

NILU : OR 2/97 rev.
REFERANSE : O-96135
DATO : APRIL 1997
ISBN : 82-425-0845-3

**Tunneler langs
Sørkorridoren**
Vurdering av luftforurensning

Revidert utgave

Ivar Haugsbakk

Innhold

	Side
Sammendrag.....	3
1. Innledning.....	9
2. Metoder og forutsetninger	9
3. Tunnel- og trafikkdata	10
4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft	12
5. Utslipp	13
6. Resultater fra spredningsberegningene	15
7. Framtidig utvikling.....	22
8. Referanser.....	22
Vedlegg A Fire ulike trasévalg.....	23
Vedlegg B Generelt om luftforurensning fra trafikk.....	29

Sammendrag

Asplan Viak AS har på oppdrag fra Statens vegvesen Akershus fått i oppdrag å beregne luft- og støyforurensning fra fire ulike alternativ til veiløsning mellom Oslo og Vinterbru. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Asplan Viak AS utført beregninger av luftforurensning fra tunnellopene i de ulike alternativene vist i Vedlegg A.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden: a) med god trafikkflyt i begge retninger og b) ved sammenhengende kø mot tunnelmunnninger. Videre er krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad som opptrer ved de absolutt ugunstigste spredningsforhold) ved tunnelmunnningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂) og sammenlignet med anbefalte luftkvalitetskriterier. Anbefalte luftkvalitetskriterier for uteluft og grenseverdier for tunnelluft er vist i tabell A.

Tabell A: *Anbefalte luftkvalitetskriterier utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft).*

Uteluft (SFT, 1992)	CO	1 time	25 mg/m ³
		8 timer	10 mg/m ³
	NO ₂	1 time	100 µg/m ³
		24 timer	75 µg/m ³
Tunnelluft (Vegdirektoratet, 1988)	CO	Maksverdi*	250 mg/m ³
	NO _x	Maksverdi*	28 200 µg/m ³
	NO ₂	Maksverdi*	2 800 µg/m ³

* Øyeblikksverdi.

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.

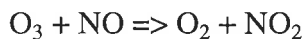
Forurensningsloven som er vedtatt av Regjeringen har kartleggingsgrense på 200 µg NO₂/m³ og tiltaksgrense på 300 µg NO₂/m³.

I beregningene er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler i andre byer. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger (Iversen, 1982; Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988).

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunnningene. Det antas at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunnningene er 10%. 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 fra 7 til 11 mg CO/m³ og fra 25 til 43 µg NO₂/m³.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på fra 85 til 103 µg NO₂/m³ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner).

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelene kan bidra til luktplager i tunnelmunningenes umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksoslukt kunne merkes på større avstand enn der NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³.

Utslipp av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, dvs. rushtid om for- og ettermiddagen med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet (antall og hastighet).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel.
4. Kaldstartandel.

Forurensning ved tunnelmunningene

CO- og NO₂-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene for oppgitte kjørehastigheter og ved stillestående kø mot tunnelmunning.

Resultatene fra spredningsberegningene viser at karbonmonoksid (CO) ikke vil være noe problem ved normal trafikkavvikling uten kødannelse. For nitrogendioksid (NO₂) viser beregningene følgende:

Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner for oppgitte kjørehastigheter og stillestående kø ved rushtidstrafikk. N = nordover, S = Sørøver, E = Enveistunnel, T = Toveistunnel, E18 = Mot E18 og E6 = Mot E6..

		Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
				CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alternativ A					
Sjursøya	N, E	0	6,24 (N)	250	-*
	N, E	75	10,11 (P)	16	592
	S, E	75	10,11 (P)	7	381
Bekkelaget	N, E	0	6,28 (N)	250	-*
	N, E	75	10,11 (P)	16	648
	S, E	75	10,11 (P)	7	318
Fiskvoll	N, E	0	10,23 (N)	250	-*
	N, E	75	9,69 (P)	27	781
	S, E	75	9,69 (P)	13	766
Hauketo	N, T	0	2,00 (N)**	250	-*
	N, T	65	1,00 (N)**	15	763
	S, T	65	1,00 (N)**	12	823
Alternativ B					
Ryendiagonal	E6, E	0	14,68 (N)	250	-*
	E6, E	75	9,50 (P)	29	711
	E18, E	75	9,50 (P)	22	1845
Hauketo	E6, T	0	1,83 (N)**	250	-*
	E6, T	65	1,00 (N)**	25	1185
	E18, T	65	1,00 (N)**	11	916
Lofsrud	E6, T	0	3,67 (N)	250	-*
	E6, T	65	1,50 (N)**	37	4531
	E18, T	65	1,00 (N)**	24	2922
Ringnes	N, E	0	4,04 (N)	250	-*
	N, E	80	8,32 (P)	3	412
Stenfelt	S, E	80	8,32 (P)	1	109
	S, E	0	2,86 (N)	250	-*
	S, E	80	5,41 (P)	1	150
Alternativ C					
Sjursøya	N, T	0	4,40 (N)	250	-*
	N, T	75	1,5 (N)**	66	2741
	S, T	75	1,5 (N)**	38	1954
Bekkelaget	N, T	0	6,24 (N)	250	-*
	N, T	75	1,5 (N)	72	2589
	S, T	75	2,0 (N)**	42	2388
Fiskvoll	N, T	0	10,28 (N)	250	-*
	N, T	75	3,5 (N)**	63	2491
	S, T	75	2,5 (N)**	54	2706
Ringnes	N, E	0	4,04 (N)	250	-*
	N, E	80	6,42 (P)	2	317
	S, E	80	6,42 (P)	1	84
Hauketo	E18, T	0	2,00 (N)**	250	-*
	E18, T	65	1,00 (N)**	16	745
	E6, T	65	1,00 (N)**	9	698
Stenfelt	S, E	0	2,86 (N)**	250	-*
	S, E	80	4,35 (P)	1	119

Tabell B: *forts.*

		Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
				CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alternativ D					
Ryendiagonal	E18, E	0	12,84 (N)	250	-*
	E18, E	75	9,39 (P)	50	1597
	E6, E	75	9,39 (P)	10	715
Skullerud kort	E18, E	0	1,83 (N)**	250	-*
	E18, E	80	9,47 (P)	4	194
	E6, E	80	9,47 (P)	3	121
Skullerud lang	E18, E	0	3,30 (N)	250	-*
	E18, E	80	9,47 (P)	5	243
	E6, E	80	9,47 (P)	7	216
Ljabrudidiagonal	E18, E	0	7,00 (N)	250	-*
	E18, E	80	7,39 (P)	6	615
	E6, E	80	7,39 (P)	2	236

* Ved køsituasjoner er CO dimensjonerende for krav til ventilasjon i tunnelene.

** Ventilasjonshastigheten kan økes til 3 m/s for å redusere munningskonsentrasjonen. Dette er gjort i spredningsberegningene i tabell 8.

Alternativ A

Tunnelene ved Sjursøya, Bekkelaget og Fiskvoll vil ved normal trafikkavvikling (75 km/h), i russtrafikken om morgenen gi konsentrasjoner opptil 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 160 til 185 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 110 til 180 m fra tunnelmunningene. Fiskvolltunnelen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger med f.eks sjakter, for bedre ventilering. Ved køsituasjoner er ventilasjonsbehovet ca.10 m/s, og dette blir vanskelig å oppnå med tunnelen full av biler.

Alternativ B

Tunnelene ved Ryendiagonalen, Lofsrud og Ringnes vil ved normal trafikkavvikling (75 km/h) i russtrafikken om morgen gi konsentrasjoner opptil 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 120 til 175 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 100 m (Lofsrud) til 300 m (Ryendiagonalen) fra tunnelmunningene. Ringnestunnelen vil da være problemfri. Ryendiagonalen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger med f.eks. sjakter, for bedre ventilering. Ved køsituasjoner blir ventilasjonsbehovet ca.15 m/s og dette er ikke praktisk gjennomførbart.

Alternativ C

Tunnelene ved Sjursøya, Bekkelaget, Fiskvoll og Ringnes vil ved normal trafikkavvikling (75-80 km/h) i rushtiden om morgenen gi konsentrasjoner opptil 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 110 til 200 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 100 m (Sjursøya) til 170 m (Fiskvoll). Ringnestunnelen vil da som i alternativ B være problemfri. Fiskvolltunnelen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger

med f.eks. sjakter for bedre ventilering. Ved køsituasjoner er ventilasjonsbehovet ca.10 m/s, og dette blir vanskelig å oppnå med tunnelen full av biler.

Alternativ D

Tunnelen ved Ljabrudiagonalen og Ryendiagonalen vil ved normal trafikkavvikling (75-80 km/h) i rushtiden om morgene gi konsentrasjoner opptil 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 140 til 275 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 85 til 175 m. For begge disse tunnelene må en vurdere andre løsninger med f.eks. sjakter for bedre ventilering. Ved køsituasjoner blir ventilasjonsbehovene 7,0 m/s (Ljabrudiagonalen) og ca.13 m/s (Ryendiagonalen).

Tunneler langs Sørkorridoren

Vurdering av luftforurensning

Revidert utgave

1. Innledning

Asplan Viak AS har på oppdrag fra Statens vegvesen Akershus fått i oppdrag å beregne luft- og støyforurensning fra fire ulike alternativ til veiløsning mellom Oslo og Vinterbru. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Asplan Viak AS utført beregninger av luftforurensning fra tunnellopene i de ulike alternativene vist i Vedlegg A.

Alternativ A: Mosseveien (E18) som stamvei.

Alternativ B: Europaveien (E6) som stamvei.

Alternativ C: Både E18 og E6 som stamvei.

Alternativ D: E18 som stamvei fra Vinterbru til Fiskvoll og diagonalforbindelse over til E6 ved Dal, og videre langs E6 mot Ryenkrysset.

Det er utført beregninger av produksjon av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) i tunnelene, samt forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene. Beregningene er utført for år 2015 for trafikksituasjoner med maksimaltrafikk (rushtid), morgen og ettermiddag.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt i begge retninger og ved stillestående kø. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). Utslippet av nitrogenoksider (NO_x) fra biltrafikk består normalt av 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO₂) på horisontal vei. NO₂ i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier 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 luftkvalitetskriterier for uteluft og grenseverdier for tunneluft er omtalt i kapittel 4.

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_x i tunnelene.

2. Ut fra data for utslipp av CO og NO_x er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for NO₂ og CO i tunneler.
3. Konsentrasjonene av CO og NO₂ utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av CO og NO₂ fra munningene er sammenlignet med anbefalte retningslinjer for luftkvalitet for CO og NO₂. 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 tilnærmet alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. Katalysatorens betydning for NO₂-konsentrasjonen er mindre enn for CO-konsentrasjonen, da en betydelig del av NO_x-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_x-utslippet fra dieselmotorer.

3. Tunnel- og trafikkdata

Området Sørkorridoren omfatter er vist for de ulike alternativene i Vedlegg A, der også tunnelnavn er påtegnet.

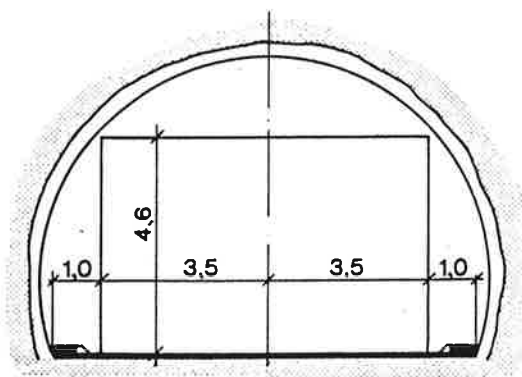
Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og trafikkdata er levert av oppdragsgiver (Statens vegvesen Akershus). Trafikkprognose for år 2015 er benyttet. Prognoser for forurensning går ikke lenger enn til år 2008 i beregningsverktøyet, og resultatene fra beregningene er for dette året. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush. Beregningene er utført med hensyn på prosjekterte hastigheter i de ulike tunneler levert av oppdragsgiver.

Timetrafikk, kaldstartandel og tungetrafikkandel er gitt i Tabell 1-Tabell 4.

I tunneler uten separate løp for de to kjøretretningene vil det ikke oppnås pumpevirkning tilstrekkelig til å ventilere tunnelene, og vifteanlegg er nødvendig for tilstrekkelig ventilasjon i tunnelene.

Tunnelprofil T9 (50,45 m²) er benyttet for alle tunneler. Se Figur 1.

TUNNELPROFIL T9 brukes for tunneler med tovegstrafikk i tunnelklasse D, og for hvert løp for tunneler i tunnelklasse E.



Figur 1: Tunnelprofil T9 (50,45 m²).

Tabell 1: Timetrafikk morgen, år 2015

Tunnelstrekning	A «Mosseveien»		B «Europaveien»		C «To stamveger»		D «Diagonal»	
	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo
E18 Mossev Ljan (S)	3.260	1.060	-	-	1.760 + 950 ¹		-	-
E18 Mossev Grønli (N)	3.550	1.340	3.250	1.330	2.060+1.240		3.350	1.310
E6 Ryendiagonal v E6 (SØ)	-	-	2.960	1.050	-	-	3.060	1.020
R155 Ljabrudialg v E18 (V)	-	-	-	-	-	-	1.790	820
R155 Ljabrudialg (M, Ø)	890+630		1.210+980		750+680		3110	1560
E6 Stenfelt (N) ²	-	-	(2980)	960	(2050)	620	-	-
E6 Stenfelt (S) ³	-	-	2.270	(960)	1.350	(630)	-	-
E6 Ny «Ringnestunnel»	-	-	2.270	960	1.350	630	-	-

1 Begge retninger i samme løp. 2 Bare tunnelløp mot sør. 3 Bare tunnelløp mot nord.

Tabell 2: Anslag over andel biler med kald motor, morgen.

Tunnelstrekning	A «Mosseveien»		B «Europaveien»		C «To stamveger»		D «Diagonal»	
	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo
E18 Mossev Ljan (S)	20	5	-	-	20 +5 ¹		-	-
E18 Mossev Grønli (N)	15	5	10	5	10+5		10	5
E6 Ryendiagonal v E6 (SØ)	-	-	20	5	-	-	20	5
R155 Ljabrudialg v E18 (V)	-	-	-	-	-	-	0	5
R155 Ljabrudialg (M, Ø)	10+0		20+0		20+0		7,5	0
E6 Stenfelt (N) ²	-	-	(-)	5	(-)	5	-	-
E6 Stenfelt (S) ³	-	-	0	(-)	0	(-)	-	-
E6 Ny «Ringnestunnel»	-	-	0	0	0	0	-	-

1 Begge retninger i samme løp. 2 Bare tunnelløp mot sør. 3 Bare tunnelløp mot nord

Tabell 3: Anslag over andel biler med kald motor, ettermiddag

Tunnelstrekning	A «Mosseveien»		B «Europaveien»		C «To stamveger»		D «Diagonal»	
	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo
E18 Mossev Ljan (S)	10	5	-	-	10 +5 ¹		-	-
E18 Mossev Grønli (N)	10	5	10	5	10+5		10	5
E6 Ryendiagonal v E6 (SØ)	-	-	15	5	-	-	15	5
R155 Ljabrudial v E18 (V)	-	-	-	-	-	-	0	0
R155 Ljabrudial (M, Ø)	5+0		5+0:		5+0		2,5	0
E6 Stenfelt (N) ²	-	-	(-)	0	(-)	0	-	-
E6 Stenfelt (S) ³	-	-	0	(-)	0	(-)	-	-
E6 Ny «Ringnestunnel»	-	-	0	0	0	0	-	-

1 Begge retninger i samme løp. 2 Bare tunneløp mot sør. 3 Bare tunneløp mot nord.

Tabell 4: Anslag over andel tunge biler, rush (morgen)

Tunnelstrekning	A «Mosseveien»		B «Europaveien»		C «To stamveger»		D «Diagonal»	
	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo	Mot Oslo	Fra Oslo
E18 Mossev Ljan (S)	7,5	10	-	-	8,5		-	-
E18 Mossev Grønli (N)	7,5	10	7,5	10	8,5		7,5	10
E6 Ryendiagonal v E6 (SØ)	-	-	-	-	-	-	7,5	10
R155 Ljabrudial v E18 (V)	-	-	-	-	-	-	10	12
R155 Ljabrudial (M, Ø)	10		10		10		10	12
E6 Stenfelt (N) ²	-	-	(-)	14	(-)	14	-	-
E6 Stenfelt (S) ³	-	-	10	(-)	10	(-)	-	-
E6 Ny «Ringnestunnel»	-	-	10	14	10	14	-	-

1 Begge retninger i samme løp. 2 Bare tunneløp mot sør. 3 Bare tunneløp mot nord.

4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

Statens forurensningstilsyn (1992) har utarbeidet anbefalte luftkvalitetskriterier. De er for CO og NO₂:

CO Timemiddelverdi : 25 mg/m³
8-timers verdi : 10 mg/m³

NO₂ Timemiddelverdi : 100 µg/m³
24-timers verdi : 75 µg/m³

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). Se for øvrig Vedlegg B: Generelt om luftforurensning fra trafikk.

Forurensningsloven som er vedtatt av Regjeringen har kartleggingsgrense på $200 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ og tiltaksgrense på $300 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$.

Vegdirektoratet (1992) har vedtatt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdiene er:

CO : $250 \text{ mg}/\text{m}^3$ (200 ppm)
 NO_x : $28,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ (15 ppm) tilsvarer ca. $2,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ (1,5 ppm) som NO_2 .

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_x ved halv tunnallengde.

5. Utslipp

Utslipp av CO og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall (antall og hastighet).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel.
4. Kaldstartandel.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 5. Tabellen viser også nødvendig luftstrømhastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunneluft.

Forskjellen i utslipp ved ulike hastigheter i området 60-80 km/h er liten ved normal trafikkavvikling der NO_x -utslippene er avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelene. I køsituasjoner vil CO-produksjonen bli avgjørende. Oppdragsgiver regner med at køsituasjoner vil forekomme svært sjelden og da i tilfelle ved trafikkulykker. Utslipp av CO og NO_x i tunnelene ved køsituasjoner er basert på kø i begge retninger, og nødvendig ventilasjonshastighet er gitt for kø i begge retninger.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x , men større utslipp av CO. Det er liten forskjell i CO- og NO_x -utslipp med ulik hastighet i området 60-80 km/h. Lavere hastighet gir mindre NO_x -utslipp og større CO-utslipp. Vanligvis vil det være NO_x -utslippene som avgjør nødvendige luftstrømhastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved dårlig trafikk-avvikling eller sammenhengende kø i tunneler vil det være CO-utslippene som vanligvis er avgjørende for nødvendig utlufting av tunnelene.

Tabell 5 viser at det er køsituasjoner i tunnelene som er kritiske. For enkelte tunnellop blir da CO-produksjonen så stor at det blir problemer med å ventilere tunnelen. Tilfeller med køsituasjon og nødvendig ventilasjonshastighet på 7 m/s

og over er markert i Tabell 5. I disse tilfellene må andre løsninger vurderes, f.eks. ventilasjonssjakter.

Tabell 5: Utslipp (g/s) av CO og NO_x i tunnelene, og nødvendig luftstrøms-hastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler.

Alternativ/ tunnel	Retning E = enveis T = toveis	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjonshastighet		Utslipp	
			Nødvendig	Pumpevirking	CO	NO _x
			**(m/s)		(g/s)	
A Sjursøya	Nordover E	0	6,24	0	78,69	-*
		75	2,14	10,11	7,93	3,02
A Sjursøya	Sørover E	75	1,38	10,11	3,59	1,95
		A Bekkelaget	Nordover E	0	6,28	0
75	2,34			10,11	8,35	3,31
A Bekkelaget	Sørover E	75	1,15	10,11	3,33	1,62
		A Fiskvoll	Nordover E	0	10,23	0
75	2,70			9,69	13,20	3,82
A Fiskvoll	Sørover E	75	2,65	9,69	6,15	3,74
A Hauketo	Mot E18 T	0	2,00	0	25,23	-*
		65	0,28	0	0,77	0,39
A Hauketo	Mot E6 T	65	0,30	0	0,61	0,42
B Ryendiagonalen	Mot E18 E	0	14,68	0	185,14	-*
		75	2,41	9,50	13,82	3,41
B Ryendiagonal	Mot E6 E	75	6,26	9,50	10,60	8,84
B Hauketo	Mot E6 T	0	1,83	0	23,14	-*
		65	0,42	0	1,25	0,60
B Hauketo	Mot E18 T	65	0,33	0	0,55	0,46
B Lofsrud	Mot E6 T	0	3,67	0	46,28	-*
		65	1,08	0	2,77	1,52
B Lofsrud	Mot E18 T	65	0,80	0	1,21	1,13
B Ringnes	Nordover E	0	4,04	0	50,91	-*
		80	1,22	8,32	1,30	1,73
B Ringnes	Sørover E	80	0,32	8,32	0,56	0,46
B Stenfelt	Sørover E	0	2,86	0	36,10	-*
		80	0,14	5,41	0,19	0,20
C Sjursøya	Nordover T	0	4,40	0	55,54	-*
		75	1,47	0	4,99	2,08
C Sjursøya	Sørover T	75	1,05	0	2,88	1,48
		C Bekkelaget	Nordover T	0	6,24	0
75	1,39			0	5,43	1,96
C Bekkelaget	Sørover T	75	1,66	0	4,19	2,34
		C Fiskvoll	Nordover T	0	10,28	0
75	3,11			0	11,18	4,40
C Fiskvoll	Sørover T	75	2,42	0	6,76	3,41
C Ringnes	Nordover E	0	4,04	0	50,91	-*
		80	0,73	6,42	0,78	1,03
C Ringnes	Sørover E	80	0,19	6,42	0,33	0,27

Tabell 5: forts.

Alternativ/ tunnel	Retning E = enveis T = toveis	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjonshastighet		Utslipp	
			Nødvendig	Pumpevirkning	CO	NO _x
			**(m/s)		(g/s)	
C Hauketo	Mot E18 T	0	2,00	0	25,23	-*
		65	0,27	0	0,79	0,38
C Hauketo	Mot E6 T	65	0,25	0	0,43	0,35
C Stenfelt	Sørover E	0	2,86	0	36,10	-*
		80	0,13	4,35	0,13	0,13
D Ryendiagonalen	Mot E18 E	0	12,84	0	162,00	-*
		75	7,14	9,39	23,55	10,09
D Ryendiagonalen	Mot E6 E	75	1,20	9,39	4,56	1,69
D Skullerud kort	Mot E18 E	0	1,83	0	23,14	-*
		80	0,87	9,47	1,83	1,23
D Skullerud kort	Mot E6 E	80	0,20	9,47	1,32	0,29
D Skullerud lang	Mot E18 E	0	3,30	0	41,66	-*
		80	0,82	9,47	2,30	1,16
D Skullerud lang	Mot E6 E	80	0,73	9,47	3,22	1,03
		0	7,00	0	87,94	-*
D Ljabrudiagonal	Mot E18 E	0	7,00	0	87,94	-*
		80	2,16	7,39	2,16	3,06
D Ljabrudiagonal	Mot E6 E	80	0,31	7,39	0,65	0,44

* CO-utslippene er dimensjonerende ved stillestående kø.

** Dersom nødvendig ventilasjonshastighet er mindre enn 1,0 m/s er denne alltid satt til 1,0 m/s.

Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunnelen fra omgivelsene. Dette vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen, slik at ventilasjonskapasiteten på vifteanlegget maksimalt vil måtte økes med 10%. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

Ved enveiskjørtede tunneler med separate løp vil en ikke ubetydelig andel av ventilasjonsluften fra en tunnelmunning kunne trekkes inn i nabomunningen. Dette kan unngås ved horisontal forskyvning av tunnelmunningene eller skjerm mellom disse.

6. Resultater fra spredningsberegningene

NO₂- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 6 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i gitt kjørehastighet.

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med tungtrafikkandeler ifølge Tabell 4. Dersom tungtrafikkandelen skulle bli lavere vil en få noe høyere CO-konsentrasjoner ved samme trafikkmengde totalt.

For tunneler med toveis trafikk og behov for viftekapasitet vil munningskonsentrasjonene lett kunne halveres eller tredobles ved å doble eller tredoble ventilasjonshastighetene ved normal trafikkavvikling. Dette forutsetter at nødvendig

viftekapasitet ikke er for høy i utgangspunktet slik at den til slutt ikke overstiger ca. 7 m/s. Ved ventilasjonshastigheter over ca. 3 m/s oppnås en jetfase, en luftstrøm som bringer forurensningene lenger ut fra tunnelmunningen. Jo større jetfase jo lengre og smalere forurensningsområde utenfor tunnelmunningen. Ved ventilasjonshastigheter under 3 m/s, uten jetfase vil forurensningsområdet (plumen) utenfor tunnelmunningen være tilnærmet sirkulær omkring munningen.

Tabell 6: Maksimale munningskonsentrasjoner for oppgitte kjørehastigheter og stillestående kø ved rushtidstrafikk. N = nordover, S = Sørøver, E = Enveistunnel, T = Toveistunnel, E18 = Mot E18 og E6 = Mot E6.

		Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
				CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alternativ A					
Sjursøya	N, E	0	6,24 (N)	250	-*
	N, E	75	10,11 (P)	16	592
	S, E	75	10,11 (P)	7	381
Bekkelaget	N, E	0	6,28 (N)	250	-*
	N, E	75	10,11 (P)	16	648
	S, E	75	10,11 (P)	7	318
Fiskvoll	N, E	0	10,23 (N)	250	-*
	N, E	75	9,69 (P)	27	781
	S, E	75	9,69 (P)	13	766
Hauketo	N, T	0	2,00 (N)**	250	-*
	N, T	65	1,00 (N)**	15	763
	S, T	65	1,00 (N)**	12	823
Alternativ B					
Ryendiagonal	E6, E	0	14,68 (N)	250	-*
	E6, E	75	9,50 (P)	29	711
	E18, E	75	9,50 (P)	22	1845
Hauketo	E6, T	0	1,83 (N)**	250	-*
	E6, T	65	1,00 (N)**	25	1185
	E18, T	65	1,00 (N)**	11	916
Lofsrud	E6, T	0	3,67 (N)	250	-*
	E6, T	65	1,50 (N)**	37	4531
	E18, T	65	1,00 (N)**	24	2922
Ringnes	N, E	0	4,04 (N)	250	-*
	N, E	80	8,32 (P)	3	412
	S, E	80	8,32 (P)	1	109
Stenfelt	S, E	0	2,86 (N)	250	-*
	S, E	80	5,41 (P)	1	150

Tabell 6: forts

Alternativ C					
Sjursøya	N, T	0	4,40 (N)	250	-*
	N, T	75	1,50 (N)**	66	2741
	S, T	75	1,50 (N)**	38	1954
Bekkelaget	N, T	0	6,24 (N)	250	-*
	N, T	75	1,50 (N)	72	2589
	S, T	75	2,00 (N)	42	2388
Fiskvoll	N, T	0	10,28 (N)	250	-*
	N, T	75	3,50 (N)	63	2491
	S, T	75	2,50 (N)**	54	2706
Ringnes	N, E	0	4,04 (N)	250	-*
	N, E	80	6,42 (P)	2	317
	S, E	80	6,42 (P)	1	84
Hauketo	E18, T	0	2,00 (N)**	250	-*
	E18, T	65	1,00 (N)**	16	745
	E6, T	65	1,00 (N)**	9	698
Stenfelt	S, E	0	2,86 (N)**	250	-*
	S, E	80	4,35 (P)	1	119
Alternativ D					
Ryendiagonal	E18, E	0	12,84 (N)	250	-*
	E18, E	75	9,39 (P)	50	1597
	E6, E	75	9,39 (P)	10	715
Skullerud kort	E18, E	0	1,83 (N)**	250	-*
	E18, E	80	9,47 (P)	4	194
	E6, E	80	9,47 (P)	3	121
Skullerud lang	E18, E	0	3,30 (N)	250	-*
	E18, E	80	9,47 (P)	5	243
	E6, E	80	9,47 (P)	7	216
Ljabrudidiagonal	E18, E	0	7,00 (N)	250	-*
	E18, E	80	7,39 (P)	6	615
	E6, E	80	7,39 (P)	2	236

* Ved køsituasjoner er CO dimensjonerende for krav til ventilasjon i tunnelene.

** Ventilasjonshastigheten kan økes til 3 m/s for å redusere munningskonsentrasjonen. Dette er gjort i spredningsberegningene i tabell 8.

Vi har beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til et nivå lik de anbefalte luftkvalitetskriteriene for uteluft. Det er regnet at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 10% for tunneler med stigning/fall opptil ca. 4%. For tunnellop med større stigning/fall har vi regnet NO₂-andelen til 7,5% for stigning og 20% for fall. NO_x-utslippet i nedoverbakke er mindre enn i oppoverbakke, siden dette er avhengig av gasspådrag og motortemperatur. Redusert NO_x-utslipp i nedoverbakke består for det meste av NO. Mens NO₂-utslippet er omtrent det samme i både oppoverbakke og nedoverbakke (Torp et al., 1994). 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 bakgrunnsnivåer i følge Tabell 7.

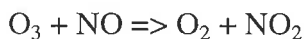
Tabell 7: Anbefalte verdier for bakgrunnsnivå av CO, NO₂ og regionalt ozon, gitt som timemiddelverdier avhengig av områdetype og innbyggertall i tettstedet (Torp, Tønnesen og Larssen, 1994).

Innbyggertall	CO (mg/m ³)			NO ₂ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³) Alle områdetyper
	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	
<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

Vi har brukt bakgrunnsverdier for “Middels tett bebyggelse” sør for Klemetsrud basert på innbyggertall 50-200 000 og nord for Klemetsrud basert på innbyggertall >200 000.

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 10%. 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 fra 7 til 11 mg CO/m³ og fra 25 til 43 µg NO₂/m³.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på fra 85 til 103 µg NO₂/m³ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner).

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelene kan bidra til luktplager i tunnelmunningenes umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksosluft kunne merkes på større avstand enn der NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³.

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 8. NO_x-utslipp øker med hastigheten (motortemperatur), og beregninger ved normal trafikkavvikling er derfor utført for gitte hastigheter.

Tabell 8: Nødvendig spredningsavstand for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnelmunning	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet (m/s)	Lengde av jettfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)					
				CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)	NO ₂ (400 µg/m ³)	
Alternativ A: N = nordover, S = sørover, E = enveiskjørt, T = toveiskjørt									
Sjursøya	N, E	0	6,24 (N)	73,2	210				
	N, E	75	10,11 (P)	96,8	0	245	160	105	80
	S, E	75	10,11 (P)	96,8	0	190	125	75	50
Bekkelaget	N, E	0	6,28 (N)	73,3	210				
	N, E	75	10,11 (P)	96,8	0	260	170	110	85
	S, E	75	10,11 (P)	96,8	0	170	110	70	25
Fiskvoll	N, E	0	10,23 (N)	97,6	260				
Hauketo	N, E	75	9,69 (P)	93,6	<10	280	185	125	95
	S, E	75	9,69 (P)	93,6	0	275	180	120	90
	N, T	0	3,00*	33,1	95				
	N, T	65	3,00*	33,1	0	65	35	-	-
	S, T	65	3,00*	33,1	0	67	37	12	-
Alternativ B: N = nordover, S = sørover, E6 = mot E6, E18 = mot E18, E = enveiskjørt, T = toveiskjørt									
Ryendiagonal	E6, E	0	14,68 (N)	130,5	295				
Hauketo	E6, E	75	9,50 (P)	92,3	<10	265	175	115	90
	E18, E	75	9,50 (P)	92,3	0	430	300	200	160
	E6, T	0	3,00*	33,1	90				
	E6, T	65	3,00*	33,1	0	85	55	25	-
	E18, T	65	3,00*	33,1	0	75	40	15	-
Lofsrud	E6, T	0	3,67 (N)	50,0	150				
	E6, T	65	3,00*	33,1	<10	260	170	110	85
	E18, T	65	3,00*	33,1	0	160	100	60	45
Ringnes	N, E	0	4,04 (N)	57,0	160				
	N, E	80	8,32 (P)	83,5	0	180	120	80	50
	S, E	80	8,32 (P)	83,5	0	80	30	-	-
Stenfelt	S, E	0	3,00*	33,1	110				
	S, E	80	5,41 (P)	70,3	0	70	30	-	-

* Nødvendige ventilasjonshastigheter fra tabell 6 er økt opp til 3,0 m/s for å få lavere munningskonsentrasjoner. En videre økning av ventilasjonshastigheten vil gi forurensninger over et større område på grunn av økt jettfase.

Tabell 8: forts.

Tunnelmunning	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet (m/s)	Lengde av jettfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)					
				CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)	NO ₂ (400 µg/m ³)	
Alternativ C: N = nordover, S = sørover, E6 = mot E6, E18 = mot E18, E = enveiskjørt, T = toveiskjørt									
Sjursøya	N,T	0	4,40 (N)	62,0	170				
	N, T	75	3,00*	33,1	20	195	125	75	55
Bekkelaget	S, T	75	3,00*	33,1	20	160	100	60	45
	N, T	0	6,24 (N)	73,2	210				
	N, T	75	3,00*	33,1	<10	190	120	75	55
	S, T	75	3,00*	33,1	25	210	135	85	65
Fiskvoll	N, T	0	10,28 (N)	98,0	260				
	N, T	75	3,50 (N)	46,6	60	310	200	130	100
Ringnes	S, T	75	3,00*	33,1	35	260	170	105	80
	N, E	0	4,04 (N)	57,0	145				
	N, E	80	6,42 (P)	73,5	0	155	110	75	45
Hauketo	S, E	80	6,42 (P)	73,5	0	65	5	-	-
	E18, T	0	3,00*	33,1	95				
	E18, T	65	3,00*	33,1	0	65	35	-	-
Stenfelt	E6, T	65	3,00*	33,1	0	60	30	-	-
	S, E	0	3,00*	33,1	110				
	S, E	80	4,35 (P)	61,3	0	45	5	-	-
Alternativ D: E18 = mot E18, E6 = mot E6, E = enveiskjørt									
Ryendiagonal	E18, E	0	12,84 (N)	116,9	280				
	E18, E	75	9,39 (P)	91,4	100	410	275	185	145
Skullerud kort	E6, E	75	9,39 (P)	91,4	0	260	175	115	85
	E18, E	0	3,00*	33,1	90				
	E18, E	80	9,67 (P)	93,5	0	125	80	5	-
Skullerud lang	E6, E	80	9,67 (P)	93,5	0	95	45	-	-
	E18, E	0	3,30 (N)	41,6	135				
	E18, E	80	9,47 (P)	92,0	0	140	90	40	-
Ljabrudidiagonal	E6,E	80	9,47 (P)	92,0	0	130	85	30	-
	E18, E	0	7,00 (N)	73,8	220				
	E18, E	80	7,39 (P)	76,7	0	220	140	95	75
	E6, E	80	7,39 (P)	76,7	0	125	85	30	-

Resultatene fra spredningsberegningene viser at karbonmonoksid (CO) ikke vil være noe problem ved normal trafikkavvikling. For nitrogendioksid (NO₂) viser beregningene følgende:

Alternativ A

Tunnelene ved Sjursøya, Bekkelaget og Fiskvoll vil ved normal trafikkavvikling (75 km/h) i rushtrafikken om morgenen gi konsentrasjoner på 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 160 til 185 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 110 til 180 m fra tunnelmunningene. Fiskvolltunnelen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger med f.eks sjakter, for bedre ventilering. Ved køsituasjoner er ventilasjonsbehovet ca.10 m/s, og dette blir vanskelig å oppnå med tunnelen full av biler.

Alternativ B

Tunnelene ved Ryendiagonalen, Lofsrud og Ringnes vil ved normal trafikkavvikling (75 km/h) i rushtrafikken om morgenen gi konsentrasjoner på 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 120 til 175 m fra tunnelberegningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 100 m (Lofsrud) til 300 m (Ryendiagonalen) fra tunnelmunningene. Ringnestunnelen vil da være problemfri. Ryendiagonalen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger med f.eks. sjakter, for bedre ventilering. Ved køsituasjoner blir ventilasjonsbehovet ca.15 m/s og dette er ikke praktisk gjennomførbart.

Alternativ C

Tunnelene ved Sjursøya, Bekkelaget, Fiskvoll og Ringnes vil ved normal trafikkavvikling (75-80 km/h) i rushtiden om morgenen gi konsentrasjoner på 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 110 til 200 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 100 m (Sjursøya) til 170 m (Fiskvoll). Ringnestunnelen vil da som i alternativ B være problemfri. Fiskvollstunnelen kommer dårligst ut, og for denne tunnelen må en vurdere andre løsninger med f.eks. sjakter for bedre ventilering. Ved køsituasjoner er ventilasjonsbehovet ca.10 m/s, og dette blir vanskelig å oppnå med tunnelen full av biler.

Alternativ D

Tunnelen ved Ljabrudiagonalen og Ryendiagonalen vil ved normal trafikkavvikling (75-80 km/h) i rushtiden om morgene gi konsentrasjoner 200 µg NO₂/m³ i avstander fra 140 til 275 m fra tunnelmunningene. I ettermiddagsrushet vil en få tilsvarende konsentrasjoner i avstander fra 85 til 175 m. For begge disse tunnelene må en vurdere andre løsninger med f.eks. sjakter for bedre ventilering. Ved køsituasjoner blir ventilasjonsbehovene 7,0 m/s (Ljabrudiagonalen) og ca.13m/s (Ryendiagonalen).

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 10%. 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 fra 7 til 11 mg CO/m³ og fra 25 til 43 µg NO₂/m³.

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 1996 har vært lavere enn antatt. Dette innebærer antagelig at i underkant av 65% av bensindrevne biler antagelig 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 NO_x (og NO₂)-utslipp fra slike biler. Med halvert NO_x-utslipp fra de nye bilene, og en utskiftingstakt 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).

Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).

Larssen, S. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensninger ved munningene. Lillestrøm (NILU OR 33/87).

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).

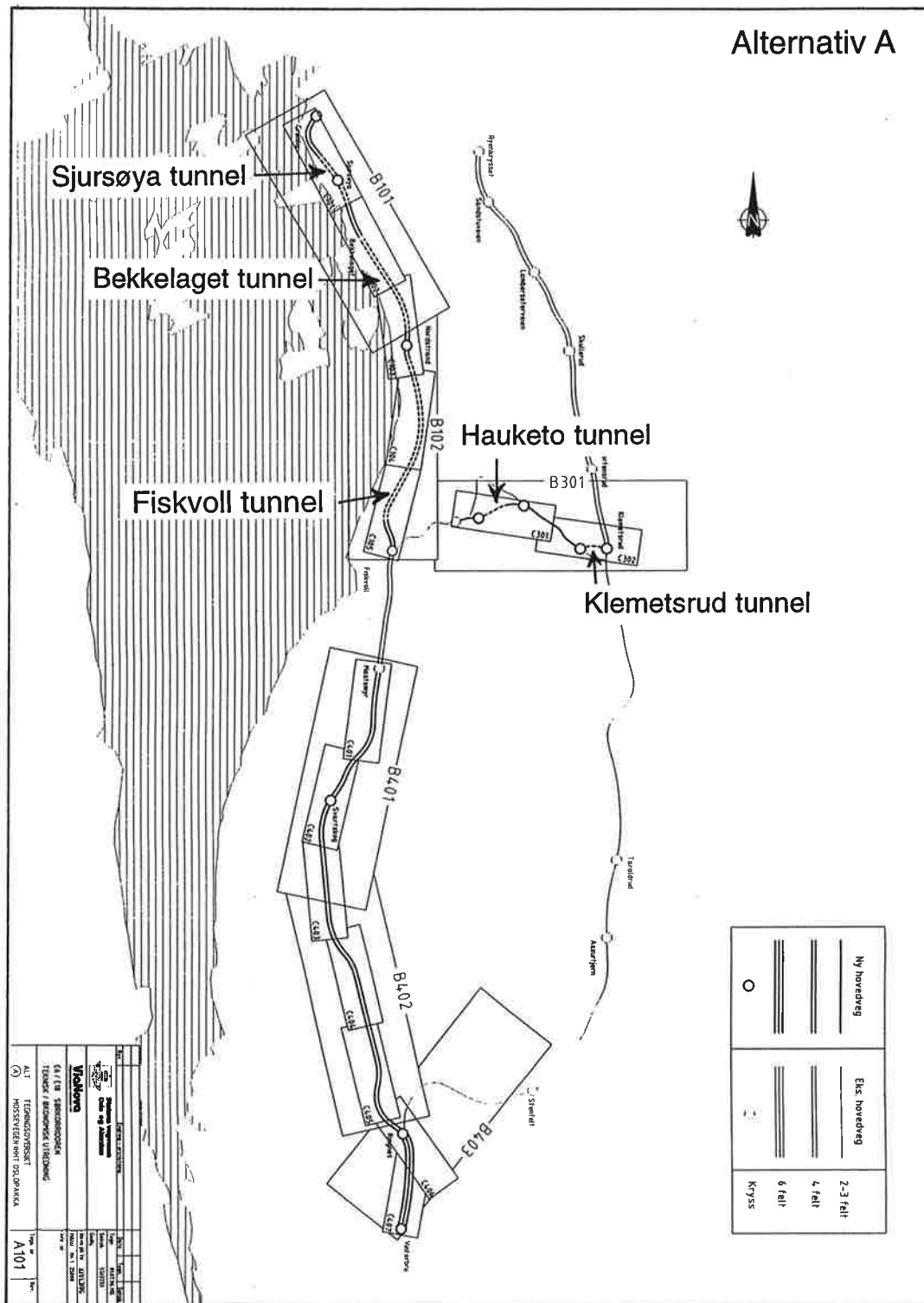
Torp, C., Tønnesen, D. og Larssen, S. (1994) Programdokumentasjon for VLUFT versjon 3.1. Kjeller (NILU TR 3/94).

Tønnesen, D. (1988) Vurdering av luftforurensning ved Lysakerlokket. Lillestrøm (NILU OR 14/88).

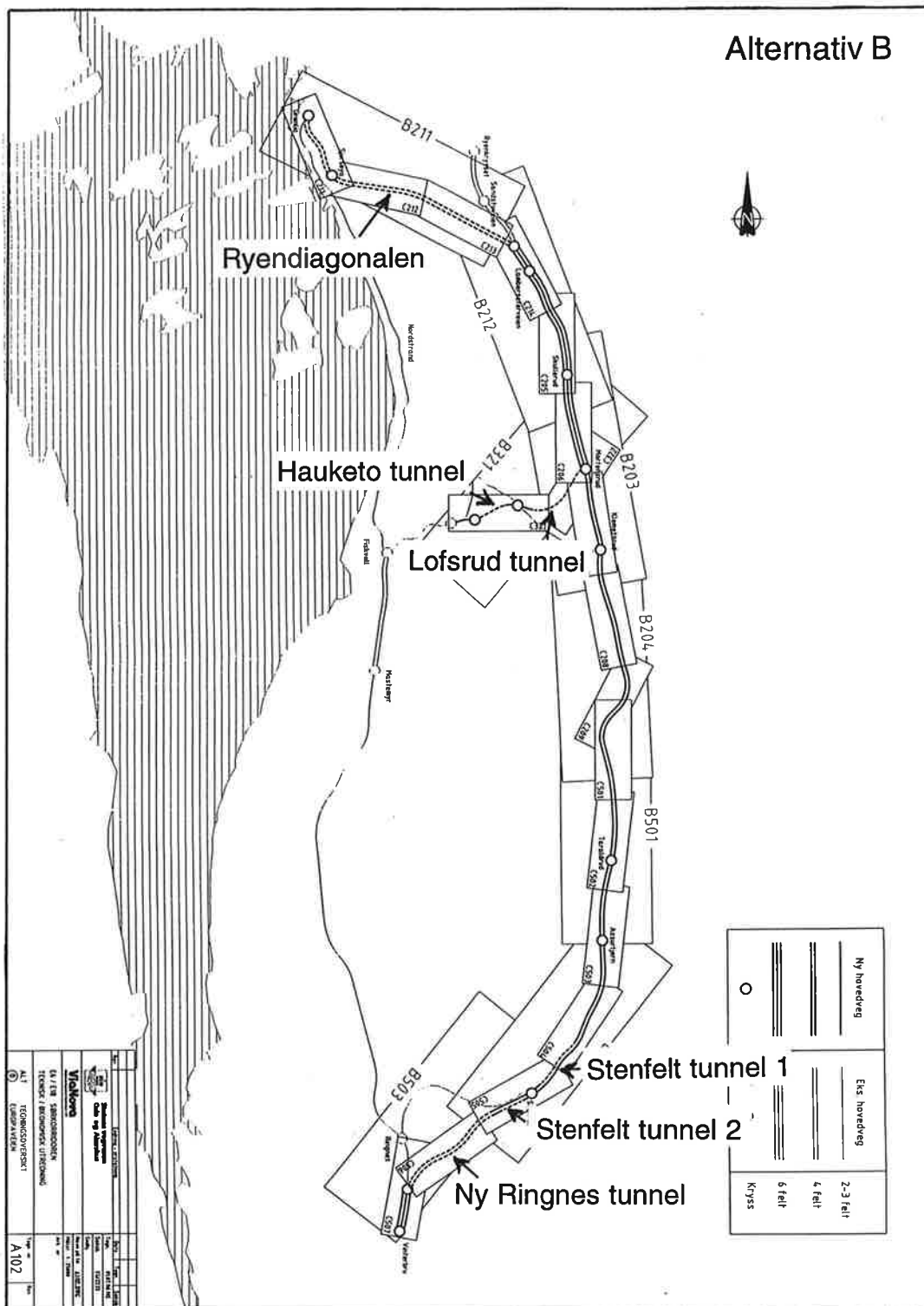
Vegdirektoratet (1992) Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Statens vegvesen. Håndbok 021, tunneler. Oslo.

Vedlegg A

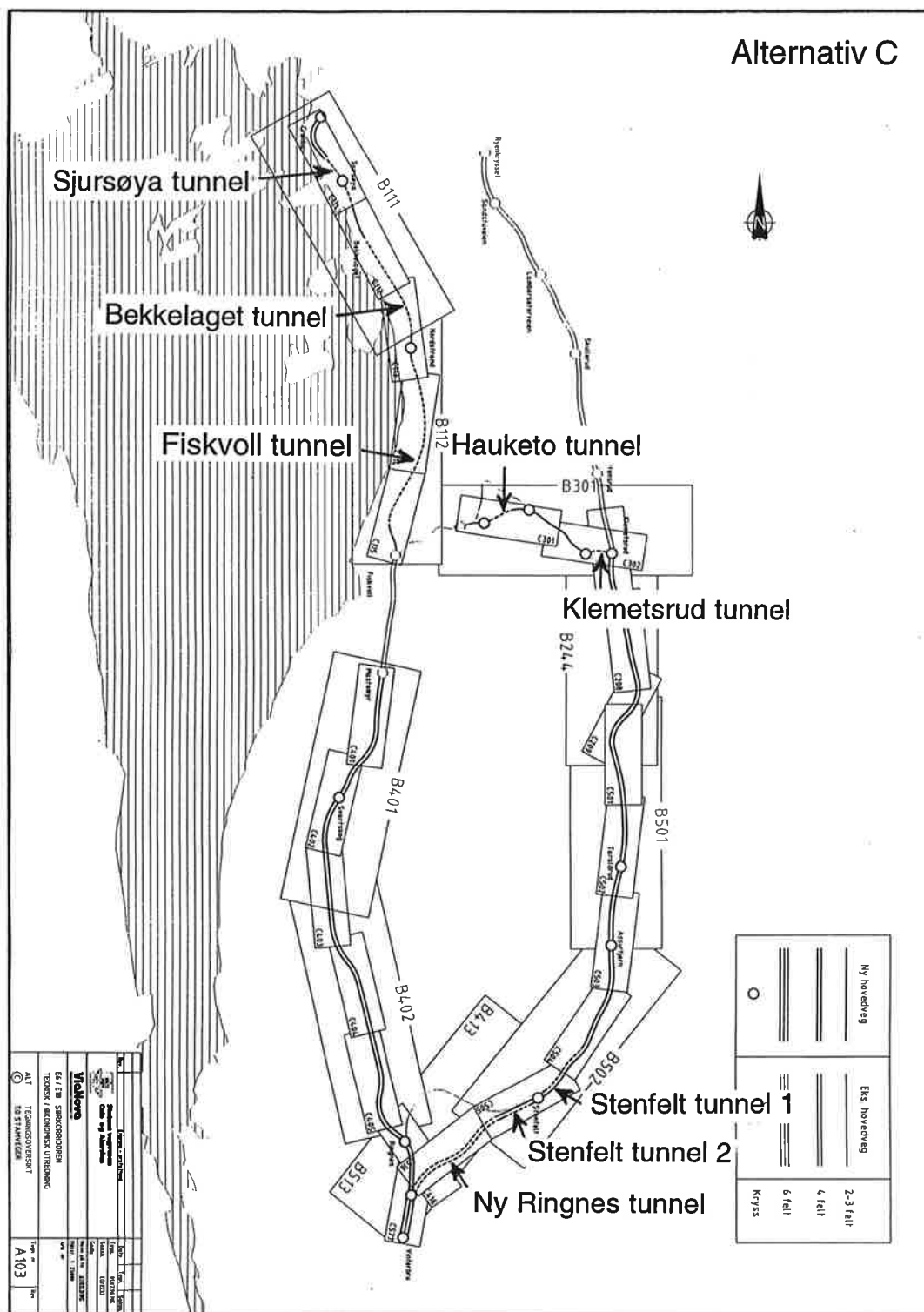
Fire ulike trasévalg



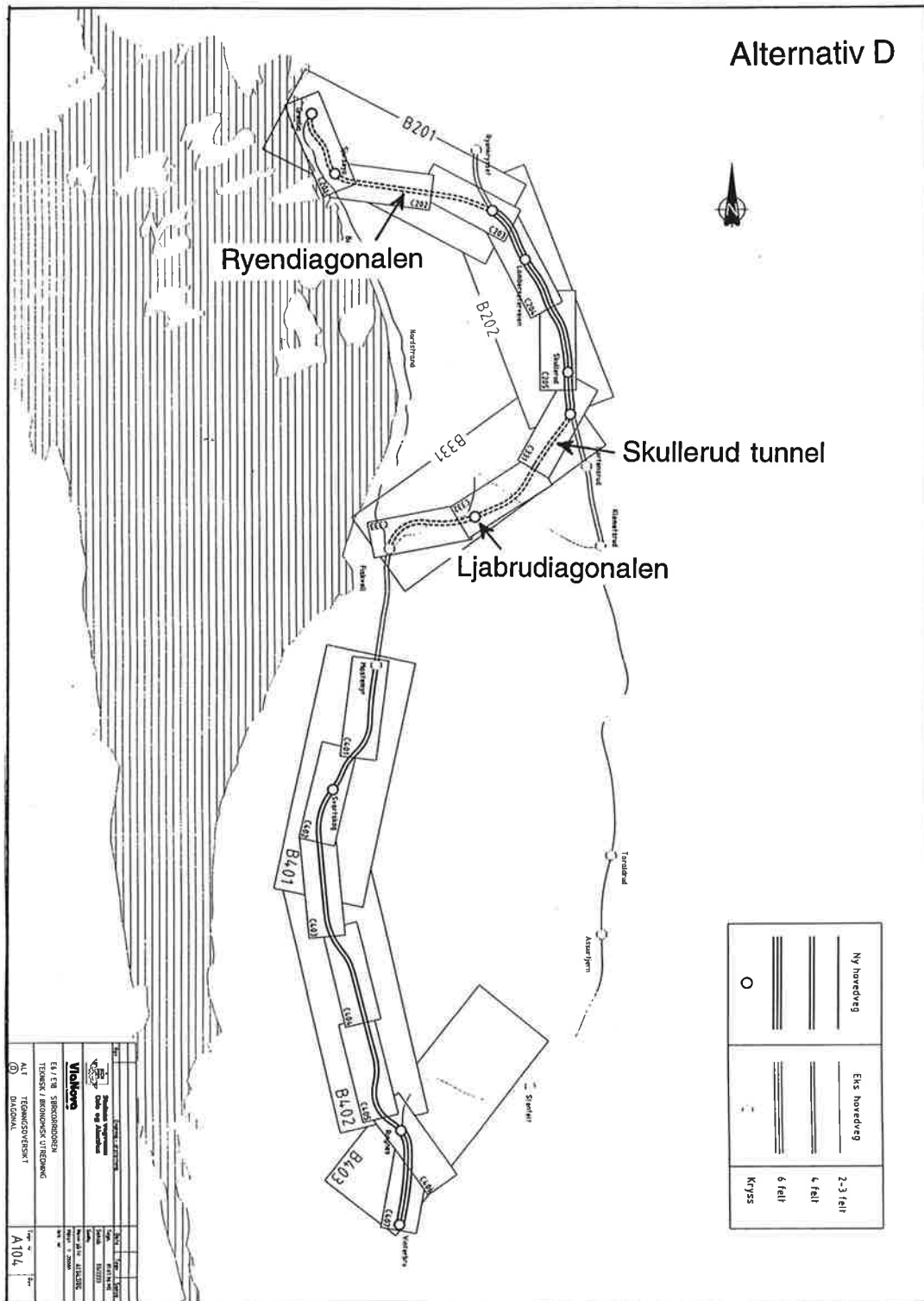
Figur 1a: Alternativ A "Mosseveien".



Figur 1b: Alternativ B "Europaveien".



Figur 1c: Alternativ C "To stamveier".



Figur 1d: Alternativ D "Diagonal".

Vedlegg B

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 B1 gir en oversikt over problemene på ulike skalaer, og hvilke stoffer de er knyttet til. Høye konsentrasjoner av CO, NO₂ 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_x og flyktige hydrokarboner (VOC) bidrar til forsurening og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslippet av karbondioksid (CO₂) og andre "drivhusgasser" som metan (CH₄) og dinitrogenoksid ("lystgass", N₂O) bidrar til den oppvarming av atmosfæren som mange mener vil fortsette i tiårene som kommer. N₂O kan også delta i nedbryting av ozonlaget i stratosfæren.

Tabell B1: Viktige luftforurensningsproblemer som biltrafikken bidrar til.

Skala	Problem	Stoffer i bileksos
LOKAL	Helseeffekt	CO, NO ₂ , Veistøv (PM ₁₀ *), eksospartikler (PM _{2.5} *), 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 _x , VOC
GLOBAL	Drivhuseffekt	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO
	Ozon-nedbryning	N ₂ 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 NO₂ 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 (PM₁₀) og 2,5 µm (PM_{2,5}). PM₁₀ kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens PM_{2,5} kan transporteres helt ned i lungealveolene.

PM₁₀ består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens PM_{2,5} domineres av eksospartiklene. De maksimale PM₁₀-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, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ (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 NO₂ er redusert fra 200 til 100 µg/m³.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ 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 NO₂ og PM₁₀ har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell B2 gir en oversikt over de luftkvalitetskriteriene som er aktuelle i forbindelse med forurensning fra trafikk, og i hvilke områder disse erfaringsmessig kan overskrides.

Tabell B2: 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 ₂	Time	100 µg/m ³
	NO ₂	Døgn	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Døgn	70 µg/m ³
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg: NO ₂	Halvår	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Halvår	40 µg/m ³

Helseeffekter

I det etterfølgende vil vi kort omtale hvilke negative helseeffekter CO, NO₂, PM₁₀ 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 (NO₂) kan medføre helseeffekter i konsentrasjoner som kan forekomme i forurenset uteluft. Kunnskaper om virkninger av NO₂ 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 NO₂-konsentrasjoner i luften opp til 2 000 µg/m³ 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 NO₂-konsentrasjoner på 3 700 µg/m³ eller mer økt mottagelighet for infeksjoner og morfologiske forandringer. Etter lengre eksponering for 190 µg/m³ eller mer og eventuelt tidvis eksponering for toppkonsentrasjoner ti ganger høyere, finner man morfologiske forandringer og økt mottagelighet for infeksjoner. Ikke bare påvirkes lungenes forsvarsceller (makrofagene i lungeblærene), men også hvite blodlegemer som er en del av immunforsvaret (fra 470 µg/m³ og høyere).

Undersøkelser av effekten av NO₂ 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/m³ eller mer i 20 minutter lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensete områder, og i nyere studier har man også sammenlignet grupper eksponert for ulike NO₂-konsentrasjoner innendørs. De få epidemiologiske data som foreligger tyder på at NO₂ fra 110-150 µg/m³ kan føre til økt antall tilfeller av luftveissykdommer hos barn. Dessuten har man ved eksponering for 200 µg/m³ NO₂, 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 O₂ 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 O₂, 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 O₂ 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/m³ (8 timers-middel). COHb% hos ikke-røykere økte lite i løpet av dagen. Ettermiddagsverdien overkred 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 B3.

Tabell B3: Anbefalte luftkvalitetskriterier.

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



Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 2/97 rev.	ISBN 82-425-0845-3 ISSN 0807-7207	
DATO 10.4.97	ANSV. SIGN. <i>Øystein Hov</i>	ANT. SIDER 34	PRIS NOK 60,-
TITTEL Tunneler langs Sørkorridoren Vurdering av luftforurensning Revidert utgave		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-96135	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Bjørn Haakenaasen	
OPPDRAKSGIVER Asplan Viak AS Rådhusstorget 5 Postboks 25 1301 SANDVIKA			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Det er utført beregninger av produksjon og spredning av luftforurensninger fra 34 tunnellop for 4 alternative trasevalg for Sørkorridoren. Det er beregnet minste tilstrekkelig ventilasjonshastighet i tunnelene for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk morgen/kveld). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra utslippsområdet er gitt og konsentrasjonene er sammenlignet med SFTs luftkvalitetskriterier.			
TITLE Air pollution from traffic in tunnels along "Sørkorridoren". Evaluation of air pollution.			
ABSTRACT			

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