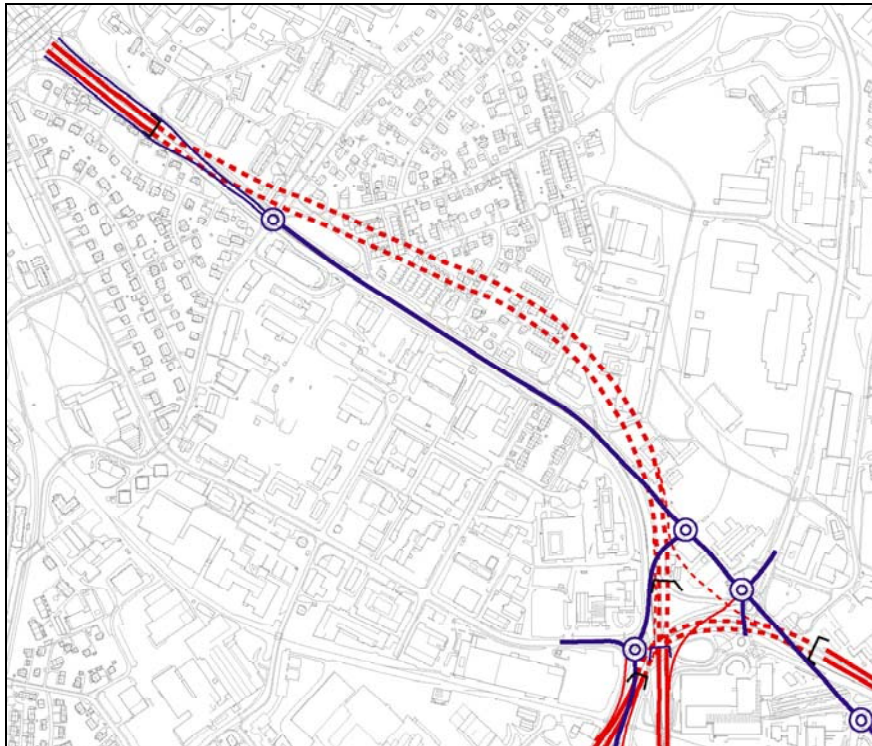


Ny tunnelprofil Sinsen - Økern

Vurdering av luftforurensning

Dag Tønnesen



Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	2
1 Innledning	5
2 Metoder og forutsetninger	5
3 Tunnel- og trafikkdata.....	6
4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet	7
5 Utslipp	8
6 Resultater fra spredningsberegningene	10
6.1 Bakgrunnskonsentrasjoner	10
6.2 Samlet belastning	11
7 Referanser	16
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk.....	18
Vedlegg B Spredningsberegninger for tunneler	23

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region Øst utført beregninger av luftforurensning fra planlagt tunnel langs Ring 3 Sinsen - Økern. Det er utført beregninger av produksjon av svevestøv (PM₁₀) i de to tunnellopene, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen. Beregningene er basert på prognoser for trafikk tall for 2015.

Beregningene er utført for timevis døgntrafikk med noe redusert kjørehastighet i rushtidene. Utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet fra pumpevirkning av trafikken. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for svevestøv (PM₁₀) og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Tidligere utførte beregninger, samt trender for framskriving av forurensningssituasjonen viser at svevestøvproblemet er langt mer omfattende enn for øvrige forurensningskomponenter (inkludert nitrøse gasser). Det er utført beregninger for 3 ulike kjørehastigheter, to ulike piggdekkandeler, samt for effekt av salting / renhold i disse situasjonene

Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet

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 og Nasjonalt mål er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, mens Nasjonalt mål er en målsetning. Grenseverdiene i Norge er fastsatt av Miljøverndepartementet i Forskrift om begrensning av forurensning. (Forurensningsforskriften).

Tabell A viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for svevestøv. I denne rapporten har vi i både sammenlignet beregnede konsentrasjoner med Forurensningsforskriftens grenseverdier og med Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Tabell A: Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Tallene i parentes viser hvor mange ganger grenseverdien tillates overskredet hvert år.

Komponent	Enhet	Midlingstid	Grenseverdier	Nasjonalt mål
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50²⁾ (35)	50 ²⁾ (25)
	µg/m ³	Døgn		50 ¹⁾ (7)
	µg/m ³	År	40²⁾	
	µg/m ³	År	20¹⁾	

1) Skal overholdes innen 1.1.2010

2) Skal overholdes innen 1.1.2005

Metoder og utslippsdata

Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger.

Utslipp av svevestøv (PM_{10}) er beregnet for hver time i døgnet (Yrkesdøgn), med fartsreduksjon i rushtid om for- og ettermiddagen. Følgende inngangsdata og forutsetninger er benyttet:

1. Prognose for Yrkesdøgntrafikk for 2015
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal).
3. Tungtrafikkandel (10%).
4. Piggdekkbruk 20 % og 10 %.
5. Revidert modellformulering for effekt av piggdekk ved lave andeler.

Forurensning ved tunnelmunningene

PM_{10} -konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabell A viser resultatet av beregningene for kjørehastighet 70 km/h (skiltet hastighet), piggdekkandel 20 % og uten spesielt renhold, samt beregning for kjørehastighet 50 km/h, piggdekkandel 10 %, og rutinemessig bruk av salting og feing av tørr vei i vintersesongen. Disse to situasjonene viser høyeste og laveste belastningssituasjoner av alle beregningsscenariene. Midlere munningskonsentrasjon (over 24 timer) er vist i tabellen.

Tabell A: Midlere munningskonsentrasjoner (døgn) for scenariene med høyeste og laveste konsentrasjon av PM_{10} .

Beregningssituasjon	Kjørehastighet	Piggdekkbruk	Konsentrasjon av PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ikke renhold	70	20	398
Renhold	50	10	168

PM_{10} -konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. I beregningene er det tatt hensyn til et bakgrunnsnivå av luftforurensninger. Bakgrunnskonsentrasjonen representerer i dette tilfelle konsentrasjon som skyldes andre kilder. I området der tunnelen er planlagt, er det anvendt bakgrunnskonsentrasjoner av PM_{10} fra $43,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8. høyeste døgn, 20 % piggdekkbruk) til $25,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (36. høyeste døgn, 10 % piggdekkbruk).

Tabell B viser utbredelsen av PM_{10} ved de to tunnelmunningene for høyeste og laveste utslippsscenario.

Tabell B: Konsentrasjoner av PM₁₀ (døgnmiddel i µg/m³) på angitt avstand fra munningene. 8. døgn situasjon uten tiltak med 20% piggdekk og 36. døgn for situasjon med tiltak og med piggdekkverdi.

Tunnel- munning	Renhold /piggdekk	Trafikkens hastighet (km/h)	Lengde av jettfase (m)	Konsentrasjon på angitt avstand fra vegmidt, Regnet fra det punkt hvor jettfasen opphører				
				0 m	25 m	40 m	65 m	95 m
Sinsen	Nei / 20	70	77	120	83	75	66	58
	Ja / 10	50	70	45	36	34	32	30
Økern	Nei / 20	70	77	122	85	77	68	60
	Ja / 10	50	70	44	36	34	32	30

Tabellen viser at konsentrasjonsnivået for 8. høyeste døgn med ugunstigste utslippsforhold er ca. 3 ganger så høyt som konsentrasjonsnivået for 36. høyeste døgn med gunstigste utslippsforhold – for den samme trafikkmengden.

Konklusjon

Beregningene viser at døgnmidlele verdier (8. høyeste) for svevestøv (PM₁₀) over 50 µg/m³ vil kunne forekomme nesten 200 m fra tunnelmunningene ved høy hastighet og høy piggdekkandel. Døgnmiddel for 36. høyeste døgn over 50 µg/m³ vil kun forekomme langs vegbanen ut til ca. 30 m fra åpningen ved lav hastighet og lav piggdekkandel samt bruk av intensivt renhold/salting i tunnelen.

Ny tunnelprofil Sinsen - Økern

Vurdering av luftforurensning

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region Øst utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunninger langs Ring 3 Sinsen - Økern. Det er utført beregninger av produksjon av svevestøv (PM_{10}) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen. Beregningene er basert på prognoser for trafikk tall for 2015.

Beregningene er utført for timevis døgntrafikk med noe redusert kjørehastighet i rushtidene. Utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet fra pumpevirksomhet av trafikken. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for svevestøv (PM_{10}) og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Nye forskrifter og Nasjonalt mål for luftkvalitet er omtalt i kapittel 4. Tidligere utførte beregninger, samt trender for framskriving av forurensningssituasjonen viser at svevestøvproblemet er langt mer omfattende enn for øvrige forurensningskomponenter (inkludert nitrøse gasser). Det er utført beregninger for 3 ulike kjørehastigheter, to ulike piggdekkandeler, samt for effekt av salting / renhold i disse situasjonene

2 Metoder og forutsetninger

I beregningene av spredning fra tunnelmunningene er det benyttet en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982). Modellen er tidligere benyttet ved tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Oslo (Peterson og Tønnesen, 1990).

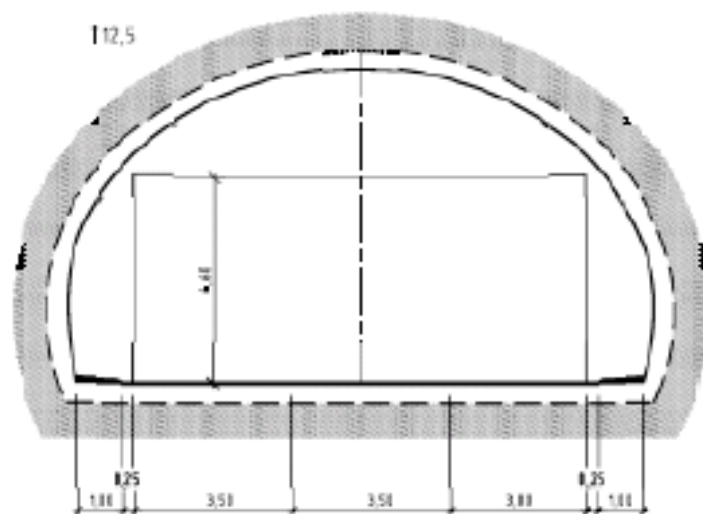
Beregning av utslipp bygger på NILUs modell for beregning av oppvirling av vegstøv (Tønnesen, 2005), dessuten eksospartikler beregnet med faktorer fra VLUFT. Modellen for svevestøv er modifisert i henhold til konklusjoner trukket etter modellering med programsystemet AirQUIS utført for Statens forurensningstilsyn (Laupsa, Slørdal og Tønnesen, 2005).

Bakgrunnskonsentrasjonen, som i dette tilfelle representerer konsentrasjon som skyldes andre kilder enn tunnelen er hentet fra beregninger utført av NILU for statens forurensningstilsyn (Laupsa, Slørdal og Tønnesen, 2005), samt resultater og konklusjoner fra målinger ved Aker Sykehus ("Miljøfartsgrenseprosjekt").

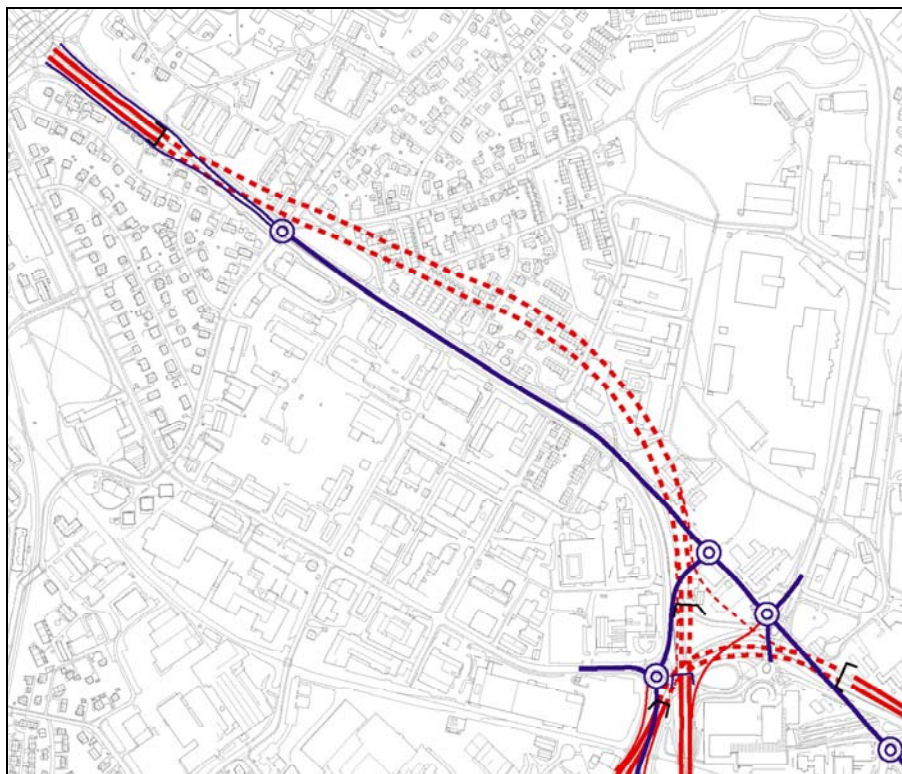
For å omregne konsentrasjonsverdier fra time til døgn, og fra "maksimaldøgn" til 8. høyeste og 36. høyeste døgn er det benyttet data fra den tidligere målestasjonen ved Løren (Walker, 2003; Laupsa, Slørdal og Tønnesen, 2005). Det er regnet om til 8. høyeste og 36. høyeste døgn fordi det er disse døgnene som medfører et nasjonalt mål eller grenseverdi blir overskredet når konsentrasjonsnivået er over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3 Tunnel- og trafikkdata

Tunnelalternativer er vist i Figur 2. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av Statens vegvesen, Region Øst. Prognoser for trafikk tall for 2015 er benyttet (YDT 49 000 i hver retning). Med separate løp for de to kjøreretningene vil pumpevirkingen fra trafikken i tunnelens hovedløp ved normal trafikkavvikling med god margin være tilstrekkelig til nødvendig ventilering av tunnellopene. Tunnelmunningene har tunnelprofil T12,5 for hvert løp. Dette gir munningsarealer på 65 m².



Figur 1: Tunnelprofil T12,5.



Figur 2: Tunneltrasé Ring 3 Sinsen Økern

4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet

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 og Nasjonalt mål er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, mens Nasjonalt mål er en målsetning. Grenseverdiene i Norge er fastsatt av Miljøverndepartementet, Forskrift om begrenning av forurensning (Forurensningsforskriften).

Tabell 1 viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for svevestøv (PM_{10}). I denne rapporten har vi både sammenlignet beregnede konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier og med Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Tabell 1: Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Tallene i parentes viser hvor mange ganger grenseverdien tillates overskredet hvert år.

Komponent	Enhet	Midlingstid	Grenseverdier	Nasjonalt mål
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50 (35)	50 ²⁾ (25)
	µg/m ³	Døgn	50 (35)	50 ¹⁾ (7)
	µg/m ³	År	40²⁾	
	µg/m ³	År	20¹⁾	

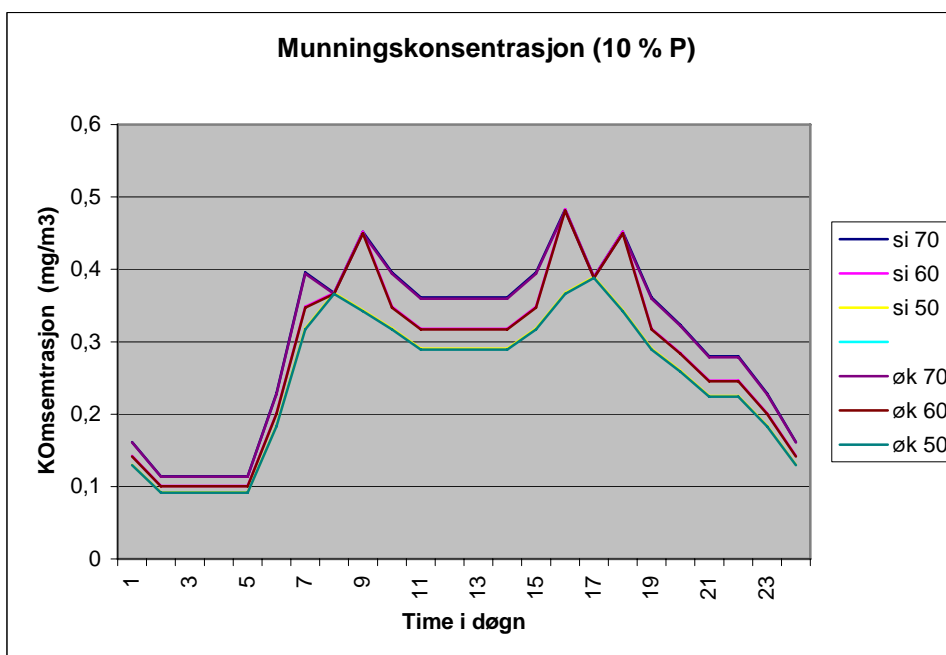
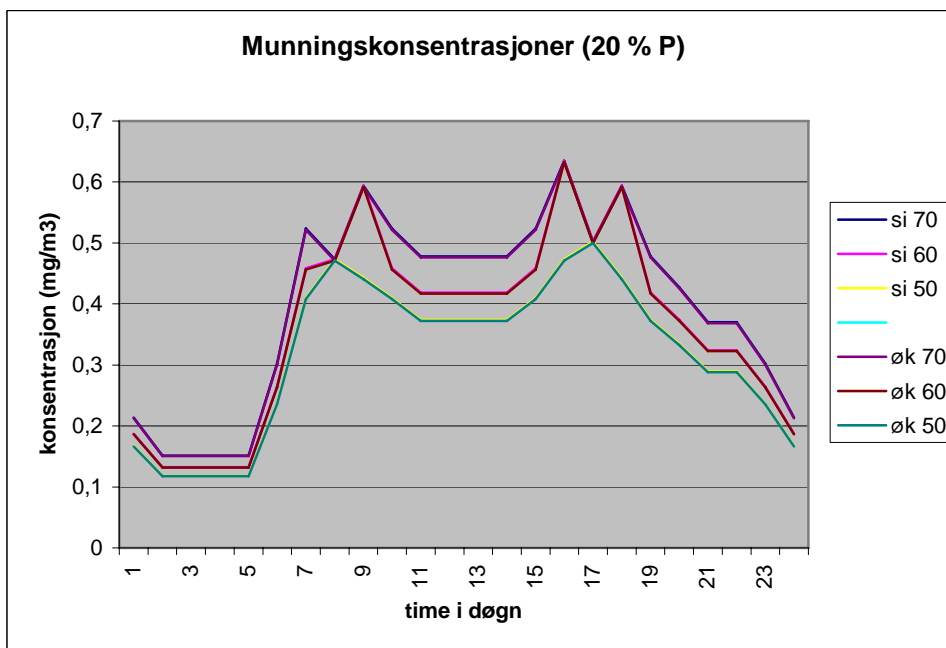
1) Skal overholdes innen 1.1.2010

2) Skal overholdes innen 1.1.2005

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder grenseverdier satt av både WHO, EU og Norge.
- Den nye forskriften med grenseverdier, fastsatt ved Kgl. Res. 1. juli 2002 er lik EUs grenseverdier.
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn forskriften. Forurensningsforskriften og Nasjonalt mål tillater et visst antall overskridelser pr. år for NO₂ og PM₁₀. Målene skal nås innen 1.1.2005 (NO₂: 1.1.2010).

5 Utslipp

Utslipp av PM₁₀ er beregnet for hver time i et yrkesdøgn. Det er forutsatt at kjørehastigheten i de høyest trafikkerte timene i morgen – og ettermiddagsrushet reduseres til 50 km/h for situasjonene der den ellers er 60 eller 70 km/h. Timetrafikken er fordelt fra døgnetrafikk etter tidsvariasjonen for ukedøgn i AirQUIS. På bakgrunn av hastighet og trafikkmengde er det beregnet en lufthastighet i tunnelen som skyldes pumpevirkning fra trafikken. Kombinasjon av tunnelvernsnitt, utslippsmengde og ventilasjonshastighet gir munningskonsentrasjoner som varierer over døgnet som vist i Figur 3. Tungtrafikkandelen i beregningene er satt til 10 % på bakgrunn av eksisterende telldata fra Løren og Økern. Effekten av redusert piggdekkbruk på støvdannelsen er modifisert i forhold til danske og tyske utslippsfaktorer for ”non-tailpipe particle emissions” og tilpasning fra forhold mellom målt og modellert konsentrasjon i sommerhalvåret i Norge. Tidligere anga utslippsmodellen en reduksjon fra 100% piggdekk til 0 % piggdekk på 0,02 (lineær ligning $F = 0,02 + \text{piggdekk} \times 0,98$). Det er i disse beregningene benyttet en reduksjon til 0,14 ved 0 % piggdekk (lineær ligning $F = 0,14 + \text{piggdekk} \times 0,76$).



Figur 3: Munningskonsentrasjon som funksjon av tid på døgnet og ulike kjørehastigheter. 20 % piggydekkandel øverst, 10 % piggydekkandel nederst.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. Tabellen viser midlere timekonsentrasjon i munnningen når det er tørr vegbane i piggydekkesesongen. Alle anvendte beregningsscenarier er vist i tabellen. Siden avviket mellom munningskonsentrasjon i de to løpene er under 1 % er det videre benyttet samme munningskonsentrasjon ved Økern som ved Sinsen. Effekten av salting og renhold er lagt inn som en reduksjon på 50% av grovutslipp fra vegbanen.

Tabell 2: Midlere timekonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av PM_{10} i begge tunnelmunningene.

Hastighet	Piggdekk prosent	Renhold	Konsentrasjon
70	20	Nei	398
60	20	Nei	363
50	20	Nei	318
70	20	Ja	235
60	20	Ja	214
50	20	Ja	191
70	10	Nei	302
60	10	Nei	277
50	10	Nei	247
70	10	Ja	175
60	10	Ja	169
50	10	ja	167

6 Resultater fra spredningsberegningene

6.1 Bakgrunnskonsentrasjoner

I beregningene er det tatt hensyn til bakgrunnsnivå av PM_{10} . Bakgrunnskonsentrasjoner representerer i dette tilfellet konsentrasjoner som skyldes alle andre kilder enn tunnelmunningen. Bakgrunnsbelastningen i området der tunnelen er planlagt er hentet fra beregninger utført av NILU for Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Laupsa, Slørdal og Tønnesen, 2005). For området rundt munningen ved Sinsen er de beregnede verdiene modifisert som følge av innføring av miljøfartsgrense på Riksveg 4. På bakgrunn av resultater fra målinger ved Aker Sykehus ("Miljøfartsprosjektet") er 8. høyeste døgnverdi redusert ved å multiplisere med en faktor på 0,85, og 36. høyeste døgnverdi er justert med en faktor på 0,9. Tabell 3 viser de benyttede bakgrunnskonsentrasjonene. Det er tillegg utført beregninger av reduksjon i bakgrunnsbelastning dersom Ring 3 får redusert tillatt hastighet. Målingene fra Riksveg 4 er benyttet som utgangspunkt, men det er lagt inn mindre reduksjon av nivået fordi kjøring er mer utpreget på Ring 3 enn på Riksveg 4, slik at den effektive hastighetsreduksjonen antagelig blir mindre.

Tabell 3: Bakgrunnsbelastning av PM_{10} ved tunnelmunningene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tunnelmunning	Piggdekk andel	Bakgrunnskonsentrasjoner	
		8. døgn	36. døgn
Sinsen	20	41,4	29,8
	10	37,7	26,4
Økern	20	43,2	29,6
	10	36,1	25,8
Økern , Hastighetsreduksjon	20	38,0	27,5
	10	31,8	24,0

Effekten av salting / renhold på øvrig vegnett (utenfor tunnel) er ikke lagt inn i beregningene, fordi effekten ikke er kvantifisert. I tunnel viser målingene en reduksjon av støv fra vegbane på ca. 50 % ved hyppig salting / renhold.

6.2 Samlet belastning

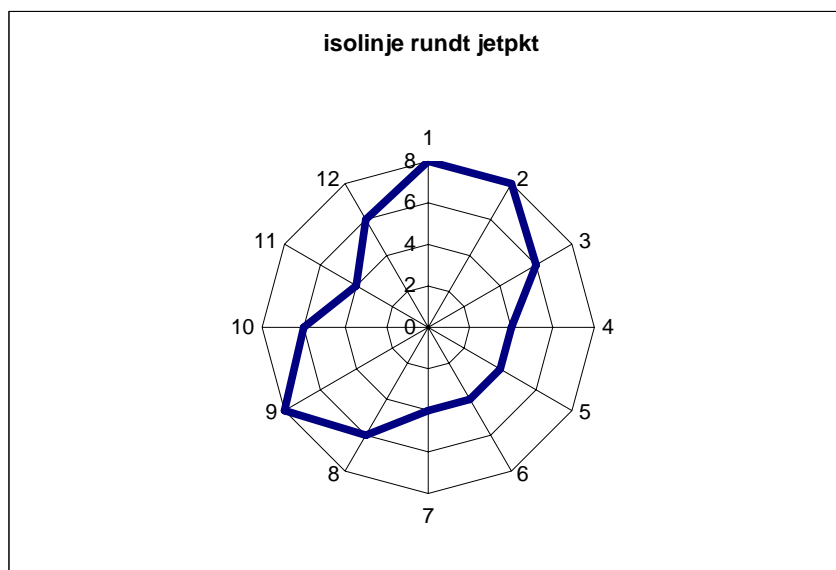
Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av PM₁₀ er redusert til et gitt nivå. Disse beregningene er utført med en relativ munningskonsentrasjon (100) for lettere å kunne skalere beregnet fortykning med aktuelle munningskonsentrasjoner. Resultatet av beregninger av fortykning utenfor tunnelmunningene er vist i Tabell 4. Resultatene er angitt for to avstander, fra tunnelmunning, og fra vegmidt ved det punktet der jefasedelen av spredningen opphører (se vedlegg B).

Tabell 4: Fortykning av munningsutslipp vist som relativ konsentrasjon ved angitte avstander.

Avstand (totalt)	Avstand (vegmidt)	Relativ konsentrasjon
0	0	100
80	0	47
105	25	25
120	40	20
145	65	15
175	95	10

Fortynningsprosessen beskrevet i Tabell 4 gjelder maksimale timemiddel konsentrasjoner. Disse må omregnes til døgnmiddelverdier for å kunne sammenholdes med grenseverdiene for luftkvalitet. Det er en komplisert prosess som ligger bak forhold mellom time og døgn, fordi variasjonen både i utslipp og spredning kan være stor over midlingstiden på 24 timer. Omregningen er dels basert på arbeid gjennomført av NILU for Vegdirektoratet (Walker, 2003) for konvertering av døgnmiddel til timemiddel varslingsklasser, og dels på målinger utført ved målestasjonen på Løren i 2003. Fra maksimalt timemiddel til maksimalt døgnmiddel er det anvendt en faktor på 2. Maksimalt døgnmiddel er derfra omregnet til 8. døgn og 36. døgn ved bruk av faktorer på 0,84 og 0,47.

Omregningsfaktorene vil være avhengig av vindretningsfordelingen. De oppgitte faktorene gjelder for de vindretningene som forekommer oftest. Områder som har døgnmiddelkonsentrasjon over en grenseverdi vil derfor ha en form som vist i Figur 4.



Figur 4: Skjematisk framstilling av retningsavhengighet for en isokonsentrasjonskurve rundt et utslippspunkt i østlige deler av Oslo.

De angitte avstandene for relative konsentrasjoner i tabell 4 er knyttet til de maksimale avstandene i Figur 2. Ved å kombinere de ulike verdiene for scenariene fra tunnelbelastning og bakgrunn framkommer samlet belastning rundt/nær tunnelmunningene. Effekt av salting/renhold er lagt inn som en 50 % reduksjon av vegstøvdelen av støvutslippet. Samlet konsentrasjon for de ulike scenariene er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Døgnmiddelkonsentrasjoner av svevestøv på angitt avstand fra munning og vegmidt.

Pigg-dekk (%)	Samlet belastning på avstand:		8.døgn			36.døgn		
	Munning	Vegmidt	Sinsen					
			70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	120,0	113,1	104,2	73,8	69,9	64,9
20	105	25	83,1	79,5	74,89	53,2	51,1	48,5
20	120	40	74,8	71,9	68,1	48,5	46,9	44,7
20	145	65	66,5	64,3	61,4	43,8	42,6	41,0
20	175	95	58,1	56,6	54,8	39,2	38,3	37,3
	Munning	Vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
10	80	0	97,3	92,4	86,5	59,8	57,0	53,7
10	105	25	69,4	66,8	63,7	44,1	42,7	40,9
10	120	40	63,1	61,0	58,4	40,6	39,4	38,0
10	145	65	56,7	55,2	53,3	37,0	36,2	35,1
10	175	95	50,4	49,3	48,1	33,5	32,9	32,2

			Økern					
	Munning	Vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	121,8	114,9	106,0	73,6	69,7	64,7
20	105	25	85,0	81,3	76,6	53,0	50,9	48,3
20	120	40	76,6	73,7	69,9	48,3	46,7	44,5
20	145	65	68,3	66,1	63,2	43,6	42,4	40,8
20	175	95	59,9	58,4	56,6	39,0	38,1	37,1
	Munning	Vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
10	80	0	102,8	97,9	92,0	59,2	56,4	53,1
10	105	25	74,9	72,3	69,1	43,5	42,1	40,3
10	120	40	68,6	66,5	63,0	40,0	38,8	37,4
10	145	65	62,2	60,7	58,8	36,4	35,6	34,5
10	175	95	55,9	54,8	53,6	32,9	32,3	31,6

			Økern, redusert hastighet Ring 3					
	Munning	Vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	116,5	109,7	100,7	71,5	67,6	62,6
20	105	25	79,8	76,1	71,4	50,9	48,8	46,1
20	120	40	71,4	68,5	64,7	46,2	44,6	42,4
20	145	65	63,1	60,9	58,0	41,5	40,3	38,7
20	175	95	54,7	53,2	51,4	36,9	36,0	34,9
10	80	0	91,4	86,5	80,6	57,4	54,6	51,3
10	105	25	63,5	60,9	57,7	41,7	40,3	38,5
10	120	40	57,1	55,1	52,5	38,1	37,0	35,6
10	145	65	50,8	49,3	47,4	34,7	33,8	32,7
10	175	95	44,5	43,4	42,2	31,1	30,5	29,8

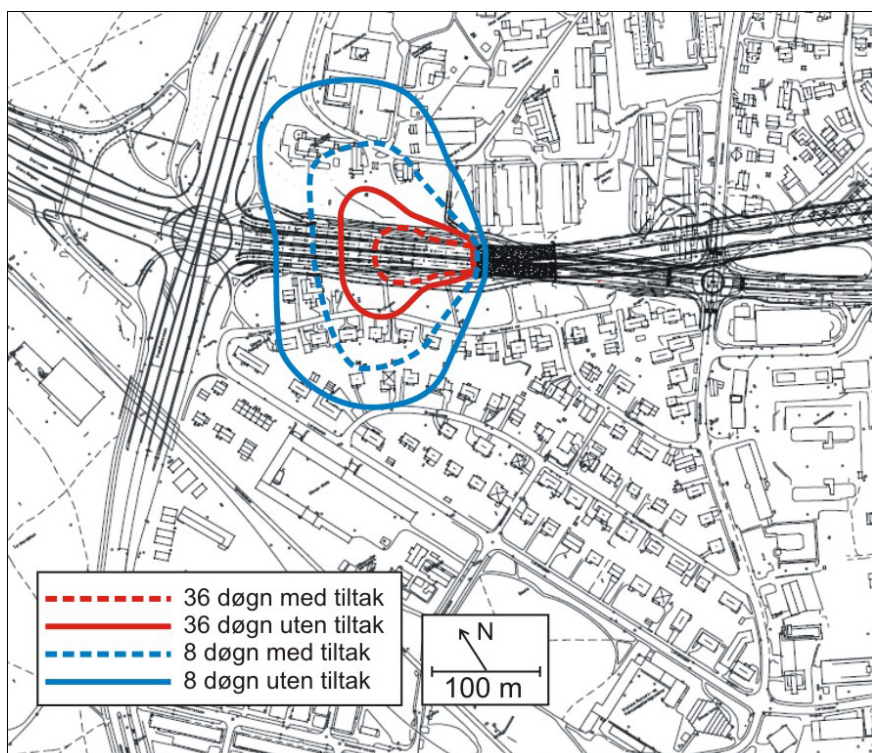
Salting			Sinsen					
	Munning	Vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	87,8	83,76	79,1	55,7	53,5	50,9
20	105	25	66,1	63,9	61,4	43,6	42,4	41,0
20	120	40	61,1	59,4	57,4	40,8	39,9	38,8
20	145	65	56,2	54,9	53,4	38,1	37,3	36,5
20	175	95	51,3	50,4	49,4	35,3	34,8	34,3
Samlet belastning på avstand:								
	munning	vegmidt	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
10	80	0	72,3	71,1	70,9	45,7	45,1	45,0
10	105	25	56,1	55,4	55,3	36,7	36,3	36,3
10	120	40	52,4	51,9	51,8	34,6	34,3	34,3
10	145	65	48,7	48,3	48,3	32,6	32,4	32,3
10	175	95	45,1	44,8	44,8	30,5	30,4	30,3

	Samlet belastning på avstand:		Økern					
	munning	vegmidd	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	89,6	85,5	80,9	55,5	53,3	50,7
20	105	25	67,9	65,7	63,2	43,4	42,2	40,8
20	120	40	62,9	61,2	59,2	40,6	39,7	38,6
20	145	65	58,0	56,7	55,2	37,9	37,15	36,3
20	175	95	53,1	52,2	51,2	35,1	34,6	34,1
	Samlet belastning på avstand:							
	munning	vegmidd	70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
10	80	0	77,8	76,6	76,4	45,1	44,5	44,4
10	105	25	61,6	60,9	60,8	36,1	35,7	35,7
10	120	40	57,9	57,4	57,3	34,0	33,7	33,7
10	145	65	54,2	53,8	53,8	32,0	31,8	31,7
10	175	95	50,6	50,3	50,3	29,9	29,8	29,7

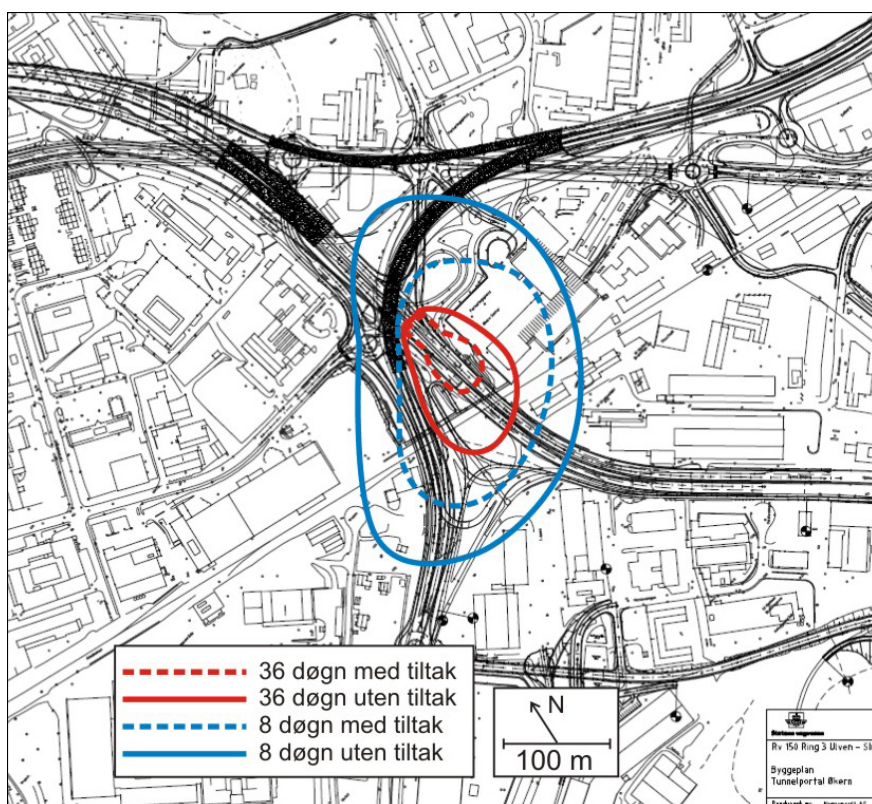
	Munning	Vegmidd	Økern, redusert hastighet Ring 3					
			70 km/h	60 km/h	50 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h
20	80	0	84,4	80,3	75,7	53,4	51,2	48,6
20	105	25	62,7	60,5	58,0	41,3	40,1	38,7
20	120	40	57,7	56,0	54,0	38,5	37,6	36,5
20	145	65	52,8	51,5	50,0	35,8	35,0	34,2
20	175	95	47,9	47,0	46,0	33,0	32,5	32,0
10	80	0	66,4	65,2	65,0	51,1	50,5	50,4
10	105	25	50,2	49,5	49,4	42,1	41,7	41,7
10	120	40	46,5	46,0	45,9	40,0	39,7	39,7
10	145	65	42,8	42,4	42,4	38,0	37,8	37,7
10	175	95	39,2	38,9	38,9	35,9	35,8	35,7

Tabellen viser at grenseverdien for luftkvalitet (36. døgnverdi under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ikke overskrides på avstander over 30 m fra vegmidd, og med tiltak som nedsatt fart og intensivt renhold vil området kunne begrenses enda mer. Nasjonale mål for luftkvalitet vil derimot kunne overskrides nesten 100 m fra vegmidd, uansett hvilke tiltak som iverksettes. Dette skyldes at forskjellen mellom bakgrunnsbelastning og grenseverdi er liten.

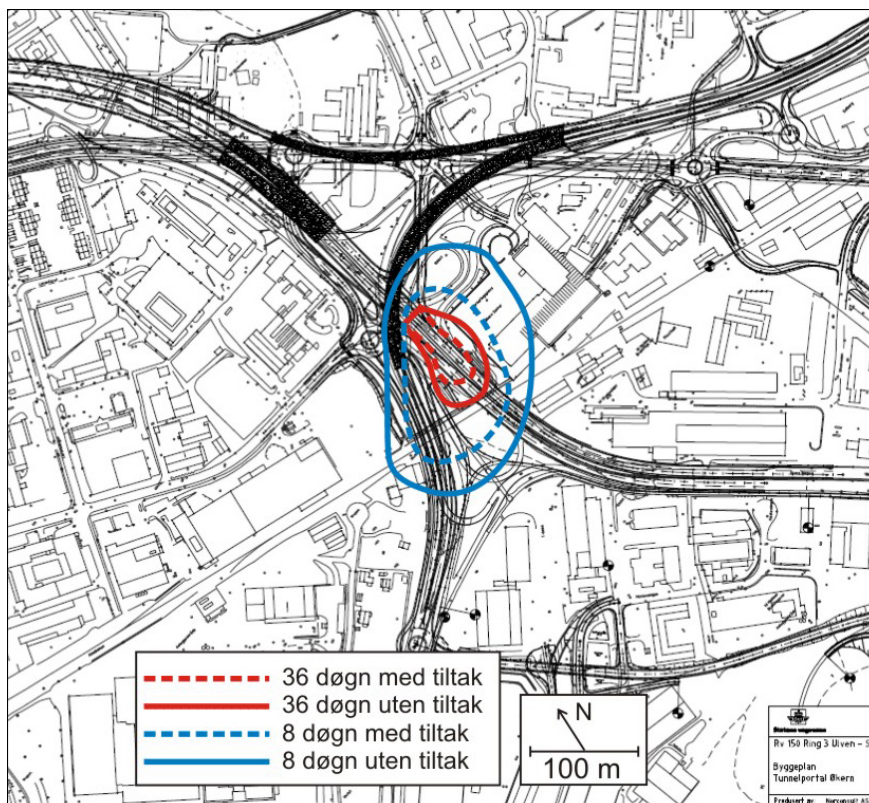
Områdene rundt munningene der verdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ forekommer med angitt årlig hyppighet er vist på Figur 5 (Sinsen), Figur 6 (Økern) og Figur 7 (Økern med hastighetsreduksjon på Ring 3).



Figur 5: Tunnelmunning på Sinsen, områder med belastning over Nasjonalt mål og Grenseverdi for svevestøv.



Figur 6: Tunnelmunning på Økern, områder med belastning over Nasjonalt mål og Grenseverdi for svevestøv.



Figur 7: Tunnelmunning på Økern, områder med belastning over Nasjonalt mål og Grenseverdi for svevestøv. Nedsatt hastighet på Ring 3 (til 60 km/h).

7 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).
- Laupsa, H., Slørdal, L.H. og Tønnesen, D. (2005) Fremskaffing av faglig grunnlag for revisjon av 1. datterdirektiv, partikler. Kjeller (NILU OR 06/2005).
- Peterson, H.G. og Tønnesen, D. (1990) A tracer investigation of traffic from the Vålerenga tunnel at Etterstad. Lillestrøm (NILU OR 39/90).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).

Statens vegvesen (2002) Vegtunneler. Oslo (Håndbok 021).

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

Tønnesen, D. (2005) Emission model for roadside emissions of PM₁₀. Presented at 5th International Conference of Urban Air Quality, Valencia Spain 29-31 March 2005. Kjeller (NILU F 09/2005).

Walker, S.E. (2003) Konvertering fra døgn- til timemiddelbaserte varslingsklasser for svevestøv i Bedre byluft. Kjeller (NILU OR 60/2003).

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, 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 forsuring 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 A1: 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-nedbrytning	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 (PM_{10}) og 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$). PM_{10} kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens $\text{PM}_{2,5}$ kan transporteres helt ned i lungealveolene.

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

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av CO , NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} (SFT, 1992). Til luftkvalitetskriteriene er det knyttet en midlingstid. Det anbefales at forurensningskonsentrasjonen, målt som gjennomsnitt over den gitte midlingstiden, ikke skal overskride den gitte verdien. Helsevirkninger knyttet til overskridelse av de ulike luftkvalitetskriteriene er omtalt i SFTs rapport (SFT, 1992). Den vesentligste endringen med tanke på trafikkforurensning i forhold til det forrige settet med luftkvalitetskriterier, er at kriteriet for timemiddelkonsentrasjon av NO_2 er redusert fra 200 til 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO_2 og PM_{10} forekommer i dag relativt hyppig i byer og tettsteder. Hvilke luftkvalitetskriterier som overskrides har forandret seg de siste 10-15 årene. Tidligere forekom overskridelser av grenseverdiene for CO og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier. CO og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til NO_2 og PM_{10} har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO_2 og PM_{10} forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell A2 gir en oversikt over de luftkvalitetskriteriene som er aktuelle i forbindelse med forurensning fra trafikk, og i hvilke områder disse erfaringsmessig kan overskrides.

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

Områdetype	luftkvalitetskriterier som kan overskrides		
	Stoff	Midlingstid	Grenseverdi
Bysentra, middels store og store byer	NO_2	Time	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	NO_2	Døgn	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	PM_{10}	Døgn	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg: NO_2	Halvår	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	PM_{10}	Halvår	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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 mottakelighet 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 mottakelighet 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 forurensede 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 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 ₂	µg/m ³	Helse	500	100		75		50
CO	mg/m ³	Helse	80	25	10			

Vedlegg B

Spredningsberegninger for tunneler

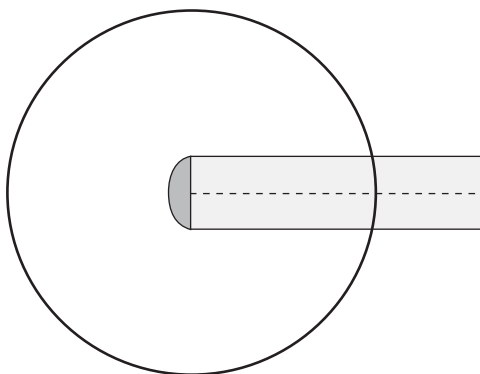
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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

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

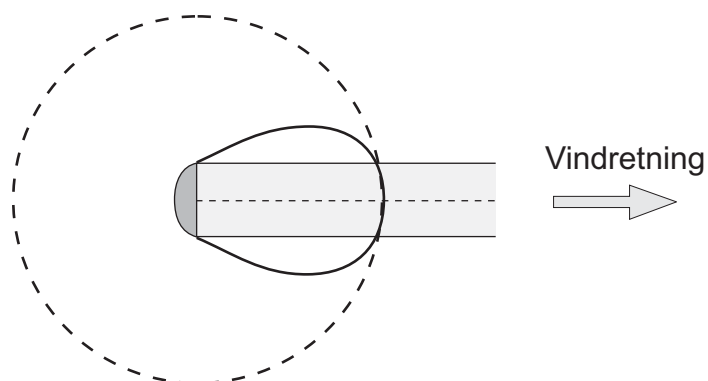
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet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

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



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

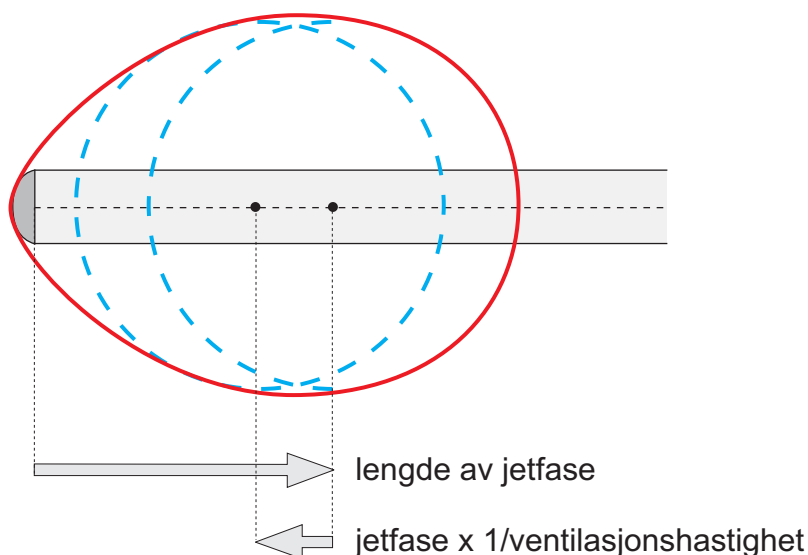
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

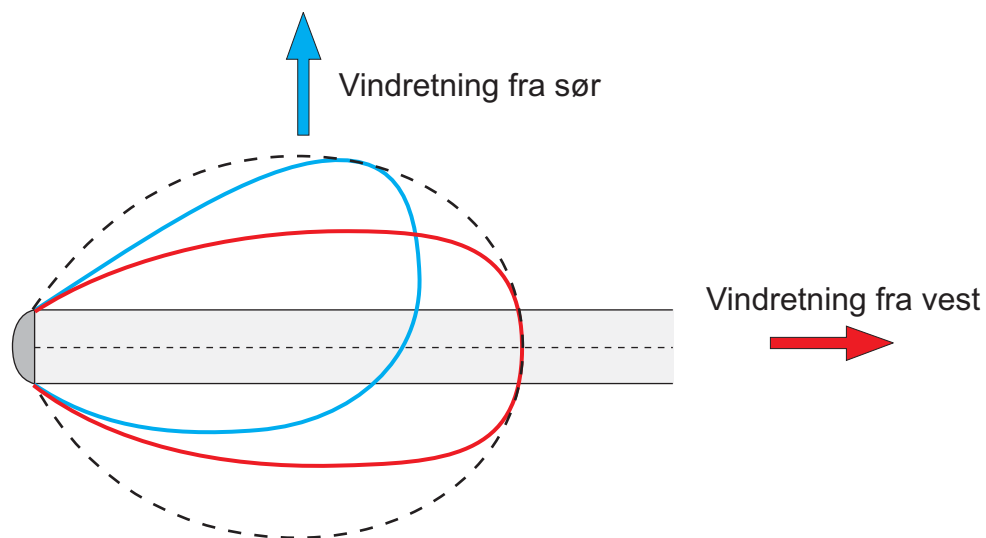
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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



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

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



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



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. NILU OR 68/2006	ISBN-82-425-1795-9 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 150,-
TITTEL Ny tunnelprofil Sinsen - Økern Vurdering av luftforurensning		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-104020	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Tore Breisnes	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Region Øst Avdeling Stor-Oslo			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for ny tunnelutforming Sinsen-Økern er gjennomført for svevestøv (PM ₁₀). Konsentrasjonene er sammenlignet med Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet. I forhold til Nasjonalt mål vil områder med overskridelse bli signifikante ved munningsutslipp. Grenseverdi for luftkvalitet vil kun overskrides i umiddelbar nærhet av vegsonen rett utenfor munningene.			
TITLE New profile for the road tunnel between Sinsen and Økern. Assessment of air quality impact.			
ABSTRACT Modelling of emissions and dispersion of suspended particles around the outlets of the tunnel has been carried out. The National target values for Air Quality will be exceeded in a significant area around the outlet, The area where the Air Quality limit will be exceeded is limited to the closest section of road outside the tunnel.			

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