

NILU : OR 56/97
REFERANSE : O-1920
DATO : OKTOBER 1997
ISBN : 82-425-0921-2

**Nordnestunnelen,
Bergen Sentrum**
Vurdering av luftforurensning
Knut Erik Grønскеi og Ivar Haugsbakk

Innhold

	Side
Sammendrag.....	3
1. Innledning.....	7
2. Metoder og forutsetninger.....	7
3. Tunnel- og trafikkdata	8
4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier	10
5. Utslipp	11
6. Resultater fra spredningsberegningene	12
7. Partikler i luften ved tunnelmunningene.....	16
8. Oppsummering og framtidig utvikling	17
9. Referanser	18
Vedlegg A Generelt om luftforurensning.....	19
Vedlegg B Resultater av målinger i Bergen.....	25

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland utført beregninger av luftforurensing fra planlagt tunnelforbindelse mellom Vågen og Nøstet (Nordnestunnelen) i Bergen sentrum. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og karbonmonoksid (CO) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunning mot Vågen. Konsentrasjonen av svevestøv er vurdert på grunnlag av målinger ved tilsvarende tunneler i Norge.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger (kjørehastighet 20-50 km/h). Videre er krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene er vurdert på grunnlag av karbonmonoksid- (CO) og nitrogen-dioksidkonsentrasjoner (NO₂) og sammenlignet med anbefalte luftkvalitetskriterier. Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for uteluft og tunnelluft er vist i Tabell A.

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

Anbefalte luftkvalitetskriterier for uteluft (SFT, 1992)	CO	1 time 8 timer	25 mg/m ³ 10 mg/m ³
	NO ₂	1 time 24 timer	100 µg/m ³ 70 µg/m ³
Grenseverdi for kartlegging og tiltaks-vurdering (MD, 1997)	NO ₂ PM ₁₀	1 time 24 timer	200 µg/m ³ 150 µg/m ³
Grenseverdi i uteluft for tiltak (MD, 1997)	NO ₂ PM ₁₀	1 time døgn	300 µg/m ³ 300 µg/m ³
Grenseverdi i tunnelluft (Vegdirektoratet, 1988)	CO	Maksverdi*	250 mg/m ³
	NO _x	Maksverdi*	28 000 µg/m ³
	NO ₂	Maksverdi*	2 800 µg/m ³

* Øyeblikksverdi.

Ved fastsettelsen av de anbefalte luftkvalitetskriteriene for uteluft (SFT, 1992) 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.

Grenseverdier i uteluft fastlagt av Miljøverndepartementet i 1997 kan betraktes som minstekrav til luftkvaliteten ved helårsboliger, barnehager, utdannings- og helseinstitusjoner.

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).

Utslipp av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for år 2015. I beregningene er størst trafikkbelastning benyttet, dvs. rushtid om for- og ettermiddagen med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet (10% av ÅDT).
2. Tunneldata.
3. Tungtrafikkandel (6%).
4. Kaldstartandel (5%).

Forurensning ved tunnelmunningene

CO- og NO₂-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningen er beregnet for prosjekterte maksimale trafikkmengder og hastigheter i området 20-50 km/h. Tabell B viser resultatet av beregningene. Munningskonsentrasjoner er beregnet som funksjon av ventilasjon- og kjørehastighet i tunnelene.

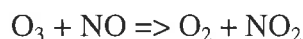
Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner som følge av utslipp i tunnelen ved rushtidstrafikk. CO og NO₂-konsentrasjonene i tunnelmunningen er gitt for flere kjørehastigheter og ventilasjonshastigheter i tunnelen.

Tunnelmunning mot Vågen			
Kjørehastighet (km/h)	Ventilasjonshastighet (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
		CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
20	2,0	42	645
30	2,0	33	597
40	2,0	20	572
50	2,0	17	562
20	4,0	21	322
30	4,0	17	299
40	4,0	10	286
50	4,0	9	281
20	6,0	14	215
30	6,0	11	199
40	6,0	7	190
50	6,0	6	188

Tabell B viser at munningskonsentrasjonene avtar med økende ventilasjonshastighet. Ved ventilasjonshastigheter over 3,0 m/s vil det dannes en "jetfase", som "flytter" de høyeste konsentrasjoner lengre ut fra tunnelmunningene. På grunnlag av dette er ventilasjonshastigheter på 2,0 m/s og på 4 m/s valgt i den videre bearbeidelse med spredningsberegninger fra tunnelmunninger. Munningskonsentrasjonen er betydelig lavere enn grenseverdien for tunnelluft.

CO- og NO₂-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 7 mg CO/m³, 39 µg NO₂/m³ og 100 µg PM₁₀/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 99 µg NO₂/m³ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner). Målinger i Bergen sentrum viser at dette konsentrasjonsnivået forekommer i ca. 5% av tiden i vinterhalvåret (ca. 9 døgn).

Tabell C viser spredningsavstander fra tunnelmunningen for å komme ned på gitte konsentrasjoner av CO og NO₂.

Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunnings for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer ved hastighet 20-30 km/h og ventilasjonshastighet 1,0-6,0 m/s.

Tunnelmunning mot Vågen	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 (250 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)
20 km/h, 1,0 m/s	26	90	58	43	34
20 km/h, 2,0 m/s	17	80	48	33	25
20 km/h, 4,0 m/s*	10	92	59	41	27
20 km/h, 6,0 m/s**	0	98	65	38	11
30 km/h, 1,0 m/s	20	86	55	40	32
30 km/h, 2,0 m/s	11	76	45	31	23
30 km/h, 4,0 m/s*	0	88	56	38	23
30 km/h, 6,0 m/s**	0	94	60	32	0

* Jetfasens lengde 52 m

** Jetfasens lengde 67 m

Beregningene viser at det kan forekomme overskridelser av 200 µg NO₂/m³ ved bygningene nærmest tunnelmunningen når det gjelder NO₂. Forurensning av partikler i luften skyldes hovedsakelig byutslippene i Bergen og i liten grad utslippene fra Nordnestunnelen.

Når ventilasjonshastigheten øker fra 2 til 4 m/s vil konsentrasjonene i den forurensede sonen reduseres og den forurensede sonen flyttes mot Vågen som følge av økt ventilasjonshastighet i munningen. Overskridelsene av grenseverdiene for

kartlegging og tiltaksvurdering forekommer bare i den forurensende sonen langs veien utenfor tunnelmunningen ved stor trafikk gjennom tunnelen og svak vind utenfor tunnelen (se figur 3).

Høye bakgrunnskonsentrasjoner som er en forutsetning for overskridelsene, forekommer i Bergen sentrum ca 2 % av dagene i året (ca 7 dager). Frekvensen av episoder med høye forurensningskonsentrasjoner varierer betydelig fra år til år, og tallene representerer et grovt anslag.

Økt viftekapasitet kan benyttes til å ventilere tunnelen gjennom en vertikal ventilasjonssjakt, og lokale forurensningsproblemer kan reduseres betydelig når sjakten bygges like høy som hus i nabolaget.

Når det gjelder bruk av renseanlegg for støv (PM_{10}) kan konsentrasjonene reduseres til under halvparten i munningen. Det vil imidlertid få begrenset betydning for døgnmiddelkonsentrasjonen i uteluften på grunn av det store bidraget fra byen som helhet.

Aktuelle tiltak

- Øke ventilasjonshastigheten i tunnelen til 4 m/s i episodene.

Ved å øke ventilasjonshastigheten horisontalt vil den forurensede sonen flyttes ut mot Vågen og maksimalkonsentrasjonene blir mindre (se Figur 3).

- Ventilasjonssjakt uten rensing.

Dersom viftene benyttes til å blåse den forurensede ventilasjonsluften ut gjennom en vertikal ventilasjonssjakt kan den lokale forurensningsbelastningen reduseres betydelig. Overskridelsen av grenseverdiene lokalt kan unngås. Sjakthøyde og ventilasjonshastighet er ikke vurdert i rapporten. Høyden bør ikke være lavere enn hushøyden i området.

- Elektrostatiske rensfiltre for støv.

Maksimal bakgrunnsverdi for PM_{10} i Bergen sentrum er anslått til $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Grenseverdien for kartlegging og tiltaksutredning kan overskrides i jetsonen, men ikke utenfor. Overskridelsene av rådgivende retningslinjer skyldes hovedsakelig den generelle forurensningen i Bergen. Nær tunnelmunningen (i jetsonen) vil imidlertid ca. 30-40% av PM_{10} -konsentrasjonene skyldes bidraget fra tunnelen. Dette bidraget kan reduseres ved hjelp av et renseanlegg i tunnelen.

- Gassrensing av tunnelluften

Bilavgassene i ventilasjonsluften fra tunnelen er fortynnet slik at rensing av store luftmengder er nødvendig. Det krever store filtre, og utviklingsarbeid er nødvendig før effektive metoder kan anbefales.

Nordnestunnelen, Bergen Sentrum

Vurdering av luftforurensning

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland utført beregninger av luftforurensninger fra planlagt tunnelforbindelse mellom Vågen og Nøstet (Nordnestunnelen) i Bergen. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningen mot Vågen der tunnelluften skal tas ut.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt i begge retninger. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). Utslipppet 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 anbefalt luftkvalitetskriterium og avgjørende for krav til ventilasjonsluft i tunnelen. Det er også regnet på produksjon og spredning ved køsituasjoner, siden køsituasjoner kan oppstå. Untefer tunnelen vil ikke CO-konsentrasjonen representere et forurensningsproblem. Luftkvaliteten utenfor tunnelen kan vurderes på grunnlag av konsentrasjoner av NO₂ og partikler (PM₁₀). Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for uteluft for tunnelluft 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. Beregnede konsentrasjoner av CO og NO₂ fra munningene er sammenlignet med anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for CO og NO₂. Disse er gitt i kapittel 4.
5. Målinger fra Bergen sentrum er benyttet til å anslå luftkvaliteten i Bergen som helhet og frekvensen av vind i 30-graders sektorer (vedlegg B).

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmedesvis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. For tunge dieserbiler 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 dieserbiler.

Når det gjelder PM₁₀, finnes det i dag ikke program som beregner svevestøv-konsentrasjoner i tunneler. Vi har tatt utgangspunkt i svevestøvmålinger i og ved Vålerengatunnelen (850 m) i Oslo og årsdøgntrafikken der (15 000 ÅDT).

3. Tunnel- og trafikkdata

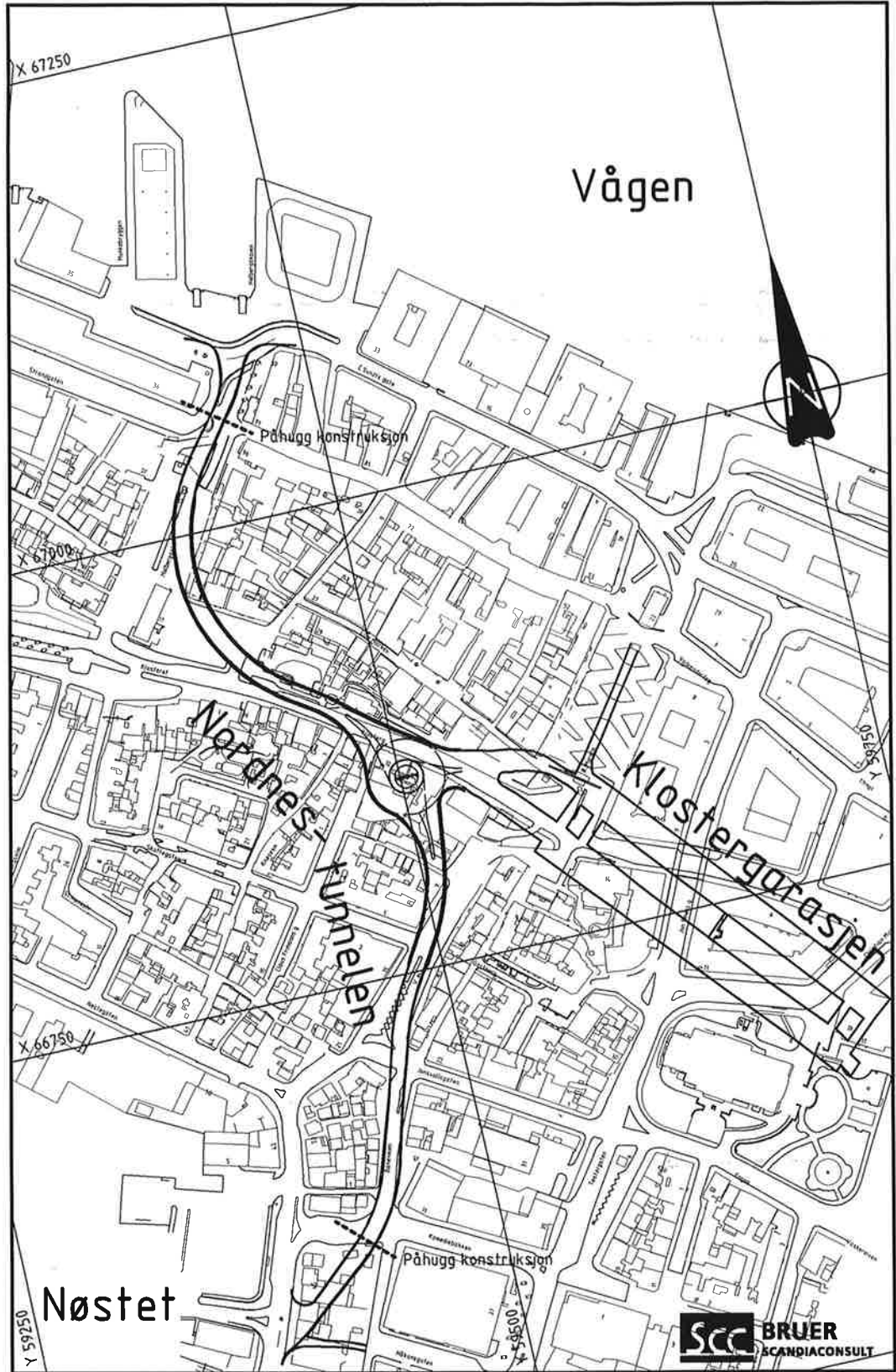
Tunneltraséen er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikk tall og trafikksammensetning er levert av oppdragsgiver. Trafikkprognoser for år 2015 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush. Årsdøgntrafikken (ÅDT) er anslått til 14 000 biler/døgn og maksimal timetrafikk til 10% av ÅDT.

Tungtrafikkandelen er anslått til 6%, og vektfordelingen av denne er av NILU anslått til ca. 25% under 10 tonn, ca. 33% mellom 10 og 20 tonn og ca. 42% over 20 tonn totalvekt.

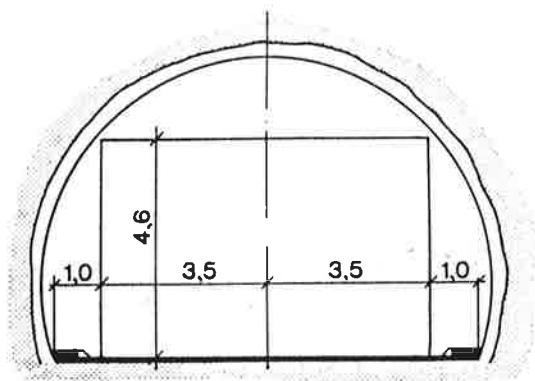
Uten separate løp for de to kjøreretningene vil det ikke oppnås pumpevirkning fra trafikken.

Tunnelmunningen vil få tunnelprofil T9 i selve tunnellopet og med høyde 4,8 m og bredde 9,0 m (se Figur 2).

Tunnelen vil ca. midt mellom munningene ha en rundkjøring med avkjørsel til et parkeringsanlegg (Klostergarasjen). Parkeringsanlegget vil bli ventilert gjennom tunnelen mot Vågen.



Figur 1: Tunneltrasé, Nordnestunnelen.



Figur 2: Tunnelprofil T9.

4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier

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

CO	Timemiddelverdi	: 25 mg/m ³
	8-timers verdi	: 10 mg/m ³
NO ₂	Timemiddelverdi	: 100 µg/m ³
	24-timers verdi	: 75 µg/m ³
PM ₁₀	24-timers verdi	: 70 µg/m ³

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 A: Generelt om luftforurensning fra trafikk.

Miljøverndepartementet har utarbeidet forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy (Forskrift nr. 490.30.05.1997) ved helårsboliger, barnehager, utdanningsinstitusjoner og helseinstitusjoner. Forskriften omfatter forurensning med nitrogendioksid (NO₂), svevestøv (PM₁₀), bly, SO₂ og støy. Ved vurderingene av utslippet fra Nordnestunnelen er det konsentrasjonene av nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM₁₀) som kan sammenlignes med følgende grenseverdier:

<i>Grenseverdier som forutsetter kartlegging og tiltaksutredning</i>		
	Midlingstid	Grenseverdi
NO ₂	Timemiddel	200
PM ₁₀	Døgnmiddel	150
<i>Grenseverdier som forutsetter tiltak</i>		
NO ₂	Timemiddel	300
Svevestøv (PM ₁₀)	Døgnmiddel	300

Vegdirektoratet (1988) har vedtatt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdiene gjelder ved hel tunnallengde og er:

CO : 250 mg/m³ (200 ppm)
 NO_x : 28,0 mg/m³ (15 ppm) tilsvare ca. 2,8 mg/m³ (1,5 ppm) som NO₂.

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 perioder med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet.
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal og stigning).
3. Tungtrafikkandel (6%).
4. Kaldstartandel (5%).

Beregningene er utført basert på at makstime med 1 300 kjøretøy i tunnelen mot nord (Vågen) fra rundkjøringen og 1 500 kjøretøy i tunnelen mot sør (Nøstet) fra rundkjøringen. Trafikktallene angir summen av trafikkintensiteten i begge retninger i hver av tunnelgrenene. Forventet hastighet er 25-30 km/h. Det er beregnet utslipp for ulike kørehastigheter 0-80 km/h for å vise variasjonen i utslippene. Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 1. Tabellen viser også nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunneluft. Skiltet hastighet i tunnelen vil bli 50 km/time.

Tabell 1 viser lave nødvendige ventilasjonshastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene. I en toveiskjørt tunnel er det vanskelig å holde en stabil og lav ventilasjonshastighet i den ene retningen. Jo høyere ventilasjonshastighet jo bedre fortykning av luftforurensninger. Men ved ventilasjonshastigheter over 3,0 m/s vil det dannes en jefase, som "flytter" de høyeste konsentrasjoner lengre ut fra tunnelmunningene. På grunnlag av dette er en ventilasjonshastighet på 2,0 m/s, 4 m/s og 6 m/s valgt for spredningsberegninger fra tunnelmunningen.

Tabell 1: Utslipp (g/s) av CO og NO_x i tunnelene, og nødvendig luftstrøms-hastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler.

Tunnelmunning mot Vågen			
Kjørehastighet (km/h)	Nøvendig ventilasjonshastighet* (m/s)	Utslipp	
		CO (g/s)	NO ₂ (g/s)
0	2,16	23,286	-*
10	0,56	6,025	0,613
20	0,48	3,637	0,577
30	0,43	2,866	0,516
40	0,41	1,737	0,494
50	0,40	1,460	0,486
60	0,40	1,322	0,487
70	0,42	1,178	0,503
80	0,43	1,110	0,525

* CO-produksjon avgjør nødvendig ventilasjonshastighet.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x, men større utslipp av CO. Vanligvis vil det være NO_x-utslippene som avgjør nødvendige ventilasjonshastigheter 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. Økt ventilasjonshastighet vil redusere munningskonsentrasjonen og flytte maksimal forurensningsbelastning ut langs jettsonen.

6. Resultater fra spredningsberegningene

NO₂- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for trafikksituasjonen i rushtiden. Tabell 2 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig kjørehastighet 30 km/h, men beregninger er også utført for 20, 40 og 50 km/h for å vise variasjon i munningskonsentrasjonene.

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med 6% 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 NO₂ er redusert til et nivå lik de anbefalte luftkvalitetskriteriene for uteluft. I beregningene er det 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 7 mg CO/m³ og 39 µg NO₂/m³ som timemiddel.

Tabell 2: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk.

Tunnelmunning mot Vågen			
Kjørehastighet (km/h)	Ventilasjonshastighet (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
		CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
20	0,48	176	2 800
30	0,43	155	2 800
40	0,41	98	2 800
50	0,40	84	2 800
20	1,0	84	1 289
30	1,0	66	1 194
40	1,0	40	1 143
50	1,0	34	1 125
20	2,0	42	645
30	2,0	33	597
40	2,0	20	572
50	2,0	17	562
20	4,0	21	322
30	4,0	17	299
40	4,0	10	286
50	4,0	9	281
20	6,0	14	215
30	6,0	11	199
40	6,0	7	190
50	6,0	6	188

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



På grunn av biltrafikken i et byområde er det ofte mye NO i lufta som reagerer med ozon.

Vi har derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 99 µg NO₂/m³ = (39+60) µg NO₂/m³. Tabell 3 angir bakgrunnsverdier i utslippsområdet som gjelder for 1990. Det er en rimelig antakelse at alle biler har katalysator i 2015 og CO-forurensningene i byområdet vil reduseres betydelig. Når det gjelder PM₁₀ og NO₂-forurensningene på byskala, er reduksjonen usikker. Vi har derfor regnet med samme bakgrunnsverdier i 2015 som i 1990. Dette er sannsynligvis et overesitmat av bakgrunnskonsentrasjonene.

Det er ellers ikke tatt hensyn til bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået. Resultatet av beregningene av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 4.

Tabell 3: Anbefalte verdier for bakgrunnsnivå av CO, NO₂-PM₁₀ 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 -PM ₁₀ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³) Alle område-typer
	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	27-80	17-40	5-30	60
50-200 000	7	4	1	39-100	25-50	5-30	60
>200 000	11	7	1	68-120	43-60	5-30	60

Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningen (mot Vågen) for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer ved forskjellige kjørehastigheter (U₁) og ventilasjonshastigheter (U₂).

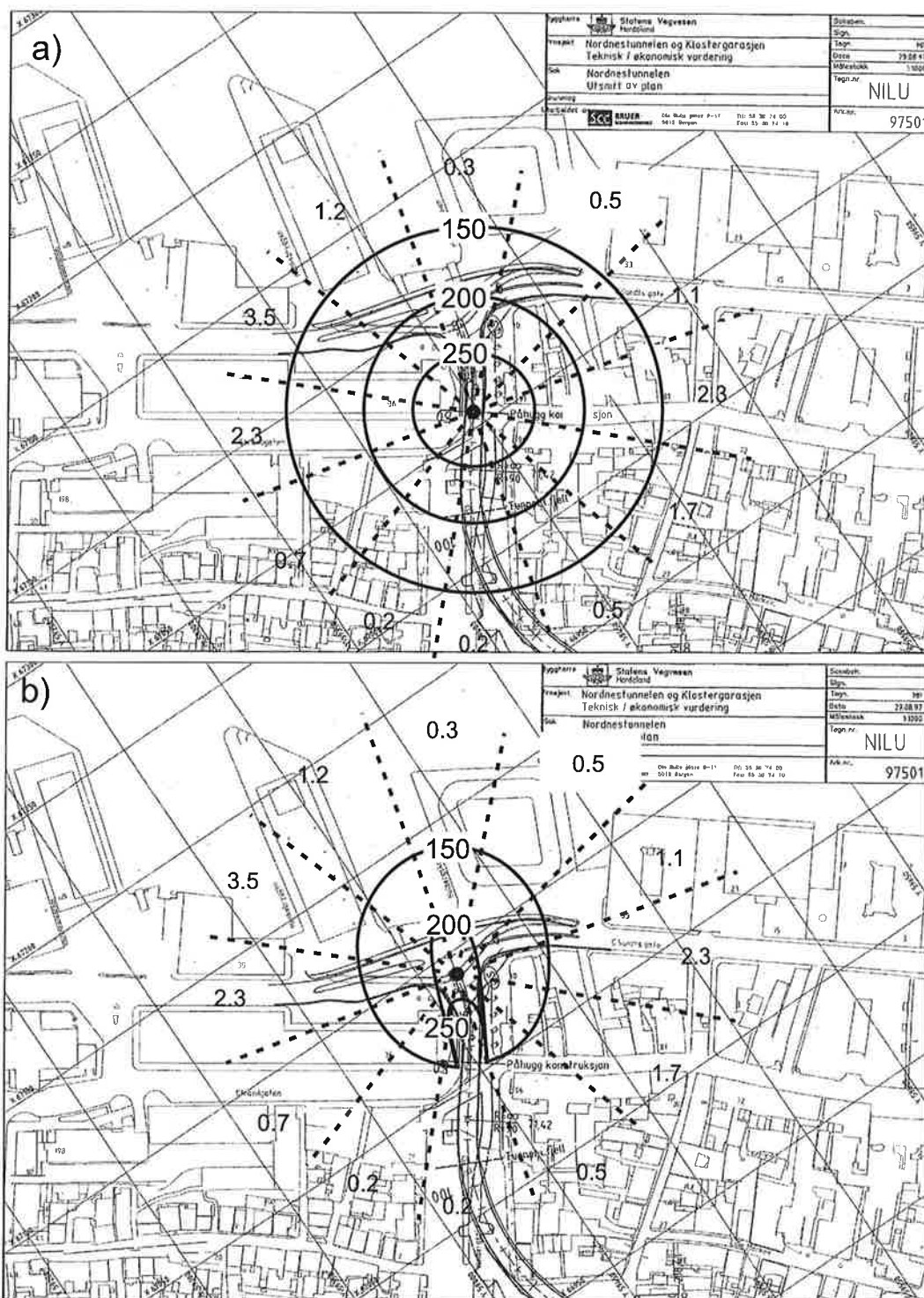
U ₁	U ₂	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)				
		CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)	NO ₂ (250 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)
20 km/h	1,0 m/s	26	90	58	43	34
20 km/h	2,0 m/s	17	80	48	33	25
20 km/h	4,0 m/s*	10	92	59	41	27
20 km/h	6,0 m/s**	0	98	65	38	11
30 km/h	1,0 m/s	20	86	55	40	32
30 km/h	2,0 m/s	11	76	45	31	23
30 km/h	4,0 m/s*	0	88	56	38	23
30 km/h	6,0 m/s**	0	94	60	32	0

* Jetfase 52 m.

** Jetfase 67 m.

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 6% fører det til mindre område med NO₂-belastning over akseptabelt forurensningsnivå.

Figur 3 viser fordelingen av maksimal NO₂-konsentrasjon ved tunnelmunningen mot Vågen. Maksimalkonsentrasjonene vil opptre ved svak vind i rushtiden, og utslippene fra tunnelen vil forurense en sektor på lesiden av utslippsområdet. Frekvensen av svak vind i 30-graders sektorer er vist i ytterkanten av figurene. Tallene angir hvor hyppig områdene kan belastes av oppgitte maksimalkonsentrasjoner og kan vurderes som prosentvis antall dager med høye konsentrasjoner i rushtiden. For å angi frekvensfordelingen er det nødvendig med frekvensfordelingen av trafikk i tunnelen og bedre data for lokale spredningsforhold.



Figur 3: Fordelingen av maksimal NO_2 -konsentrasjon ved tunnelmunningen mot Vågen.
 Trafikkens hastighet: 20 km/h.
 Enhet: $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$.
 a) Ventilasjonshastighet : 2 m/s.
 b) Ventilasjonshastighet : 4 m/s.
 Frekvensen av svak vind i 30 graders sektorer fra utslippsområdet er vist i ytterkanten av figurene. Tallene angir hvor hyppig områdene kan belastes av oppgitte maksimalkonsentrasjoner.
 Enhet: prosent.

Vindfrekvensene registrert på målestasjonen Florida indikerer at området sørøst og nordvest for utslippssonen vil bli belastet med høye forurensningskonsentrasjoner i rushtiden, ca. 2% av dagene i året (ca 7 dager i året). I de andre sektorene vil maksimalkonsentrasjonene forekomme mindre enn 1 prosent av dagene i året. Frekvensene varierer betydelig fra år til år og tallene representerer anslag for typiske verdier.

Økning av ventilasjonshastigheten i tunnelen fra 2 m/s til 4 m/s vil redusere maksimalkonsentrasjonene og føre forurensningsutslippene lenger ut over Vågen som vist i Figur 3.

7. Partikler i luften ved tunnelmunningene

Forventede PM_{10} -konsentrasjoner i tunnelmunningene er basert på målinger i og ved Vålerengatunnelen i Oslo (Larsen, 1990). Høyeste munningskonsentrasjon som ble målt i Vålerengatunnelen tilsvarte en døgnmiddelkonsentrasjon på $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vålerengatunnelen har en lengde på 850 m og en ÅDT 15 000 i et løp i måleperioden.

Munningskonsentrasjonene i tunnelen er skalert i forhold til trafikkarbeidet (trafikkarbeid = tunnellengde \cdot ÅDT). Maksimale døgnmidlere munningskonsentrasjoner er vist i Tabell 5. Forurenset tunnelluft spres i omgivelsene, og det er nødvendig at det blåser fra munningene for at et bestemt område skal påvirkes av forurenset tunnelluft.

Tabell 5: Maksimale døgnmidlere PM_{10} -konsentrasjoner (C_m) i tunnelmunningen.

	Lengde (km)	Trafikk (ÅDT)	PM_{10} -konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Vålerengatunnelen	0,85	15 000	275
Nordnestunnelen	0,5	14 000	196

I jetsonen vil ventilasjonen fra tunnelen være dominerende for spredningen av forurenset luft fra tunnelen. Typisk døgnmidlere PM_{10} -konsentrasjon i dette området vil være ca. $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (anslått på grunnlag av beregnede NO_2 -konsentrasjoner).

8. Oppsummering og framtidig utvikling

Målinger i Bergen sentrum viser at luftkvalitetskriterier som anbefales for NO₂ og for PM₁₀ overskrides 4-8 dager i vinterhalvåret. Ved den planlagte tunnelmunningen på Nordnes vil det også forekomme overskridelser på grunn av den generelle forurensningen av Bergenslufta. I episodene skyldes overskridelsene hovedsakelig biltrafikken i området.

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 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.

Ved den planlagte tunnelmunningen kan det i episodene forekomme overskridelser av nye grenseverdier for kartlegging og for vurdering av tiltak når det gjelder NO₂ (se Figur 3).

Når det gjelder PM₁₀ er det sannsynligvis bare grenseverdiene for kartlegging og utredning som vil overskrides i soner nærmest munningen. Grenseverdiene for tiltak vil ikke overskrides.

Totalutslippet fra tunnelen utgjør en liten del av utslippet fra biltrafikken i Bergen. Byggingen av tunnelen vil likevel redusere utslippene i andre deler av byområdet.

Aktuelle tiltak:

- Øke ventilasjonshastigheten i tunnelen til 4 m/s i episodene.

Ved å øke ventilasjonshastigheten horisontalt vil den forurensede sonen flyttes ut mot Vågen og maksimalkonsentrasjonene blir mindre (se Figur 3).

- Ventilasjonssjakt uten rensing.

Dersom viftene benyttes til å blåse den forurensede ventilasjonsluften ut gjennom en vertikal ventilasjonssjakt kan den lokale forurensningsbelastningen reduseres betydelig. Overskridelsen av grenseverdiene lokalt kan inngås. Sjakthøyde og ventilasjonshastighet er ikke vurdert i rapporten. Høyden bør ikke være lavere enn hushøyden i området.

- Elektrostatiske rensfiltre for støv.

Maksimal bakgrunnsverdi for PM₁₀ i Bergen sentrum er anslått til 100 µg/m³. Grenseverdien for kartlegging og tiltaksutredning kan overskrides i jetsonen, men ikke utenfor. Overskridelsene av rådgitende retningslinjer skyldes hoved-

sakelig den generelle forurensningen i Bergen. Nær tunnelmunningen (i jetsonen) vil imidlertid ca. 30-40% av PM_{10} -konsentrasjonene skyldes bidraget fra tunnelen. Dette bidraget kan reduseres ved hjelp av et renseanlegg i tunnelen.

– Gassrensing av tunnelluften

Bilavgassene i ventilasjonsluften fra tunnelen er fortynnet slik at rensing av store luftmengder er nødvendig. Det krever store filtre, og utviklingsarbeid er nødvendig før effektive metoder kan anbefales.

9. 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. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).
- Miljøverndepartementet (1997) 1997-05-30 nr. 049: Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy.
- 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 Lysakerløkket. Lillestrøm (NILU OR 14/88).
- Vegdirektoratet (1988) Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Oslo.

Vedlegg A

Generelt om luftforurensning

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 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 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 (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 piggdekkelsesongen. 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 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 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 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			

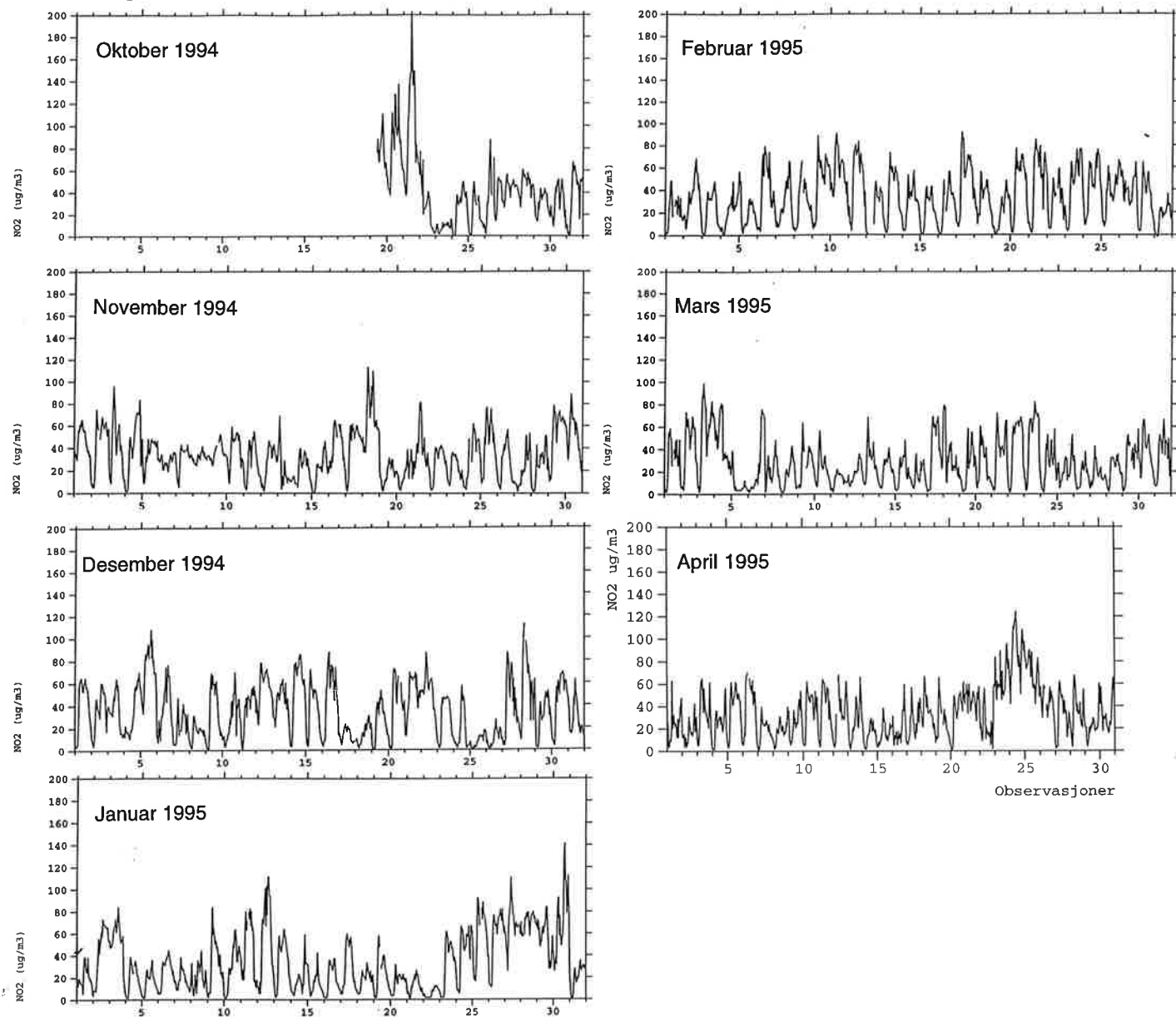
Vedlegg B

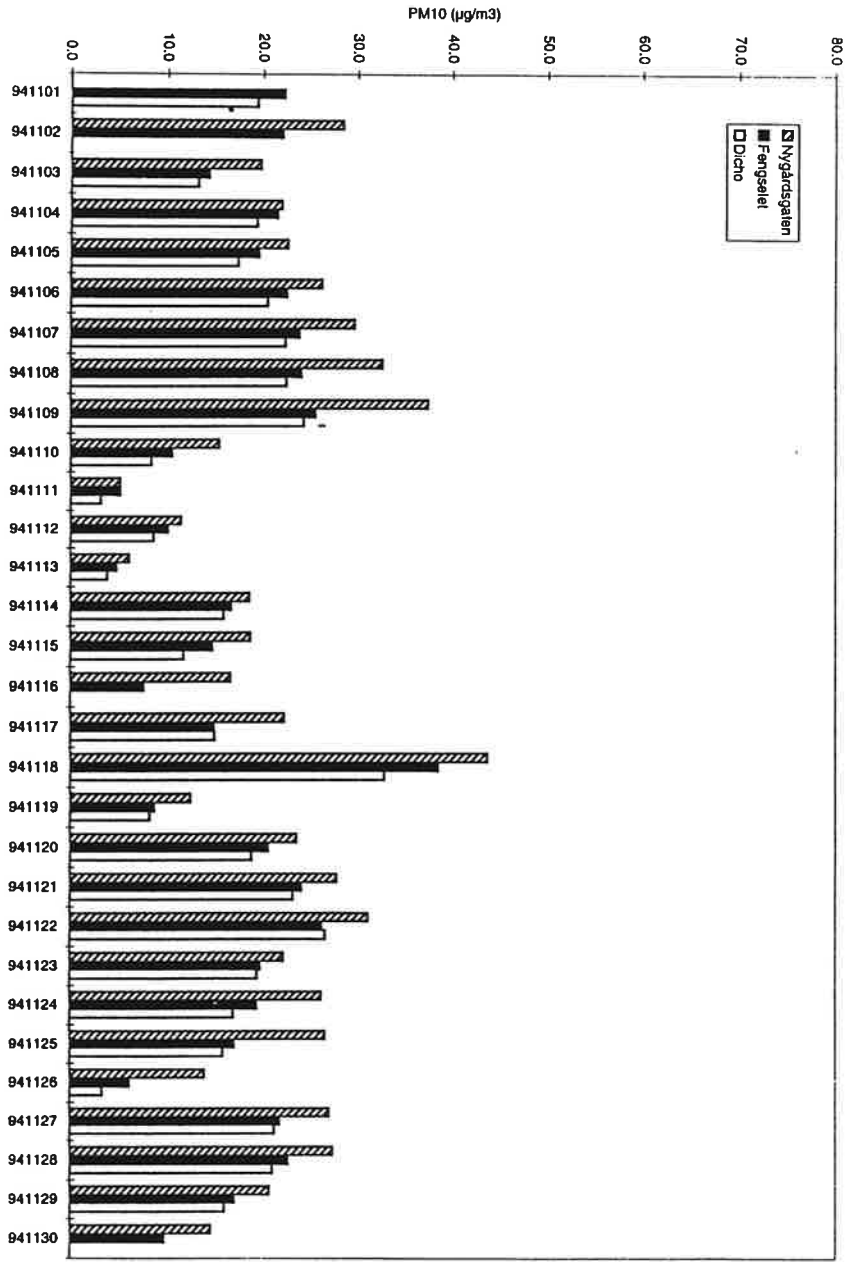
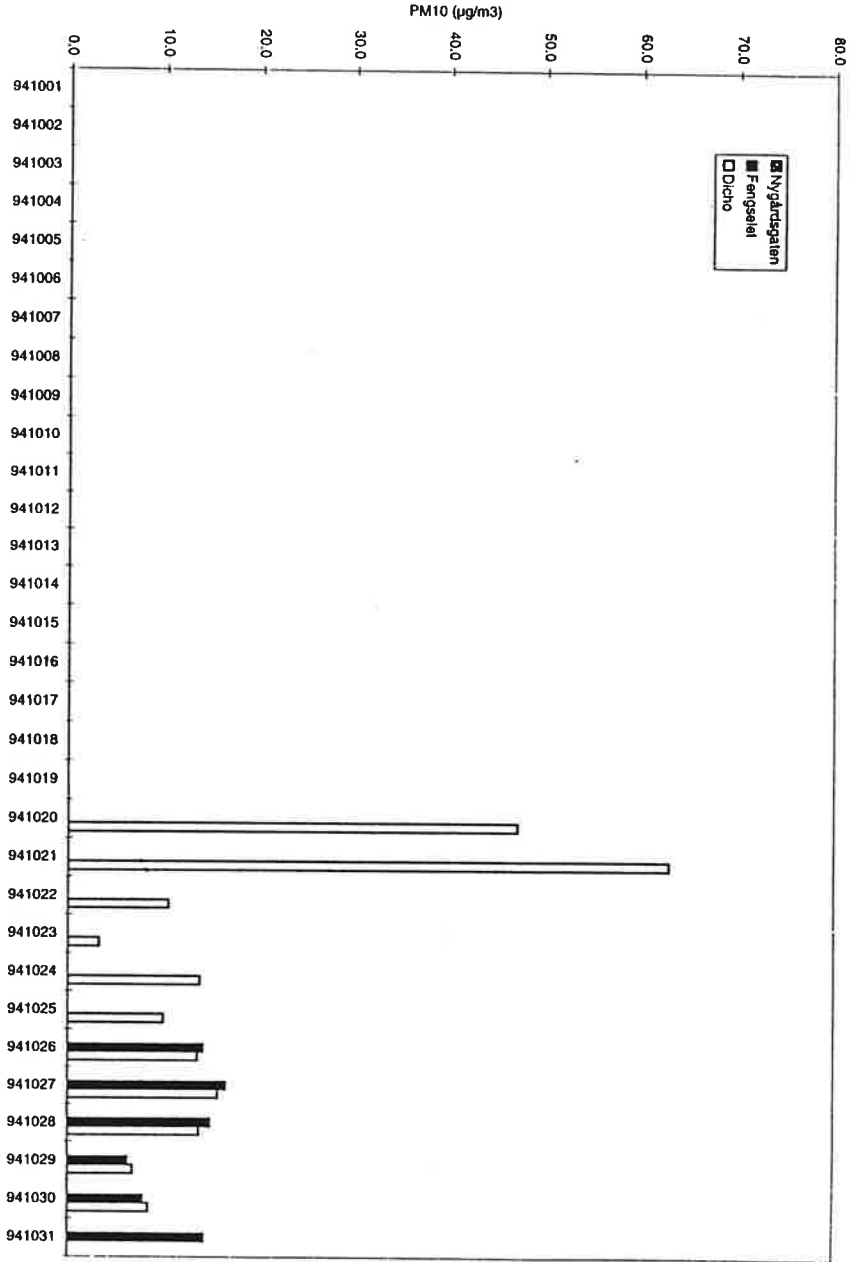
Resultater av målinger i Bergen

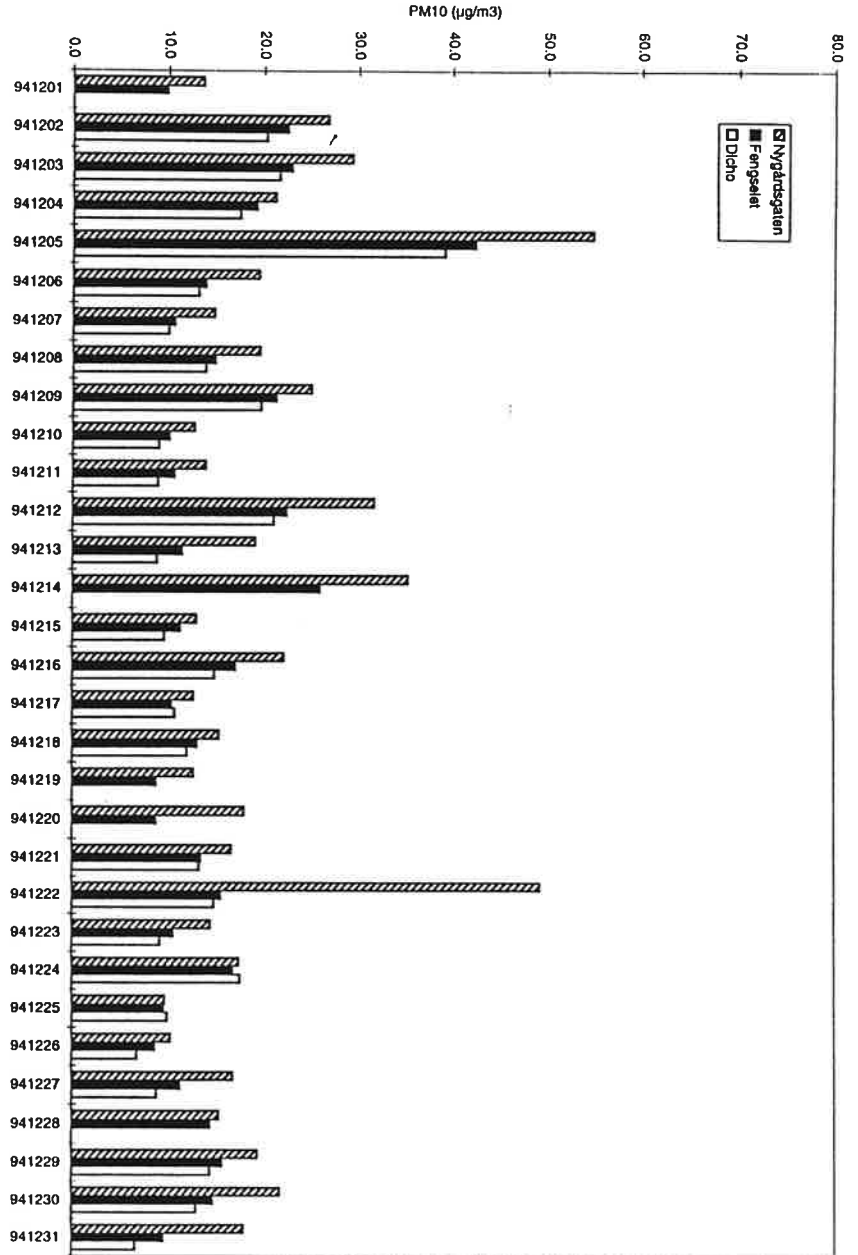
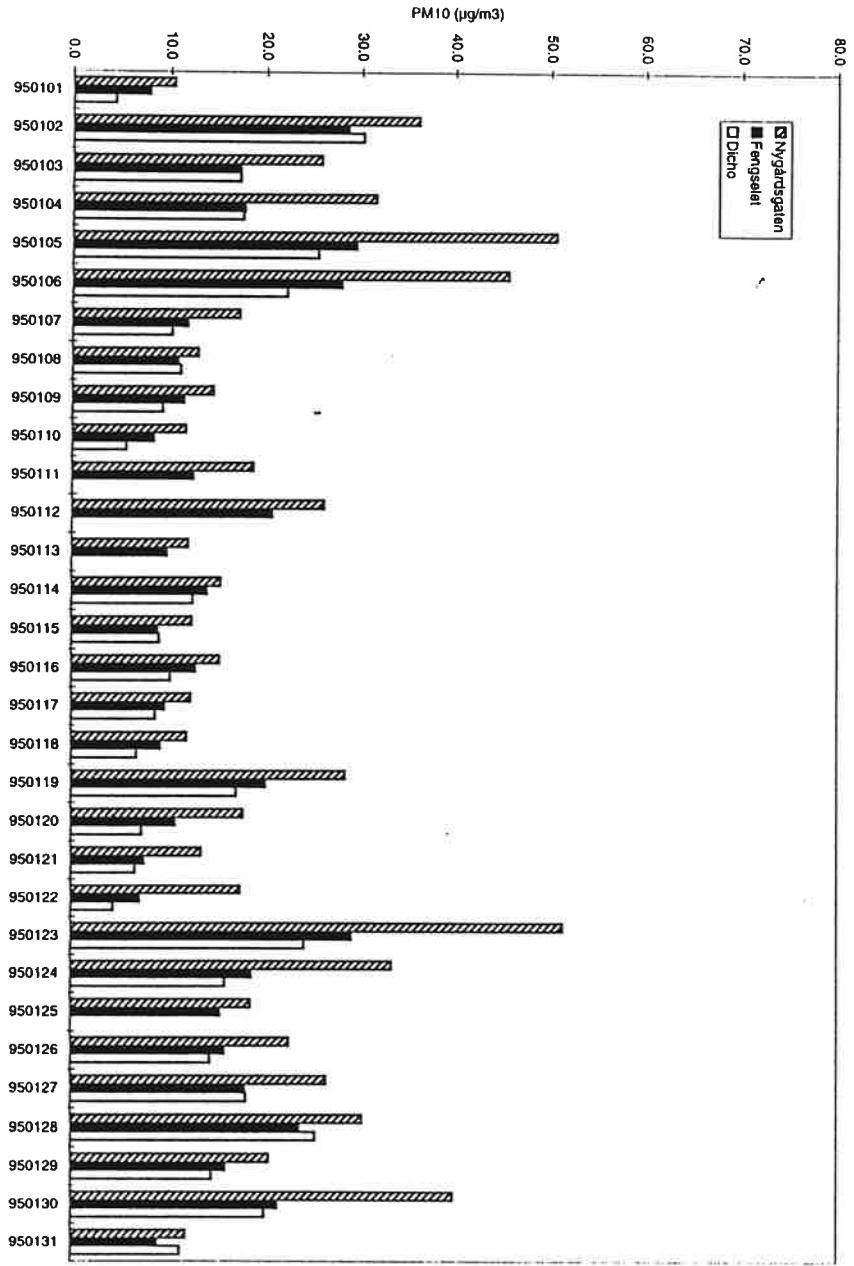
**B1 NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner målt i perioden
19.10.94-30.4.95**

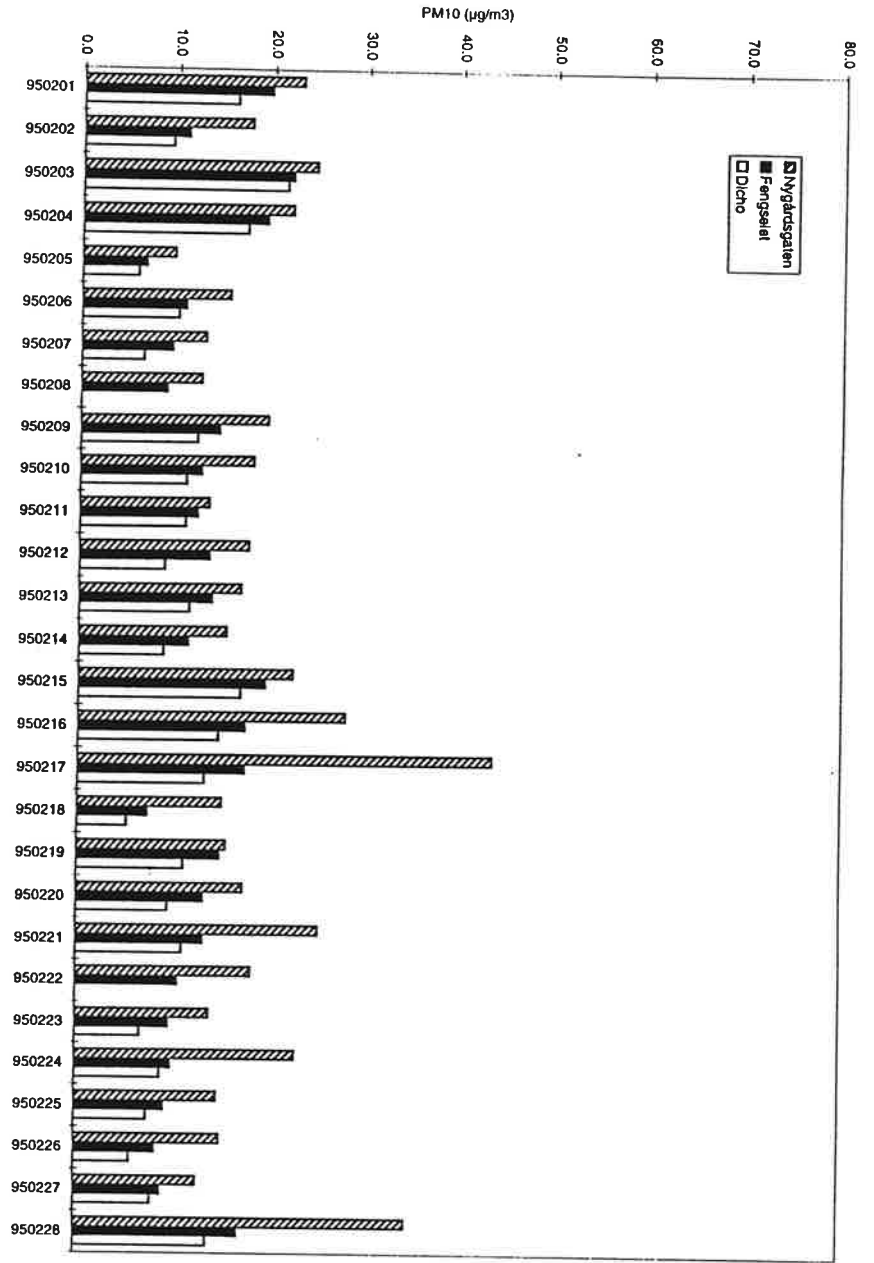
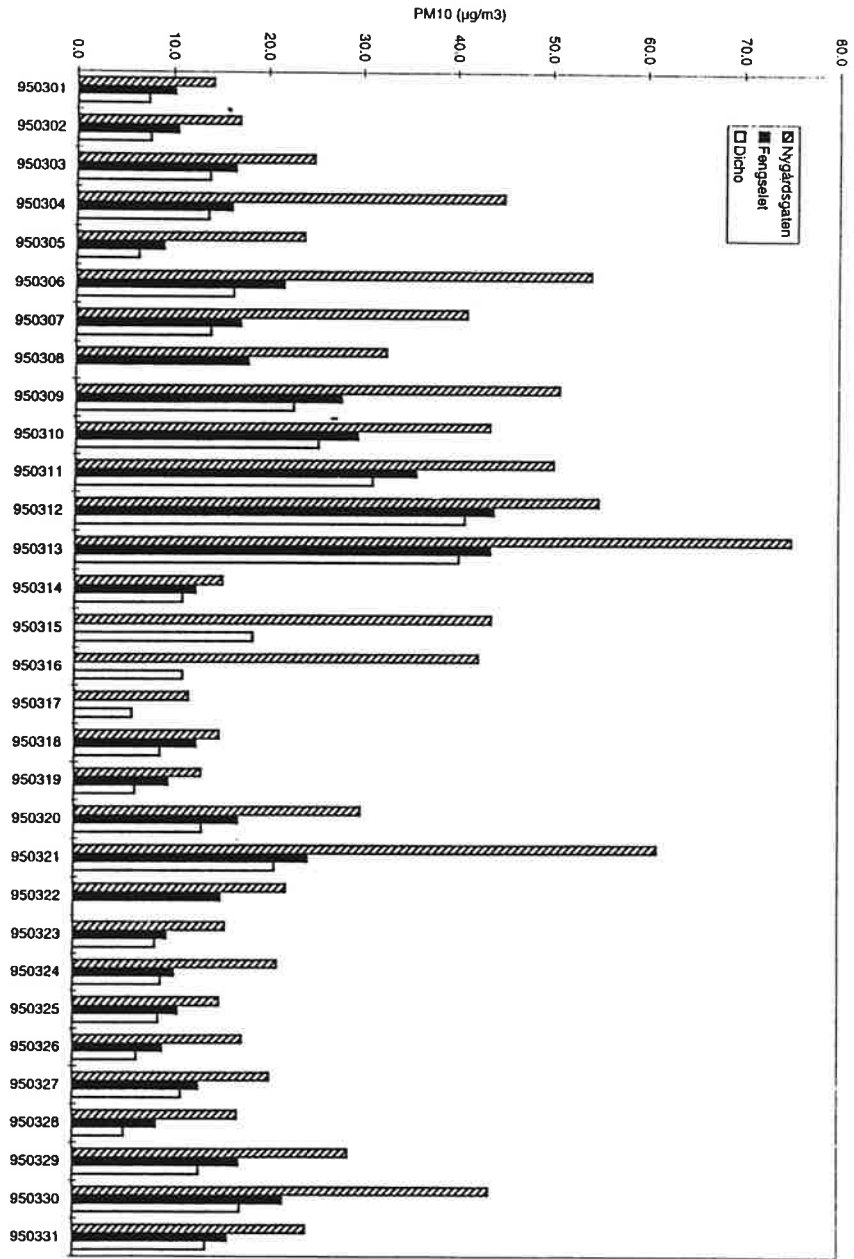
**B2 Frekvens av vind i 30-graders sektorer i perio-
den 1961-1975**

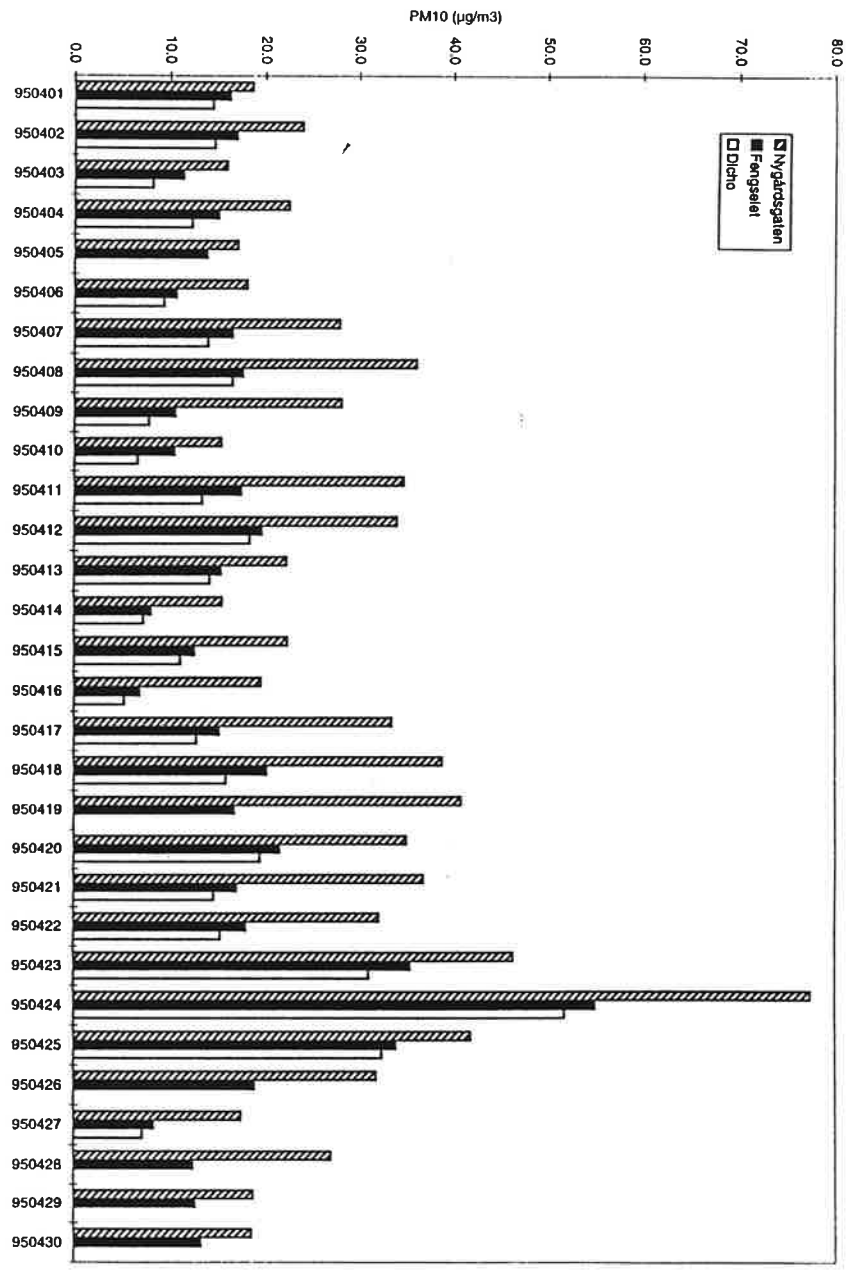
Fengselet













Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 56/97	ISBN 82-425-0921-2 ISSN 0807-7207	
DATO 11/11-97	ANSV. SIGN. <i>EM</i>	ANT. SIDER 32	PRIS NOK 60,-
TITTEL Nordnestunnelen, Bergen Sentrum Vurdering av luftforurensning		PROSJEKTLEDER Knut Erik Grønskei	
		NILU PROSJEKT NR. O-1920	
FORFATTER(E) Knut Erik Grønskei og Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Kjell Erik Myre	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Hordaland Postboks 3645 5033 FYLLINGSDALEN			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Den generelle forurensningssituasjonen i Bergen sentrum er vurdert på grunnlag av målinger. Lokale forurensninger på grunn av utslipp i tunnelmunningene er beregnet for NO ₂ og CO. For partikler (PM ₁₀) er konsentrasjonene vurdert på grunnlag av målinger ved lignende tunneler i andre byområder. Tiltak for å unngå overskridelser av grenseverdier for kartlegging og tiltak er vurdert.			
TITLE Air pollution from planned Nordnes tunnel in Bergen			
ABSTRACT			

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