

NILU: OR 34/2000  
REFERANSE: O-2100  
DATO: AUGUST 2000  
ISBN: 82-425-1195-0

# **Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger**

**E136 Breivika-Lerstad,  
Ålesund kommune**

**Ivar Haugsbakk**



# Innhold

	Side
<b>Innhold .....</b>	<b>1</b>
<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>
3.1 Tunneldata .....	8
3.2 Trafikkdata .....	8
<b>4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft.....</b>	<b>11</b>
<b>5 Utslipp .....</b>	<b>12</b>
<b>6 Resultater fra spredningsberegningene .....</b>	<b>13</b>
<b>7 Framtidig utvikling .....</b>	<b>18</b>
<b>8 Referanser .....</b>	<b>18</b>
<b>Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk.....</b>	<b>21</b>
<b>Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i     tunneler .....</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg C Spredningsberegninger for tunneler.....</b>	<b>33</b>



## Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Møre og Romsdal utført beregninger av luftforurensing fra en planlagt tunnelforbindelse langs E136 mellom Breivika og Lerstad i Ålesund kommune. Tunnelen vil få separate løp for hver kjøretning. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider ( $\text{NO}_x$ ) og karbonmonoksid (CO) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningene. Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet programverktøy for å beregne produksjon og spredning 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 de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene og langs veisystemet utenfor er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ) som maksimal timemiddelkonsentrasjon.

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.

Tabell A viser kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet for de aktuelle komponenter.

*Tabell A: Kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  unntatt for CO som er gitt som  $\text{mg}/\text{m}^3$ .*

### A. Uteluft

Stoff	Midlings-tid	SFT luft-kvalitets-kriterier	Nasjonale mål *	Forurensningsloven		EUs forslag til nye grenseverdier
				Kartleggings-grenseverdi	Tiltaks-grense-verdi	
$\text{NO}_2$	1 time	100	150	200	300	200
CO	1 time	25	-	-	-	-
$\text{PM}_{10}$	1 døgn	35	50	150	300	50

\* Nasjonale 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. De nasjonale målene tillater 8 overskridelser pr. år for  $\text{NO}_2$  innen 2010 og 25 overskridelser pr. år for  $\text{PM}_{10}$  innen 2005.

## B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250
NO <sub>x</sub>	"	28 200
NO <sub>2</sub>	"	2 800

I beregningene for tunnelen er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler andre steder i Norge. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger (Iversen, 1982; Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Utslipp av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning. Det er beregnet for verst tenkelig tilfelle med maksimal bakgrunnsbelastning og verst tenkelig tilfelle av spredningsforhold. Resultatet av beregningene gir således et bilde av en forurensningssituasjon som vil kunne inntreffe når alle disse nevnte forutsetningene er til stede.

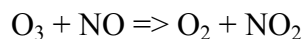
**Forurensning ved tunnelmunningene**

CO- og NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene. Med enveiskjøring i tunneløpene vil trafikken skape en jetfase som alene ventilerer tunneløpene med en pumpevirkning som er ca 10 ganger så stor som den nødvendige ventileringen. Munningskonsentrasjoner er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet.

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

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 tunnelen 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>.

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



Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 70 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnete konsentrasjoner).

Tabell C viser spredningsavstander fra tunnelmunningen for å komme ned på gitte konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub>.

*Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter.*

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilering		Utslipp	
		Nødvendig	Pumpevirkning	CO	NO <sub>x</sub>
		(m/s)		(g/s)	
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	80	0,52	5,11	1,145	0,778
Nordre tunnel (mot vest) år 2006	80	0,61	5,57	1,357	0,920
Søndre tunnel (mot øst) år 2030	80	0,69	5,90	1,531	1,041
Nordre tunnel (mot vest) år 2030	80	0,82	6,42	1,806	1,223

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

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jettfase (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> )	NO <sub>2</sub> (250 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (300 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (350 µg/m <sup>3</sup> )
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	5,1	81	0	157	89	65	42	23	2
Nordre tunnel (mot vest) år 2006	5,6	84	0	173	99	74	53	33	14
Søndre tunnel (mot øst) år 2030	5,9	86	0	186	107	81	61	42	23
Nordre tunnel (mot vest) år 2030	6,4	87	0	202	117	89	71	52	35



# Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger E136 Breivika-Lerstad, Ålesund kommune

## 1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Møre og Romsdal utført beregninger av luftforurensninger fra planlagte tunnelforbindelsen langs E136 mellom Breivika og Lerstad i Ålesund kommune. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene.

Tunnelen er planlagt med separate løp for begge kjøreretninger. Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt 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.

Figur 1 viser lokaliseringen av tunnelen.

## 2 Metoder og forutsetninger

I beregningene er det benyttet samme metoder som for tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Gotaas, 1981). Beregningene har omfattet følgende:

1. Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet utslipp 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 anbefalte retningslinjer for luftkvalitet for CO og NO<sub>2</sub>. Disse er gitt i kapittel 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det er antatt en årlig utskifting av de bensindrevne personbilene på 4-6% som betyr at ca. 65% av bilene i år 2000 har katalysator. Det antas videre at tilnærmevis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. Katalysatorens betydning for NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er mindre enn for CO-konsentrasjonen, da en betydelig del av NO<sub>x</sub>-produksjonen kommer fra dieseldrevne kjøretøy. For tunge dieselmotorer ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført i 1990. Først noen år etter innføringen vil dette ha en merkbar innvirkning på det totale NO<sub>x</sub>-utslippet fra dieselmotorer.

### 3 Tunnel- og trafikkdata

Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikkdata og trafikksammensetning er levert av oppdragsgiver. Trafikkprognoser for år 2006 og 2030 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush.

#### 3.1 Tunneldata

##### Tunnellengde:

Hvert løp = 2 810 m

##### Stigning:

Trafikk mot øst (= søndre tunnellop):

900 m med 38 ‰ fall - 1 600 m med 10 ‰ stigning - 300 m med 60 ‰ stigning.

Trafikk mot vest (= nordre tunnellop)

300 m med 60 ‰ fall - 1600 m med 10 ‰ fall - 900 m med 38 ‰ stigning.

##### Tunnelprofil for munninger

Generelt vil tunnelveggene bli støpte eller få annen form for platekledning. De vil derfor få et konstant profil og med en "glatt" overflate. Hvert tunnellop skal ha tunnelprofil T9,5, det vil si tunneltverrsnitt 53,6 m<sup>2</sup>.

Utenfor vestre tunnelåpning vil vegen gå omtrent rett over på fylling/bru. utenfor den østre tunnelåpningen blir det ca 8 m dyp skjæring som reduseres til ca 3 m dyp skjæring 150 m lenger øst.

#### 3.2 Trafikkdata

##### Årsdøgntrafikk

De siste trafikkprognosene for tunnelen mellom Breivika og Lerstad viser nå:

ÅDT 2006=ca. 15 000 kjt/døgn og ÅDT 2030=20 000 kjt/døgn (=sum begge retn.)

ÅDT 2006=ca. 7 500 kjt/døgn og ÅDT 2030=10 000 kjt/døgn (=hvert tunnellop)

##### Kjøretøy i maks.time - Retningsfordeling

Vi antar at trafikken vil få omtrent samme time- og retningsfordeling som litt lenger vest i vegkontorets faste tellepunkt i Volsdalen. Dette hadde i 1999 en ÅDT på 18 700 kjt/døgn. Maks. registrert timetrafikk vestover der i 1999 var 1

338 kjt/time. (I den samme klokketimen var trafikken i motsatt retning 979 kjt/time.) Maks. registrert timetrafikk østover i det samme punktet i 1999 var 1 130 kjt/time. (I den samme klokketimen var trafikken i motsatt retning 600 kjt/time.)

Når vi justerer disse tallene til ÅDT-prognosene for parsellen Breivika-Lerstad gir dette for 2006 ÅDT=15 000):

- Maks timetrafikk vestover = 1 075 kjt/time (østover i samme time = 785 kjt/time).
- Maks timetrafikk østover = kjt/tme (vestover i samme time = 480 kjt/time).

og for 2030 (ÅDT = 20 000):

- Maks timetrafikk vestover = 1 430 kjt/time (østover samme time = 1 050 kjt/time).
- Maks timetrafikk østover = 1 210 kjt/time (vestover samme time = 640 kjt/time).

### **Hatighet i maks time**

Med to kjørefelt i hver retning og moderat stigning i tunnelene regner vi med at trafikkhastigheten vil ligge nær tillatt hastighet, = 80 km/t, i begge retninger.

### **Tungtrafikkandel**

Med samme trafikksammensetning som i Volsdalen vil det være

- 92,2% personbiler/varebiler (<5,6m).
- 3,5% liten lastebil (5,6-7,5 m).
- 3,1% lastebil/buss (7,6-12,4 m).
- 0,6% semitrailer (12,5-15,9 m).
- 0,6% vogntog (>16,0 m).
- 

Vi har ikke registrering av vektfordelingen på kjøretøytene, men ut fra våre registreringer av kjøretøylengden anslår vi at tungtrafikken vil fordele seg omtrent slik:

A:	<10 tonn	=	4,8%
B:	10-20 tonn	=	2,0%
C:	>20 tonn	=	1,0%

Totalt 7,8%

(Tungtrafikkandelen er noe lavere i de timene med høyest trafikkbelastning).

### **Andel biler med kald motor**

I retning østover vil godt over 90% ha kjørt minst 3 km og ha varm motor når de kjører inn i tunnelen på Lerstad. Vi foreslår å regne med maks 5% med kald motor.

I retning vestover vil noen flere ha startet turen mindre enn 3 km fra tunnelåpningen og derfor ikke ha helt varm motor når de kjører inn i tunnelen i Breivika.- Vi foreslår å regne maks 10% med kald motor i denne retningen.

NB! Med 2 800 m lang tunnel vil så godt som 100% ha varm motor før de kommer til den delen av tunnelen der de må kjøre i stigning. Andel med kald motor bør derfor kanskje regnes enda lavere enn antydnet foran.

### Andel dieseldrevne personbiler

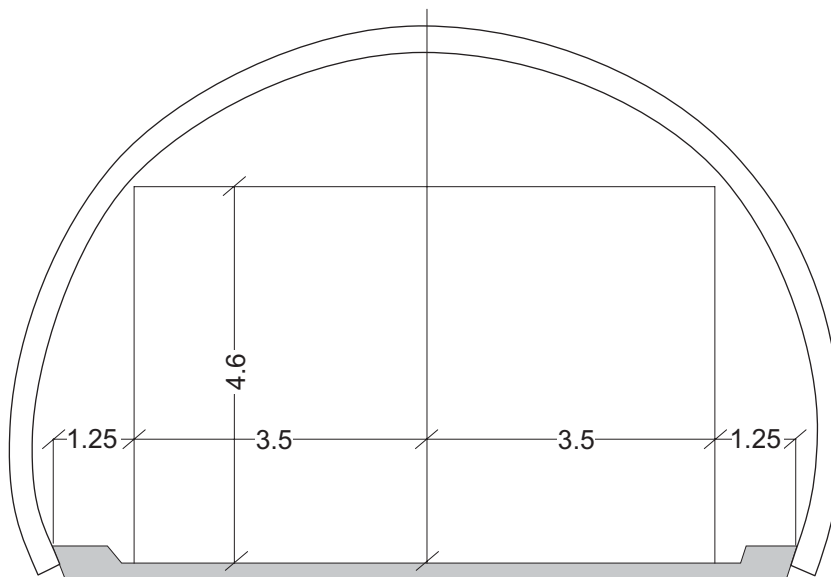
Andel dieseldrevne biler av førstegangsregistrerte nye personbiler i Norge i årene fra 1990 til 1999 har vært 3,6-6,4-9,6-14,5-9,7-6,1-7,2-6,2-6,8 og 8,2%. Gjennomsnittlig gir dette ca 8%. Vi har ingen grunn til å tro at Ålesundområdet skiller seg ut fra resten av landet, og foreslår å benytte 8% dieseldrevne biler i beregningene.

### Beregningsår

2006 og 2030.



Figur 1: Lokalisering av tunnel langs E136 Breivika-Lerstad i Ålesund kommune.



Figur 2: Tunnelprofil T9,5.

#### 4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

Statens forurensningstilsyn (1992/1998) har utarbeidet anbefalte luftkvalitetskriterier. Disse er for CO og NO<sub>2</sub>:

CO	Timemiddelverdi	: 25 mg/m <sup>3</sup>
	8-timers verdi	: 10 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Timemiddelverdi	: 100 µg/m <sup>3</sup>
	24-timers verdi	: 75 µg/m <sup>3</sup>

Ved fastsettelsen av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er det anvendt en usikkerhetsfaktor på ca. 5. Det betyr at eksponeringsnivåene må opp i 5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet er konstatert 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 anbefalte luftkvalitetskriterier.

Det henvises til SFTs rapport når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger (SFT, 1992 og 1998). Se for øvrig vedlegg B: Generelt om luftforurensning fra trafikk.

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.

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

*Tabell 1: Kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  unntatt for CO som er gitt som  $\text{mg}/\text{m}^3$ .*

#### A. Uteluft

Stoff	Midlings- tid	SFTs luft- kvalitets- kriterier	Nasjonale mål *	Forurensningsloven		EU forslag til nye grenseverdier
				Kartleggings- grenseverdi	Tiltaks- grense- verdi	
NO <sub>2</sub>	1 time	100	150	200	300	200
CO	1 time	25	-	-	-	-
PM <sub>10</sub>	døgn	35	50	150	300	50

\* Nasjonale 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. De nasjonale målene tillater 8 overskridelser pr. år for NO<sub>2</sub> og 25 overskridelser for PM<sub>10</sub>.

#### B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250
NO <sub>x</sub>	"	28 200
NO <sub>2</sub>	"	2 800

Vegdirektoratet (1988) har vedtatt grenseverdier for CO og NO<sub>x</sub> i veitunneler. Grenseverdiene er:

CO : 250 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)

NO<sub>x</sub> : 28,2 mg/m<sup>3</sup> ( 15 ppm) (tilsvarer ca. 2,8 mg/m<sup>3</sup> (1,5 ppm) som NO<sub>2</sub>)

Vegdirektoratets verdier gjelder ved den munningen der ventilasjonsluften tas ut. For tunneler med tverrslag og langslufting er grenseverdiene henholdsvis 100 ppm CO og 7,5 ppm NO<sub>x</sub> ved halv tunnallengde.

Vedlegg B gir en kort innføring om luftforurensning fra trafikk.

## 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 luftstrømhastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft. Separate løp for hver kjøretning ventileres ved hjelp av pumpevirkningen fra trafikken.

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 luftstrømhastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved dårlig trafikkavvikling eller sammenhengende kø i tunneler vil det være CO-utslippene som vanligvis er avgjørende for nødvendig utlufting.

Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunnellopene fra omgivelsene. Dette vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene, som også gjør at nødvendig ventilasjonshastighet i spredningsberegningene er rundet av oppover for alle tunnelmunningene.

*Tabell 2: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunneler samt ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i samme tunnel. Prosjekterte hastigheter er oppgitt.*

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilering		Utslipp	
		Nødvendig	Pumpevirkning	CO	NO <sub>x</sub>
		(m/s)		(g/s)	
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	80	0,52	5,11	1,145	0,778
Nordre tunnel (mot vest) år 2006	80	0,61	5,57	1,357	0,920
Søndre tunnel (mot øst) år 2030	80	0,69	5,90	1,531	1,041
Nordre tunnel (mot vest) år 2030	80	0,82	6,42	1,806	1,223

## 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. Det er tatt utgangspunkt i prosjekterte kjørehastigheter.

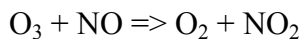
*Tabell 3: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter og beregnede ventilasjonshastigheter.*

Tunnel	Ventilasjonshastighet	Munningskonsentrasjoner	
	(m/s)	CO (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	5,1	4	284
Nordre tunnel (mot vest) år 2006	5,6	5	308
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	5,9	5	329
Nordre tunnel (mot vest) år 2030	6,4	5	356

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med gitt (7,8%) tungtrafikkandel. 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.

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:



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 anbefalt luftkvalitetskriterium på 100 µg/m<sup>3</sup>). Se for øvrig Tabell 4.

*Tabell 4: Anbefalte verdier for bakgrunnsnivå av CO, NO<sub>2</sub> og regionalt ozon, gitt som timemiddelverdier avhengig av områdetype og innbyggertall i tettstedet (Torp, Tønnesen og Larssen, 1994).*

Innbyggertall	CO (mg/m <sup>3</sup> )			NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	Alle områdetyper
<50 000	4	3	1	27	17	5	60
50-200 000	7	4	1	39	25	5	60
>200 000	11	7	1	68	43	5	60

Det er ellers ikke tatt hensyn til bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået. Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 5.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved størst trafikkbelastning (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold.

Tabell 5 viser resultater av beregninger for hvilke avstander fra tunnelmunninger 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 SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium på 100 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> kunne forekomme i et begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgen og ettermiddag.

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 7,8% fører det til 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 eksoslukt kunne merkes på større avstander enn der NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er 200 µg/m<sup>3</sup>.

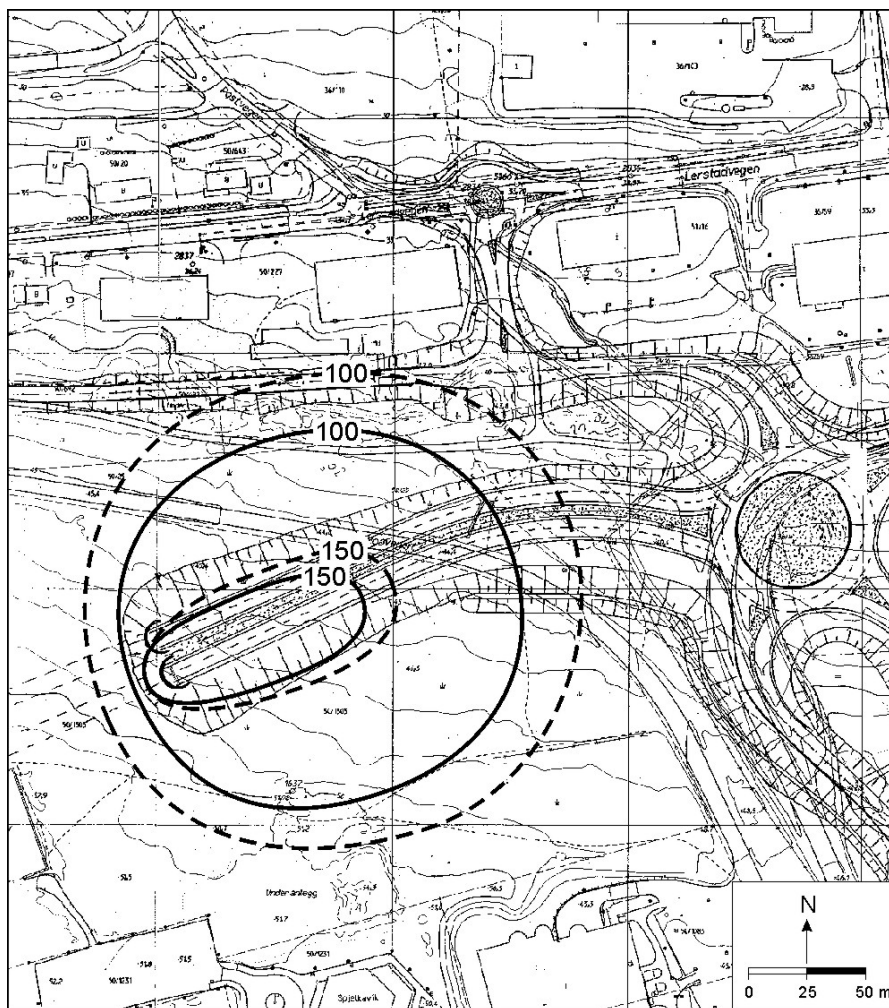
Figur 3a og 3b viser beregnede maksimale timemidlede konsentrasjoner av NO<sub>2</sub> utenfor nordre (mot vest) og søndre (mot øst) tunnelmunning.

Maksimale timemidlede konsentrasjoner vil kunne inntreffe i morgen- og ettermiddagsrushet ved ugunstige spredningsforhold. Hvis en regner at de ugunstige spredningsforhold opptrer i 10% av tiden og at både morgen- og ettermiddagsrushet varer i to timer, vil vi få en maksimal forekomst av verst tenkelig tilfelle som vist på Figur 3a og 3b i mindre enn 1% av tiden.

Tabell 5: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> er redusert til gitte nivåer.

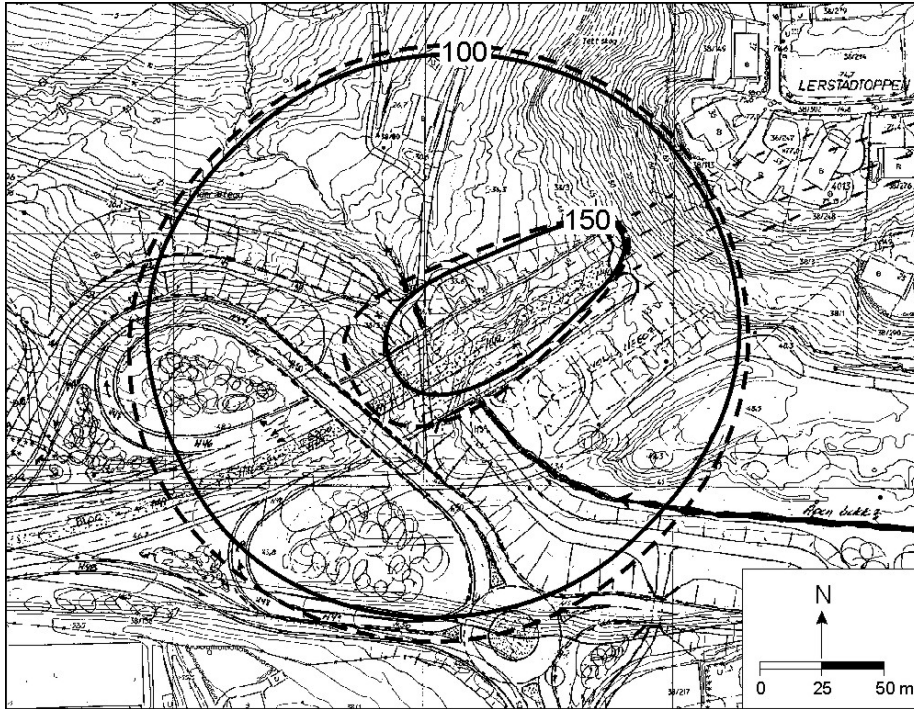
Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jettfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)							
			CO (25 mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (100 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (150 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (200 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (250 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (300 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (350 µg/m <sup>3</sup> )	
Søndre tunnel (mot øst) år 2006	5,1	81	0	157	89	65	42	23	2	
Nordre tunnel (mot vest) år 2006	5,6	84	0	173	99	74	53	33	14	
Søndre tunnel (mot øst) år 2030	5,9	86	0	186	107	81	61	42	23	
Nordre tunnel (mot vest) år 2030	6,4	87	0	202	117	89	71	52	35	

\* Pumpevirkning..



*Figur 3a: Søndre tunnel (mot øst).*

*Isolinjer angir maksimal utbredelse av gitt NO<sub>2</sub>-nivå.  
Heltrukket linje = 2006. Stiplet linje = 2030.*



Figur 3b: Nordre tunnel (mot vest).  
 Isolinjer angir maksimal utbredelse av gitt  $\text{NO}_2$ -nivå.  
 Heltrukket linje = 2006. Stiplet linje = 2030.

## 7 Framtidig utvikling

Alle nye personbiler solgt etter 1989 er utstyrt med treveis katalysator. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler ble innført i 1990, og tyngre dieseldrevne biler fikk strengere avgasskrav i 1994. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget fra 1988 til nå har vært lavere enn antatt. Dette innebærer antagelig at i underkant av 65% av bensindrevne biler vil ha katalysator i 2000, og at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2010.

Avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etter hvert redusere  $\text{NO}_x$  (og  $\text{NO}_2$ )-utslipp fra slike biler. Med halvert  $\text{NO}_x$ -utslipp fra de nye bilene, og en utskiftningstakt på 10% pr. år, vil dette motvirke en trafikkøkning på anslagsvis 2-3% pr. år.

## 8 Referanser

Gotaas, Y. (1981) Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 37/81).

Haugsbakk, I. (1997) TEMARAPPORT. Vestkorridoren fase 2. Vurdering av luftforurensning fra tunneler. Kjeller (NILU OR 57/97).

- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).
- 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.

Utslippet av NO<sub>x</sub> og flyktige hydrokarboner (VOC) bidrar til forsuring og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslippet 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-nedbryting	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 µm (PM<sub>10</sub>) og 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>). PM<sub>10</sub> kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens PM<sub>2,5</sub> kan transporteres helt ned i lungealveolene.

PM<sub>10</sub> består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens PM<sub>2,5</sub> domineres av eksospartiklene. De maksimale PM<sub>10</sub>-konsentrasjonene måles i perioder med stor trafikk når veiene tørker opp mot slutten av piggdekkssesongen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i lufta.

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> (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 NO<sub>2</sub> er redusert fra 200 til 100 µg/m<sup>3</sup>.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> 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 CO og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier. CO og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> 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	NO <sub>2</sub>	Time	100 µg/m <sup>3</sup>
	NO <sub>2</sub>	Døgn	75 µg/m <sup>3</sup>
	PM <sub>10</sub>	Døgn	70 µg/m <sup>3</sup>
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg:		
	NO <sub>2</sub>	Halvår	75 µg/m <sup>3</sup>
	PM <sub>10</sub>	Halvår	40 µg/m <sup>3</sup>

### **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 forurensete 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.

Anbefalte luftkvalitetskriterier er gitt i tabell A3.

Tabell A3: *Anbefalte luftkvalitetskriterier.*

Komponent	Måleenhet	Virknings- område	Midlingstid					
			15 min	1 t	8 t	24 t	30 d	6 mnd
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Helse	500	100		75		50
CO	mg/m <sup>3</sup>	Helse	80	25	10			

## **Vedlegg B**

### **Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunneler**



Søndre tunne (mot øst)

BEREGNINGSÅR: 2006

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	2.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	905.	0.90	-3.80
2	905.	1.60	1.00
3	905.	0.30	6.00

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

10	6.224	1.180
20	3.769	1.009
30	2.892	0.886
40	1.741	0.827
50	1.462	0.779
60	1.334	0.744
70	1.203	0.749
80	1.145	0.778
90	1.115	0.847

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: 53.6 M\*\*2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.64	0.79	0.182	34.494	0.148	28.000
20	1.28	0.67	0.055	14.750	0.105	28.000
30	1.91	0.59	0.028	8.628	0.091	28.000
40	2.55	0.55	0.013	6.045	0.059	28.000
50	3.19	0.52	0.009	4.556	0.053	28.000
60	3.83	0.50	0.006	3.626	0.050	28.000
70	4.47	0.50	0.005	3.126	0.045	28.000
80	5.11	0.52	0.004	2.844	0.041	28.000
90	5.74	0.56	0.004	2.750	0.037	28.000

Nordre tunnel (mot vest)

BEREGNINGÅR: 2006

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	2.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
-----	-------	--------	--------

1	1075.	0.30	-6.00
2	1075.	1.60	-1.00
3	1075.	0.90	3.80

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

10	7.409	1.386
20	4.483	1.178
30	3.430	1.033
40	2.062	0.964
50	1.732	0.912
60	1.580	0.879
70	1.426	0.886
80	1.357	0.920
90	1.324	1.000

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: 53.6 M\*2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.70	0.92	0.199	37.170	0.150	28.000
20	1.39	0.79	0.060	15.802	0.107	28.000
30	2.09	0.69	0.031	9.238	0.093	28.000
40	2.78	0.64	0.014	6.466	0.060	28.000
50	3.48	0.61	0.009	4.894	0.053	28.000
60	4.17	0.59	0.007	3.927	0.050	28.000
70	4.87	0.59	0.005	3.394	0.045	28.000
80	5.57	0.61	0.005	3.083	0.041	28.000
90	6.26	0.67	0.004	2.979	0.037	28.000



Søndre tunnel (mot øst)

BEREGNINGSÅR: 2030

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	2.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	1210.	0.90	-3.80
2	1210.	1.60	1.00
3	1210.	0.30	6.00

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

10	8.322	1.578
20	5.039	1.349
30	3.867	1.184
40	2.327	1.106
50	1.954	1.042
60	1.783	0.995
70	1.609	1.001
80	1.531	1.041
90	1.491	1.132

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: 53.6 M\*\*2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.74	1.05	0.210	39.886	0.148	28.000
20	1.48	0.90	0.064	17.056	0.105	28.000
30	2.21	0.79	0.033	9.976	0.091	28.000
40	2.95	0.74	0.015	6.990	0.059	28.000
50	3.69	0.69	0.010	5.268	0.053	28.000
60	4.43	0.66	0.008	4.193	0.050	28.000
70	5.17	0.67	0.006	3.614	0.045	28.000
80	5.90	0.69	0.005	3.289	0.041	28.000
90	6.64	0.75	0.004	3.180	0.037	28.000

Nordre tunnel (mot vest)

BEREGNINGSÅR: 2030

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	2.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
-----	-------	--------	--------

1	1430.	0.30	-6.00
2	1430.	1.60	-1.00
3	1430.	0.90	3.80

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

10	9.855	1.844
20	5.964	1.568
30	4.563	1.375
40	2.742	1.283
50	2.303	1.214
60	2.102	1.169
70	1.897	1.178
80	1.806	1.223
90	1.761	1.330

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: 53.6 M\*\*2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.80	1.23	0.229	42.870	0.150	28.000
20	1.60	1.04	0.069	18.225	0.107	28.000
30	2.41	0.92	0.035	10.655	0.093	28.000
40	3.21	0.85	0.016	7.457	0.060	28.000
50	4.01	0.81	0.011	5.644	0.053	28.000
60	4.81	0.78	0.008	4.529	0.050	28.000
70	5.62	0.79	0.006	3.915	0.045	28.000
80	6.42	0.82	0.005	3.555	0.041	28.000
90	7.22	0.89	0.005	3.436	0.037	28.000

## **Vedlegg C**

### **Spredningsberegninger for tunneler**

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



## PROGRAM TUNNEL

2006 - søndre tunnel (mot øst)  
 WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 5.11  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60  
 CONC. AT TUNNEL : 284.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 70.32

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

1.9	350.00
22.6	300.00
41.9	250.00
64.5	200.00
89.3	150.00
157.2	100.00

## PROGRAM TUNNEL

2006 - nordre tunnel (mot vest)  
 WIND SPEED (M/S) : 1.00  
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 5.57  
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60  
 CONC. AT TUNNEL : 308.00  
 DISTANCE TO END OF JET : 73.12

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

14.1	350.00
33.3	300.00
52.8	250.00
74.4	200.00
99.4	150.00
173.3	100.00

## PROGRAM TUNNEL

2030 - søndre tunnel (mot øst)

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 5.90  
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60  
CONC. AT TUNNEL : 329.00  
DISTANCE TO END OF JET : 74.40

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

23.2	350.00
41.7	300.00
60.9	250.00
80.6	200.00
107.1	150.00
185.5	100.00

## PROGRAM TUNNEL

2030 - nordre tunnel (mot vest)

WIND SPEED (M/S) : 1.00  
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38  
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 6.42  
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60  
CONC. AT TUNNEL : 356.00  
DISTANCE TO END OF JET : 75.56

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

34.7	350.00
52.4	300.00
71.1	250.00
88.5	200.00
117.1	150.00
202.3	100.00



## Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 34/2000	ISBN 82-425-1195-0 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 36	PRIS NOK 66,-
TITTEL Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger  E136 Breivika-Lerstad, Ålesund kommune		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		NILU PROSJEKT NR. O-2100	
		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Terje Lindstad	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Møre og Romsdal vegkontor Fylkeshuset 6404 MOLDE			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Det er beregnet produksjon og spredning fra tunnelforbindelse mellom Breivika og Lerstad i Ålesund kommune basert på trafikkprognoser for årene 2006 og 2030.			
TITLE Air pollution from tunnel at E136 Breivika-Lerstad.			
ABSTRACT			

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