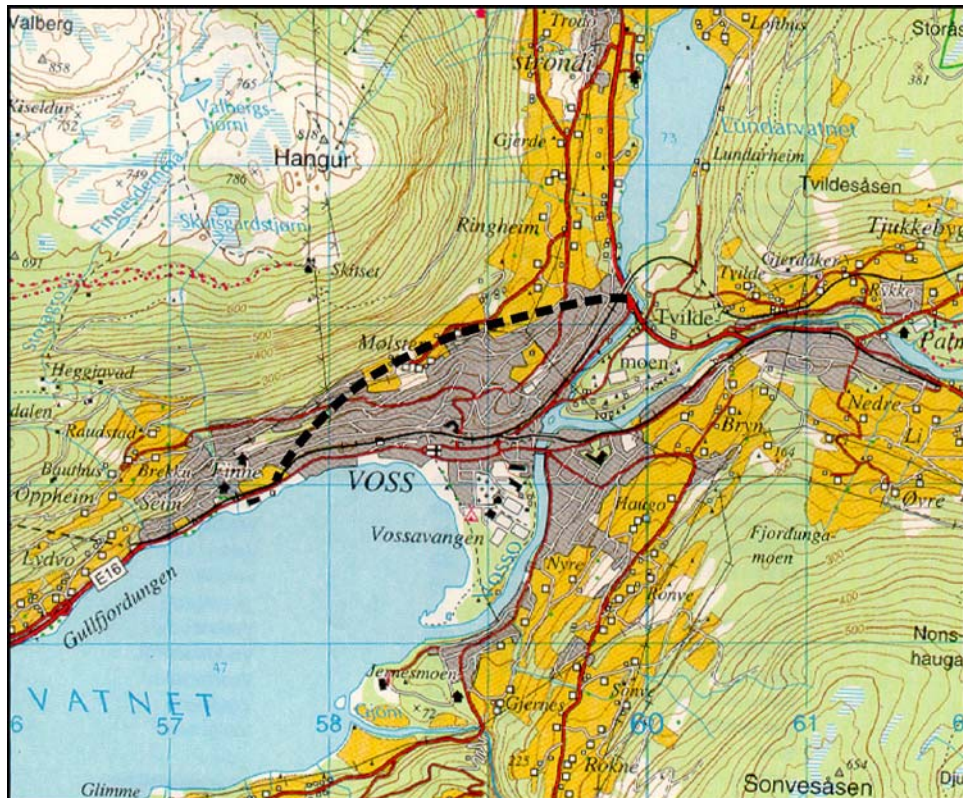


Vangstunnelen

Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk



Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Innledning.....	7
2 Metoder og forutsetninger	7
3 Tunnel- og trafikkdata	8
4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft	9
5 Utslipp.....	11
6 Resultater fra spredningsberegningene.....	12
7 Referanser	17
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk	19
Vedlegg B Inngangsdata.....	25
Vedlegg C Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen	31
Vedlegg D Spredningsberegninger for tunneler	35
Vedlegg E VLUFT-beregninger	43

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland utført beregninger av luftforurensing og ventilasjon av Vangstunnelen på Voss. Tunnelen har felles løp for begge kjøreretninger. Det er utført beregninger 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 ferdigutviklet metode for å beregne produksjon av svevestøv fra tunneler.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger. Videre er krav til ventilasjon av tunnel og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for denne trafikksituasjonen. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved østre tunnelmunning (ettermiddagsrush) og vestre tunnelmunning (morgenrush) er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO_2) som maksimal timemiddelkonsentrasjon.

Grenseverdier

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, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

Tabell A viser kriterier, Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.

Tabell A: Kriterier, Nasjonalt mål og EUs nye grenseverdier for luftkvalitet (som blir gjort gjeldende i Norge 1.1.2005) utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som $\mu\text{g}/\text{m}^3$. unntatt for CO som er gitt som mg/m^3 .

A. Uteluft

Stoff	Midlings- tid	SFT luft- kvalitets- kriterier	Nasjonalt mål *	Forurensningsloven		EUs nye grenseverdier
				Kartleggings- grenseverdi	Tiltaks- grense- verdi	
NO ₂	1 time	100	150	200	300	200
PM ₁₀	24 timer	35	50	150	300	50
CO	8 timer	10	-	-	-	-

B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250 mg/m^3
NO _x	"	28 200 mg/m^3
NO ₂	"	2 800 mg/m^3

* Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. Nasjonalt mål tillater 8 overskridelser pr. år for NO₂ (skal overholdes innen 2010), 25 overskridelser for PM₁₀ (skal overholdes innen 2005) og 7 overskridelser for PM₁₀ (skal overholdes innen 2010).

Forurensning ved tunnelmunningene

CO- og NO₂-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningen er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter. Tabell B viser resultatet av utslippsberegningene. Munningskonsentrasjoner er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Siden det er toveis trafikk i tunnelen, regnes det ikke med noen pumpevirkning av trafikk for tunnelluften.

Tabell B: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunnelen samt nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i samme tunnel.

Trafikkdata	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
		CO (g/s)	NO _x (g/s)
År 2015			
Formiddagsrush østover	0,17	0,541	0,226
Ettermiddagsrush vestover	0,15	0,508	0,200

Det er i praksis vanskelig å styre luftstrømmen i en toveiskjørt tunnel med ventilasjonshastighet i området 0,1-1,0 m/s. Vi har derfor i sprednings-

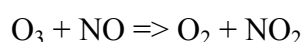
beregningene økt disse ventilasjonshastighetene til 2,0 m/s. En økning av ventilasjonshastighetene gir dessuten bedre fortynning av forurensede konsentrasjoner. Det kan i enkelte tilfeller være gunstig å doble ventilasjonshastigheten fra 1,0 m/s til 2,0 m/s da dette halverer munningskonsentrasjonene.

Svevestøvproblematikken er knyttet til tørt vær og bruk av piggdekk, og de høyeste svevestøvkonsentrasjonene blir oftest målt i slutten av piggdekkseasonen. I tider av døgnet med trafikk vil timemiddelkonsentrasjonene av svevestøv kunne komme opp i dobbelt så høye konsentrasjoner som NO₂. Grenseverdier for svevestøv er imidlertid gitt som døgnmiddel.

Ved normal trafikkavvikling er NO_x-utslippene avgjørende for nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelsystemet. I køsituasjoner ville CO-produksjonen ha blitt avgjørende.

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. I beregningene er det tatt hensyn til et bakgrunnsnivå av luftforurensninger. Bakgrunnskonsentrasjonen representerer i dette tilfelle en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder. I området der tunnelen er planlagt, er det regnet med et bakgrunnsnivå på 1 mg CO/m³ og 11 µg NO₂/m³ i år 2015.

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



Denne reaksjonen skjer umiddelbart (Hagen et al., 1993). Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 71 µg NO₂/m³ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner).

Med bakgrunnskonsentrasjoner på 71 µg NO₂/m³ som timemiddel, vil overskridelse av Nasjonalt mål på 150 µg NO₂/m³ kunne forekomme i et svært begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgenen og ettermiddag. Noen få boliger kan bli utsatt for forhøyede konsentrasjoner av NO₂ (150 µg NO₂/m³) uavhengig av ventilasjonsretning

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

NILU har også ved hjelp av programmet VLUFT 4.4 beregnet forurensningsbelastningen på tilstøtende veier utenfor tunnelmunningene (se Vedlegg E). Beregningene for disse dagsonene viser en maksimalkonsentrasjon på 83 µg NO₂/m³.

Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningene for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer (ventilering med hovedtrafikkretningen).

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jefase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)			
			CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)
<u>År 2015</u>						
Formiddags- rush østover	2,0	0	16	189	93	64
Ettermiddags- rush vestover	2,0	0	11	150	71	47

Konklusjon

Utstrekningen av forurensningene er gitt for verst tenkelig tilfelle, ved maksimal trafikkbelastning og ved dårlige spredningsforhold utenfor tunnelmunningene. For å kunne si noe om forekomsten av ugunstige meteorologiske forhold er det behov for data angående vindstyrke og vindretning utenfor tunnelmunningene. Et normalt anslag vil være at disse ugunstige meteorologiske forhold opptrer i 10% av tiden, og da ville maksimalt forurensningsnivå utenfor tunnelmunningene opptre i mindre enn 0,6% av tiden (52 timer i året). I disse timene med ugunstige spredningsforhold er det på grunn av topografiske forhold rimelig å anta at det oftest blåser fra øst-nordøst (60°) og fra vest-sørvest (240°). De boliger som ligger i disse sektorer vil dermed få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂.

Dersom man velger å ta ut tunnelluften ved vestre munning, ved Svartenakken, vil 3 boliger sørøst for munningen sannsynligvis få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂. Boligene nord for munningen vil kun unntaksvis bli utsatt for verdier over 150 µg/m³, men ikke mange nok til at det er snakk om overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂.

Dersom man velger å ta ut tunnelluften ved østre munning, ved Lundarosen, vil ca 8 boliger sør for munningen sannsynligvis få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂.

Det anbefales å velge én ventilasjonsretning, og denne bør være mot vest. Vekselvis ventilering av tunnelen mot øst og vest vil føre til at maksimalt antall boliger vil kunne bli berørt med forhøyede forurensningskonsentrasjoner. Ventilering mot vest vil berøre færrest antall boliger med forhøyede forurensningskonsentrasjoner.

Det anbefales å foreta målinger når tunnelprosjektet står ferdig. Beregningen angir en teoretisk maksimalkonsentrasjon. Dette kan være et overestimat, men aldri et underestimat.

Vangstunnelen

Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland vegkontor utført beregninger av luftforurensning og ventilasjon av Vangstunnelen på Voss. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene.

Tunnelen har felles løp for begge kjøreretninger. Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt i begge retninger. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). Utslippet av nitrogenoksider (NO_x) fra biltrafikk på horisontal vei består normalt av ca 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO₂). 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.

Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet metode for å beregne produksjon av svevestøv fra tunneler.

Figur 1 viser lokaliseringen av tunnelen.

2 Metoder og forutsetninger

I beregningene er det benyttet samme metoder som for tilsvarende tunneler med toveis trafikk (Larssen og Iversen, 1984). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Gotaas, 1981). Beregningene har omfattet følgende:

Utslippsfaktorene i beregningsprogrammet er hentet fra Nasjonal utslippsmodell, der tallmaterialet er bearbeidet av Statistisk Sentralbyrå (SSB) på oppdrag for Statens forurensningstilsyn (SFT). Disse utslippsfaktorene er de samme som ligger i beregningsprogrammet VLUFT og dermed godkjent av Vegdirektoratet til beregning av bilforurensning langs veier.

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 tunnelen.
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.

3 Tunnel- og trafikkdata

Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikk tall og trafikksammensetning er levert av oppdragsgiver. Trafikkprognoser for år 2015 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush.

Tunneldata

Tunnelens totale lengde er 2 360 m med tunnelprofil T8,5 med tverrsnitt 46,9 m².

Stigningsforhold mot øst er 1,3% i hele tunnelens lengde.

Trafikkdata

Årsdøgntrafikk er anslått til 2 100 kjt/døgn i 2015.

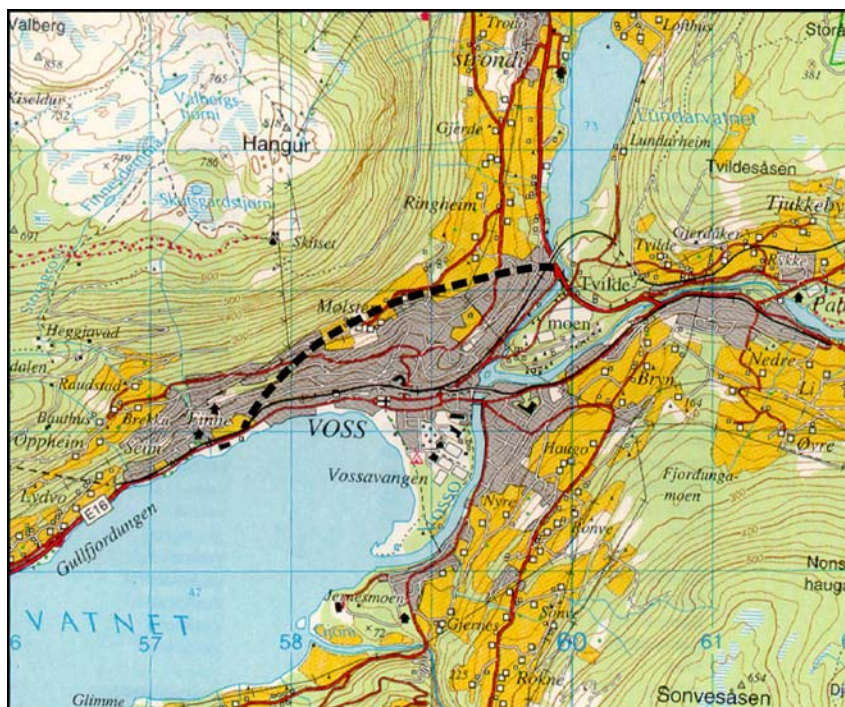
Makstime utgjør ca. 10% av ÅDT og derav er det antatt 11% tunge kjøretøy.

Retningsfordeling ettermiddag er 60% vestover (mot Bergen) og 40% østover (mot Oslo).

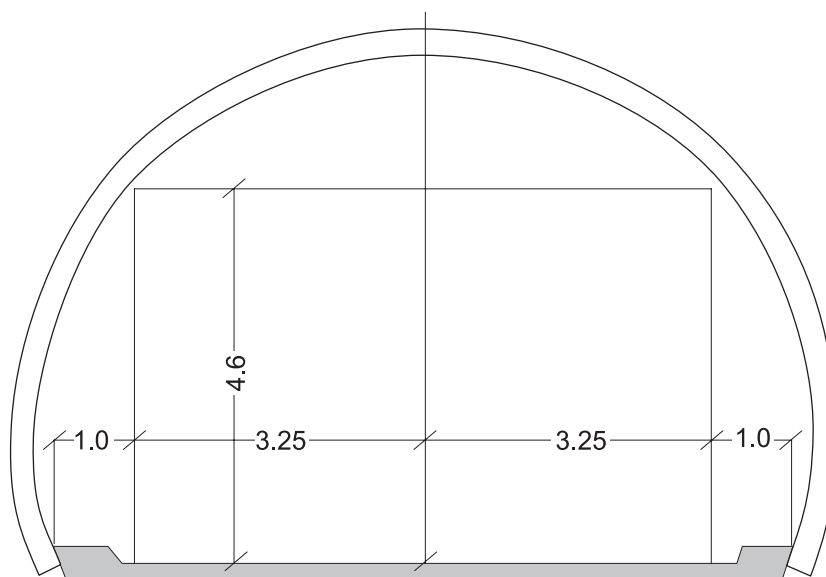
Vi har regnet med at retningsfordelingen formiddag er motsatt, 60% østover og 40% vestover.

I rushtrafikk regner vi med en gjennomsnittlig hastighet på 60 km/t i tunnelen.

Andel biler med kald motor anslås til 10%.



Figur 1: Lokalisering av Vangstunnelen på Voss.



Figur 2: Tunnelprofil T8,5.

4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

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, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk

bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

Ved fastsettelsen av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er det anvendt en usikkerhetsfaktor på ca. 5. Dette betyr at eksponeringsnivåene må opp i 5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet kan konstateres 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 de anbefalte luftkvalitetskriterier.

Det henvises til SFTs rapporter når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger (SFT, 1992 og 1998).

I denne rapporten er det lagt mest vekt på Nasjonalt mål for NO₂, som er 150 µg/m³ og EUs nye grenseverdi på 200 µg/m³ fordi disse verdiene er fastlagt i lov eller forskrift, mens luftkvalitetskriteriene kun er en anbefaling.

Tabell 1 viser kriterier, Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.

Tabell 1: Kriterier, Nasjonalt mål og EUs grenseverdier for luftkvalitet (som blir gjort gjeldende i Norge 1.1.2005) utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft). Alle verdier gitt som µg/m³ unntatt for CO som er gitt som mg/m³.

A. Uteluft

Stoff	Midlings- tid	SFT luft- kvalitets- kriterier	Nasjonalt mål *	Forurensningsloven		EUs nye grenseverdier
				Kartleggings- grenseverdi	Tiltaks- grense- verdi	
NO ₂	1 time	100	150	200	300	200
PM ₁₀	24 timer	35	50	150	300	50
CO	8 timer	10	-	-	-	-

B. Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250 mg/m ³
NO _x	"	28 200 mg/m ³
NO ₂	"	2 800 mg/m ³

* Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. Nasjonalt mål tillater 8 overskridelser pr. år for NO₂ (skal overholdes innen 2010), 25 overskridelser for PM₁₀ (skal overholdes innen 2005) og 7 overskridelser for PM₁₀ (skal overholdes innen 2010).

5 Utslipp

Utslipp av CO og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med inngangsdata fra Kapittel 3.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2 og Vedlegg C. Tabellen viser også nødvendig luftstrømhastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x, men større utslipp av CO. Lavere kjørehastighet gir mindre NO_x-utslipp og større CO-utslipp. Vanligvis vil det være NO_x-utslippene som avgjør nødvendige luftstrømhastigheter 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.

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, som også gjør at nødvendig ventilasjonshastighet i spredningsberegningene er rundet av oppover for alle tunnelmunningene.

Tabell 2: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunnelen samt nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i samme tunnel.

Trafikkdata	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
		CO (g/s)	NO _x (g/s)
<u>År 2015</u>			
Formiddagsrush østover	0,17	0,541	0,226
Ettermiddagsrush vestover	0,15	0,508	0,200

Tabell 2 viser at den toveiskjørt tunnelen ville få ventilasjonskrav på under 1,0 m/s. Det er i praksis vanskelig å styre luftstrømmen i en toveiskjørt tunnel med ventilasjonshastighet i området 0,1-1,0 m/s. Vi har derfor i spredningsberegningene økt disse ventilasjonshastighetene til 2,0 m/s. En økning av ventilasjonshastighetene gir dessuten bedre fortykning av forurensete konsentrasjoner. Det kan i enkelte tilfeller være gunstig å doble ventilasjonshastigheten fra 1,0 m/s til 2,0 m/s da dette halverer munningskonsentrasjonene. En videre økning av ventilasjonshastigheten over ca. 3,0 m/s gjør at det dannes en jetfase som "flytter" de høyeste konsentrasjonene lenger ut fra tunnelmunningen. Dette kan være gunstig dersom en ønsker å ta hensyn til boliger i bakkant av tunnelmunningen. Se mer om dette i innledningen i Vedlegg D.

6 Resultater fra spredningsberegningene

NO₂- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 og Vedlegg C viser resultatet av beregningene.

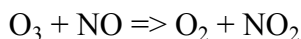
Tabell 3: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter og gitt ventilasjonshastighet.

Trafikkdata	Ventilasjons-hastighet	Munningskonsentrasjoner	
	(m/s)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
<u>År 2015</u>			
Formiddagsrush østover	2,0	6	238
Ettermiddagsrush vestover	2,0	6	210

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med gitt tungtrafikkandel (11%), og dersom tungtrafikkandelen skulle bli lavere vil en få noe høyere CO-konsentrasjoner ved samme trafikkmengde totalt.

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer. 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 1 mg CO/m³ og 11 µg NO₂/m³ som timemiddel for år 2015.

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



Denne reaksjonen skjer umiddelbart (Hagen, Haugsbakk og Larssen, 1993). Vi har derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 71 µg NO₂/m³ (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner som sammenlignes med Nasjonalt mål på 150 µg/m³ og EUs nye grenseverdi på 200 µg/m³).

Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 4.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved størst trafikkbeklastning (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold.

Tabell 4 viser resultater av beregninger for hvilke avstander fra tunnelmunninger konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Med bakgrunnskonsentrasjoner på 71 µg NO₂/m³ som timemiddel, vil overskridelse av Nasjonalt mål på 150 µg NO₂/m³ kunne forekomme i et svært begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgen og ettermiddag.

Hvis tungtrafikkandelen blir lavere 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 eksoslukt kunne merkes på større avstander enn der NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³. I praksis vil det ved Vangstunnelen kunne forekomme ut til ca 10 m fra tunnelmunningene.

Figur 3 viser beregnede maksimale timemidlete konsentrasjoner av NO₂ utenfor tunnelmunningene. Figuren viser at noen boliger kan bli utsatt for forhøyede konsentrasjoner av NO₂ (150 µg NO₂/m³) uavhengig av ventilasjonsretning.

Utstrekningen av forurensningene er gitt for verst tenkelig tilfelle, ved maksimal trafikkbelastning og ved dårlige spredningsforhold utenfor tunnelmunningene. For å kunne si noe om forekomsten av ugunstige meteorologiske forhold er det behov for data angående vindstyrke og vindretning uten tunnelmunningene. Et normalt anslag vil være at disse ugunstige meteorologiske forhold opptrer i 10% av tiden, og da ville maksimalt forurensningsnivå utenfor tunnelmunningene opptre i mindre enn 0,6% av tiden (52 timer i året). I disse timene med ugunstige spredningsforhold er det på grunn av topografiske forhold rimelig å anta at det oftest blåser fra øst-nordøst (60°) og fra vest-sørvest (240°). De boliger som ligger i disse sektorer vil få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂.

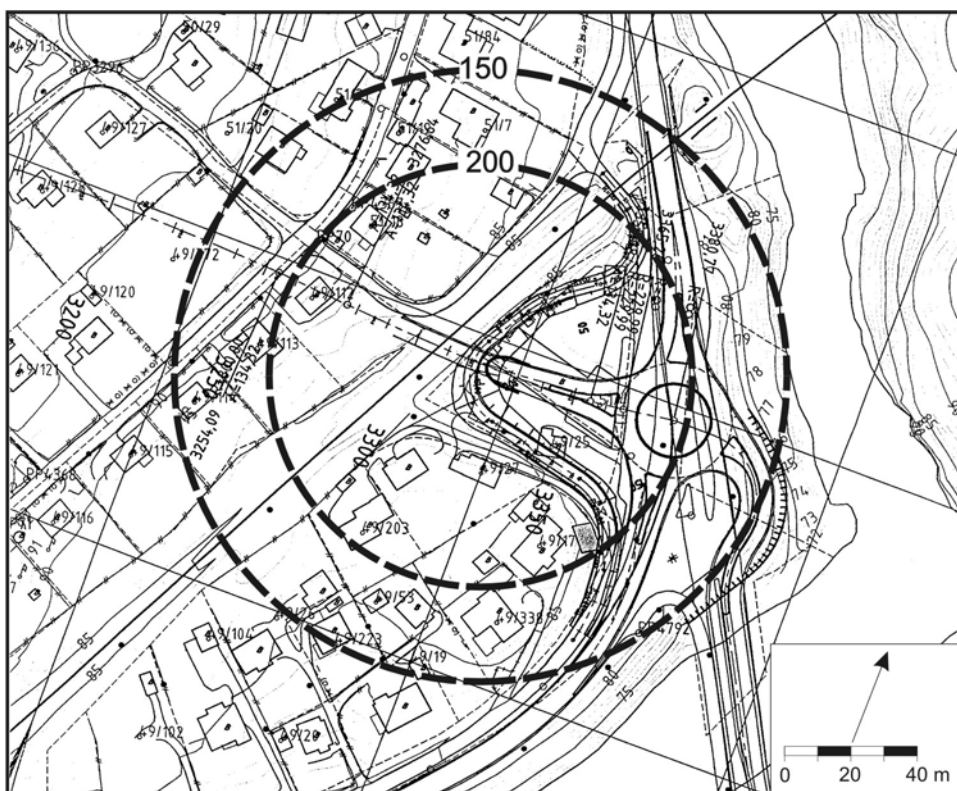
Dersom man velger å ta ut tunnelluften ved vestre munning, ved Svartenakken, vil 3 boliger sørøst for munningen sannsynligvis få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂. Boligene nord for munningen vil kun unntaksvis bli utsatt for verdier over 150 µg/m³, men ikke mange nok til at det er snakk om overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂. Det blir da ingen forurensning fra tunnelen ved Lindarosen.

Dersom man velger å ta ut tunnelluften ved østre munning, ved Lundarosen, vil ca 8 boliger sør for munningen sannsynligvis få overskridelser av Nasjonalt mål for NO₂. Det blir da ingen forurensning fra tunnelen ved Svartenakken.

NILU har også ved hjelp av programmet VLUFT 4.4 beregnet forurensningsbelastningen på tilstøtende veier utenfor tunnelmunningene (se Vedlegg E). Beregningene for disse dagsonene viser en maksimalkonsentrasjon på 83 µg NO₂/m³.

Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningene for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer (ventilering med hovedtrafikkretningen).

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Lengde av jetfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)			
			CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO ₂ (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)
<u>År 2015</u>						
Formiddags- rush østover	2,0	0	16	189	93	64
Ettermiddags- rush vestover	2,0	0	11	150	71	47

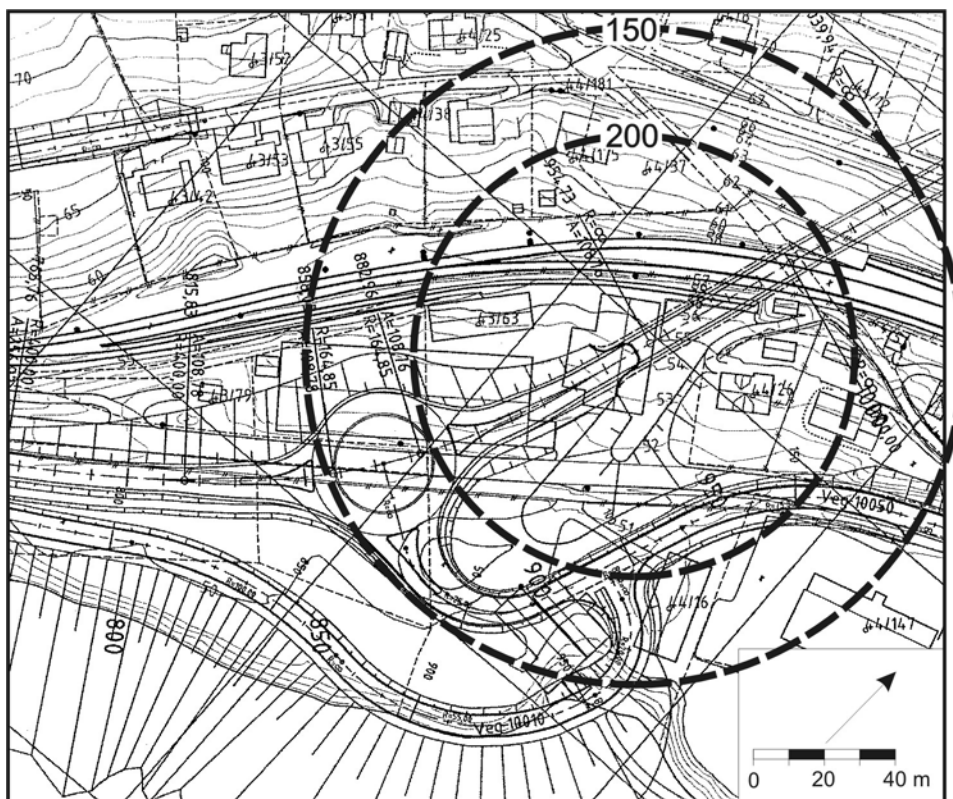


a)

Figur 3a: Vangstunnelen, østre munning v/Lundarosen. Morgenrush østover. For morgenrushtrafikk og ventilering **med** hovedtrafikkretningen østover (ventilasjons-hastighet 2,0 m/s), viser sirklene maksimal utbredelse av NO₂-konsentrasjon på hhv. 150 og 200 µg/m³. Denne situasjonen gir ingen forurensning fra Vangstunnelen, vestre munning.

Det anbefales å velge én ventilasjonsretning, og denne bør være mot vest. Vekselsvis ventilering av tunnelen mot øst og vest vil føre til at maksimalt antall boliger vil kunne bli berørt med forhøyede forurensningskonsentrasjoner. Ventilering mot vest vil berøre færrest antall boliger med forhøyede forurensningskonsentrasjoner.

Det anbefales å foreta målinger når tunnelprosjektet står ferdig. Beregningen angir en teoretisk maksimalkonsentrasjon. Dette kan være et overestimat, men aldri et underestimat.



b)

Figur 3b: Vangstunnelen, vestre munning v/Svartenakken. Morgenrush østover. For morgenrushtrafikk og ventilering mot hovedtrafikkretningen østover (ventilasjonshastighet 2,0 m/s) viser sirklene maksimal utbredelse av NO₂-konsentrasjon på hhv 150 og 200 µg/m³. Denne situasjonen gir ingen forurensning fra Vangstunnelen, østre munning.



c)

Figur 3c: Vangstunnelen, vestre munning v/Svartenakken. Ettermiddagsrush vestover.

For ettermiddagsrushtrafikk og ventilering **med** hovedtrafikkretningen vestover (ventilasjonshastighet 2,0 m/s) viser sirklene maksimal utbredelse av NO_2 -konsentrasjon på hhv. 150 og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Denne situasjonen gir ingen forurensning fra Vangstunnelen, østre munningen.

7 Referanser

- Gotaas, Y. (1981) Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 37/81).
- Hagen, L.O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1993) Nitrogenoksider og oksydanter i byområder, dannelse og effekter. Målinger av luftkvalitet og meteorologiske forhold i Oslo oktober 1991-juni 1992. Lillestrøm (NILU OR 32/93).
- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved vegtunneler 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).
- Statens forurensningstilsyn (1998) Veiledning til forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. Oslo (SFT-veiledning 98:03).
- Statens vegvesen (1992) Vegtunneler. Normaler. Oslo (Statens Vegvesen Håndbok 021).

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 forsurening og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslippet av karbondioksid (CO₂) og andre "drivhusgasser" som metan (CH₄) og dinitrogenoksid ("lystgass", N₂O) bidrar til den oppvarming av atmosfæren som mange mener vil fortsette i tiårene som kommer. N₂O kan også delta i nedbryting av ozonlaget i stratosfæren.

Tabell A1: Viktige luftforurensningsproblemer som biltrafikken bidrar til

Skala	Problem	Stoffer i bileksos
LOKAL	Helseeffekt	CO, NO ₂ , Veistøv (PM ₁₀ *), eksospartikler (PM _{2.5} *), tungmetaller (f.eks. bly), sot, VOC, tyngre organiske stoffer (f.eks. PAH)
	Nedsmussing	Veistøv, sot
	Lukt	Organiske stoffer (fra dieseleksos)
REGIONAL 1 000 km	Forsuring av vann og jordsmonn	S- og N-forbindelser
	Troposfærisk ozon	NO _x , VOC
GLOBAL	Drivhuseffekt	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO
	Ozon-nedbryning	N ₂ O

* Partikler med diameter mindre enn 2.5 eller 10 µm.

Biltrafikk og lokal luftforurensning

Generelt

De viktigste lokale luftforurensningsproblemene knyttet til biltrafikk er mulighetene for helseskade ved høye konsentrasjoner av NO₂ og partikler, samt nedsmussing og ubehag knyttet til veistøv. Biltrafikken er den dominerende kilden til stoffer som gir overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet, lokalt i gater og i byer generelt. Dette er dokumentert bl.a. gjennom basisundersøkelser NILU har foretatt i Oslo, Bergen, Drammen og Sarpsborg/Fredrikstad.

Problematikken knyttet til veistøv bør nevnes spesielt. De største partiklene i støvfraksjonen gir nedsmussing og ubehag ("støvnedfall"). Partiklene med mindre diameter (svevestøv) kan gi helseskade. Det er vanlig å inndele (det potensielt helsefarlige) svevestøvet i to fraksjoner; partikler med diameter mindre enn 10 μm (PM_{10}) og 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$). PM_{10} kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens $\text{PM}_{2,5}$ kan transporteres helt ned i lungealveolene.

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

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

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

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

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

Helseeffekter

I det etterfølgende vil vi kort omtale hvilke negative helseeffekter CO, NO₂, PM₁₀ og støvnedfall kan ha. For begrunnelse av fastsetting av nivåene på de ulike luftkvalitetskriteriene, henvises til SFTs rapport "Virkninger av luftforurensing på helse og miljø" (SFT, 1992). Følgende sitater er hentet fra denne rapporten:

Nitrogendioksid (NO₂) kan medføre helseeffekter i konsentrasjoner som kan forekomme i forurenset uteluft. Kunnskaper om virkninger av NO₂ foreligger bl.a. fra akutte forgiftningstilfeller som følge av ulykker i yrkeslivet. Disse har i verste fall hatt dødelig utgang. I forbindelse med forurenset uteluft vil de mulige helseskadene som følge av at befolkningen kontinuerlig eller periodevis gjennom lengre tid utsettes for NO₂-konsentrasjoner i luften opp til 2 000 µg/m³ først og fremst være av interesse. Opp mot dette konsentrasjonsnivået er sammenhengen mellom konsentrasjon og effekt uklar og grunnlagsmaterialet for å fastsette laveste observerbare skadeeffekt-nivå er begrenset.

Dyreforsøk har gitt verdifulle opplysninger om virkningsmekanismene. Således finner man ved kortvarig eksponering for NO₂-konsentrasjoner på 3 700 µg/m³ eller mer økt mottakelighet for infeksjoner og morfologiske forandringer. Etter lengre eksponering for 190 µg/m³ eller mer og eventuelt tidvis eksponering for toppkonsentrasjoner ti ganger høyere, finner man morfologiske forandringer og økt mottakelighet for infeksjoner. Ikke bare påvirkes lungenes forsvarsceller (makrofagene i lungeblærene), men også hvite blodlegemer som er en del av immunforsvaret (fra 470 µg/m³ og høyere).

Undersøkelser av effekten av NO₂ på mennesker i kontrollerte forsøk viser store variasjoner mellom forsøkspersoner. I lungefunksjonstester viser det seg at astmatikere er den mest følsomme gruppen. I sammenligninger mellom grupper av forsøkspersoner har man funnet signifikante effekter på lungefunksjon etter eksponering for 460 µg/m³ eller mer i 20 minutter lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensede områder, og i nyere studier har man også sammenlignet grupper eksponert for ulike NO₂-konsentrasjoner innendørs. De få epidemiologiske data som foreligger tyder på at NO₂ fra 110-150 µg/m³ kan føre til økt antall tilfeller av luftveissykdommer hos barn. Dessuten har man ved eksponering for 200 µg/m³ NO₂, sammen med andre forurensningskomponenter, funnet økt forekomst av lungesykdommer og nedsatt lungefunksjon hos barn og voksne.

Karbonmonoksid (CO): Karbonmonoksids helseskadelige virkninger skyldes at CO konkurrerer med O₂ om bindingsstedene på hemoglobinmolekylet. Derved reduseres den oksygenmengden som blodet kan transportere fra lungene til vevene i kroppen. Fordi hemoglobinet har mer enn 200 ganger større affinitet for CO enn for O₂, kan karbonmonoksid svekke oksygentransporten selv ved meget lave CO-konsentrasjoner. Foruten å senke den oksygenmengden som blodet kan transportere til vevene, hemmer CO ved sin tilstedeværelse også frigjøringen av oksygen fra hemoglobinet, og derved overføringen av O₂ til vevene.

CO i luften kan påvirke mennesker dersom gassen i tilstrekkelig grad fortrenger oksygen fra dets bindingssted på blodets hemoglobin. Opptaket av CO i kroppen skjer i to trinn; *innåndingen*, som gir økt CO-konsentrasjon i lungeblærene (alveolene), og *diffusjonen* gjennom alveoleveggen over i blodet. Både lungeventilasjonen og diffusjonshastigheten påvirker CO-opptaket. Opptaket varierer med alder, fysisk aktivitet og lungenes tilstand. Også lufttrykket, og dermed høyden over havet, har betydning for opptakshastigheten. For vurderingen av enkeltindividenes CO-eksponering i løpet av dagen er CO-opptaket, og den prosentdelen av hemoglobinet bindingskapasitet for oksygen som er blokkert av CO (COHb%), en god biologisk dose-indikator. Under opphold i luft med en konstant konsentrasjon av CO, øker COHb% i blodet i løpet av en del timer til et metningspunkt svarende til eksponeringsnivået. Den tid det tar før likevekt oppstår mellom blod og uteluft avhenger av en rekke faktorer som er nevnt ovenfor. Bindingen av CO til hemoglobinet er reversibel og forhøyet COHb% oppnådd i forurenset luft vil reduseres under påfølgende opphold i mindre forurenset luft. Halveringstiden ved utluftning under hvile er ca. 4 1/2 time.

Siden opptak og utskillelse av CO foregår relativt langsomt og konsentrasjonen av CO i luften i bymiljø varierer relativt mye fra sted til sted og fra time til time, vil CO-påvirkningen på en typisk "omflakkende" byborger vanskelig kunne forutsies på basis av et like antall faste målesteder i byen. Norsk institutt for luftforskning (NILU) foretok i 1987 målinger både innendørs og utendørs langs en av Norges mest forurensede 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.

Vedlegg B
Inngangsdata



Statens vegvesen
Hordaland

0-102065

Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2007 KJELLER
Att: Ivar Haugsbakk

Vår saksbehandler - innvalgsnr.
Sindre Lillebø - 55 51 64 07
Vår dato 2002-04-04
Vårt ark nr. 352-EV 16
Vår referanse 2001/05631-020
Deres referanse

NILU Nytt nr.	
Mottatt	JEM NR
8/4-02 SW	
Postnr	Saksbehandler
MS	TH
Til	
info	TB

Ev. 16 tunnel bak Vossevangen, Vangstunnelen. Vurdering av forurensning fra tunnelmunninger og spredningsberegninger

Viser til tidligere telefonsamtale med Deres Ivar Haugsbakk..

Formannskapet i Voss / plan- og økonomiutvalget, som fast planutvalg, har i møte den 22.02.2001 sak 0035/01 vedtatt igangsatt arbeid med reguleringsplan for Vangstunnelen. Planforslaget skal fremmes etter § 27 i plan- og bygningsloven, og bygger på kommunedelplan for tunnel bak Vossevangen etter alternativ B5 med kryss ved Lundarosen (øst) og ved Svartenakken (vest) (Gjerde Bruk).

Som del av kommunedelplanen gjennomførte NILU beregninger av luftforurensning på Voss for dagens vegnett, pluss fem ulike tunnelalternativ, basert på teknologiprognoser for 2005 og trafikkprognoser for 2015.

Det vises til rapport "Luftforurens fra Trafikk på Vossevangen, Charlotte Torp, september 1994" (NILU: OR 53/94, referanse: O-1728, ISBN: 82-425-0605-1)

Planen skal omfatte selve tunnelen med tilhørende kryssområder. Mot vest skal planen kobles sammen med vegplan for den ferdig opparbeidede stamvegen, og vise tilkomstveg til Seim med kryssing av jernbanelinjen. Ved Lundarosen skal planen avgrenses til det som er nødvendig for tilknytting til det eksisterende vegsystemet.

Vedlagt følger kart i M 1:5000 som angir tunneltraseen og kart i M 1:1000 som angir detaljer ved tunnelmunningene og kryss/veg i dagen.

Vangstunnelen er ca. 2360 meter lang inkl. portaler og har en jevn stigning på 1,3% fra Svartenakken (vest) til Lundarosen (øst). Tunnelen er videre planlagt etter tunnelklasse T 8,5 med henvisning til den nye håndbok 021 Vegtunneler.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft forutsettes beregnet for de samme trafikksituasjoner som beregninger av forurensningsbelastningen i området nær munningene. Tunnelen er forutsatt langsluftet. Det er ikke tatt stilling til om ventilasjonsretningen skal være fast i en retning eller om den skal variere avhengig av framherskende vindretning og trafikkstrøm.

Følgende trafikkdata kan benyttes for Vangstunnel:

Kilde: Statens vegvesen Hordaland sin trafikkmodell for Voss (Contram)

Alternativ: Vangstunnel 2015 (ikke P-anlegg i fjell)
ÅDT tunnel: 2100 kjt/døgn

Postadresse
Postboks 3645 Fyllingsdalen
5845 Bergen

Kontoradresse
Spelhaugen 12
Fyllingsdalen

Telefon
55 51 60 00

Telefax
55 16 87 15

Bankgiro
7694 05 02523

firmapost.hor@vegvesen.no

Org.nr. 9710 35188

Maks timetrafikk (ettermiddag, 2015):

Vangstunnel (antall kjt./time):

- retning øst (Oslo): 85
- retning vest (Bergen): 125

Kryss Lundarosen (øst), trafikk inn mot rundkjøring (antall kjt./time):

- fra Strandaveien: 422
- fra Tvildemoen: 465
- fra E16 nord: 359

Kryss Svartenakken (vest), trafikk inn mot rundkjøring (antall kjt./time):

- fra Voss sentrum: 138
- fra Bergen: 160
- fra boligfelt: 65

Fartsnivå (gj.sn. kjørehastighet for bilene):

Tunnel: 56 km/t (forutsatt skiltet hastighet: 60 km/t)

Rundkjøringene: 30 km/t

Veiene inn mot rundkjøringene: 40 km/t

Køer

Beregningene viser ingen køoppbygging i kryssene eller i tunnelen

Tungtrafikkandel

Ingen data i trafikkmodellen

Grunnlag: telldata fra A.Søvik, SvH som angir 9-10% tungtrafikk i Uttrågata i dag og ca. 12% ved Bulken. Det er vel grunn til å anta at andelen i tunnelen vil ligge nærmere det som er på Bulken enn i Uttrågata, dvs. 10-12 %.

Anslag: 11%.

Kaldstartandel

Andel kjt. som har kjørt mindre enn 5 min. må vurderes med skjønn. Contram viser at det er en stor andel fjerntrafikk og mindre lokaltrafikk. Bare en del av lokaltrafikken er ved starten av reisen. Kaldstartandelen er derfor trolig svært lav. Anslag: 10%.

Vektfordelingen av tungtrafikken

* % under 10 tonn totalvekt

* % mellom 10 og 20 tonn totalvekt

* % over 20 tonn totalvekt"

Har ingen data for å anslå dette.

Vi håper at de oversendte opplysninger er tilstrekkelig til at NILU kan gjennomføre de nødvendige beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene, inkludert spredningsberegninger og kartframstilling av maksimalkonsentrasjonene. Det er sterkt ønskelig at beregninger og nødvendige hovedkonklusjoner kan foreligge innen utgangen av april 2002, og at endelig rapport foreligger innen utgangen av mai 2002.

Vi forutsetter også at NILU snarest oversender prosjektforslag og utkast til kontraktsforslag i 2 eksemplarer.

Eventuelle spørsmål kan rettes til:

Sindre Lillebø (sindre.lillebo@vegvesen.no/tlf. 55516407)

Per Fredriksen (per.fredriksen@vegvesen.no/tlf.55516305)

Utbyggingsavdelingen

Med hilsen



Magnus Natås

Seksjonsleder



Sindre Lillebø
Sindre Lillebø

Vedlegg: 5

Vedlegg C

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjons hastighet i tunnelen

Ettermiddagstrafikk vestover

BEREGNINGSÅR: 2015

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	4.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	85.	2.36	1.30
2	125.	2.36	-1.30

1	85.	2.36	1.30
2	125.	2.36	-1.30

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

10	2.427	0.391
20	1.461	0.332
30	1.095	0.279
40	0.680	0.241
50	0.567	0.214
60	0.508	0.200
70	0.457	0.200
80	0.434	0.209
90	0.422	0.232

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NO_x ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 46.9 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.00	0.30	-1.000	-1.000	0.174	28.000
20	0.00	0.25	-1.000	-1.000	0.123	28.000
30	0.00	0.21	-1.000	-1.000	0.110	28.000
40	0.00	0.18	-1.000	-1.000	0.079	28.000
50	0.00	0.16	-1.000	-1.000	0.074	28.000
60	0.00	0.15	-1.000	-1.000	0.071	28.000
70	0.00	0.15	-1.000	-1.000	0.064	28.000
80	0.00	0.16	-1.000	-1.000	0.058	28.000
90	0.00	0.18	-1.000	-1.000	0.051	28.000

Morgentrafikk østover

BEREGNINGSÅR: 2015

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
7.	4.	4.	3.	10.

VEGSEGMENTER:

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

1	85.	2.36	-1.30
2	125.	2.36	1.30

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

10	2.517	0.413
20	1.524	0.358
30	1.163	0.306
40	0.715	0.268
50	0.598	0.241
60	0.541	0.226
70	0.487	0.226
80	0.462	0.236
90	0.449	0.259

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 46.9 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO(P)	NOX(P)	CO(N)	NOX(N)
10	0.00	0.31	-1.000	-1.000	0.171	28.000
20	0.00	0.27	-1.000	-1.000	0.119	28.000
30	0.00	0.23	-1.000	-1.000	0.106	28.000
40	0.00	0.20	-1.000	-1.000	0.075	28.000
50	0.00	0.18	-1.000	-1.000	0.069	28.000
60	0.00	0.17	-1.000	-1.000	0.067	28.000
70	0.00	0.17	-1.000	-1.000	0.060	28.000
80	0.00	0.18	-1.000	-1.000	0.055	28.000
90	0.00	0.20	-1.000	-1.000	0.048	28.000

Vedlegg D

Spredningsberegninger for tunneler

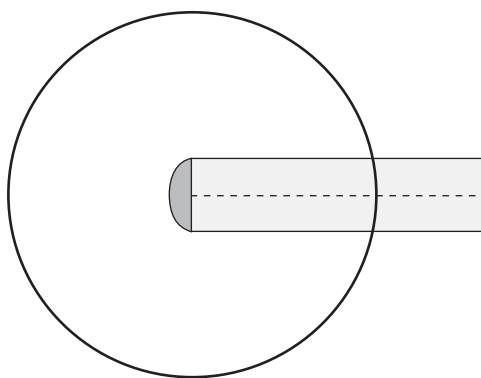
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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 fortynde 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 fortynde 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.

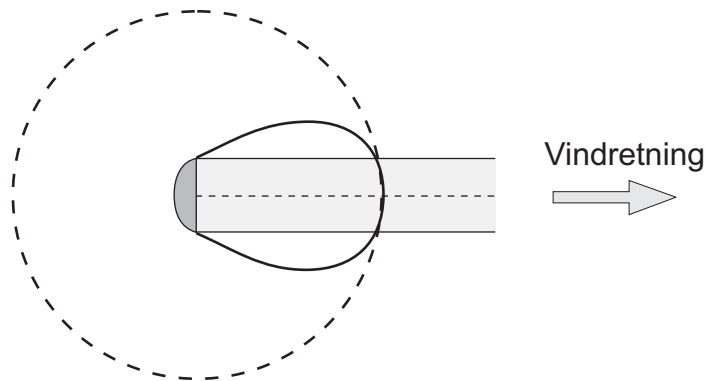
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet 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 maksimalutbredelse av gitte konsentrasjoner fra tunnelmunningen 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.

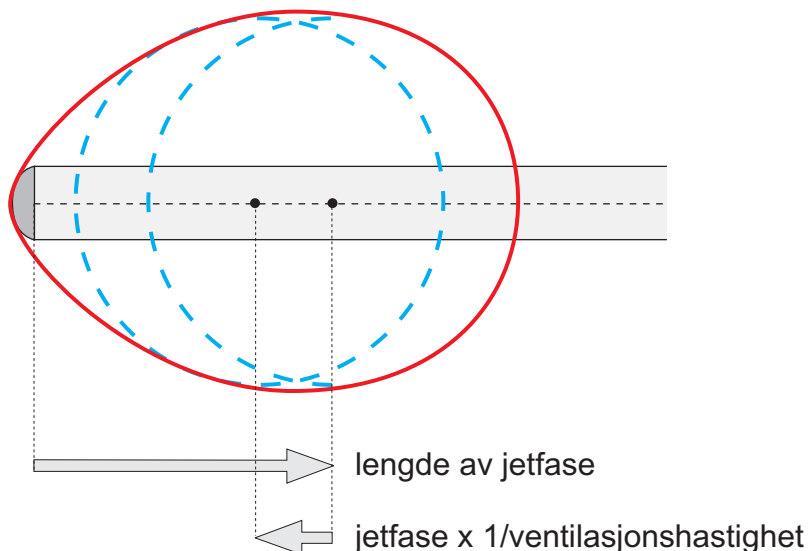
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

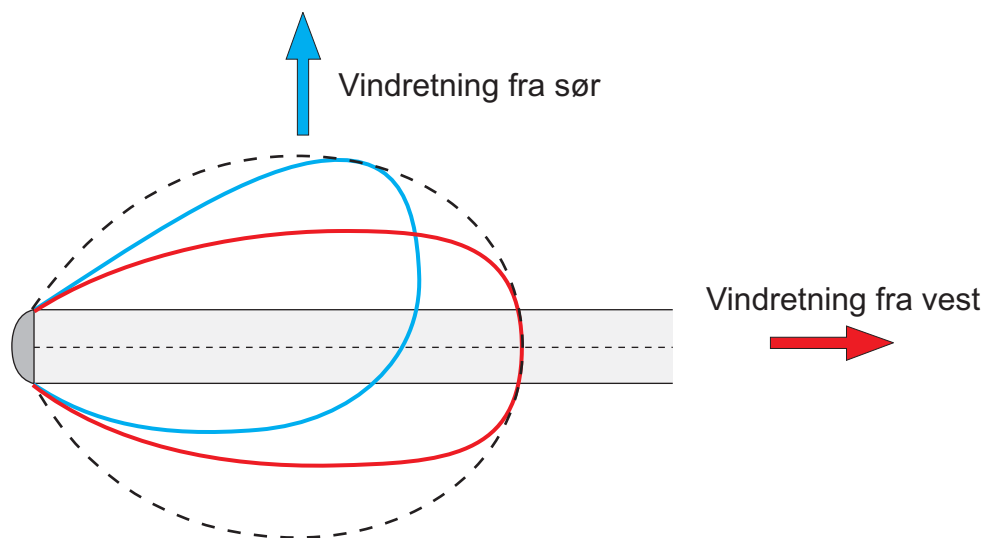
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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 kun 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.

**Conc at tunnel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) =
munningskonsentrasjoner fra tabell 3**

Ettermiddagstrafikk vestover (ventilasjonshast 1.0 m/s)

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 46.90
 CONC. AT TUNNEL : 420.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m) Concentration

6.4	350.00
8.7	300.00
12.6	250.00
18.7	200.00
29.8	150.00
65.2	100.00

Morgentrafikk østover (ventilasjonshast 1.0 m/s)

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 46.90
 CONC. AT TUNNEL : 476.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m) Concentration

7.9	350.00
9.9	300.00
15.2	250.00
21.1	200.00
33.7	150.00
70.6	100.00

Ettermiddagstrafikk vestover (ventilasjonshast 2.0 m/s)

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 46.90
 CONC. AT TUNNEL : 210.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m) Concentration

-1.0	350.00
-1.0	300.00
3.4	250.00
9.0	200.00
19.8	150.00
54.7	100.00

Morgentrafikk østover (ventilasjonshast 2.0 m/s)

WIND SPEED	(M/S) :	1.00
WIND SPEED CORR.	(M/S) :	0.38
TUNNEL JET SPEED	(M/S) :	2.00
GAUSS PLUME AREA	(M2) :	46.90
CONC. AT TUNNEL	:	238.00
DISTANCE TO END OF JET	:	0.00

Distance (m)	Concentration
-1.0	350.00
0.9	300.00
5.8	250.00
11.4	200.00
23.7	150.00
60.1	100.00

Vedlegg E

VLUFT-beregninger



**Statens vegvesen Rapport: LUFT -
LENKEVIS UTSLIPP OG KONSENTRASJON**

**Vstøy/Vluft 4.4
- Resultater**

Utslipp og konsentrasjon på lenker, avstand for overskridelse

Beregningsår: **2015** Fylke: **Feil fylke!**
Beskrivelse: **Vossevangen 2015**

Peris.boenhet: **2,34**

Lnr	Lenke			Trafikk		Utslipp			Konsentrasjon på 5m*			Kartleggingsgrense **			Avstand nasj. mål***		
	Vk	Vn	Hp	KmFra	KmTil	Ådt	V	CO	CO2	NOx	CO	NO2	PM10	PM10	NO2	PM10	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kjir/d)	(km/h)	(tonn/år)	(tonn/år)	(tonn/år)	(mg/m3)	(ug/m3)	Maks	Pros 8x	Maks	Pros 25x	Pros 7x
1	0	0	0	1000	1000	4650	40	0	0	0	0	83	80	22	11	14	
2	0	0	0	1000	1000	4220	40	0	0	0	0	82	79	21	10	13	
3	0	0	0	1000	1000	3590	40	0	0	0	0	80	78	19	9	12	
4	0	0	0	1000	1000	1600	40	0	0	0	0	75	74	13	6	8	
5	0	0	0	1000	1000	1380	40	0	0	0	0	74	73	12	6	8	
6	0	0	0	1000	1000	650	40	0	0	0	0	72	72	10	5	6	
	0	0	0					0	0	0	0						
	0							0	0	0	0						
								0	0	0	0						
								0	0	0	0						

* Konsentrasjoner er for CO og NO2 timemiddel, PM10 døgngjennomsnitt i gitt avstand for maksimalverdier og prosentiler.

** Avstand for overskridelse av NO2=200ug/m3, PM10=150ug/m3 og CO=15mg/m3. (Ved tette fasader forutsettes samme konsentrasjon i hele gaterommet og ingen beregning utenfor dette !)

*** Avstand for overskridelse av nasjonale mål for luftkvalitet

Skrevet ut den: 03.05.02 kl: 15:24:25 av bruker:IVAR



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 24/2002	ISBN 82-425-1360-0 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 45	PRIS NOK 150,-
TITTEL Vangstunnelen Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-102065	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Sindre Lillebø	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Hordaland Postboks 3645 Fyllingsdalen 5845 BERGEN			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Det er beregnet produksjon og spredning fra Vangstunnelen på Voss basert på trafikkprognoser for år 2015.			
TITLE Air pollution from Vangstunnelen, Voss.			
ABSTRACT			

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