

Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø

Vurdering av luftforurensning fra
tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk

Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk



Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Innledning	7
2 Metoder og forutsetninger	7
3 Tunnel- og trafikkdata	8
4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet	10
5 Utslipp	10
6 Resultater fra spredningsberegningene	11
7 Framtidig utvikling	13
8 Konklusjon	14
9 Referanser	14
Vedlegg A Trafikk-tall - inngangsdata	15
Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen	19
Vedlegg C Spredningsberegninger for tunnelen	23

Sammendrag

NILU-Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens vegvesen Region nord utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunning for tunnel mellom Hunstadmoen og Thallekryss i Bodø. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og svevestøv (PM_{10}) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningene. Beregningene er basert på trafikk tall fra oppdragsgiver.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, 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 (PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2) og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

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	$\mu g/m^3$	Time	200 (18)	150 (8)
	$\mu g/m^3$	År	40	
PM_{10}	$\mu g/m^3$	Døgn	50 (7)	50 (7)
	$\mu g/m^3$	År	40	
	$\mu g/m^3$	År	20	

- 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, som vist i Tabell A.

Metoder og utslippsdata

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

Utslipp av svevestøv (PM₁₀) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, dvs. rushtid om for- og ettermiddagen med følgende inngangsdata (se også Vedlegg A):

1. Maksimal trafikkintensitet (antall og hastighet gitt av oppdragsgiver).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (7%).
4. Kaldstartandel (5%).
5. Piggdekkandel 91%

Forurensning ved tunnelmunningene

NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene for gitte kjørehastigheter (deriblant skiltet hastighet med uthevet skrift). Munningskonsentrasjonene er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Med separate tunnelløp for begge kjøreretningene, vil pumpevirkning fra trafikken medføre en ventilasjonshastighet som er mer enn tilstrekkelig for å ventilere tunnelen.

Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk.
ÅDT for tunnelene. Alle konsentrasjoner som timemidler.

Tunnelmunning	Ventilasjons- hastighet** (m/s)	Munningskonsentrasjoner*	
		PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Vestover			
60 km/t	5,07	540	154
70 km/t	5,92	603	131
80 km/t	6,76	665	114
Østover			
60 km/t	5,48	583	206
70 km/t	6,39	651	176
80 km/t	7,30	718	152

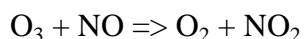
*Utslipet av NO₂ avtar med høyere hastighet. For PM₁₀ er det omvendt.

**Pumpevirking/stempeleffekt fra trafikken

Ved normal trafikkavvikling og enveiskjørte tunneler er PM₁₀-utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelen. En økning av ventilasjonshastigheten i tunnelen vil redusere munningskonsentrasjonene.

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 25 µg NO₂/m³ og 10 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 teoretiske maksimalnivået for NO₂-bidrag fra andre kilder blir dermed 85 µg NO₂/m³ som timemiddelverdi. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O₃ til stede.

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 NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³.

Tabell C viser utbredelsen av NO₂ og PM₁₀ fra tunnelmunningen i tiden på døgnet med rushtidstrafikk.

Konklusjon

For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet (80 km/t) viser beregningene at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 91 m fra tunnelmunning. For NO₂ vil det ikke bli overskridelser av grenseverdi utenfor tunnelmunningene.

Ved endret kjørehastighet vil disse forholdene endres, og det er påkrevd med vifter som kan sikre nødvendig ventilasjon i tunnelene for å hindre overskridelser av grenseverdier for tunnelluft.

Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av PM₁₀ og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)	Lengde av jettfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)			
			PM ₁₀ (50 µg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)
Vestover						
60 km/t		78,3	78	67	25	-
70 km/t		83,0	89	64	11	-
80 km/t		84,5	90	59	-	-
Østover						
60 km/t		81,0	88	90	55	23
70 km/t		84,2	89	89	49	2
80 km/t		84,5	91	86	39	-

Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

1 Innledning

NILU-Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens vegvesen Region nord utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunning for tunnel mellom Hunstadmoen og Thallekrysse i Bodø. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene. Beregningene er utført for trafikksituasjoner med maksimaltrafikk (rushtid).

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk. 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 tunneler med toveis trafikk.
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 tilnærmet 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. Eventuelle endringer i teknologi etter 2010 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

Tunnelalternativer er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av Statens vegvesen Region nord. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush for 2013.

Med separate løp for de to kjøreretningene vil pumpevirkingen fra trafikken ved normal trafikkavvikling med god margin være tilstrekkelig til nødvendig ventilering av tunnelen. Ved kødannelser vil vifteanlegg være nødvendig for tilstrekkelig ventilasjon i tunnelen. Se også Vedlegg A, trafikkdata.



Figur 1: Tunneltraséer, Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø.

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 (18)	150 (8)
	µg/m ³	År	40	
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50 (7)	50 (7)
	µg/m ³	År	40	
	µg/m ³	År	20	

- 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, som vist i Tabell 1

5 Utslipp

Utslipp av PM₁₀ og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall.
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (7%).
4. Kaldstartandel (5%).
5. Piggdekkandel (91%)

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene for

gitte kjørehastigheter (deriblant skiltet hastighet med uthevet skrift). Munningskonsentrasjonene er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Med separate tunnellop for begge kjøreretningene, vil pumpevirkning fra trafikken medføre en ventilasjonshastighet som er mer enn tilstrekkelig for å ventilere tunnelen.

Tabell 2: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk. ÅDT for tunnelene. Alle konsentrasjoner som timemidler.

Tunnelmunning	Ventilasjons- hastighet** (m/s)	Munningskonsentrasjoner*	
		PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Vestover			
60 km/t	5,07	540	154
70 km/t	5,92	603	131
80 km/t	6,76	665	114
Østover			
60 km/t	5,48	583	206
70 km/t	6,39	651	176
80 km/t	7,30	718	152

*Utslipet av NO₂ avtar med høyere hastighet. For PM₁₀ er det omvendt.

**Pumpevirkning/stempeleffekt fra trafikken

En lavere dieselandel enn 10% vil gi mindre utslipp av NO_x. Vanligvis vil det være NO_x-utslippene som avgjør nødvendige luftstrøms hastigheter 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

NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i skiltet kjørehastighet.

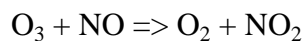
Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av PM₁₀ og NO₂ er redusert til et nivå lik grenseverdier og Nasjonalt mål for uteluft/grenseverdier.

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 25 µg NO₂/m³ som timemiddel og 10 µg PM₁₀/m³ som døgnmiddel.



Figur 2: Maksimal utbredelse av svevestøv (PM_{10}) fra tunnelmunninger. Iso-konsentrasjonskurven viser maksimal utbredelse av $50 \mu\text{g } PM_{10}/\text{m}^3$ 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 $85 \text{ g } \text{NO}_2/\text{m}^3$. 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. Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 3.

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

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 7% fører det til et 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.

Figur 2 viser maksimal utbredelse av forurensning av PM₁₀ som døgnmiddel for tunnelmunningen.

Konklusjon

For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet (80 km/t) viser beregningene at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 91 m fra tunnelmunning. For NO₂ vil det ikke bli overskridelser av grenseverdi utenfor tunnelmunningene.

Ved endret kjørehastighet vil disse forholdene endres, og det er påkrevd med vifter som kan sikre nødvendig ventilasjon i tunnelene for å hindre overskridelser av grenseverdier for tunnelluft.

Tabell 3: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunning for at konsentrasjoner av PM₁₀ og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)	Lengde av jefase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)			
			PM ₁₀ (50 µg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)
Vestover	60 km/t	78,3	78	67	25	-
	70 km/t	83,0	89	64	11	-
	80 km/t	84,5	90	59	-	-
Østover	60 km/t	81,0	88	90	55	23
	70 km/t	84,2	89	89	49	2
	80 km/t	84,5	91	86	39	-

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 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.

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

8 Konklusjon

Beregningene viser at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 78-91 m fra tunnelmunning. For NO₂ vil spredningsavstand med 200 µg NO₂/m³ være opptil 23 m fra tunnelmunning.

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. (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).

Vedlegg A

Trafikk-tall - inngangsdata



Statens vegvesen

Norsk institutt for luftforurensing
Postboks 100
Instituttveien 18
2027 KJELLER

Behandlings enhet:
Region nord

Saksbehandler/ansvarlig:
Bjørn Tore Olsen - 73321827

Vår referanse:
2009/190276-108

Deres referanse:

Vår dato:
26.11.2009

Luftforurensing tunnel - bestilling

Statens vegvesen Region nord viser til tidligere forespørsel om prosjektforslag på å beregne produksjon og spredning av luftforurensning fra tunnel under planlegging på rv. 80 i Bode kommune. Videre viser vi til prosjektforslag mottatt 25. november som er utarbeidet på følgende grunnlag.

Statens vegvesen Region nord ønsker tilbud på vurdering av luftforurensing og spredning av forurenset luft ved tunnelmunningene. Videre ønskes utredet behov for ventilasjon/rensing av tunnelluften, evt. vurdert om det bør bygges ventilasjonstår, for å unngå forurensing over grenseverdiene i utsatte områder. Vi har ikke kjørt støyberegninger, så eventuelle støyskjermar langs vegen ut fra tunnelen er foreløpig ikke vurdert, men kan bli aktuelt.

Vitale data for tunnelen er:

Tunnelklasse:	F, to løp og 4 kjørefelt (revideres etter ny hb.)		
Kjørebanebredde:	3,5 meter		
Lengde:	2750 meter		
ÅDT:	20.900 biler i 2040		
Rushrimene, beregnet for år 2040:	kl 0730 – 0830,	Vestgående løp 1500	
(avrundede tall)		Østgående løp 330	
	kl 1500 – 1600,	Vestgående løp 750	
		Østgående løp 1750	
Fartsgrense:	80 km/t		
Tungtrafikkandel: fordeling lengdeklasser			
	0,8 %	s =16m	
	0,8 %	12,5 – 16m	
	2,7 %	7,6 – 12,5m	
	2,3 %	5,6 – 7,6m	
	93,3 %	mindre enn 5,6m	

Postadresse
Statens vegvesen
Region nord
Dreyfuskammern 11
8002 Bode

Telefon: 96640
Telefax: 75 55 20 51
E-mailet: nord@vegvesen.no
Orgnr: 971012081

Kontoradresse
Dreyfuskammern 11/13
8002 BODE

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Region nord
Båstfordalen 18
9810 VADSØ
Telefon: 78 94 15 50
Telefax: 78 95 33 12

Statens vegvesen Region nord bestiller tunnelberegninger for Hunstadmoen – Thallekrysset i Bodo kommune iht. prosjektforslag slik det framgår i brev av 23. november 2009.

Med hilsen ,

Bjørn Tore Olsen

Vedlegg B

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjons hastighet i tunnelen

Vestover
 BEREGNINGSÅR: 2013
 TRAFIKKSAMMENSETNING:
 DPD DL<10 DL10-20 DL>20
 7. 4. 3. 3.

VEGSEGMENTER:
 DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	1500.	0.26	3.00
2	1500.	2.24	-0.70
3	1500.	0.25	-2.70

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

10	0.085	1.919
20	0.097	1.504
30	0.118	1.298
40	0.117	0.818
50	0.145	0.672
60	0.182	0.519
70	0.237	0.517
80	0.299	0.515
90	0.369	0.514

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:
 PM10 ER GITT I mg/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 66.5 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	0.85	1.03	1.509	34.121	1.238	28.000
20	1.69	0.98	0.866	13.368	1.500	23.167
30	2.54	1.18	0.701	7.692	1.500	16.467
40	3.38	1.17	0.521	3.634	1.500	10.469
50	4.23	1.46	0.517	2.390	1.500	6.929
60	5.07	1.83	0.540	1.537	1.500	4.269
70	5.92	2.38	0.603	1.314	1.500	3.272
80	6.76	3.00	0.665	1.145	1.500	2.583
90	7.61	3.70	0.730	1.015	1.500	2.086

Østover
 BEREGNINGSÅR: 2013
 TRAFIKKSAMMENSETNING:
 DPD DL<10 DL10-20 DL>20
 7. 4. 3. 3.

VEGSEGMENTER:
 DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	1750.	0.26	-3.00
2	1750.	2.24	0.70
3	1750.	0.25	2.70

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

10	0.099	2.464
20	0.114	1.989
30	0.138	1.772
40	0.137	1.162
50	0.170	0.971
60	0.213	0.750
70	0.277	0.747
80	0.349	0.739
90	0.431	0.728

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:
 PM10 ER GITT I mg/m³ , NO_x ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 66.5 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	0.91	1.32	1.630	40.573	1.125	28.000
20	1.83	1.14	0.935	16.375	1.500	26.273
30	2.74	1.38	0.757	9.725	1.500	19.276
40	3.65	1.37	0.562	4.781	1.500	12.749
50	4.56	1.70	0.559	3.196	1.500	8.577
60	5.48	2.13	0.583	2.057	1.500	5.290
70	6.39	2.77	0.651	1.758	1.500	4.052
80	7.30	3.50	0.718	1.521	1.500	3.177
90	8.22	4.32	0.788	1.332	1.500	2.534

Vedlegg C

Spredningsberegninger for tunnelen

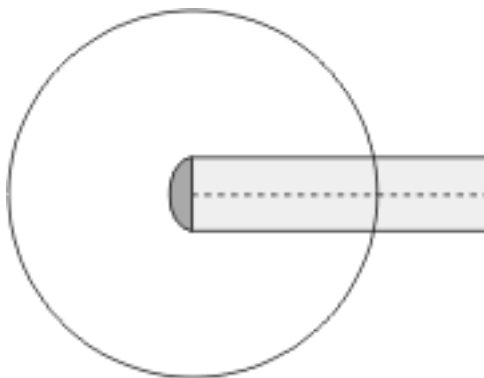
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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

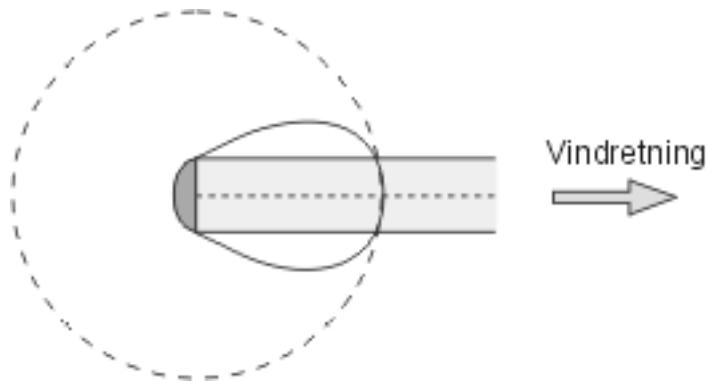
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet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

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



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

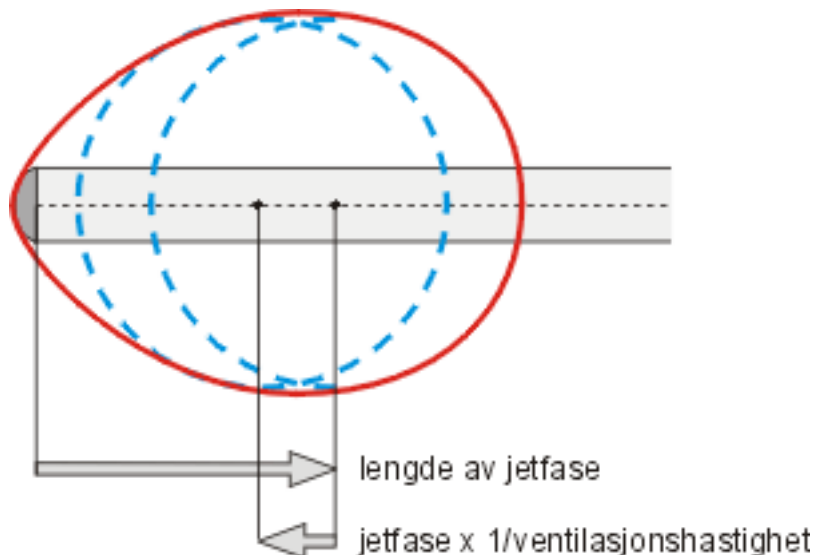
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

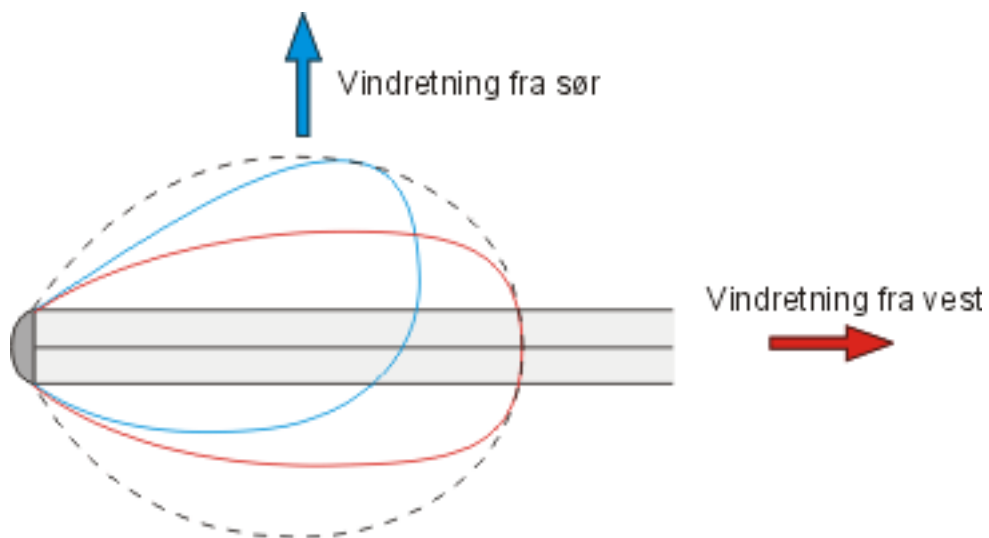
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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



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

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



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

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 540.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 78.3 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	75.	75.	75.
50.0	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	78.	78.	78.
35.0	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	79.	83.	83.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 603.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 83.0 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	86.	86.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	88.	89.	89.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	90.	98.	98.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.8 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 665.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	87.	87.	87.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	89.	90.	90.
35.0	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	91.	111.	111.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 583.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 81.0 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	85.	85.	85.
50.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	88.	88.	88.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	89.	92.	92.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 651.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.2 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	86.	87.	87.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	89.	89.	89.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	90.	107.	107.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 7.3 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 718.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	87.	88.	88.
50.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	89.	91.	91.
35.0	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	98.	119.	119.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.0	7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 154.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 78.3 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	24.7
100.0	66.6

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 131.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 83.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	10.6
100.0	64.3

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.8 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 114.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	-1.0
100.0	59.4

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 206.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 81.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	23.2
150.0	54.7
100.0	89.7

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 176.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.2 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	1.7
150.0	49.1
100.0	89.5

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 7.3 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 152.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO₂

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	39.1
100.0	86.3

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 55/2009	ISBN: 978-82-425-2168-2 (trykt) 978-82-425-2169-9 (elektronisk) ISSN: 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 33	PRIS NOK 150,-
TITTEL Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-109146	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAAGSGIVERS REF. Bjørn Tore Olsen	
OPPDRAAGSGIVER Statens vegvesen Region nord Dreyfulhammeren 31 8002 BODØ			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for tunnelforbindelsen Hunstadmoen-Thallekrysset i Bodø. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM ₁₀ og NO _x i tunnelen, og minste tilstrekkelige ventilasjonshastigheter i tunnelen for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk morgen/ettermiddag). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra tunnelmunninger er vist i tabell, og konsentrasjonene er sammenlignet med Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet			
TITLE Air pollution from tunnel contribution between Hunstadmoen-Thallekrysset in Bodø			
ABSTRACT Dispersion calculations regarding the tunnel connection between Hunstadmoen-Thallekrysset in Bodø. Maximum concentrations and dispersion distances have been calculated			

* Kategorier

A	Åpen – kan bestilles fra NILU
B	Begrenset distribusjon
C	Kan ikke utleveres

REFERANSE: O-109146
DATO: JANUAR 2010
ISBN: 978-82-425-2168-2 (trykt)
978-82-425-2169-9 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU int egrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.



NILU Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research