

Rv57 – Herlandstunnelen

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk



Norsk institutt for
luftforskning

Innhold

	Side
Sammendrag og konklusjon	2
1 Innledning	5
2 Metoder og forutsetninger	5
3 Tunnel- og trafikkdata	6
4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet	8
5 Utslipp	8
6 Resultater fra spredningsberegningene	9
7 Framtidig utvikling	10
8 Referanser	10
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk.....	12
Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunneler	17
Vedlegg C Spredningsberegninger for tunneler.....	20
Vedlegg D Trafikktall	24

Sammendrag og konklusjon

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region Vest utført beregninger av luftforurensning fra Rv57 Herlandstunnelen. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og svevestøv (PM₁₀) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen. Beregningene er basert på prognoser for trafikktall for 2013. Prognosene er framsatt av Statens vegvesen Region Vest.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner med trafikkflyt i begge retninger. 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 svevestøv (PM₁₀) og nitrogendioksid (NO₂), og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Konklusjon

Beregningene viser at forurensningsnivået både for PM₁₀ og NO₂ fra Herlandstunnelen allerede ved tunnelmunningene er redusert til et nivå under grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Dette forutsetter imidlertid at tunnelene ventileres med en hastighet på minimum 1,0 m/s.

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 for lokal luftkvalitet.

Tabell A viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi i første rekke sammenlignet målte konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier, men også 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	Norske grenseverdier	Nasjonalt mål
NO ₂	µg/m ³	Time	200 ¹⁾ (18)	150 ¹⁾ (8)
	µg/m ³	År	40 ¹⁾	
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50 ²⁾ (35)	50 ²⁾ (25)
	µg/m ³	Døgn	50 ¹⁾ (7)	50 ¹⁾ (7)
	µg/m ³	År	40 ²⁾	
	µg/m ³	År	20 ¹⁾	

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. 4. oktober 2002 er lik EUs nye grenseverdier.
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn den nye forskriften. Den nye forskriften 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).

Metoder og utslippsdata

I beregningene er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler andre steder. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger.

Utslipp av svevestøv (PM₁₀) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for trafikkbelastning på dagtid. Det vil ikke være noen perioder på dagen med forhøyet trafikkintensitet.

1. Maksimal trafikkintensitet (antall og hastighet basert på prognoser for 2013).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (10%).
4. Kaldstartandel (5%).

Forurensning ved tunnelmunningene

NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder med skiltet hastighet 70 km/h. Tabell B viser resultatet av beregningene. Munningskonsentrasjonene er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Siden det ikke er separate tunnellop for begge kjøretretningene, vil det ikke bli noen pumpevirkning fra trafikken.

*Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved.
ÅDT for tunnelene for 2013: 4 500.*

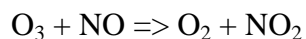
Tunnel	Ventilasjonshastighet (m/s)	Konsentrasjon	
		PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Herlandstunnelen (280 m)	1,0	13	28
Espelandstunnelen (810 m)	1,0	90	108

Ved normal trafikkavvikling er NO_x-utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet.

NO₂- og PM₁₀-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. 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 $6 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ og $25 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$. Dette vil sannsynligvis bli lavere i 2013.

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 teoretiske maksimalnivået for NO_2 -bidrag fra andre kilder blir dermed $66 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddelverdi. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O_3 til stede.

Rv57 – Herlandstunnelen

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region Vest utført beregninger av luftforurensninger fra Rv57 Herlandstunnelen. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene utenfor tunnelmunningene. Beregningene er utført for trafikksituasjoner med maksimaltrafikk.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for svevestøv (PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2). Utslippet av nitrogenoksider (NO_x) fra biltrafikk består normalt av 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO_2) på horisontal vei (7,5% i oppoverbakke og 20% i nedoverbakke). NO_2 i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Nye forskrifter og Nasjonalt mål for luftkvalitet er omtalt i kapittel 4.

2 Metoder og forutsetninger

I beregningene er det benyttet samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Peterson og Tønnesen, 1990). 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 PM_{10} og NO_x i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av NO_x er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier i tunnelen.
3. Konsentrasjonene av PM_{10} og NO_2 utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 fra munningene er sammenlignet med nye forskrifter og Nasjonalt mål for luftkvalitet gitt i kapittel 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmelesvis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. For tunge dieslbiler ble strengere avgasskrav innført allerede i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført så tidlig som 1990. Eventuelle endringer i teknologi

mellom 2010 og 2013 er det **ikke** tatt hensyn til. Trolig vil utslippsnivået pr. kjøretøy på dette tidspunktet være lavere enn det som er anvendt i beregningen.

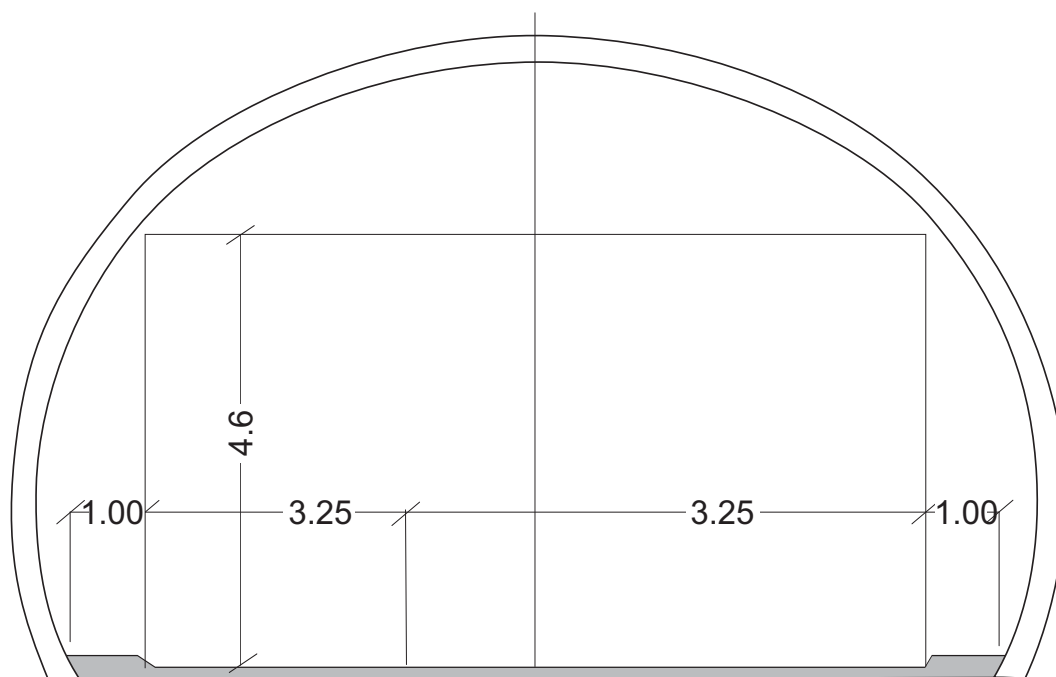
3 Tunnel- og trafikkdata

Tunnelprofil er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av Statens vegvesen, Region Vest. Prognoser for trafikk tall for 2013 er benyttet (ÅDT 4 500). Beregningene er utført med hensyn på dagtrafikk uten spesiell rushtidstrafikk for 2013.

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

Tunnelmunningene har tunnelprofil T8,5. Dette gir munningsarealer på 46,9 m².

Se også Vedlegg C, trafikk tall.



Figur 1: Tunnelprofil T8,5.

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 for lokal luftkvalitet.

Tabell 1 viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi i første rekke sammenlignet målte konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier, men også 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	Norske grenseverdier	Nasjonalt mål
NO ₂	µg/m ³	Time	200 ¹⁾ (18)	150 ¹⁾ (8)
	µg/m ³	År	40 ¹⁾	
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50 ²⁾ (35)	50 ²⁾ (25)
	µg/m ³	Døgn	50 ¹⁾ (7)	50 ¹⁾ (7)
	µg/m ³	År	40 ²⁾	
	µg/m ³	År	20 ¹⁾	

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. 4. oktober 2002 er lik EUs nye grenseverdier.
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn den nye forskriften. Den nye forskriften 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 og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, på dagtid uten noen forhøyet rushtid, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall (ÅDT 4 500 og hastighet 70 km/h basert på prognoser for 2013).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (10%).
4. Kaldstartandel (5%).
5. Piggdekkandel (35%).

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. Vi har også tatt med resultater fra Espelandstunnelen.

Tabell 2: Utslipp (g/s) av PM_{10} og NO_x i tunnelene, og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelene.

Tunnel	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
		PM_{10} (g/s)	NO_2 (g/s)
Herlandstunnelen (280 m)	0,01	0,001	0,014
Espelandstunnelen (810 m)	0,06	0,004	0,051

I praksis er det ikke mulig å ventilere toveiskjørtede tunneler med så lave ventilasjonshastigheter som det her er snakk om. Det er derfor nødvendig å øke ventilasjonshastigheten til 1,0 m/s.

En lavere dieselandel enn 10% vil gi mindre utslipp av NO_x . Vanligvis vil det være NO_x -utslippene som avgjør nødvendige luftstrømshastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler.

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

6 Resultater fra spredningsberegningene

NO_2 - og PM_{10} -konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter, beregnet på trafikale prognoser for 2013. Tabell 3 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i skiltet kjørehastighet 70 km/h og ventilasjonshastighet 1,0 m/s.

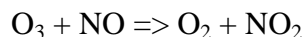
Tabell 3: Maksimale munningskonsentrasjoner ved tunnelmunninger. ÅDT for tunnelene for 2013: 4 500.

Tunnel	Ventilasjonshastighet (m/s)	Konsentrasjon	
		PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Herlandstunnelen (280 m)	1,0	13	28
Espelandstunnelen (810 m)	1,0	90	108

Tabell 3 viser at forurensningskonsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 for Herlandstunnelen allerede i tunnelmunningene er redusert til et nivå som er lavere enn grenseverdiene. Dette forutsetter imidlertid at tunnelene ventileres med lufthastighet 1,0 m/s.

I beregningene er det også tatt hensyn til bakgrunnsnivå av forurensede komponenter. Bakgrunnskonsentrasjoner representerer i dette tilfellet en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder utenfor tunnelmunningen. Vi har regnet med et bakgrunnsnivå på $10 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddel og $25 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ som døgnmiddel.

Det er også 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 teoretiske maksimalnivået for NO_2 -bidrag fra andre kilder blir dermed $66 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O_3 til stede.

Det er ellers ikke tatt hensyn til bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået.

Bakgrunnskonsentrasjoner og bidrag fra tunnelene er til sammen lavere enn gjeldende grenseverdier.

Beregningene viser at forurensningsnivået for Herlandstunnelen allerede ved tunnelmunningene er redusert til et nivå under grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Dette forutsetter imidlertid at tunnelene ventileres med en hastighet på minimum $1,0 \text{ m/s}$.

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 nybilsalget fra 1988 til nå har vært lavere enn antatt. Dette innebærer allikevel antagelig at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2010.

Avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etter hvert redusere NO_x (og NO_2)-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.

Eventuelle endringer i teknologi mellom 2010 og 2013 er det **ikke** tatt hensyn til. Trolig vil utslippsnivået pr. kjøretøy på dette tidspunktet være lavere enn det som er anvendt i beregningen.

8 Referanser

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

- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Larssen, S. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensninger ved munningene. Lillestrøm (NILU OR 33/87).
- Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).
- Peterson, H.G. and 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).

Vedlegg A

Generelt om luftforurensning fra trafikk

Oversikt

De ulike stoffer i bileksos kombinert med det store drivstoff-forbruket i samferdselssektoren 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 (PM₁₀) og 2,5 µm (PM_{2,5}). PM₁₀ kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens PM_{2,5} kan transporteres helt ned i lungealveolene.

PM₁₀ består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens PM_{2,5} domineres av eksospartiklene. De maksimale PM₁₀-konsentrasjonene måles i perioder med stor trafikk når veiene tørker opp mot slutten av piggdekkssesongen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i lufta.

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av CO, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ (SFT, 1992). Til luftkvalitetskriteriene er det knyttet en midlingstid. Det anbefales at forurensningskonsentrasjonen, målt som gjennomsnitt over den gitte midlingstiden, ikke skal overskride den gitte verdien. Helsevirkninger knyttet til overskridelse av de ulike luftkvalitetskriteriene er omtalt i SFTs rapport (SFT, 1992). Den vesentligste endringen med tanke på trafikkforurensning i forhold til det forrige settet med luftkvalitetskriterier, er at kriteriet for timemiddelkonsentrasjon av NO₂ er redusert fra 200 til 100 µg/m³.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer i dag relativt hyppig i byer og tettsteder. Hvilke luftkvalitetskriterier som overskrides har forandret seg de siste 10-15 årene. Tidligere forekom overskridelser av grenseverdiene for CO og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier. CO og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til NO₂ og PM₁₀ har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell 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 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

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunneler

HERLANDSTUNNELEN Aar-2013

BEREGNINGSÅR: 2013

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20
10.	4.	3.	3.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	188.	0.21	1.20
2	188.	0.21	-1.20
3	188.	0.07	0.00
4	188.	0.07	0.00

HASTIGHET PM10-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	0.001	0.051
20	0.001	0.041
30	0.001	0.036
40	0.001	0.023
50	0.001	0.019
60	0.001	0.015
70	0.001	0.014
80	0.001	0.014
90	0.001	0.014

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

PM10 ER GITT I mg/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 46.9 M**2

NØDV. VENTILASJON FRA STØV ER TOTALT STØV!

TRAFIKK- PUMPE- NØDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10(P)	NOX(P)	PM10(N)	NOX(N)
10	0.00	0.04	-1.000	-1.000	0.570	28.000
20	0.00	0.03	-1.000	-1.000	0.728	28.000
30	0.00	0.03	-1.000	-1.000	0.853	28.000
40	0.00	0.02	-1.000	-1.000	0.900	28.000
50	0.00	0.01	-1.000	-1.000	0.991	28.000
60	0.00	0.01	-1.000	-1.000	1.180	28.000
70	0.00	0.01	-1.000	-1.000	1.340	28.000
80	0.00	0.01	-1.000	-1.000	1.499	28.000
90	0.00	0.01	-1.000	-1.000	1.500	24.960

ESPELANDSTUNNELEN Aar-2013

BEREGNINGSÅR: 2013

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20
10.	4.	3.	3.

VEGSEGMENTER:

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

1	188.	0.81	4.40
2	188.	0.81	-4.40

HASTIGHET PM10-PROD(G/S) NOX-PROD(G/S)

10	0.003	0.150
20	0.003	0.120
30	0.004	0.108
40	0.003	0.072
50	0.003	0.064
60	0.003	0.050
70	0.004	0.051
80	0.005	0.050
90	0.006	0.049

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

PM10 ER GITT I mg/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 46.9 M**2

NØDV. VENTILASJON FRA STØV ER TOTALT STØV!

TRAFIKK- PUMPE- NØDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10(P)	NOX(P)	PM10(N)	NOX(N)
10	0.00	0.11	-1.000	-1.000	0.575	28.000
20	0.00	0.09	-1.000	-1.000	0.764	28.000
30	0.00	0.08	-1.000	-1.000	0.928	28.000
40	0.00	0.05	-1.000	-1.000	1.111	28.000
50	0.00	0.05	-1.000	-1.000	1.344	28.000
60	0.00	0.05	-1.000	-1.000	1.500	22.246
70	0.00	0.06	-1.000	-1.000	1.500	18.092
80	0.00	0.07	-1.000	-1.000	1.500	14.765
90	0.00	0.09	-1.000	-1.000	1.500	12.039

Vedlegg C

Spredningsberegninger for tunneler

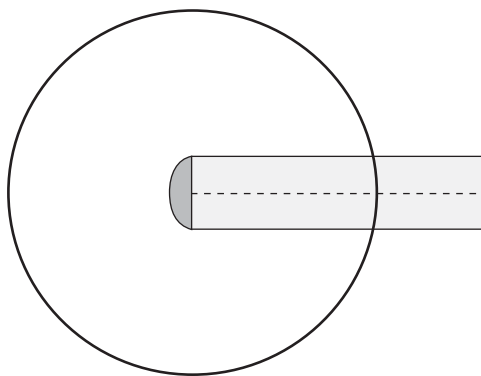
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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.

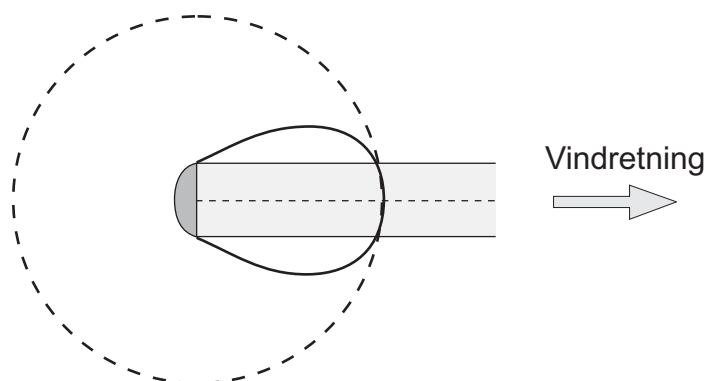
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørte tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørte tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet for 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.

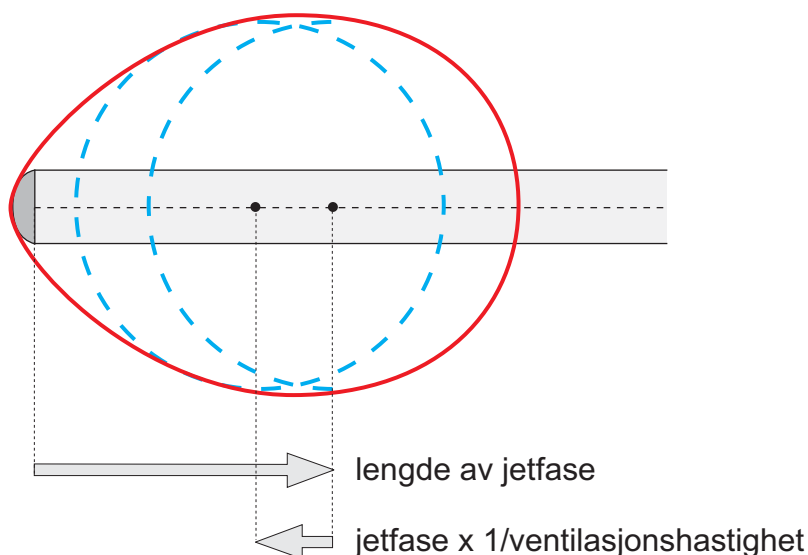
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

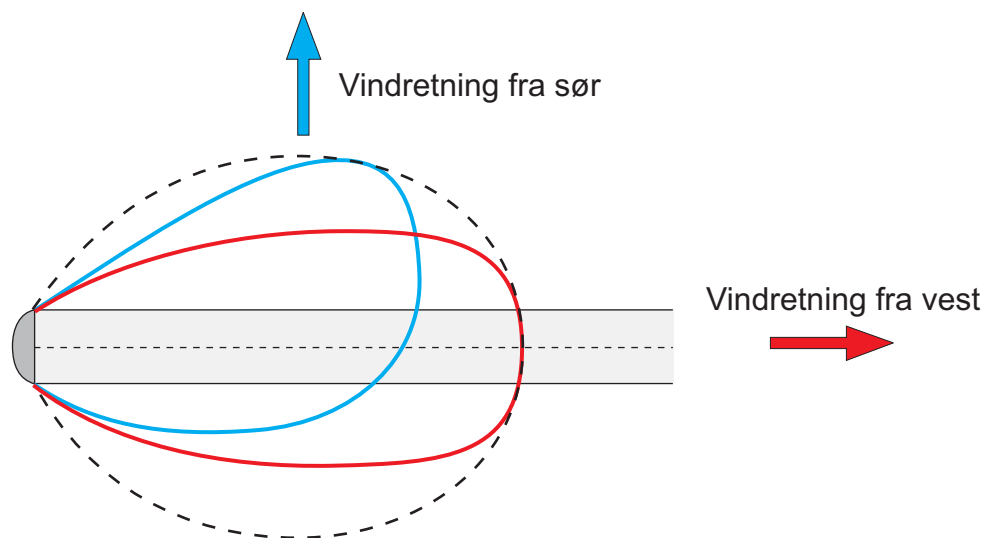
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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.

Vedlegg D

Trafikktall

NILU
v/ Ivar Haugsbakk

Viser til telefonsamtale i dag 1.februar angående forurensing ved Herlandstunnelen.

Vegkontoret i Bergen ønsker å få utført en vurdering av luft- og støvforurensing i forhold til bolig over tunnelmunningen.

En er i gang med prosjektering av en strekning på Rv 57 i Nordhordland.

I forbindelse med behandling av reguleringsplanen har en fra en oppsitter fått klage på at en ikke har utredet luft- og støvforurensing.

En har to tunneler med en daglinje på ca 170m mellom portalene. Boligen ligger over tunnelmunningen på den korteste av tunnelene i profil 1930.

Tunneldata

Espelandstunnelen 810m s -44,49 0/00 i nordlig retning

Herlandstunnelen 280m s -12,25 0/00 i nordlig retning

Begge har tunnelprofil T 8,5 med tverrsnitt 46,9m²

Trafikkdata

Årsdøgntrafikk er anslått til 4500 kjt/døgn i 2013

En antar at tungbilandelen kan komme opp i 15% (til/fra Mongstad)

Regner med at retningsfordelingen her er 50/50, og ikke noe utpreget rushtrafikk.

Gjennomsnittlig hastighet anslåes til ca 70km/t.

Legger med kart over situasjonen.

Vi er som tidligere nevnt i gang med prosjekteringen og skal starte anlegget snart. Håper derfor at denne vurderingen kan bli utført snarest mulig. Ser fram til et prosjektopplegg.

Ta kontakt dersom dere trenger flere opplysninger.

Med hilsen
Arna H. Matre



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 26/2006	ISBN 82-425-1748-7 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 25	PRIS NOK 150,-
TITTEL Rv57 – Herlandstunnelen Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	NILU PROSJEKT NR. O-106051
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAGSGIVERS REF. Arna H. Matre
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Region Vest, Ressursavdelinga Askedalen 4 6843 Leikanger			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for Rv57 – Herlandstunnelen, basert på trafikkprognoser for 2013. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM ₁₀ og NO _x i tunnelene, og det er beregnet minste tilstrekkelig ventilasjonshastighet i tunnelene for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelen. Konsentrasjonene er sammenlignet med Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet. Ingen overskridelse av grenseverdier ved ventilasjonshastighet 1,0 m/s.			
TITLE Air pollution from Rv57 – Herlandstunnelen.			
ABSTRACT Dispersion calculations for Rv57 Herlandstunnelen, based upon traffical prognosis for 2013. No exceedance of limit values with ventilation of tunnels at 1.0 m/s.			

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