

# E39 Øysand-Thamshavn

## Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk





# Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Metoder og forutsetninger .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Tunnel- og trafikkdata .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft .....</b>	<b>10</b>
<b>5 Utslipp.....</b>	<b>12</b>
<b>6 Resultater fra spredningsberegningene.....</b>	<b>13</b>
<b>7 Referanser .....</b>	<b>18</b>
<b>Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk .....</b>	<b>19</b>
<b>Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen .....</b>	<b>25</b>
<b>Vedlegg C Spredningsberegninger for tunneler .....</b>	<b>33</b>



## Sammendrag

*Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Sør-Trøndelag utført beregninger av produksjon av luftforurensing og ventilasjon for tre tunneler langs E39 Øysand-Thamshavn. Tunnelene har felles løp for begge kjøreretninger. Det er utført beregninger for produksjon av nitrogenoksider ( $NO_x$ ) og karbonmonoksid (CO) i tunnelene, samt spredning av disse forurensninger fra tunnelmunninger. Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet metode for å beregne produksjon av svevestøv fra tunneler.*

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger. Videre er krav til ventilasjon av tunnel og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for denne trafikksituasjonen. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunninger er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid ( $NO_2$ ) som maksimal timemiddelkonsentrasjon.

### **Grenseverdier**

Luftkvaliteten i et område vurderes ved å sammenligne målinger eller beregninger av konsentrasjoner av luftforurensning med grenseverdier satt ut fra virkning på helse og/eller vegetasjon. Begrepene grenseverdi, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

I denne rapporten er det lagt mest vekt på Nasjonalt mål og EUs nye grenseverdier, fordi disse verdiene er fastlagt i lov eller forskrift, mens luftkvalitetskriteriene kun er anbefalinger.

Tabell A viser kriterier, Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.

*Tabell A: Kriterier, Nasjonalt mål og EUs nye grenseverdier for luftkvalitet (som blir gjort gjeldende i Norge 1.1.2005) utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (CO gitt som  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).*

#### A. Uteluft

Stoff	Midlings- tid	SFT luft- kvalitets- kriterier	Nasjonalt mål *	Forurensningsloven		EUs nye grenseverdier
				Kartleggings- grenseverdi	Tiltaks- grense- verdi	
NO <sub>2</sub>	1 time	100	<b>150</b>	200	300	<b>200</b>
PM <sub>10</sub>	24 timer	35	<b>50</b>	150	300	<b>50</b>
CO	8 timer	10	-	-	-	-

#### B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250 $\text{mg}/\text{m}^3$
NO <sub>x</sub>	"	28 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO <sub>2</sub>	"	2 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

\* Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. De nasjonale mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. Nasjonalt mål tillater 8 overskridelser pr. år for NO<sub>2</sub> (skal overholdes innen 2010), 25 overskridelser for PM<sub>10</sub> (skal overholdes innen 2005) og 7 overskridelser for PM<sub>10</sub> (skal overholdes innen 2010).

#### **Forurensning ved tunnelmunningene**

CO- og NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningen er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene. Munningskonsentrasjoner er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Siden det er toveis trafikk i tunnelen, regnes det ikke med noen pumpevirkning (stempeleffekt) av trafikk for tunnelluften.

Tabell B: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunnelene samt nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i de samme tunnelene.

Trafikkdata 2017	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
		CO (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
<u>Brekktunnelen</u>			
60/40 vestover	0,48	1,390	0,723
60/40 østover	0,40	1,254	0,595
<u>Viggjatunnelen</u>			
60/40 vestover	0,58	2,465	1,216
60/40 østover	0,51	2,313	1,073
<u>Storsandtunnelen</u>			
60/40 vestover	0,88	2,817	1,319
60/40 østover	1,03	3,059	1,546

Det er i praksis vanskelig å styre luftstrømmen i en toveiskjørt tunnel med ventilasjonshastighet i området 0,1-1,0 m/s. Vi har derfor i spredningsberegningene økt disse ventilasjonshastighetene til 2,0 m/s. En økning av ventilasjonshastighetene gir dessuten bedre fortykning av forurensede konsentrasjoner. En dobling av ventilasjonshastigheten fra 1,0 m/s til 2,0 m/s vil også halvere munningskonsentrasjonene.

Utstrekningen av forurensningene utenfor tunnelmunningene er gitt for verst tenkelig tilfelle, ved maksimal trafikkbelastning og ved dårlige spredningsforhold utenfor tunnelmunningene. For å kunne si noe om forekomsten av ugunstige meteorologiske forhold er det behov for data angående vindstyrke og vindretning utenfor tunnelmunningene. Et normalt anslag vil være at disse ugunstige meteorologiske forhold opptrer i 10% av tiden, og da ville maksimalt forurensningsnivå utenfor tunnelmunningene opptre i mindre enn 0,6% av tiden (52 timer i året).

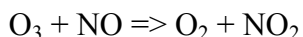
Svevestøvproblematikken er knyttet til tørr veibane, og de høyeste svevestøv-konsentrasjonene blir oftest målt i slutten av piggdekkssesongen. I tider av døgnet med rushtrafikk vil timemiddelkonsentrasjonene av svevestøv kunne komme opp i dobbelt så høye konsentrasjoner som NO<sub>2</sub>. Grenseverdier for svevestøv er imidlertid gitt som døgnmiddel.

Ved normal trafikkavvikling er NO<sub>x</sub>-utslippene avgjørende for nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelene. I køsituasjoner ville CO-produksjonen ha blitt avgjørende.

### Forurensningsbelastning utenfor tunnelmunningene

CO- og NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. I beregningene er det tatt hensyn til et bakgrunnsnivå av luftforurensninger. Bakgrunnskonsentrasjonen representerer i dette tilfelle en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder. I området der tunnelene er planlagt, er det regnet med et bakgrunnsnivå på 1 mg CO/m<sup>3</sup> og 10 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> for år 2017.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Denne reaksjonen skjer umiddelbart. Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på  $70 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner).

Med bakgrunnskonsentrasjoner på  $70 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  som timemiddel, vil overskridelser av verdien for Nasjonalt mål på  $150 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  kunne forekomme i et begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgen og ettermiddag.

Tabell C viser spredningsavstander fra tunnelmunningene for å komme ned på gitte konsentrasjoner av CO og  $\text{NO}_2$ .

*Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningene for at konsentrasjoner av CO og  $\text{NO}_2$  er redusert til gitte nivåer.*

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jetfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)			
			CO ( $25 \text{ mg}/\text{m}^3$ )	$\text{NO}_2$ ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b><math>\text{NO}_2</math></b> <b>(<math>150 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b><math>\text{NO}_2</math></b> <b>(<math>200 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<u>År 2017</u>						
<u>Brekktunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	131	<b>66</b>	<b>44</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	116	<b>57</b>	<b>37</b>
<u>Viggjatunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	173	<b>88</b>	<b>59</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	159	<b>79</b>	<b>53</b>
<u>Storsand- tunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	191	<b>102</b>	<b>72</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	210	<b>114</b>	<b>81</b>



# **E39 Øysand-Thamshavn**

## **Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger**

### **1 Innledning**

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Sør-Trøndelag utført beregninger av luftforurensning og ventilasjon av tunneler langs E39 Øysand-Thamshavn. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær de tunnelmunningene der ventilasjonsluften skal tas ut.

Tunnelene har felles løp for begge kjøreretninger. Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt i begge retninger. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). Utslippet av nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) fra biltrafikk på horisontal vei består normalt av ca. 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). NO<sub>2</sub> i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved køsituasjoner vil imidlertid CO-konsentrasjonen være høyest i forhold til anbefalte retningslinjer og avgjørende for krav til ventilasjonsluft. Anbefalte retningslinjer for uteluft og grenseverdier for tunnelluft er omtalt i Kapittel 4.

Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet metode for å beregne produksjon av svevestøv fra tunneler.

Figur 1 viser lokaliseringen av tunnelene.

### **2 Metoder og forutsetninger**

I beregningene er det benyttet samme metoder som for tilsvarende tunneler med toveis trafikk. Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Gotaas, 1981). Beregningene har omfattet følgende:

Utslippsfaktorene i beregningsprogrammet er hentet fra Nasjonal utslippsmodell, der tallmaterialet er bearbeidet av Statistisk Sentralbyrå (SSB) på oppdrag for Statens forurensningstilsyn (SFT). Disse utslippsfaktorene er de samme som ligger i beregningsprogrammet VLUFT og dermed godkjent av Vegdirektoratet til beregning av bilforurensning langs veier.

1. Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet utslipp (produksjon) av CO og NO<sub>x</sub> i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av CO og NO<sub>x</sub> er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for NO<sub>2</sub> og CO i tunneler.

3. Konsentrasjonene av CO og NO<sub>2</sub> utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> fra munningene er sammenlignet med grenseverdier for luftkvalitet for CO og NO<sub>2</sub>. Disse er gitt i kapittel 4.

### 3 Tunnel- og trafikkdata

Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikk tall og trafikksammensetning er levert av oppdragsgiver. Trafikkprognoser for år 2017 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush. Vi har antatt at retningsfordelingen for trafikken er 60/40 ved rushtidstrafikk.

Av totalt 6 tunneler skal bare tre av disse tas med i beregningene. Mannsfjelltunnelen og Svalnestunnelen vil ikke påvirke boliger, og Nausttunnelen er så kort at beregninger ikke er nødvendig.

#### **Tunneldata**

Skiltet hastighet 80 km/t

#### Brekktunnelen

Fra profil 4960 til profil 6240, munningsprofil T9,5

Lengde 1280 m

Stigning 21,16 0/00 mot vest

Ventilasjonsretning mot øst

ÅDT 2007=7860, dim. timetrafikk 2007=1110

ÅDT 2017=9540, dim. timetrafikk 2017=1370

Tungtrafikkandel 10%

#### Mannsfjelltunnelen (skal ikke beregnes)

Fra profil 8905 til profil 10570, munningsprofil T9,5

Lengde 1665 m

Stigning -21,28 0/00 mot vest

Ventilasjonsretning mot vest

ÅDT 2007=6845, dim. timetrafikk 2007=958

ÅDT 2017=8070, dim. timetrafikk 2017=1145

Tungtrafikkandel 10%

#### Svalnestunnelen (skal ikke beregnes)

Fra profil 11220 til profil 12130, munningsprofil T9,5

Lengde 910 m

Stigning variabel fra 6,67 0/00 til 12,41 0/00

Ventilasjonsretning mot øst

ÅDT, dim. timetrafikk og tungtrafikkandel som for Mannsfjelltunnelen.

#### Viggjatunnelen

Fra profil 14465 til profil 17155, munningsprofil T12,5

Lengde 2690 m

Stigning 12,70 0/00 mot vest

Ventilasjonsretning mot vest  
 ÅDT 2007=6370, dim. timetraffic 2007=886  
 ÅDT 2017=6940, dim. timetraffic 2017=980  
 Tungtrafikkandel=10%

#### Storsandtunnelen

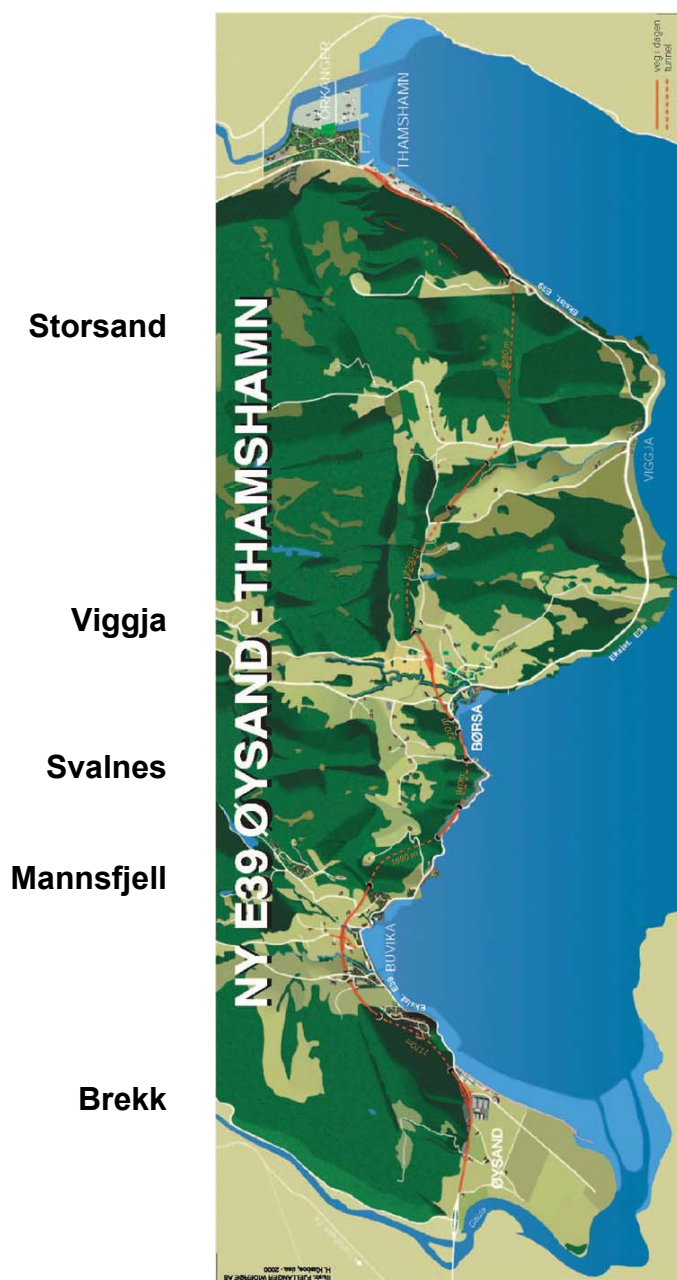
Fra profil 17825 til profil 21095, munningsprofil T9,5

Lengde 3270 m

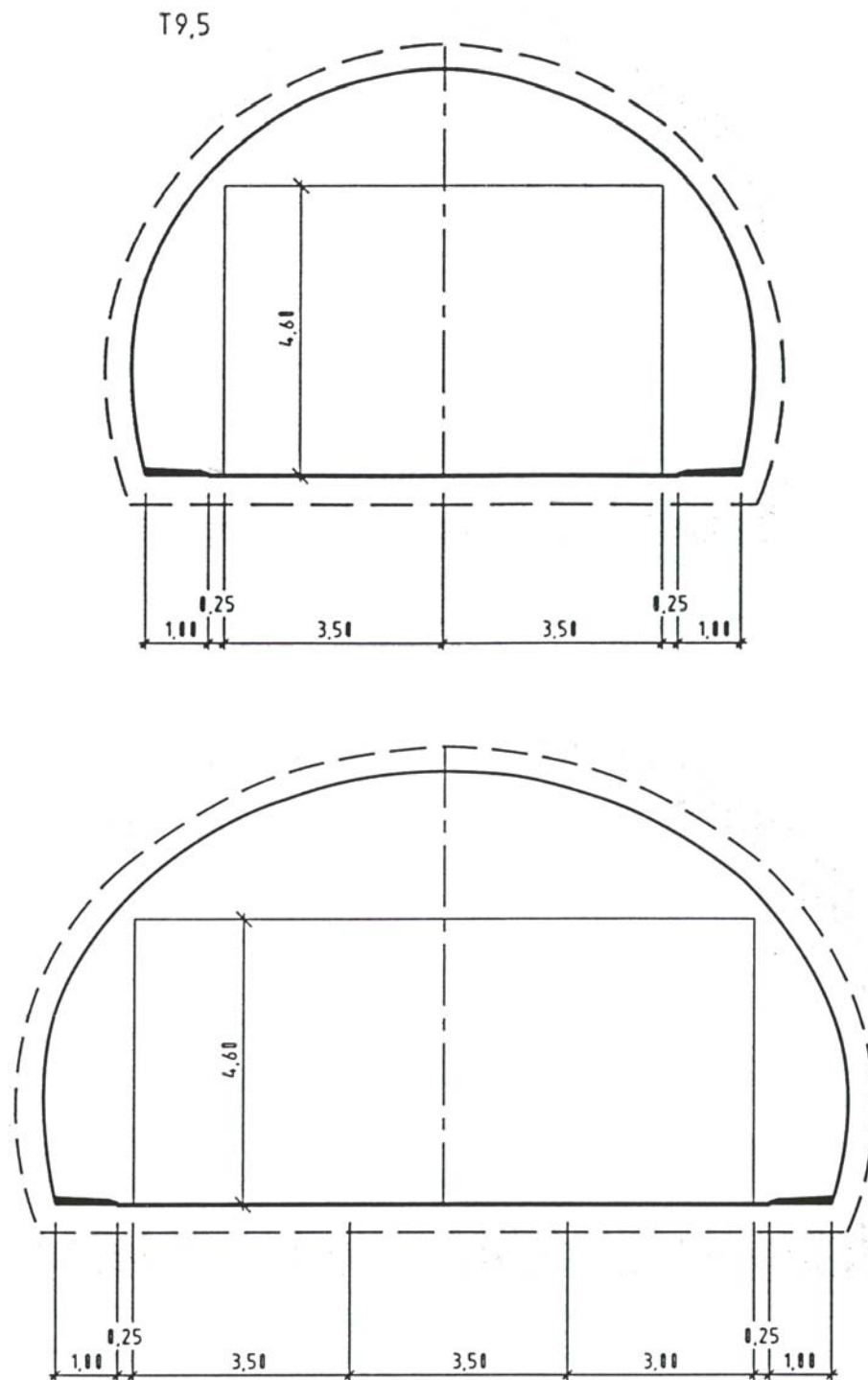
Stigning – 16,59 0/00 mot vest

Ventilasjonsretning mot vest

ÅDT, dim. timetraffic og tungtrafikkandel som for Viggjatunnelen.



Figur 1: Lokalisering av tunneler langs E39 Øysand-Thamshavn.



Figur 2: Tunnelprofil T9,5 og T12,5.

#### 4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

Luftkvaliteten i et område vurderes ved å sammenligne målinger eller beregninger av konsentrasjoner av luftforurensning med grenseverdier satt ut fra virkning på helse og/eller vegetasjon. Begrepene grenseverdi, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk

bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

Ved fastsettelsen av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er det anvendt en usikkerhetsfaktor på ca. 5. Dette betyr at eksponeringsnivåene må opp i 5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet kan konstateres skadelige effekter. De anbefalte kriteriene kan derfor ikke tolkes slik at nivåer over disse er definitivt helseskadelige, men det kan heller ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer, selv ved nivåer under de anbefalte luftkvalitetskriterier.

Det henvises til SFTs rapporter når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger (SFT, 1992 og 1998).

I denne rapporten er det lagt mest vekt på Nasjonalt mål og EUs nye grenseverdi fordi disse verdiene er fastlagt i lov eller forskrift, mens luftkvalitetskriteriene kun er en anbefaling.

For tunneler har Vegdirektoratet (1992) vedtatt grenseverdier for CO og NO<sub>x</sub>.

Tabell 1 viser kriterier, Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.

*Tabell 1: Kriterier, Nasjonalt mål og EUs grenseverdier for luftkvalitet (som blir gjort gjeldende i Norge 1.1.2005) utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som µg/m<sup>3</sup> unntatt for CO som er gitt som mg/m<sup>3</sup>.*

#### A. Uteluft

Stoff	Midlings-tid	SFT luft-kvalitets-kriterier	Nasjonalt mål *	Forurensningsloven		EUs nye grenseverdier
				Kartleggingsgrenseverdi	Tiltaks-grense-verdi	
NO <sub>2</sub>	1 time	100	150	200	300	200
PM <sub>10</sub>	24 timer	35	50	150	300	50
CO	8 timer	10	-	-	-	-

#### B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	"	28 200 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	"	2 800 µg/m <sup>3</sup>

\* Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. De nasjonale mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. Nasjonalt mål tillater 8 overskridelser pr. år for NO<sub>2</sub> (skal overholdes innen 2010), 25 overskridelser for PM<sub>10</sub> (skal overholdes innen 2005) og 7 overskridelser for PM<sub>10</sub> (skal overholdes innen 2010).

## 5 Utslipp

Utslipp av CO og NO<sub>x</sub> er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med inngangsdata fra Kapittel 3.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2 og Vedlegg B. Tabellen viser også nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO<sub>x</sub>, men større utslipp av CO. Lavere kjørehastighet gir mindre NO<sub>x</sub>-utslipp og større CO-utslipp. Vanligvis vil det være NO<sub>x</sub>-utslippene som avgjør nødvendige ventilasjonshastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved svært dårlig trafikkavvikling eller sammenhengende kø i tunneler vil det være CO-utslippene som er avgjørende for nødvendig ventilasjonshastighet.

Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunnellopene fra omgivelsene. Dette vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelene. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

*Tabell 2: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunnelene samt nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i de samme tunneler.*

Trafikkdata 2017	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
		CO (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
<u>Brekktunnelen</u>			
60/40 vestover	0,48	1,390	0,723
60/40 østover	0,40	1,254	0,595
<u>Viggjatunnelen</u>			
60/40 vestover	0,58	2,465	1,216
60/40 østover	0,51	2,313	1,073
<u>Storsandtunnelen</u>			
60/40 vestover	0,88	2,817	1,319
60/40 østover	1,03	3,059	1,546

Tabell 2 viser at de toveiskjørtede tunnelene ville få ventilasjonskrav på 0,40-1,03 m/s. Det er i praksis vanskelig å styre luftstrømmen i en toveiskjørt tunnel med ventilasjonshastighet i området 0,1-1,0 m/s. Vi har derfor i spredningsberegningene økt disse ventilasjonshastighetene til 2,0 m/s. En økning av ventilasjonshastighetene gir dessuten bedre fortykning av forurenset konsentrasjoner. Det kan i enkelte tilfeller være gunstig å doble ventilasjonshastigheten da dette halverer munningskonsentrasjonene. En videre økning av ventilasjonshastigheten over ca. 3,0 m/s gjør at det dannes en jetfase som "flytter" de høyeste konsentrasjonene lenger ut fra tunnelmunningen. Dette kan være gunstig dersom en ønsker å ta hensyn til boliger i bakkant av tunnelmunningen. Se mer om dette i innledningen i Vedlegg D.

## 6 Resultater fra spredningsberegningene

NO<sub>2</sub>- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 og Vedlegg C viser resultatet av beregningene.

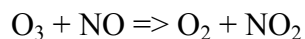
Tabell 3: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter og gitt ventilasjonshastighet.

Trafikkdata 2017	Ventilasjons-hastighet	Munningskonsentrasjoner	
	(m/s)	CO (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
<u>Brekktunnelen</u>			
60/40 vestover	2,0	13	672
60/40 østover	2,0	12	560
<u>Viggjatunnelen</u>			
60/40 vestover	2,0	17	812
60/40 østover	2,0	15	714
<u>Storsandtunnelen</u>			
60/40 vestover	2,0	26	1232
60/40 østover	2,0	28	1442

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med gitt tungtrafikkandel (10%), og dersom tungtrafikkandelen skulle bli lavere vil en få noe høyere CO-konsentrasjoner ved samme trafikkmengde totalt.

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> er redusert til gitte nivåer. I beregningene er det også tatt hensyn til bakgrunnsnivå av forurensede komponenter. Bakgrunnskonsentrasjoner representerer i dette tilfellet en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder utenfor tunnelmunningen. Vi har regnet med et bakgrunnsnivå på 1 mg CO/m<sup>3</sup> og 10 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddel for år 2017.

Det er også regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m<sup>3</sup>. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Denne reaksjonen skjer umiddelbart (Hagen et al., 1993). Vi har derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 70 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner som sammenlignes med Nasjonalt mål på 150 µg/m<sup>3</sup> og EUs nye grenseverdi på 200 µg/m<sup>3</sup>).

Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 4.

Maksimalkonsentrasjonene er beregnet for maksimal trafikkbelastning (i rush-tiden) og ved dårlige spredningsforhold.

Tabell 4 viser resultater av beregninger og for hvilke avstander fra tunnelmunnings konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> er redusert til gitte nivåer.

Med bakgrunnskonsentrasjoner på 70 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddel, vil overskridelse av verdien for Nasjonalt mål på 150 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> kunne forekomme i et begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgen og ettermiddag.

Hvis tungtrafikkandelen blir lavere fører det til et mindre område med NO<sub>2</sub>-belastning over akseptabelt forurensningsnivå.

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelen kan bidra til luktplager i tunnelmunningens umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksosluft kunne merkes på større avstander enn der NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er 200 µg/m<sup>3</sup>.

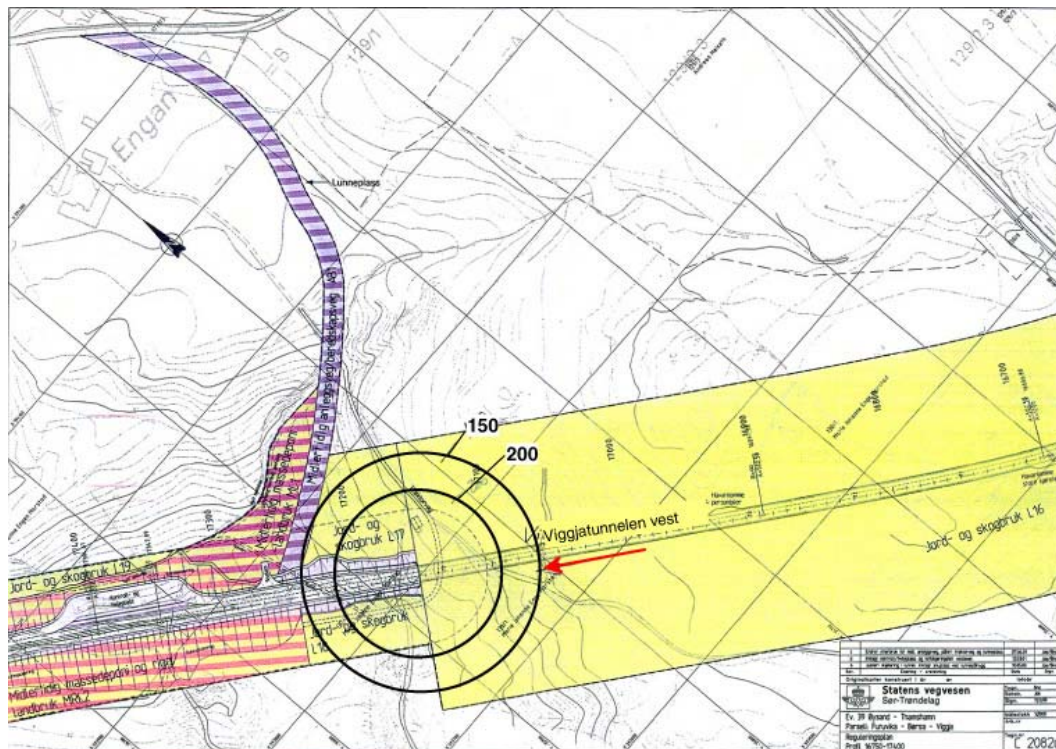
Figur 3 viser beregnede maksimale timemidlete konsentrasjoner av NO<sub>2</sub> utenfor tunnelmunningene.

*Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningene for at konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> er redusert til gitte nivåer.*

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jetfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)			
			CO (25 mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (100 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (150 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (200 µg/m <sup>3</sup> )
<u>År 2017</u>						
<u>Brekktunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	131	<b>66</b>	<b>44</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	116	<b>57</b>	<b>37</b>
<u>Viggjatunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	173	<b>88</b>	<b>59</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	159	<b>79</b>	<b>53</b>
<u>Storsand- tunnelen</u>						
60/40 vestover	2,0	0	<5	191	<b>102</b>	<b>72</b>
60/40 østover	2,0	0	<5	210	<b>114</b>	<b>81</b>

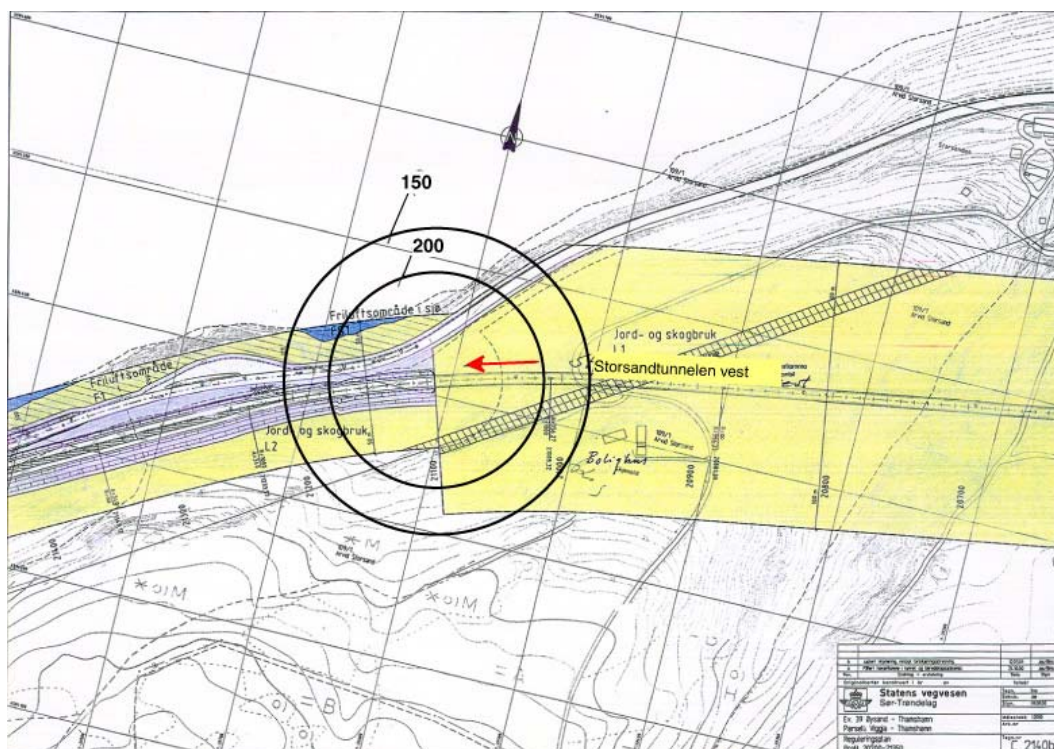






b)

Figur 3b: Viggjatunnelen, ventilasjonsretning mot vest. Sirklene viser maksimal utbredelse av  $\text{NO}_2$ -konsentrasjon på hhv. 150 og 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med ventilasjonshastighet 2,0 m/s



c)

Figur 3c: Storsandtunnelen, ventilasjonsretning mot vest. Sirklene viser maksimal utbredelse av  $\text{NO}_2$ -konsentrasjon på hhv. 150 og 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med ventilasjonshastighet 2,0 m/s

## 7 Referanser

- Gotaas, Y. (1981) Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 37/81).
- Hagen, L.O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1993) Nitrogenoksider og oksidanter i byområder; dannelse og effekter. Måling av luftkvalitet og meteorologiske forhold i Oslo oktober 1991 - juni 1992. Lillestrøm (NILU OR 32/93).
- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).
- Statens forurensningstilsyn (1998) Veiledning til forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. Oslo (SFT-veiledning 98:03).
- Statens vegvesen (1992) Vegtunneler. Normaler. Oslo (Statens Vegvesen Håndbok 021).

## **Vedlegg A**

### **Generelt om luftforurensning fra trafikk**



## Oversikt

De ulike stoffer i bileksos kombinert med det store drivstoff-forbruket i samferdssektoren skaper luftforurensningsproblemer både lokalt langs veier og i byer, regionalt over større områder (f.eks. Sør-Norge, Nord-Europa) og globalt. Tabell 1 gir en oversikt over problemene på ulike skalaer, og hvilke stoffer de er knyttet til. Høye konsentrasjoner av CO, NO<sub>2</sub> og partikler gir negativ helsepåvirkning lokalt i gater og i tettsteder generelt. Menneskers opplevelse av plage i forbindelse med forurensning fra veitrafikk skyldes i tillegg til helseeffektene et samvirke mellom lukt og nedsmussing fra sot og veistøv.

Utslipet av NO<sub>x</sub> og flyktige hydrokarboner (VOC) bidrar til forsurening og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslipet av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og andre "drivhusgasser" som metan (CH<sub>4</sub>) og dinitrogenoksid ("lystgass", N<sub>2</sub>O) bidrar til den oppvarming av atmosfæren som mange mener vil fortsette i tiårene som kommer. N<sub>2</sub>O kan også delta i nedbryting av ozonlaget i stratosfæren.

Tabell A1: Viktige luftforurensningsproblemer som biltrafikken bidrar til

Skala	Problem	Stoffer i bileksos
LOKAL	Helseeffekt	CO, NO <sub>2</sub> , Veistøv (PM <sub>10</sub> *), eksospartikler (PM <sub>2.5</sub> *), tungmetaller (f.eks. bly), sot, VOC, tyngre organiske stoffer (f.eks. PAH)
	Nedsmussing	Veistøv, sot
	Lukt	Organiske stoffer (fra dieseleksos)
REGIONAL 1 000 km	Forsuring av vann og jordsmonn	S- og N-forbindelser
	Troposfærisk ozon	NO <sub>x</sub> , VOC
GLOBAL	Drivhuseffekt	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO
	Ozon-nedbryning	N <sub>2</sub> O

\* Partikler med diameter mindre enn 2.5 eller 10 µm.

## Biltrafikk og lokal luftforurensning

### Generelt

De viktigste lokale luftforurensningsproblemene knyttet til biltrafikk er mulighetene for helseskade ved høye konsentrasjoner av NO<sub>2</sub> og partikler, samt nedsmussing og ubehag knyttet til veistøv. Biltrafikken er den dominerende kilden til stoffer som gir overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet, lokalt i gater og i byer generelt. Dette er dokumentert bl.a. gjennom basisundersøkelser NILU har foretatt i Oslo, Bergen, Drammen og Sarpsborg/Fredrikstad.

Problematikken knyttet til veistøv bør nevnes spesielt. De største partiklene i støvfraksjonen gir nedsmussing og ubehag ("støvnedfall"). Partiklene med mindre diameter (svevestøv) kan gi helseskade. Det er vanlig å inndele (det potensielt helsefarlige) svevestøvet i to fraksjoner; partikler med diameter mindre enn 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) og 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).  $\text{PM}_{10}$  kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens  $\text{PM}_{2,5}$  kan transporteres helt ned i lungealveolene.

$\text{PM}_{10}$  består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens  $\text{PM}_{2,5}$  domineres av eksospartiklene. De maksimale  $\text{PM}_{10}$ -konsentrasjonene måles i perioder med stor trafikk når veiene tørker opp mot slutten av piggdekkssesongen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i luften.

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  og  $\text{PM}_{10}$  (SFT, 1992). Til luftkvalitetskriteriene er det knyttet en midlingstid. Det anbefales at forurensningskonsentrasjonen, målt som gjennomsnitt over den gitte midlingstiden, ikke skal overskride den gitte verdien. Helsevirkninger knyttet til overskridelse av de ulike luftkvalitetskriteriene er omtalt i SFTs rapport (SFT, 1992). Den vesentligste endringen med tanke på trafikkforurensning i forhold til det forrige settet med luftkvalitetskriterier, er at kriteriet for timemiddelkonsentrasjon av  $\text{NO}_2$  er redusert fra 200 til 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for  $\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$  forekommer i dag relativt hyppig i byer og tettsteder. Hvilke luftkvalitetskriterier som overskrides har forandret seg de siste 10-15 årene. Tidligere forekom overskridelser av grenseverdiene for  $\text{CO}$  og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier.  $\text{CO}$  og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til  $\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$  har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for  $\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$  forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell A2 gir en oversikt over de luftkvalitetskriteriene som er aktuelle i forbindelse med forurensning fra trafikk, og i hvilke områder disse erfaringsmessig kan overskrides.

Tabell A2: *Oversikt over hvilke luftkvalitetskriterier som i dag overskrides i sentrum i byer og tettsteder. Nær middels og sterkt trafikkerte veier kan samtlige luftkvalitetskriterier overskrides.*

Områdetype	Luftkvalitetskriterier som kan overskrides		
	Stoff	Midlingstid	Grenseverdi
Bysentra, middels store og store byer	$\text{NO}_2$	Time	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	$\text{NO}_2$	Døgn	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	$\text{PM}_{10}$	Døgn	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg: $\text{NO}_2$	Halvår	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	$\text{PM}_{10}$	Halvår	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### **Helseeffekter**

I det etterfølgende vil vi kort omtale hvilke negative helseeffekter CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og støvnedfall kan ha. For begrunnelse av fastsetting av nivåene på de ulike luftkvalitetskriteriene, henvises til SFTs rapport "Virkninger av luftforurensing på helse og miljø" (SFT, 1992). Følgende sitater er hentet fra denne rapporten:

**Nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>)** kan medføre helseeffekter i konsentrasjoner som kan forekomme i forurenset uteluft. Kunnskaper om virkninger av NO<sub>2</sub> foreligger bl.a. fra akutte forgiftningstilfeller som følge av ulykker i yrkeslivet. Disse har i verste fall hatt dødelig utgang. I forbindelse med forurenset uteluft vil de mulige helseskadene som følge av at befolkningen kontinuerlig eller periodevis gjennom lengre tid utsettes for NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i luften opp til 2 000 µg/m<sup>3</sup> først og fremst være av interesse. Opp mot dette konsentrasjonsnivået er sammenhengen mellom konsentrasjon og effekt uklar og grunnlagsmaterialet for å fastsette laveste observerbare skadeeffekt-nivå er begrenset.

Dyreforsøk har gitt verdifulle opplysninger om virkningsmekanismene. Således finner man ved kortvarig eksponering for NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner på 3 700 µg/m<sup>3</sup> eller mer økt mottakelighet for infeksjoner og morfologiske forandringer. Etter lengre eksponering for 190 µg/m<sup>3</sup> eller mer og eventuelt tidvis eksponering for toppkonsentrasjoner ti ganger høyere, finner man morfologiske forandringer og økt mottakelighet for infeksjoner. Ikke bare påvirkes lungenes forsvarsceller (makrofagene i lungeblærene), men også hvite blodlegemer som er en del av immunforsvaret (fra 470 µg/m<sup>3</sup> og høyere).

Undersøkelser av effekten av NO<sub>2</sub> på mennesker i kontrollerte forsøk viser store variasjoner mellom forsøkspersoner. I lungefunksjonstester viser det seg at astmatikere er den mest følsomme gruppen. I sammenligninger mellom grupper av forsøkspersoner har man funnet signifikante effekter på lungefunksjon etter eksponering for 460 µg/m<sup>3</sup> eller mer i 20 minutter lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensede områder, og i nyere studier har man også sammenlignet grupper eksponert for ulike NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner innendørs. De få epidemiologiske data som foreligger tyder på at NO<sub>2</sub> fra 110-150 µg/m<sup>3</sup> kan føre til økt antall tilfeller av luftveissykdommer hos barn. Dessuten har man ved eksponering for 200 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>, sammen med andre forurensningskomponenter, funnet økt forekomst av lungesykdommer og nedsatt lungefunksjon hos barn og voksne.

**Karbonmonoksid (CO):** Karbonmonoksids helseskadelige virkninger skyldes at CO konkurrerer med O<sub>2</sub> om bindingsstedene på hemoglobinmolekylet. Derved reduseres den oksygenmengden som blodet kan transportere fra lungene til vevene i kroppen. Fordi hemoglobinet har mer enn 200 ganger større affinitet for CO enn for O<sub>2</sub>, kan karbonmonoksid svekke oksygentransporten selv ved meget lave CO-konsentrasjoner. Foruten å senke den oksygenmengden som blodet kan transportere til vevene, hemmer CO ved sin tilstedeværelse også frigjøringen av oksygen fra hemoglobinet, og derved overføringen av O<sub>2</sub> til vevene.

CO i luften kan påvirke mennesker dersom gassen i tilstrekkelig grad fortrenger oksygen fra dets bindingssted på blodets hemoglobin. Opptaket av CO i kroppen skjer i to trinn; *innåndingen*, som gir økt CO-konsentrasjon i lungeblærene (alveolene), og *diffusjonen* gjennom alveoleveggen over i blodet. Både lungeventilasjonen og diffusjonshastigheten påvirker CO-opptaket. Opptaket varierer med alder, fysisk aktivitet og lungenes tilstand. Også lufttrykket, og dermed høyden over havet, har betydning for opptakshastigheten. For vurderingen av enkeltindividenes CO-eksponering i løpet av dagen er CO-opptaket, og den prosentdelen av hemoglobinet bindingskapasitet for oksygen som er blokkert av CO (COHb%), en god biologisk dose-indikator. Under opphold i luft med en konstant konsentrasjon av CO, øker COHb% i blodet i løpet av en del timer til et metningspunkt svarende til eksponeringsnivået. Den tid det tar før likevekt oppstår mellom blod og uteluft avhenger av en rekke faktorer som er nevnt ovenfor. Bindingen av CO til hemoglobinet er reversibel og forhøyet COHb% oppnådd i forurenset luft vil reduseres under påfølgende opphold i mindre forurenset luft. Halveringstiden ved utluftning under hvile er ca. 4 1/2 time.

Siden opptak og utskillelse av CO foregår relativt langsomt og konsentrasjonen av CO i luften i bymiljø varierer relativt mye fra sted til sted og fra time til time, vil CO-påvirkningen på en typisk "omflakkende" byborger vanskelig kunne forutsies på basis av et like antall faste målesteder i byen. Norsk institutt for luftforskning (NILU) foretok i 1987 målinger både innendørs og utendørs langs en av Norges mest forurensede gater, Rådhusgaten i Oslo, samtidig som det ble målt COHb% hos personer som arbeidet langs gaten. CO-konsentrasjonen utendørs i prøveperioden lå rundt 10 mg/m<sup>3</sup> (8 timers-middel). COHb% hos ikke-røykere økte lite i løpet av dagen. Ettermiddagsverdien overskred ikke 1,5%. Økningen i COHb% var noe større de dager det ble målt høye nivåer av forurensning, men forskjellene ble ikke bedømt å ha helsemessig betydning. Videre ble det i rapporten konkludert med at CO-innholdet i blodet ble påvirket langt sterkere av røyking enn av den trafikkforurensning som ble registrert.

## **Vedlegg B**

### **Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjons hastighet i tunnelen**



## Brekketunnelen

vestover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	666.	1.28	2.12
2	444.	1.28	-2.12

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	7.691	1.118
20	4.664	0.983
30	3.576	0.858
40	2.139	0.773
50	1.802	0.719
60	1.630	0.693
70	1.466	0.698
80	1.390	0.723
90	1.354	0.785

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m<sup>3</sup> , NOx ER GITT I mg/m<sup>3</sup>TUNNELAREAL: 53.5 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.56	0.75	0.255	37.104	0.193	28.000
20	1.13	0.66	0.077	16.318	0.133	28.000
30	1.69	0.57	0.040	9.494	0.117	28.000
40	2.25	0.52	0.018	6.417	0.077	28.000
50	2.82	0.48	0.012	4.773	0.070	28.000
60	3.38	0.46	0.009	3.831	0.066	28.000
70	3.94	0.47	0.007	3.310	0.059	28.000
80	4.51	0.48	0.006	2.999	0.054	28.000
90	5.07	0.52	0.005	2.893	0.048	28.000

## Brekketunnelen

østover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	666.	1.28	-2.12
2	444.	1.28	2.12

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	7.241	1.017
20	4.350	0.865
30	3.243	0.737
40	1.969	0.646
50	1.647	0.593
60	1.469	0.571
70	1.321	0.574
80	1.254	0.595
90	1.222	0.658

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m3 , NOx ER GITT I mg/m3

TUNNELAREAL: 53.5 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.56	0.68	0.240	33.740	0.199	28.000
20	1.13	0.58	0.072	14.350	0.141	28.000
30	1.69	0.49	0.036	8.150	0.123	28.000
40	2.25	0.43	0.016	5.364	0.085	28.000
50	2.82	0.40	0.011	3.935	0.078	28.000
60	3.38	0.38	0.008	3.158	0.072	28.000
70	3.94	0.38	0.006	2.721	0.064	28.000
80	4.51	0.40	0.005	2.470	0.059	28.000
90	5.07	0.44	0.005	2.426	0.052	28.000

## Viggjatunnelen

vestover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	588.	2.69	1.27
2	392.	2.69	-1.27

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	13.489	2.119
20	8.163	1.850
30	6.227	1.577
40	3.826	1.379
50	3.204	1.239
60	2.895	1.161
70	2.605	1.166
80	2.465	1.216
90	2.397	1.337

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m<sup>3</sup> , NOx ER GITT I mg/m<sup>3</sup>TUNNELAREAL: 75.4 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.53	1.00	0.338	53.093	0.178	28.000
20	1.06	0.88	0.102	23.180	0.124	28.000
30	1.59	0.75	0.052	13.177	0.111	28.000
40	2.12	0.65	0.024	8.639	0.078	28.000
50	2.65	0.59	0.016	6.210	0.072	28.000
60	3.18	0.55	0.012	4.850	0.070	28.000
70	3.70	0.55	0.009	4.173	0.063	28.000
80	4.23	0.58	0.008	3.808	0.057	28.000
90	4.76	0.63	0.007	3.722	0.050	28.000

## Viggjatunnelen

østover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	588.	2.69	-1.27
2	392.	2.69	1.27

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	12.989	2.003
20	7.815	1.715
30	5.855	1.440
40	3.634	1.236
50	3.030	1.097
60	2.715	1.025
70	2.442	1.027
80	2.313	1.073
90	2.250	1.195

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m<sup>3</sup> , NOx ER GITT I mg/m<sup>3</sup>TUNNELAREAL: 75.4 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.53	0.95	0.326	50.207	0.182	28.000
20	1.06	0.81	0.098	21.492	0.128	28.000
30	1.59	0.68	0.049	12.028	0.114	28.000
40	2.12	0.59	0.023	7.742	0.082	28.000
50	2.65	0.52	0.015	5.499	0.077	28.000
60	3.18	0.49	0.011	4.281	0.074	28.000
70	3.70	0.49	0.009	3.676	0.067	28.000
80	4.23	0.51	0.007	3.361	0.060	28.000
90	4.76	0.57	0.006	3.327	0.053	28.000



## Storsandtunnelen

vestover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	588.	3.27	-1.66
2	392.	3.27	1.66

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	16.042	2.363
20	9.645	2.015
30	7.203	1.703
40	4.424	1.476
50	3.694	1.331
60	3.303	1.263
70	2.971	1.267
80	2.817	1.319
90	2.743	1.464

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m<sup>3</sup> , NO<sub>x</sub> ER GITT I mg/m<sup>3</sup>TUNNELAREAL: 53.5 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.53	1.58	0.567	83.461	0.190	28.000
20	1.06	1.35	0.170	35.589	0.134	28.000
30	1.59	1.14	0.085	20.050	0.118	28.000
40	2.12	0.99	0.039	13.036	0.084	28.000
50	2.65	0.89	0.026	9.402	0.078	28.000
60	3.18	0.84	0.019	7.435	0.073	28.000
70	3.70	0.85	0.015	6.392	0.066	28.000
80	4.23	0.88	0.012	5.822	0.060	28.000
90	4.76	0.98	0.011	5.745	0.052	28.000

## Storsandtunnelen

østover-2017

BEREGNINGSÅR: 2017

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	3.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	588.	3.27	1.66
2	392.	3.27	-1.66

HASTIGHET CO-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	16.835	2.546
20	10.198	2.229
30	7.794	1.921
40	4.728	1.704
50	3.970	1.556
60	3.588	1.479
70	3.229	1.488
80	3.059	1.546
90	2.976	1.689

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m<sup>3</sup> , NOx ER GITT I mg/m<sup>3</sup>TUNNELAREAL: 53.5 m<sup>2</sup>

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.53	1.70	0.595	89.925	0.185	28.000
20	1.06	1.49	0.180	39.369	0.128	28.000
30	1.59	1.28	0.092	22.622	0.114	28.000
40	2.12	1.14	0.042	15.045	0.078	28.000
50	2.65	1.04	0.028	10.995	0.071	28.000
60	3.18	0.99	0.021	8.708	0.068	28.000
70	3.70	0.99	0.016	7.507	0.061	28.000
80	4.23	1.03	0.014	6.824	0.055	28.000
90	4.76	1.13	0.012	6.629	0.049	28.000

## **Vedlegg C**

### **Spredningsberegninger for tunneler**



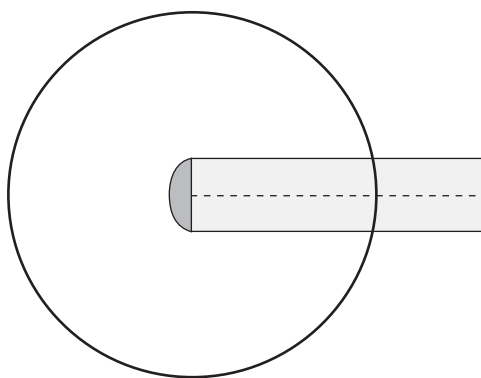
## Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

For å ventilere tunneler med trafikk i begge retninger, må det installeres vifter som trekker "frisk" luft inn i tunnelen fra den ene munningen. Dette gjøres for å fortynne avgassproduksjonen fra bilene til et akseptabelt nivå i selve tunnelen, og dernest for å transportere luftforurensningene ut av tunnelen gjennom den andre munningen.

Noen tunneler, ofte med stor trafikkbelastning, har separate tunnellop for begge kjøretretninger. I dette tilfellet vil all trafikken "rive med" tunnelluften i samme retning. Det vil da ikke være nødvendig med vifter i tunnelen for å fortynne og drive forurensningene ut gjennom den ene munningen, bortsett fra i situasjoner der kjøretøyhastigheten blir svært lav. Disse selvventilerte tunneler vil derfor ha montert vifter til bruk i forbindelse med uhellsituasjoner eller dårlig trafikkavvikling.

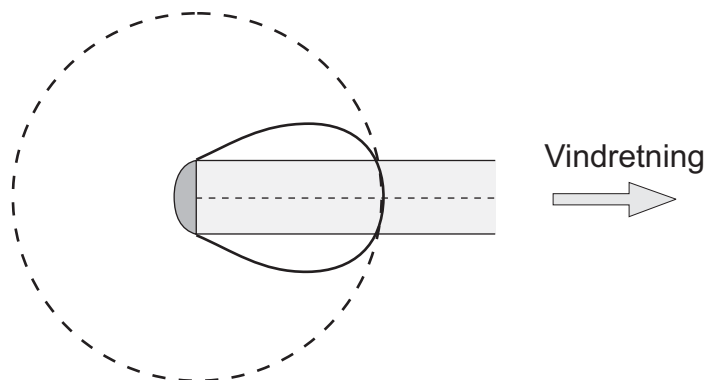
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Vi snakker i begge tilfeller om ventilasjonshastighet i tunneler.

Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er lavere enn ca 3 m/s, vil maksimalutbredelsen av gitte konsentrasjoner fra tunnelmunningen kunne beskrives som en sirkel med sentrum i tunnelmunningen som vist i Figur A.



*Figur A. Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for alle vindretninger.*

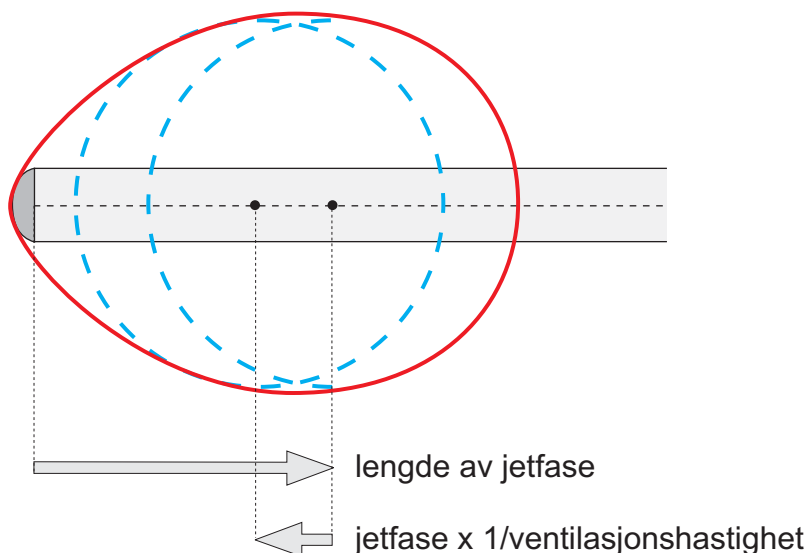
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



*Figur B: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for en gitt vindretning (fra vest).*

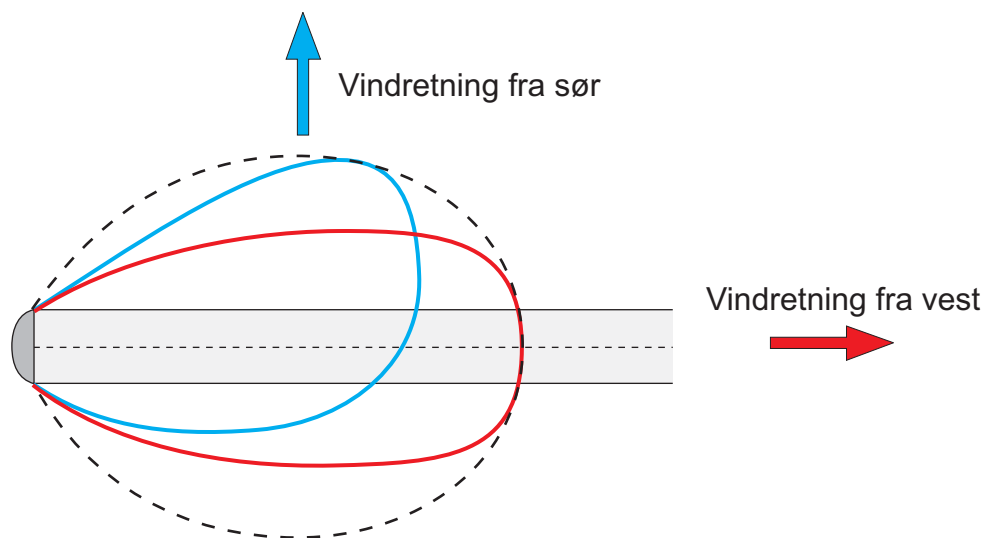
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

Figur C viser en generell beskrivelse av maksimalutbredelse av luftforurensninger fra en tunnelmunning med jetfase.



*Figur C: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for alle vindretninger. Dersom ventilasjonshastigheten er 4 m/s vil redusert jetfase med motvind være lik en fjerdedel av jetfasen med medvind.*

Figur C viser maksimalutbredelse for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur D hvordan utbredelsen av luftforurensningen vil være i gitte tilfeller med vind fra vest og sør.



*Figur D: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for to gitte vindretninger, fra vest og fra sør.*

**Conc at tunnel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) =  
munningskonsentrasjoner fra tabell 3**

Brekketunnelen 60/40 vestover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.50  
 CONC. AT TUNNEL : 672.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
18.7	350.00
24.4	300.00
31.8	250.00
43.8	200.00
65.7	150.00
130.8	100.00

Brekketunnelen 60/40 østover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.50  
 CONC. AT TUNNEL : 560.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
14.5	350.00
19.0	300.00
26.3	250.00
37.0	200.00
56.8	150.00
116.2	100.00

Viggjatunnelen 60/40 vestover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 75.40  
 CONC. AT TUNNEL : 812.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
27.2	350.00
34.2	300.00
44.0	250.00
59.1	200.00
87.7	150.00
172.9	100.00



## Viggjatunnelen 60/40 østover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 75.40  
 CONC. AT TUNNEL : 714.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
23.0	350.00
29.2	300.00
38.5	250.00
52.9	200.00
79.3	150.00
159.0	100.00

## Storsandtunnelen 60/40 vestover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.50  
 CONC. AT TUNNEL : 1232.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
37.7	350.00
45.3	300.00
55.8	250.00
72.0	200.00
102.0	150.00
191.1	100.00

## Storsandtunnelen 60/40 østover

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.50  
 CONC. AT TUNNEL : 1442.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
43.7	350.00
51.7	300.00
63.3	250.00
80.8	200.00
113.5	150.00
210.0	100.00





# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 29/2002	ISBN 82-425-1365-1 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 39	PRIS NOK 150,-
TITTEL E39 Øysand-Thamshavn Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-102095	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Ole Witsø	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Sør-Trøndelag Vegkontoret Statens Hus 7468 TRONDHEIM			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Det er beregnet produksjon og spredning fra tunneler langs E39 Øysand-Thamshavn basert på trafikkprognoser for år 2017.			
TITLE Air pollution from tunnels along E39 Øysand-Thamshavn.			
ABSTRACT			

\* Kategorier:    A    Åpen - kan bestilles fra NILU  
                  B    Begrenset distribusjon  
                  C    Kan ikke utleveres