

NILU : OR 72/96
REFERANSE : O-96126
DATO : MARS 1997
ISBN : 82-425-0836-4

Svardalstunnelen

Vurdering av luftforurensning

Ivar Haugsbakk

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1. Innledning	5
2. Metoder og forutsetninger	5
3. Tunnel- og trafikkdata.....	6
4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft	9
5. Utslipp	9
6. Resultater fra spredningsberegningene.....	11
7. Framtidig utvikling.....	16
8. Referanser	16
<hr/>	
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk	18

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Oslo (SVO) utført beregninger av luftforurensing fra planlagt tunnelforbindelse mellom Ryenkryset og Ekebergtunnelen (Svartdalstunnelen). Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og karbonmonoksid (CO) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunninger. Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdig-utviklet programverktøy for å beregne produksjon og spredning av svevestøv fra tunneler.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med god trafikkflyt i begge retninger og ved sammenhengende kø mot tunnelmunninger. Videre er krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO_2) og sammenlignet med SFTs 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.

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 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 (5%).
4. Kaldstartandel (5%).

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 kjørehastighet 60 km/h, 40 km/h og ved stillestående kø mot tunnelmunning. Munningskonsentrasjoner er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet.

*Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk.
Mot Ryenkrysset 1: ventilasjon fra pårampe i Konowsgt.
Mot Ryenkrysset 2: ventilasjon fra dagens avrampe mot Konowsgt.*

Tunnelmunning	Kjøre- hastighet (km/h)	Ventilasjons- hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Mot Ryenkrysset 1 (ettermiddagsrush)	60	4,10 (P)	12	391
	40	2,73 (P)	22	548
	0	4,60 (N)	250	-- **
Mot Ryenkrysset 2 (ettermiddagsrush)	60	4,10 (P)	13	441
	40	2,73 (P)	25	619
	0	4,92 (N)	250	--**
Mot Konows gt. (formiddagsrush)	60	1,00 (N)	3	62
	40	1,00 (N)	5	76
Til Ekeberg tunnelen (formiddagsrush)	60	4,44 (P)	6	141
	40	2,96 (P)	14	271
	0	6,90 (N)	250	--**

* P: pumpevirkning fra trafikken (langt større enn nødvendig ventilasjonshastighet).

N: nødvendig med ventilasjonsvifter (minstekrav er oppgitt).

** CO-utslippene er avgjørende for ventilasjonskrav.

Ved normal trafikkavvikling er NO_x-utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet. I køsituasjoner vil CO-produksjonen bli avgjørende.

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 7,5% ved oppoverbakke og 20% ved nedoverbakke og sammenhengende kø. 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 og 43 µg NO₂/m³.

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



Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på $103 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner og er i seg selv høyere enn anbefalt retningslinje).

På- og avkjøringsrampen ved Konows gate vil gi relativt lite forurensningsbidrag til omgivelsene ved normal trafikkavvikling. Skole, barnehage og boliger ved tunnelmunning mot Ryenkrysset vil også få lite forurensningsbidrag ved normal trafikkavvikling.

Tunnelløpet som munner ut i Ekebergtunnelen vil gi et vesentlig bidrag til den og øke kravet til ventilering av Ekebergtunnelen.

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelmunningene kan bidra til luktplager i tunnelmunningenes umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksosluft kunne merkes på større avstand enn der NO_2 -konsentrasjonen er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Luktplager fra tunnelen vil bare berøre næringsbygg.

NILU har målt døgnmidle konsentrasjoner av NO_2 og svevestøv (PM_{10}) ved Ryenkrysset våren 1996, som en førundersøkelse av luftkvalitet før utbyggingen av krysset (Haugsbakk, 1996). En sammenligning med måleresultater fra andre målestasjoner ved sterkt trafikerte veier i Oslo (Kirkeveien og Tåsen) viste at NO_2 -nivået var det samme eller litt lavere ved Ryenkrysset. For svevestøv var nivået minst 35% lavere. NILU skal foreta de samme målinger etter ferdigstilling av Ryenkrysset juli 1997. NILU foreslår også tilsvarende målinger etter åpningen av Svartdalstunnelen.

Svartdalstunnelen

Vurdering av luftforurensning

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Oslo (SVO) utført beregninger av luftforurensninger fra planlagt tunnelforbindelse mellom Ryenkrysset og Ekeberg tunnelen (Svartdalstunnelen). NILU har tidligere beskrevet luftforurensninger fra trafikken i planlagt Svartdalstunnel for en annen løsning enn denne (Torp og Tønnesen, 1995).

Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene og tilførsel av forurenset luft til Ekeberg tunnelen. Beregningene er utført for trafikksituasjoner med maksimaltrafikk (rushtid). Det er fra Ryenkrysset planlagt separate tunnellop til og fra Ekeberg tunnelen med på- og avkjøringsramper ved ny rundkjøring i Konows gt.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt og med køsituasjoner. 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 retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved køsituasjoner vil imidlertid CO-konsentrasjonen være høyest i forhold til anbefalte retningslinjer og avgjørende for krav til ventilasjonsluft. Anbefalte retningslinjer for uteluft og grenseverdier for tunnelluft er omtalt i kapittel 4.

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 tilnærmevis 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 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.

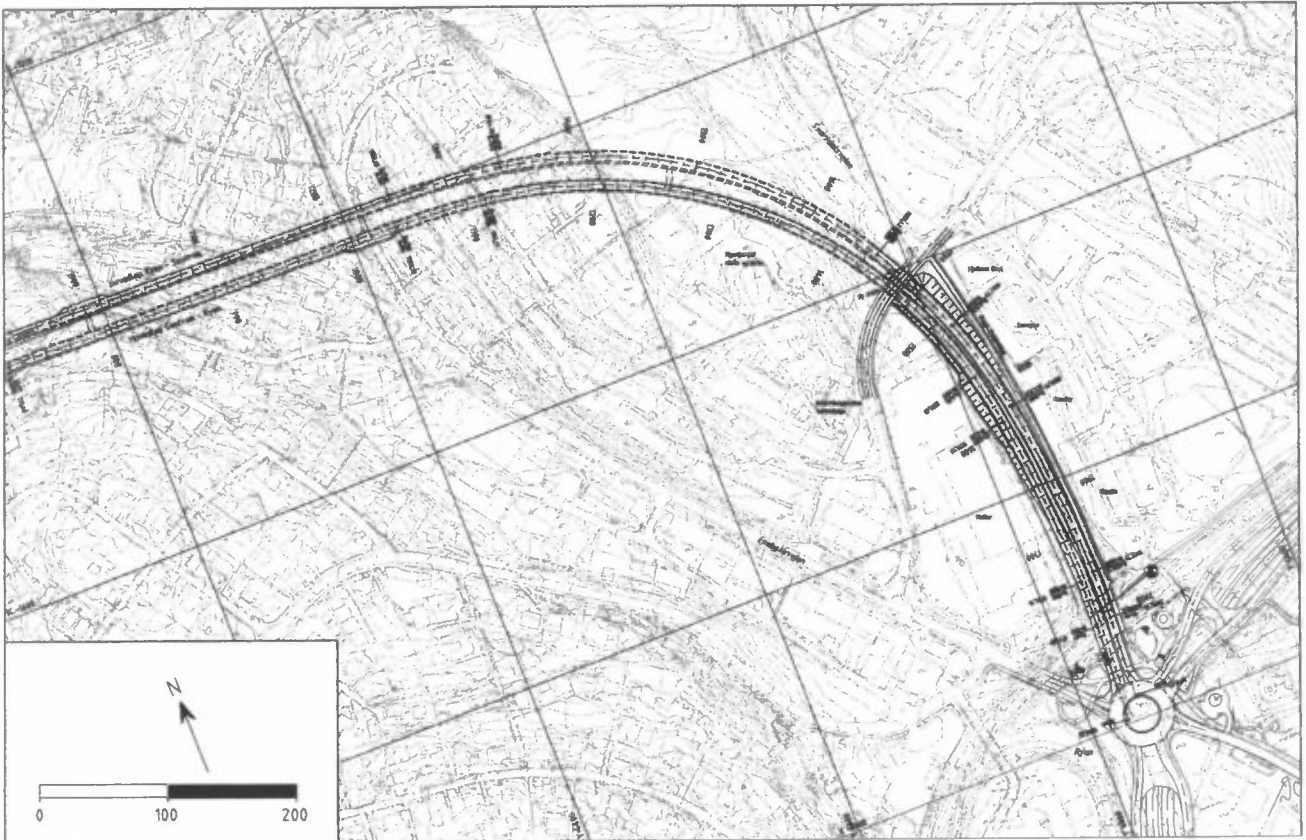
3. Tunnel- og trafikkdata

Svardalstunnelen er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri er levert av SVO, mens trafikk tall og trafikksammensetning er gitt av Grøner AS. Trafikkprognose for år 2010 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush. Største trafikkbelastning i retning fra Ryenkrysset opptrer som morgenrush, og mot Ryenkrysset som ettermiddagsrush.

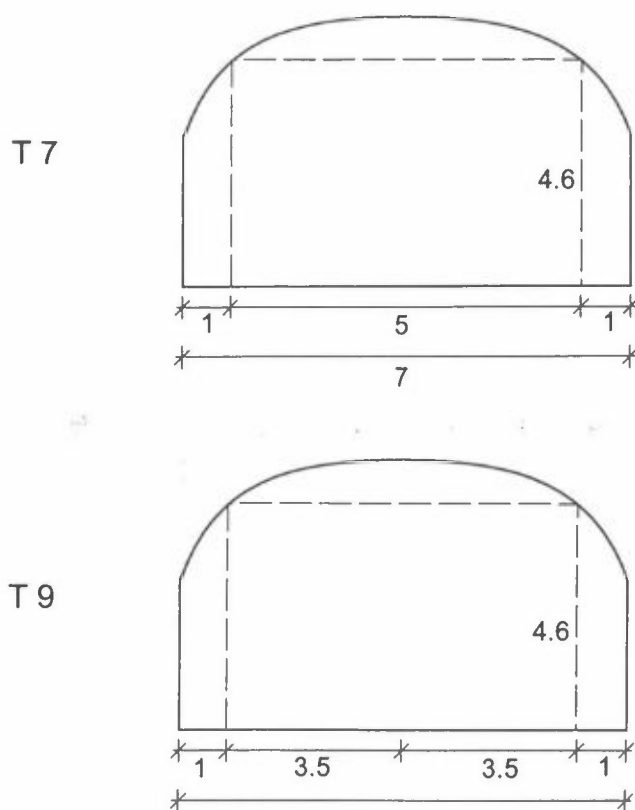
Tungtrafikkandelen er av Grøner AS anslått til 5%, og vektfordelingen av denne er av NILU anslått til 25% under 10 tonn, 25% mellom 10 og 20 tonn og 50% over 20 tonn totalvekt.

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. Dette blir ikke tilfelle ved kødannelser, da vifteanlegg er nødvendig for tilstrekkelig ventilasjon i tunnelene. For trafikk fra Ekeberg tunnelen/Konows gt. mot Ryenkrysset vil det bli tatt inn friskluft fra rampe ved Konows gt. (i tabell 2 og i tabell B i sammendraget kalt "Mot Ryenkrysset 1"), eller fra eksisterende rampe pr. idag (i tabell 2 og i tabell B i sammendraget kalt "Mot Ryenkrysset 2").

Tunnelmunningene mot Ryen vil få tunnelprofil T9, og tunnelmunningsarealer inn og ut av Ekeberg tunnelen vil få tunnelprofil T7. Dette gir munningsarealer på 50,54 m² (T9) og 37,1 m² (T7). Munningsarealene til og fra planlagt rundkjøring ved Konows gt. vil få tilnærmevis tunnelprofil T7 (noe utvidet), som gir tunnelareal 42 m² mot Konows gt. og 41 m² fra Konows gt. (se Figur 2).



Figur 1 : Tunneltrasé, Svartdalstunnelen.



Figur 2: Tunnelprofiler Svartdalstunnelen.

4. Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

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

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.

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

CO	: 250 mg/m ³ (200 ppm)
NO _x	: 28,2 mg/m ³ (15 ppm) tilsvare ca. 2,8 mg/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 tunnellengde.

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 (5%).
4. Kaldstartandel (5%).

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 1. Tabellen viser også nødvendig luftstrømhastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunneluft.

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	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjonshastighet (m/s)			Pumpevirkning		Utslipp	
		A, ifølge Vegdirektoratets krav til ventilasjon i tunneler	Nødvendig	B, ifølge SFT og Folkehelsas krav til 15 min middelveidier i uteluft			CO (g/s)	NO _x (g/s)
Mot Ryenkryss 1 (ettermiddagsrush)	60	0,76	4,26		4,10	2,43	1,08	
	40	0,71	3,98		2,73	3,06	1,01	
	0	4,60	14,38		0	58,00	0,95	
Mot Ryenkryss 2 (ettermiddagsrush)	60	0,86	4,82		4,10	2,75	1,22	
	40	0,81	4,54		2,73	3,36	1,14	
	0	4,92	15,38		0	62,00	1,08	
Mot Konows gt.* (formiddagsrush)	60	1,00	2,80		0,1	0,13	0,01	
	40	1,00	2,80		0,1	0,21	0,01	
Til Ekebergtunnelen (formiddagsrush)	60	0,07	0,39		4,44	1,01	0,12	
	40	0,09	0,50		2,96	1,58	0,15	
	0	6,90	21,56		0	64,00	0,24	

* Trafikkmengden vil her blir for lav til å gi kødannelse.

Normalt brukes Vegdirektoratets krav til luftkvalitet i tunneler. Vi har etter oppdragsgivers ønske også satt opp nødvendig ventilasjonshastighet basert på SFT og Folkehelsas krav til 15 minutters middelerverdier i uteluft. For normal trafikkavvikling ved kjørehastighet 60 km/h vil dette føre til en liten økning av ventilasjonshastigheter utover pumpevirkning fra trafikken i retning mot Ryenkrysset. Ved stillestående kø i tunnellopene vil det føre til en kraftig økning i ventilasjonshastigheten som det ikke er praktisk mulig å gjennomføre.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x , men større utslipp av CO. Tabellen viser at det er liten forskjell i CO- og NO_x -utslipp med ulik hastighet i området 40-60 km/h. Lavere hastighet gir mindre NO_x -utslipp og større CO-utslipp. Vanligvis vil det være NO_x -utslippene som avgjør nødvendige luftstrøms-hastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved dårlig trafikkavvikling eller sammenhengende kø i tunneler vil det være CO-utslippene som vanligvis er avgjørende for nødvendig utlufting av tunnelene.

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

6. Resultater fra spredningsberegningene

NO_2 - og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 2 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i kjørehastighet 60 km/h, men beregninger er også utført for 40 km/h for å vise variasjonen i munnings-konsentrasjonen.

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med 5% tungtrafikkandel. Dersom tungtrafikkandelen skulle bli lavere vil en få noe høyere CO-konsentrasjoner ved samme trafikkmengde totalt.

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO_2 er redusert til et nivå lik de anbefalte luftkvalitetskriteriene for uteluft. Det er regnet at NO_2 -andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 7,5% i tunnel oppover, 20% i tunnel nedover og ved tomgangskjøring (kø). I beregningene er det også tatt hensyn til bakgrunnsnivå av forurensete 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 43 µg NO_2 /m³ som timemiddel.

Tabell 2: *Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk.
Mot Ryenkryssset 1: ventilasjon fra pårampe i Konowsgt.
Mot Ryenkryssset 2: ventilasjon fra dagens avrampe mot Konowsgt.*

Tunnelmunning	Kjørehastighet (km/h)	Ventilasjons- hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Mot Ryenkryssset 1 (ettermiddagsrush)	60	4,10 (P)	12	391
	40	2,73 (P)	22	548
	0	4,60 (N)	250	-- **
Mot Ryenkryssset 2 (ettermiddagsrush)	60	4,10 (P)	13	441
	40	2,73 (P)	25	619
	0	4,92 (N)	250	--**
Mot Konows gt. (formiddagsrush)	60	1,00 (N)	3	62
	40	1,00 (N)	5	76
Til Ekeberg tunnelen (formiddagsrush)	60	4,44 (P)	6	141
	40	2,96 (P)	14	271
	0	6,90 (N)	250	--**

* P: pumpevirkning fra trafikken (langt større enn nødvendig ventilasjonshastighet).

N: nødvendig med ventilasjonsvifter (minstekrav er oppgitt).

** CO-utslippene er avgjørende for ventilasjonskrav.

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



Vi har derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 103 µg NO₂/m³ som alene gir bidrag som er høyere enn anbefalt luftkvalitetskriterium (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner som sammenlignes med anbefalt luftkvalitetskriterium på 100 µg/m³). Se for øvrig Tabell 3.

Tabell 3: *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

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 4.

Tabellen viser at forurensningsnivået ved tunnelmunning i Konows gt. blir relativt lavt. Ved normal rushtidstrafikk vil NO₂-nivået bli avgjørende for nødvendig avstand fra tunnelmunning for å komme ned på et forurensningsnivå som er lavere enn anbefalte retningslinjer for uteluft. Bakgrunnsnivået for NO₂ er 43 µg/m³, og for ozon 60 µg/m³. Tilsammen gir dette et bakgrunnsnivå på 103 µg/m³. Det er derfor umulig å komme ned på anbefalt retningslinje på 100 µg/m³ i nærheten av tunnelmunningene. I tabell 4 har vi derfor startet med et nivå på 150 µg NO₂ /m³.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved stor trafikk (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold.

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 5% fører det til mindre område med NO₂-belastning over akseptabelt forurensningsnivå.

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelen kan bidra til luktplager i tunnelmunningens umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksosluft kunne merkes på større avstander enn der NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³. Luktplager fra tunnelmunningen vil bare berøre næringsbygg.

Figur 3 viser område ved Ryen som blir belastet ved rushtidstrafikk om ettermiddagen da trafikkmengden i retning fra tunnelmunningen mot Ryenkrysset er ca. 2,5 ganger så høy som ved morgenrushet. Skole, barnehage og boliger i nærheten av tunnelmunning mot Ryenkrysset får ikke høy forurensningsbelastning ved normal trafikkavvikling. Tabell 4 viser at forurensningsbelastningen er større ved trafikkavvikling i 60 km/h enn i 40 km/h. Dette kommer av at jefasen da blir lengre. Ved stillestående kø forsvinner den trafikkproduserte jefasen, og nødvendiggjør bruk av vifter i tunnelen. Viftekapasiteten må da være 4,6 m/s (232 m³/s). Vi regner med at køsituasjoner inne i tunnelen forekommer svært sjelden.

På- og avkjøringsrampen ved Konows gt. vil gi relativt lite forurensningsbidrag til omgivelsene ved normal trafikkavvikling.

Tunnelen som munner ut i Ekeberg tunnelen vil gi et vesentlig bidrag til denne og øke kravet til ventilering av Ekeberg tunnelen.

Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnel- munning	Traffikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jeffase (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 (250 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)
Mot Ryen- krysset 1	60 40 0	4,10 (P) 2,73 (P) 4,60 (N)	57,7 23,5 64,1	0 5 175	120 100 --*	76 58 --*	58 ¹ 40 --*	42 30 --*
Mot Ryen- krysset 2	60 40 0	4,10 (P) 2,73 (P) 4,92 (N)	57,7 23,5 67,1	0 10 185	130 110 --*	83 64 --*	63 45 --*	49 34 --*
Mot Konows gt	60 40	1,00 (N) 1,00 (N)	0 0	0 0	3 5	- -	- -	- -

* CO-utslippet er dimensjonert for ventilasjonshastighet i tunnelen.



Figur 3: Tunnelmunning mot Ryenkrysset (med ventilasjon fra pårampe Konowsgate). Fordelingen av maksimal NO_2 -konsentrasjon i rushtid om ettermiddagen. Tunnelen blir ventilert av trafikens pumpevirksomhet ved trafikkavvikling på 60 km/h. Bakgrunnsnivå på $103 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ er inkludert.

NILU har målt døgnmidle konsentrasjoner av NO₂ og svevestøv (PM₁₀) ved Ryenkrysset våren 1996, som en førundersøkelse av luftkvalitet før utbyggingen av krysset (Haugsbakk, 1996). En sammenligning med måleresultater fra andre målestasjoner ved sterkt trafikerte veier i Oslo (Kirkeveien og Tåsen) viste at NO₂-nivået var det samme eller litt lavere ved Ryenkrysset. For svevestøv var nivået minst 35% lavere. NILU skal foreta de samme målinger etter ferdigstilling av Ryenkrysset juli 1997. NILU foreslår også tilsvarende målinger etter åpningen av Svartdalstunnelen.

7. Framtidig utvikling

Alle nye personbiler solgt etter 1989 er utstyrt med treveis katalysator. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler ble innført i 1990, og tyngre dieseldrevne biler fikk strengere avgasskrav i 1994. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget fra 1988 til nå har vært lavere enn antatt. Dette innebærer antagelig at i underkant av 65% av bensindrevne biler 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).
- Haugsbakk, I. (1996) Målinger av nitrogenoksider og svevestøv ved Ryenkrysset. Våren 1996. Kjeller (NILU OR 50/96).
- 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. og Tønnesen, D. (1995) Luftforurensning fra trafikken i Svartdalstunnelen. Kjeller (NILU OR 9/95).

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 (1988) Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Oslo.

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-nedbryting	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.

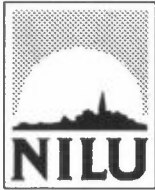
CO i luften kan påvirke mennesker dersom gassen i tilstrekkelig grad fortrenger oksygen fra dets bindingssted på blodets hemoglobin. Opptaket av CO i kroppen skjer i to trinn; *innåndingen*, som gir økt CO-konsentrasjon i lungeblærene (alveolene), og *diffusjonen* gjennom alveoleveggen over i blodet. 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			



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 72/96	ISBN 82-425-0836-4 ISSN 0807-7207	
DATO 4.3.97	ANSV. SIGN. <i>Ivar Haugbakk</i>	ANT. SIDER 22	PRIS NOK 45,-
TITTEL Svartdalstunnelen Vurdering av luftforurensning		PROSJEKTLEDER Ivar Haugbakk	NILU PROSJEKT NR. O-96126
FORFATTER(E) Ivar Haugbakk		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAKSGIVERS REF. Lars Pedersen
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Oslo Postboks 8037 Dep 0030 OSLO			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Tunnel er planlagt bygget mellom Ryenkrysset og Ekebergtunnelen i Oslo. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av CO og NO _x i tunnelen og det er beregnet minste tilstrekkelig ventilasjonshastighet i tunnelen for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelen ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk morgen/kveld). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra utslippsområdet er vist og konsentrasjonene er sammenlignet med SFTs luftkvalitetskriterier.			
TITLE Air pollution from traffic in the Svartdal tunnel			
ABSTRACT			

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