LS^2/8B$.	
4.2.2	Ved en dimensionerende hastighed på 60 km/t er LS = 60 m og med en bredde fra øjepunkt til tunnelvæg på 3.75 (T9.5) m er minimumsradius = $60^2/(8*3.75) = 120$ m (Tilsvarende ved 80 km/t $R_{min} = 450$ m)	Ok ved 60 km/t Ikke ok ved 80 km/t
4.2.3	Med unntak for undersjøiske tunneler skal ikke veg i tunnel bygges med mer enn 5 % stigning."	Gradient over 5 %. Se separat diskussion

4.2.4	<i>Veg i tunnel unntas fra forbikjøringskravene i HB N100. Det kan likevel være aktuelt å legge til rette for forbikjøring i tunnel. Forbikjøringsmuligheter sikres ved å sørge for at sikten er tilstrekkelig eller ved å anlegge ekstra kjørefelt, ... I tunneler hvor forbikjøringsmuligheter sikres med tilstrekkelig sikt, anbefales det å benytte meget slake kurve</i>	Se separat diskusjon. Tunnelen synes ikke at være egnet til forbikjøring.
4.2.4	<i>I tunneler med toveistrafikk og med stigning $\geq 5\%$ over en lengde mer enn 1 km, bør et eget forbikjøringsfelt anlegges når ÅDT er større enn 2500.</i>	Tunnelen er ikke over 1 km og ÅDT < 2500
4.3.1	<i>"Det skal være en overgangssone mellom skulderbredden på veg i dagen og skulderbredden på vegen i tunnel. Overgangssonen skal være 100 m lang og være utformet som en lineær overgang. Overgangssonen skal være avsluttet 200 m før tunnelportalen."</i>	Overgangszonen er plassert indenfor tunnelens portal
4.3.2	<i>For å eliminere trafikkfare ved utrasing av blokker eller stein, ved snøskred, nedfallende is eller liknende og for å hindre at vann renner ut over påhugget og ned i vegbanen, skal det bygges portaler i tunnelmunningene. I tillegg skal det sikres at forskjæringen inn mot portalen har tilstrekkelig bredde ... ved mulig nedfall av is, snø, stein.</i>	Antages ok. Bør kontrolleres i senere faser af projektet
4.4	Tunnelklasse A: min 1 x T5.5 Tunnelklasse B: min 1 x T9.5 (T8.5 ved ÅDT < 1500) Tunnelklasse C: min. 1 x T 10.5	Tunnelklasse B og T9.5, ok
4.4	<i>Ved ujevn trafikkmengde over døgnet eller over året, eller hvis det er stor usikkerhet i beregningsgrunlaget for ÅDT(20), anbefales tunnelklasse valgt ut fra en spesiell vurdering. En slik spesiell vurdering for valg av tunnelklasse skal være basert på risikoanalyse.</i>	Tunnelen synes klart at være i klasse B uanset trafikkvariasjon
4.4	<i>Høy tungtrafikkandel eller større døgnvariasjoner kan begrunne en annen standard for tunnel og veg sett under ett.</i>	Tungtrafikkandelen er ikke høy
4.51	<i>"Kravet på fri høyde i tunneler er 4.6 m". "Minimum høyde til teknisk utrustning skal være 4.8 m..."</i>	Tunneltværsnittet er T9.5 og frihøyden er ok
4.5.5	<i>Gang- og sykkelveg føres ... i samme tunnel skilt med rekkverk fra biltrafikken,...</i>	Gang- og sykkeltrafik forudsattes forbudt i tunnelen. Se separat diskusjon
4.5.6	<i>Opphøyd del av skulder skal utføres med kantstein og med asfalt eller betongdekke, med minimum 5 % fall mot kjørebanelen (figur 4.22). Kantstein skal være lav og ikke-avvisende og plasseres 0,25 m fra kjørebanelkant</i>	Antages ok.
4.5.7	<i>I tunnelens lengderetning monteres enten veggelementer av betong eller føringskant av betong</i>	Ok. Der antages betonelementer.
4.6.1	<i>Normalavstand for nisjer fremgår av ...5. De gitte avstander er omtrentlige mål. Plassering skal tilpasses lokale forhold som bergforhold og geometri. Toleranse i plassering bør være innenfor ± 50 Tunnelklasse B, Normalavstand havarinisje 500 m Tunnelklasse C, Normalavstand havarinisje 375 m ...</i>	Ok. 1 havariniche i tunnelen, dvs. afstand < 300 m.
4.6.1	<i>Snunisjer: Tunnelklasse B, Normalafstand 2000 m, Snunisjer bygges i tunneler med lengde over 2 x normalavstanden for snunisjer i den aktuelle tunnelklassen</i>	Ikke behov for snunicher
4.6.1	<i>I tunneler med ÅDT(20) ≤ 2500 og stigning $\geq 5\%$ i en lengde over 1 km, bør det vurderes å legge inn en ekstra havarinisje pr. km i stigningen.</i>	Ok. Tunnelen er ikke over 1 km og afstand mellom havarinicher er relativt kort.
4.6.2	<i>Teknisk rom skal plasseres i egen nisje med tett vegg mot trafikkrommet.</i>	Antages ok.
4.6.3	<i>Nødstasjoner mellom havarinisjene plasseres i skap. Skapene kan plasseres på føringskant av betong eller innfelt i tunnelveggen. Av trafiksikkerhetshensyn skal framkant av skap være utenfor normalprofilen.</i>	Antages ok.
4.7	<i>I tunneler i tunnelklasse D (og eventuelt C) som bygges med nødutganger fra tunnelen til det fri eller rømnings-tunnel med gangbare tverrforbindelser til hovedløpet, skal avstanden mellom utgangene/tverrforbindelsene ikke overstige 500 m.</i>	Ok, ikke behov for nødudgange. Afstand mellom udgange (portaler) er desuden ikke meget over 500 m

4.8.1	<i>Kryss i tunnel skal unngås</i>	Ok
4.8.2	<i>Når trafikken fra tunnelen er vikeplikts- eller signalregulert, skal avstand fra tunnelåpning til vikepliktlinje, stopplinje eller gangfelt ikke være mindre enn stoppsikt</i>	Ikke overholdt ved vestportalen
4.8.2	<i>... Når vejen gjennom tunnelen er forkjørsvveg, skal plankryss (X-kryss, T-kryss og rundkjøring) ikke anlegges nærmere tunnelåpningen enn 2 x stoppsikt (LS). X-kryss bør signalreguleres.</i>	Ikke aktuelt

10.1.2 Skiltning

Ref. HB N500	Krav til skiltning i følge HB N500 Skiltning uten for tunnel:	
6.2.1	Tunnelnavn	Antages ok
6.2.1	Hastighedsbegrensningsskilt	Antages ok
6.2.1	Forbikjøringsforbud / Forbikjøringsforbud for lastebil	Antages ok
6.2.1	Radiostasjonsfrekvens	Antages ok
6.2.1	Stopblinksignal	Antages ok
6.2.1	Bom med lys	Antages ok
6.2.1	Skilt for nødtelefon og brandslukker	Antages ok
6.2.1	Variable skilte overvejes	Se diskusjon
6.2.1	Skilt "høydegrens"	Ikke aktuelt
6.2.2	Skilte inde i tunnelen	
6.2.2	Skiltene skal være belyst, evt. vha. indvendig belysning.	Antages ok
-	Bom med stoplys	Ikke aktuelt
6.2.2	Hastighedsbegrensningsskilte	Antages ok
-	Stoplys	Ikke aktuelt
6.2.2	Radiostasjon og frekvens for hver 500 m	Antages ok
6.2.2	Skilte for havarinisjer	Antages ok
6.2.2	Skilt for nødtelefon og brandslukker	Antages ok
6.2.2	Avstandsmarkering til tunnelåpning for tunneler over 3 km	Ikke aktuelt
6.2.2	Nødudgangsskilt	Antages ok
6.2.2	Skiltes virkning på (belysning) og ventilation skal vurderes spesielt	Ikke aktuelt
6.2.2	Variable skilte kan overvejes	Kan overvejes
6.4	Visuel føring. Kantlinier skal brukes til avgrensning av kørebanen mod skulder. Profilerte linjer	Se diskusjon
6.4	Adskillelse af kørebaner lang midtlinien (enkelt – eller dobbelt linje) med lett synlige midler. Profilerte linjer	Se diskusjon
6.4	Vegbane reflektorer bør vurderes, især ved lavt belysningsnivå.	Se diskusjon
6.4	Profilert oppmerkning ...i tunnel bør føres minst 100 m ud av tunnelen.	Se diskusjon

10.1.3 Sikkerhedsudstyr

Ref. HB N500	Krav til sikkerhedsudstyr klasse B i følge HB N500	Kommentar
5.2.1	Havarinicher per 500m	Ok
5.2.1	Snunisjer per 2000m / 1500m	Ikke relevant
5.2.1	Nødstrømsanlæg	Antages ok
5.2.1	Ledelys per 62.5 m	Antages ok foreslås < 25 m
5.2.1	Avstandsmarkering i tunnel	Ikke relevant
5.2.1	Nødstasjon per 125 m	Antages ok
5.2.2.3	Hver nødstasjon skal inneholde en nødtelefon og to brannslukkere.	Antages ok
5.2.2.3	Nødtelefon skal være av en type som gir ringesignal når røret løftes av. Telefonen skal gi kontakt med bemannet sentral, fortrinnsvis vegtrafikksentral.	Antages ok
5.2.1	Slokkevand	Kan undersøges.
5.2.1	Rødt stopplinksignal	Antages ok
5.2.1	Fjernstyrte bommer for stengning (kan overvejes)	Kan overvejes

5.2.1	Variable skilt (kan overvejes)	Kan overvejes
5.2.1/ 5.2.3	Radio- og kringkastningsanlæg	Antages ok
5.2.1	Mobiltelefon (kan overvejes)	Antages ok – bør installeres.
5.2.1/ 5.2.2.7	Høydehinder ... bør være deformerbart og ha en ekstra sikring som hindrer nedfall ved påkjørsel. Høydehinder kan sløyfes dersom ..har den nødvendige avvisende effekt..	Ikke relevant

10.1.4 Brand og farligt gods

Ref. HB N500	Krav i følge HB N500	Aktuelle projekt
5.4.2	<i>”Tunneler skal dimensjoneres for en brannbelastning på Klasse A og B: 20 MW / ISO 834 60 min</i>	Antages ok.
5.5	<i>I Norge faller de fleste tunnelene normalt i restriksjonsklasse a. Dersom det transporteres særlig farlig gods i tunnelen vil en risikoanalyse kunne belyse behovet for å innføre andre restriksjonsklasser.</i>	Ok, klasse A forudsattes.

10.1.5 Øvrige krav

Ref. HB N500	Krav i følge HB N500	Aktuelle projekt
5.6	<i>For alle tunneler lengre enn 500 m har tunneleier ansvar for at der utarbeides en beredskapsplan.</i>	En beredskapsplan skal utarbejdes på et senere tidspunkt af projektet
8.2	<i>Avstanden mellom kummer på samme ledning bør ikke overstige 80 m.</i>	Antages ok.
8.4	<i>På ledning for oppsamling av overflatevann og vann fra vask av tunnelen skal det monteres sandfang med største avstand 80 m.</i>	Antages ok
8.4	<i>Det skal legges spesiell vekt på at eventuell lekkasje av brannfarlige væsker ikke skal spre seg til andre deler av tunnelrommet.</i>	Antages ok
8.6	<i>Størrelse og antall pumpestasjoner skal bestemmes ut fra stedlige forhold, totalenergiforbruk, drift og vedlikehold, sikkerhets- og beredskapsnivå. Xxx .</i>	Antages ok, antageligvis ikke behov for pumpestasjoner.
10.3.1	<i>Belysning. Generelt. Vegtunneler med lengde over 100 m skal ha belysning.</i>	Ok
10.3.3.1	<i>For ÅDT(10) < 2500 ska innkjøringssonene luminans være 50 cd/m² For ÅDT(10) mellom 2500 og 4000 skal det anvendes adaptjonsluminans: 3%.</i>	Se separat diskusjon
10.3.3.1	<i>For ÅDT(10) < 2500 ska indre sone dag/nat luminansen være 0.5 cd/m² / 0.5 cd/m² For ÅDT(10) mellom 2500 og 4000 (ved 80 km/t) ska indre sone dag/nat luminansen være 2 cd/m² / 1 cd/m²</i>	Se separat diskusjon
10.4.1	<i>Det skal monteres ventilasjonsanlegg i tunneler med lengde over 1000 m når ÅDT er over 1000 kjøretøy/døgn.</i>	Tunnelen er under 1000 m, ikke noget behov for ventilasjonsanlæg. Se separat undersøgelse
10.4.1	<i>Luftkvaliteten skal overvåkes med måleutstyr for CO og NO₂ (eller eventuelt NO).</i>	Eventuelt kan der installeres måleudstyr også selvom der ikke er ventilasjon.
10.4.4	<i>Tunneler med toveistrafikk og stigning over 2 % bør normalt ha brannventilasjon oppover for å redusere konsekvensene hvis en brann blir større eller varer lengre enn dimensjonerende brann.</i>	Den naturlige ventilasjon antages i de fleste tilfælde at gå opover
10.4.4	<i>Tabell 10.5 inneholder krav til minimum brannventilasjon i tunneler med stigning under 2 % For Tunnelklasse B: 20 MW, ISO 835 60 min og minimum lufthastighet 3.5 m/s.</i>	Ikke relevant
10.4.4	<i>Ved stigning over 2 % skal nødvendig lufthastighet beregnes.</i>	Ikke relevant

11 Appendiks: Modelling af særtræk

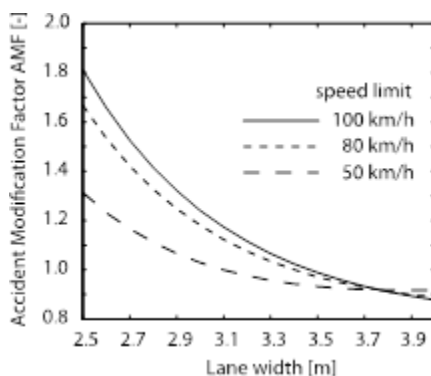
11.1 Indledning

I det følgende beskrives, hvordan de i det tidligere afsnit identificerede særtræk modelleres i den detaljerede risikoanalyse. Modelleringen af særtræk sker med henblik på at udregne antal ulykker, personskader og dødsfald per år og per køretøjskilometer. Ulykkerne betragtes i de tre hovedgrupper: Trafikulykker, Brande og hændelser med farligt gods. De fleste modeller indgår i beregningen med modellen for den kvantitative analyse [24]. Andre særtræk må modelleres separat. Når der i det følgende omtales risikoforøgelse (eller reduktion), relaterer dette til en ”gennemsnits”-tunnel, der er modelleret ud fra alle tunneler i Norge.

11.2 Geometriske forhold

11.2.1 Tunneltværsnit

Tunnels bredde, herunder antal kørefelt og deres bredde, har betydning for trafikkapaciteten og mulighed for forbikørsel. Dette er indarbejdet i risikomodelleringen af trafikmængden. Der er opstillet en model for sammenhængen mellem kørefeltsbredde og hastighed (se Figur 11.1). Hetleviktunnelens bredde er i overensstemmelse med T9.5 (3.50 m) og udgør dermed ikke noget særtræk. (Forhold ved kurver (sigt mm.) behandles under ”horisontalradier” i afsnit 11.2.2).



Figur 11.1 Forøget risiko ved kørebanebredde i afhængighed af fartgrænse.

11.2.2 Gradienter

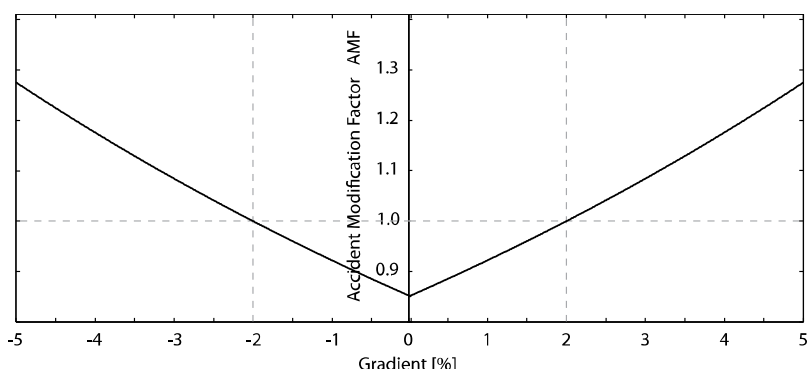
Hetleviktunnelen har gradienter op til 6.98 %, hvilket medvirker til en forøget risiko for trafikulykker og brande.

Ulykker

En model er foreslået for at tage hensyn til gradientens påvirkning på den generelle ulykkesfrekvens. Gradienten kan både være negativ (fald) og positiv (stigning). En ulykkesmodifikationsfaktor (AMF) baseret på publikationen fra Hauer [36] om dette tema er formuleret som følger, hvor G er gradienten i procent:

$$AMF_{\text{gradient}} = e^{0.081(G-2)}.$$

Sammenhængen er illustreret i Figur 11.2 for gradienter mellem -5 % og +5 %.



Figur 11.2 Ulykkesmodifikationsfaktor (Accident Modification Factor, AMF) afhængig af tunnelens gradient.

Gradient [%]	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
AMF	1.50	1.38	1.28	1.18	1.08	1	0.92	0.85	0.92	1	1.08	1.18	1.28	1.38	1.50

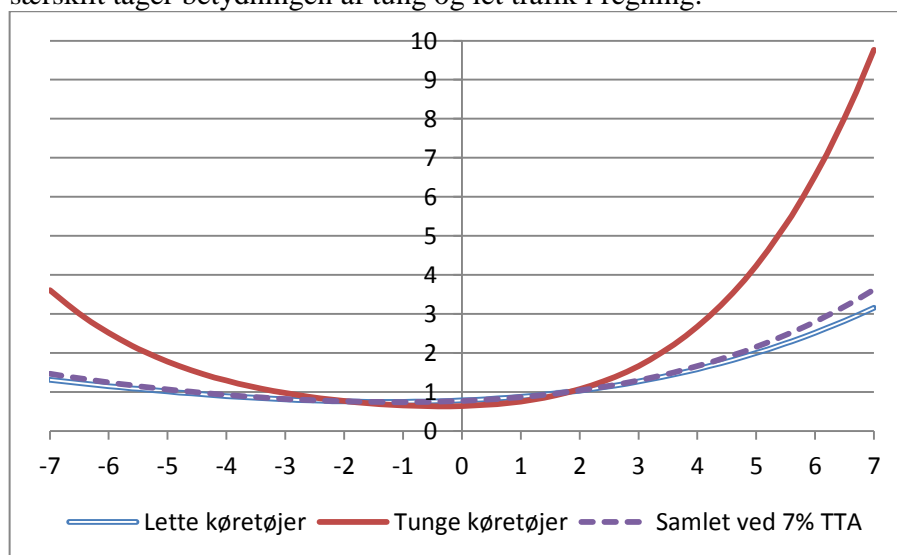
Tabel 11.1

Ulykke modifikation faktor (Accident Modification Factor, AMF) afhængig af tunnelens gradient.

Ved gradienter på 6.98 % er ulykkesrisikoen forøget med 50 %.

Brande

Tilsvarende til den ovenstående model for ulykker anvendes en sammenhæng mellem gradient og brandhændelser. Modellen udtrykker en forøget frekvens af brande ved stigninger og fald og er baseret på [24], [41] samt på observationer og ekspertudsagn. Der er opstillet en sammenhæng for brandmodifikationsfaktoren (Fire Frequency Modification Factor, FMF) (vist i Figur 11.3), der tager særskilt hensyn til betydningen af tung og let trafik i regning.



Figur 11.3 Brandmodifikationsfaktor (FMF) afhængig af tunnelens gradient og køretøjstypen, samt samlet for 7 % tungtrafikandel (TTA).

Gradient [%]	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
FMF (lette kt)	1.22	1.15	1.01	0.90	0.81	0.76	0.75	0.79	0.88	1.04	1.27	1.59	2.00	2.52	2.82
FMF (tunge kt)	3.01	2.52	1.78	1.29	0.97	0.77	0.66	0.64	0.76	1.07	1.67	2.67	4.24	6.53	8.02
FMF (7 % TTA)	1.47	1.40	1.07	0.93	0.82	0.76	0.74	0.78	0.87	1.04	1.30	1.66	2.16	2.80	3.62

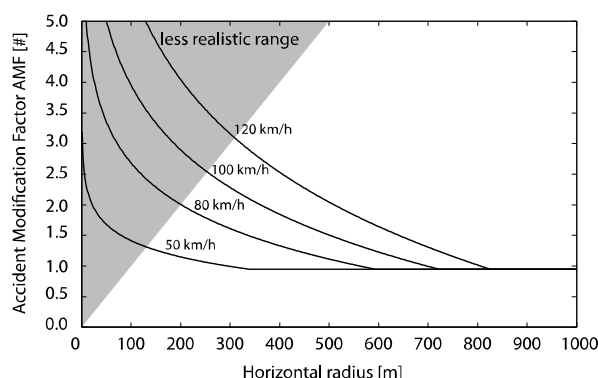
Tabel 11.2

Brandmodifikationsfaktor (Fire Frequency Modification Factor, FMF) afhængig af tunnelens gradient.

Ved gradienter på 6.98 % er brandrisikoen (når middelværdien for stigningen og faldet udregnes) forøget med en faktor ca. 2.55.

11.2.3 Horisontalradier

Det er observeret i udvalgte tunneler, at antallet af ulykker er større ved kurver. Dette har sandsynligvis sammenhæng den relativt ringere sigt i tunneler. Dette er også baggrunden for krav til minimumsradier i tunneler afhængigt af kørselshastigheden. Helt retlinede tunneler frarådes også. Der er for risikoanalysen opstillet en regnemodel for sammenhængen mellem kurveradius og ulykkes risiko, som er illustreret i Figur 11.4.



Figur 11.4 Modelling af risikoens afhængighed af kurveradier.

I Hetleviktunnelen er horisontalradien 300 m. Ved en hastighed på 60 km/t fører kurveradien til en forøget hyppighed af ulykker på ca. 10 % - 20 %, mens forøgelsen er ca. 50 % ved 80 km/t.

11.2.4 Nøddugange

Der er i overensstemmelse med HB N500 for tunneler i klasse B ingen nøddugange i Hetleviktunnelen.

Fra tidligere beregninger af tunnelsystemer uden nøddugange råder konsulenten over beregningsværktøjer der kan anslå betydningen af dette. For en mere detaljeret vurdering kan der gennemføres en kombination af ventilationsberegninger / røgspredningsmodeller og flugtsimuleringer. Ved risikoberegningerne anvendes erfaringstal baseret på tidligere studier af dette forhold

11.2.5 Tunnelportaler

Der er generelt større risiko for ulykker ved portalerne. Dette forhold er omfattet af den statistik, der ligger til grund for modellen for den kvantitative risikoanalyse [24].

Ved Hetleviktunnelens vestportal er der meget kort afstand til en rundkørsel. Dette antages at føre til en forøget risiko for ulykker.

I HB N500 kræves det desuden, at portalen skal have en overgangslængde hvor skuldrene i tunnelen tilpasses til forholdene udenfor. Det kan anbefales at forbedre føring et stykke uden for portalen.

11.3 Trafikale forhold

11.3.1 Hastighed

Det er altid af stor betydning for en tunnels sikkerhed, hvilken hastighed der køres med i anlægget. Det antages, at de givne fartgrænser overholdes i normalt omfang.

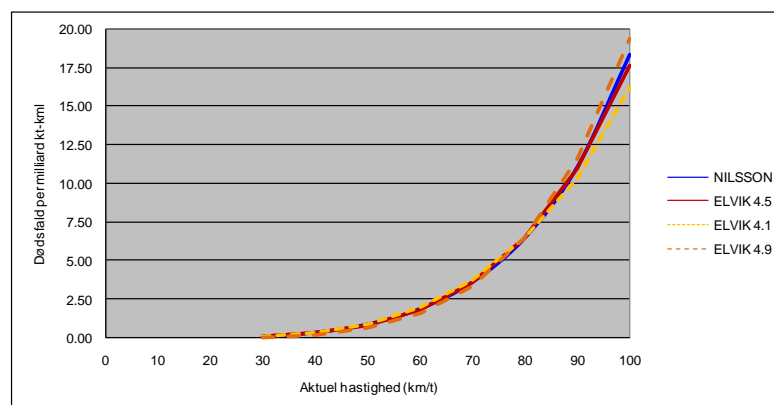
Frekvensen af ulykker og konsekvenser i form af tilskadekomne og dødsfald er afhængig af gennemsnitshastigheden. Der antages den følgende sammenhæng efter en model opstillet af Nilsson (Nilsson, 1984/OECD153) [31]. Dette er desuden i overensstemmelse med Potensmodellen, som er rapporteret i [31]. Denne sammenhæng er meget overbevisende blevet valideret ved en tilsvarende sammenhæng opstillet af Elvik [32].

Det forudsættes, at referencehastigheden for tunneler generelt 80 km/t. Generelle angivelser af ulykkesfrekvens antages at gælde for denne hastighed. Hvis der indføres hastighedsbegrænsning, som reducerer hastigheden, vil frekvensen af ulykker blive mindre, og konsekvenser i form af personskader og dødsfald vil reduceres.

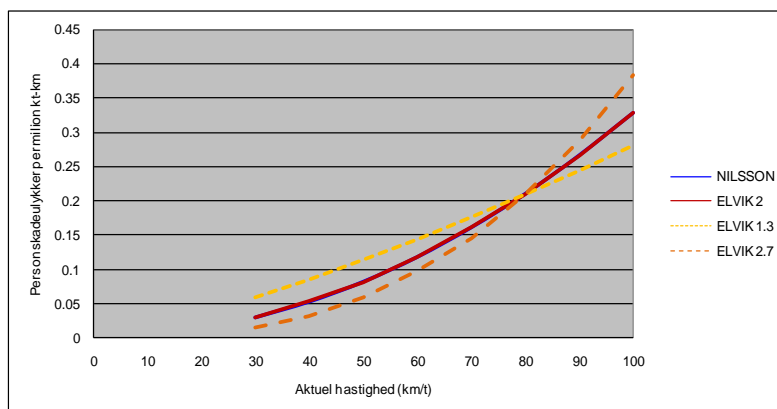
Accidents (y)	Casualties (z)
Fatal accidents	Fatalities
$y_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^4 y_0$	$z_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^4 y_0 + \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^8 (z_0 - y_0)$
Fatal and severe accidents	Fatalities and severely injured
$y_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^3 y_0$	$z_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^3 y_0 + \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^6 (z_0 - y_0)$
All injury accidents	All injured (fatalities included)
$y_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 y_0$	$z_1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 y_0 + \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^4 (z_0 - y_0)$

Figur 11.5 Sammenhæng mellem fart og trafikikkerhed ref. Nilsson i [31]

Sammenhængen mellem dødsfaldsrisiko og hastighed kan illustreres som vist i Figur 11.6, der både viser sammenhængen opstillet af Nilsson og af Elvik. Tilsvarende sammenhænge kan opstilles for andre personskader og for ulykker.



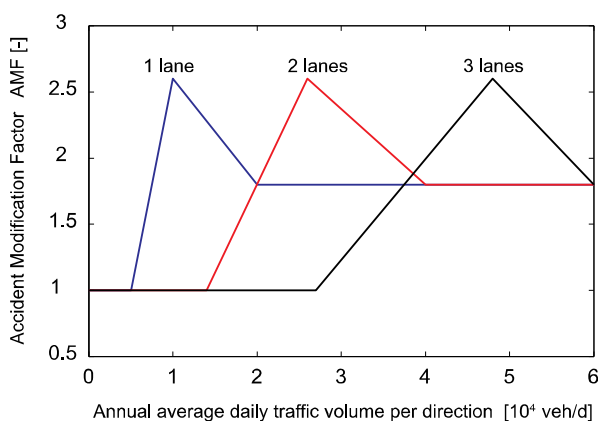
Figur 11.6 Dødsfaldsrisikoafhængighed af hastigheden (Referencehastighed 80km/t) reference Nilsson og Elvik([28] og [29]).



Figur 11.7 Personskadeulykker per million kt-km som funktion af hastigheden (Referencehastighed 80km/t) reference Nilsson og Elvik([28] og [29]).

11.3.2 Trafikmængde

Trafikmængden påvirker antallet af ulykker. Ved anvendelse af en ulykkesfrekvens per køretøjskilometer vil der være en lineær sammenhæng med trafikmængden. Dog kan sammenhængen afvige fra den lineære. Den tættere trafik kan give flere kritiske situationer. Sammenhængen mellem ulykkesfrekvens og ÅDT vist nedenfor indgår i modellen for den kvantitative risikoanalyse [24].



Figur 11.8 Modellering af risikoens afhængighed af stigende trafik.

11.3.3 Tungtrafikandel

Det er observeret, at tunge køretøjer har en større ulykkesfrekvens end personbiler [33]. Desuden er brandfrekvensen højere og konsekvensen ved brand er ligeledes også potentielt højere.

I Hetleviktunnelen er tungtrafikandelen under det generelle gennemsnit og der er derfor tendens til en lavere risiko.

Betydningen af lastbiltrafikken tages i regning i modellen for den kvantitative risikoanalyse.

Bustrafik

Det antages, at den samlede trafik med busser er gennemsnitlig – ca. 1 % af trafikken. Dette er ikke noget særtræk men indgår alligevel i beregningerne.

11.3.4 Gang- og cykeltrafik

Det er forbudt at cykle og gå i tunnelen og det antages heller ikke at forekomme i noget væsentligt omfang.

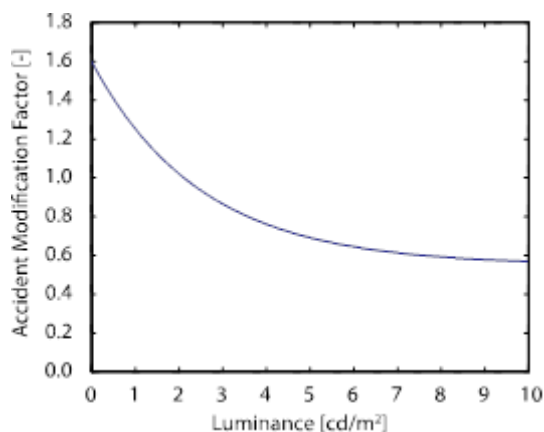
11.3.5 Farligt gods transport

Risiko for farligt gods beregnes som del af beregningerne med modellen for den kvantitative risikoanalyse [24].

11.4 Tunneludrustning mm.

11.4.1 Lysforhold i tunnelindre

For lysforholdene i tunnelens indre findes der en erfaringsammenhæng for indflydelsen på risikoen [24] Figur 11.9.



Figur 11.9 Sammenhæng mellem lysniveau og risiko.

Lys [cd/m ²]	F _l
0	1.6
0.5	1.4
2	1
4	0.76
6	0.65
8	0.60
10	0.58

Tabel 11.3 Ulykkesmodifikationsfaktor) afhængig af lysniveau.

Luminansniveauet antages at være 0.5 cd/m² svarende til kravet i HB N500 for tunneler med ÅDT(10) < 2500 kt/d.

I forbindelse med ulykkestilfælde der nødvendiggør flugt kan det være af betydning af have sikkerhedsbelysning og tydelig visning til nærmeste udgang. Dette forekommer fortrinsvis i forbindelse med brand

11.4.2 Kommunikationsforhold (mulighed for at advare trafikanter)

I tilfælde af hændelser er det meget vanskeligt at kommunikere med trafikanterne. Der antages følgende kommunikationsmidler:

- Nødtelefoner er forbundet med trafikcentralen. Trafikanter kan melde ulykker og andre hændelser gennem disse telefoner og få besked om hvordan de skal reagere.

- Mobiltelefon kan anvendes på tilsvarende vis som nødtelefonerne. I denne situation er det dog ikke muligt for trafikcentralen at se hvor i tunnelen (eller i hvilken tunnel) trafikanten befinner sig. Trafikanten har kun få holdepunkter for at kunne forklare sin position: Han skal kunne huske hvilken tunnel han er i, og skal kunne se eller huske afstandsmærkerne i tunnelen.
- Trafikcentralen kan stoppe trafikken ved at tænde røde stop blink og lukke fjernstyrede bomme

Brandvæsen og politi kan desuden give instrukser direkte, når de er ankommet til ulykkesstedet.

11.4.3 Brandventilation

Ventilationsanlægget er en af de betydningsfulde sikkerhedsforanstaltninger for vej tunneler. Hvis anlægget er utilstrækkeligt eller ude af drift kan konsekvenserne ved en brand blive betydeligt mere kritisk end ved et velfungerende anlæg.

Fra tidligere beregninger af tunnelsystemer med utilstrækkelige ventilationsanlæg råder konsulenten over beregningsværktøjer der kan anslå betydningen af dette. For en mere detaljeret vurdering kan der gennemføres en egentlige ventilationsberegninger / røgspredningsmodeller.

Der henvises til notatet ”Ventilasjon i tunellen ned til Hetlevik” fra Multiconsult (uden dato). Det fremgår heraf (citater):

Angrepsvei på oppside av tunell

Forutsetninger lagt inn for estimat: Lengde 585m, stigning 8 % over 500 m, motvind 5 m/s, Ute temperatur 0 °C, inne temperatur 10 °C

Dette gir Δp på ca. 33Pa. For estimatet er det benyttet kurve for $\Delta p=16Pa$. For nøyaktig beregning vil man benytte en interpolasjon mellom kurvene for 64Pa og 16Pa. Dette vil bidra til økt ventilasjonstrykk.

Kurvene i HB N500 for nødvendig ventilasjonshastighet gir nå 5m/s. Innløpstep og friksjon blir dominerende faktorer i beregningene.

Estimert skyvekraft: Ca. 42000 N inkl. sikkerhetsfaktorer.

Dette gir fra 26 til 50 vifter avhengig av type og størrelse.

Det vil kunne etableres 4 viftepar om anbefalingene følges og 7 viftepar om anbefalt avstand til havarinisje ikke følges. Dette utgjør 4 til 14 vifter, avhengig av konfigurasjon, noe som ikke tilfredsstillende estimert behov for 26 til 50 vifter.

Ut fra dette er det ikke mulig å få plass til nok ventilatorer til å ventilere en 20MW brann i tunellen, når formelverk i HB N500 skal følges.

Angrepsvei på nedside av tunell

Nå vil naturlig drivtrykk virke i ventilasjonsretningen.

Naturlig oppdrift bidrar til brannventilasjon. Bedre angrepsmuligheter enn tilsvarende flat tunell.

Anbefaling i HB N500 kapittel 10.4.4, slutten av 3. avsnitt gir at tunneler med toveistrafikk og stigning over 2% bør ha brannventilasjon oppover.

Det er ikke foretatt beregning av nødvendig skyvekraft oppover, da man i utgangspunktet nå er bedre stilt enn ved flat tunell. Ved tunell med stigning under 5% og under 1000 m lengde er det HB N500 som gjelder, og da monteres det ikke ventilasjon. Det forutsettes da bruk av tankbil, slik at man ikke har trykktap.

Konklusjon

Ut fra de berginger som er utført anbefales det at angrepsvei alltid skal være fra nedsiden.

Å ventilere en 20MW brann nedover er ikke gjennomførbart.

Oppover vil skorsteinseffekten gi at tunellen er selv ventilerende ved brann på 20MW. Ved mindre branner kan det være noe usikkert avhengig av temperatur og vindforhold

Vi ser ikke stor nytteverdi for brannvesenet å ha ventilasjon montert i anlegget

Ventilasjonen modelleres derfor som ”naturlig ventilasjon”

12 Appendiks: Referencetunnel

Som udgangspunkt for risikovurderingen betragtes en referencetunnel, som har samme trafik og længde som den aktuelle tunnel (Kort referencetunnel), og som fuldt ud lever op til gældende krav (HB N500). Hvis risikoen i den aktuelle tunnel er den samme som i referencetunnelen, så må særtræk og afvig betragtes som kompenseret. Resultaterne af risikoanalysen for referencetunnelen er givet i det følgende. Desuden beregnes risikoen for en lang referencetunnel på 1.84 km, som kan være referencegrundlag for en ”basistunnel” der bygges gennem hele strækningen for den opgraderede fv 212.

Det må fremhæves, at referencetunnelerne ikke er reelle alternativer til det eksisterende tunnelprojekt.

12.1 Kort referencetunnel

Følgende er forudsat for referencetunnelen for Hetleviktunnelen. Tunnelen har den samme samlede trafik som i Hetleviktunnelen. Tunnelens længde er 585 m svarende til den aktuelle tunnel, og ÅDT(20) er ligeledes 1800 kt/d. Tunnelen er opdelt i sektioner som beskrevet i Tabel 12.2.

Tunnel		KORT REFERENCETUNNEL
Tunnelklasse		B
Tunneltværsnit		T9.5
Længde total	m	585
Stigning	%	2.0
Horisontalkurvatur	m	>2000
ÅDT	kt/dag	1800
Tungtrafikandel	%	15
Andel farligt gods af tung trafik	%	3
Fartgrænse	km/t	80
Kørebanebredde	m	2x3.5
Dimensionsgivende brand	MW	50
Brandventilation	m/s	Ingen
Overvågning		(VTS)
Havarinicher, afstand		500 m
Afstand nødudgange		Ingen
ITV+AID		Nej
Ledelys per 25 m		Ja
Nødstation, afstand	m	125
Stoplysblyksignal		Ja
Radio- og kringkastningsanlæg		Ja
Luminans i indre zone, dag	cd/m ²	0.5
ADR klasse		A
Afstand sluk	m	80

Tabel 12.1 Generelle forudsætninger for kort referencetunnel

Resultaterne af risikoanalysen for referencetunnelen er givet i det følgende.

Navn	Pr. Nr.	L	H-radius	Hastighed	ÅDT 2037	Vestgående		Østgående	
						Gradient	Felt	Gradient	Felt
		(m)	(m)	(km/t)	kt/dag	%		%	
1 Østportal	1650	50	10000	80	1800	-2	1	2	1
2	1700	100	10000	80	1800	-2	1	2	1
3	1800	60	10000	80	1800	-2	1	2	1
4	1860	50	10000	80	1800	-2	1	2	1
5	1910	80	10000	80	1800	-2	1	2	1
6	1990	95	10000	80	1800	-2	1	2	1
7	2085	100	10000	80	1800	-2	1	2	1
8	2185	50	10000	80	1800	-2	1	2	1
Vestportal(Hetlevik)	2235								
I alt		585							

Tabel 12.2

Geometriske data og andre nøgledata for Kort referencetunnel klasse B

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0045	0.137	0.090
Brande	0.0003	0.004	0.020
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0048	0.141	0.110
Trafik	0.45		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.200		Per Million kt-km
Brandrate	0.044		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	10.71		Per Milliard kt-km

Tabel 12.3 Referencerisiko; person risici og forventet antal brande og ulykker for Kort referencetunnel, tunnelklasse B, ÅDT 1800 kt/d.

Det ses heraf, at dødsfaldsrisikoen for den korte referencetunnel ligger netop på den øvre grænse (målt per milliard kt-km) defineret i kapitel 4.

Det må fremhæves, at referencetunnelen ikke er et alternativ til det eksisterende tunnelprojekt.

12.2 Lang referencetunnel

Følgende er forudsat for den lange referencetunnel for Hetleviktunnelen. Tunnelen har den samme samlede trafik som i Hetleviktunnelen. Tunnelens længde sættes til 1840 m svarende til en basistunnel, som passerer hele strækningen fra Folleseveien til Hetlevik i et lavt niveau. ÅDT(20) anslås som ved den reelle tunnel til 1800 kt/d. Tunnelen er opdelt i sektioner som beskrevet i Tabel 12.2.

Det må fremhæves, at referencetunnelerne ikke er reelle alternativer til det eksisterende tunnelprojekt.

Resultaterne af risikoanalysen for den lange referencetunnel vises i Tabel 12.6.

Tunnel		LANG REFERENCETUNNEL	
Tunnelklasse		B	
Tunneltværsnit		T9.5	
Længde total	m	1840	
Stigning	%	2.0	
Horisontalkurvatur	m	>2000	
ÅDT	kt/dag	1800	
Tungtrafikandel	%	15	
Andel farligt gods af tung trafik	%	3	
Fartgrænse	km/t	80	
Kørebanebredde	m	2x3.5	
Dimensionsgivende brand	MW	50	
Brandventilation	m/s	Længdeventilation	
Overvågning		(VTS)	
Havarinicher, afstand		500 m	
Afstand nødudgange		Ingen	
ITV+AID		Nej	
Ledelys per 25 m		Ja	
Nødstation, afstand	m	125	
Stoplysblyksignal		Ja	
Radio- og kringkastningsanlæg		Ja	
Luminans i indre zone, dag	cd/m ²	0.5	
ADR klasse		A	
Afstand sluk	m	80	

Tabel 12.4 Generelle forudsætninger for lang referencetunnel

Navn	Pr. Nr.	L	H-radius	Hastighed	ÅDT 2037	Vestgående		Østgående	
						Gradient	Felt	Gradient	Felt
		(m)	(m)	(km/t)	kt/dag	%		%	
Østportal	535								
1	585	50	10000	80	1800	-2	1	2	1
2	685	100	10000	80	1800	-2	1	2	1
3	985	300	10000	80	1800	-2	1	2	1
4	1385	470	10000	80	1800	-2	1	2	1
5	1785	470	10000	80	1800	-2	1	2	1
6	2085	300	10000	80	1800	-2	1	2	1
7	2185	100	10000	80	1800	-2	1	2	1
8		50	10000	80	1800	-2	1	2	1
Vestportal(Hetlevik)	2235								
I alt		1840							

Tabel 12.5 Geometriske data og andre nøgledata for Lang referencetunnel klasse B

	Antal dræbte / år	Antal sårede / år	Antal hændelser / år
Ulykker	0.0128	0.285	0.189
Brande	0.0006	0.008	0.053
Farligt gods	0.0000	0.000	0.000
Total	0.0134	0.294	0.242
Trafik	1.27		Million kt-km/år
Ulykkesrate	0.148		Per Million kt-km
Brandrate	0.041		Per Million kt-km
Dødsfaldsrate	10.48		Per Milliard kt-km

Tabel 12.6 Referencerisiko; person risici og forventet antal brande og ulykker for Lang referencetunnel, tunnelklasse B, ÅDT 1800 kt/d.

Det ses af beregningerne, at dødsfaldsrisikoen for den lange referencetunnel er netop på den øvre grænse (målt per milliard kt-km) defineret i kapitel 4.

Ved sammenligning af de absolutte årlige konsekvenser skal det tages i betragtning, at denne tunnel er næsten 3 gange så lang som den foreslåede Hetleviktunnel.