

NILU OR: 56/91

NILU OR : 56/91
REFERANSE : O-1419
DATO : SEPTEMBER 1991
ISBN : 82-425-0287-0

Ekebergtunnelen

NY VURDERING AV LUFTFORURENSNING
FOR ALTERNATIV TUNNELTRASE

D. Tønnesen

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	3
2 METODER	3
3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA	5
4 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELLUFT	8
5 UTSLIPPSDATA OG TUNNELVENTILASJON	8
6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGENE	12
7 SPREDNINGSFORHOLD	16
8 FORVITRING AV KIRKERUINENE	17
9 UTSLIPP GJENNOM SJAKTER	18
10 UTSLIPPSFORANDRINGER	20
11 REFERANSER	21

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Oslo, utført beregninger av luftforurensning rundt munningene av den planlagte Ekeberg tunnelen i Oslo. En vurdering basert på et noe annerledes tunnelsystem er utført tidligere. Beregningene er basert på trafikk tall fra Oslo Byplankontor. Under forutsetning av at gjennomsnittlig trafikkhastighet ikke blir vesentlig dårligere enn 50 km/h, viser beregningene at:

- Tunnelløpene vil være selvventilerende på grunn av trafikens pumpevirkning ved trafikkhastigheter over 30 km/h.
- Hovedløpene kan ventileres gjennom munningene, dvs. uten bruk av sjakter. Utslipp i munningen av sideløpene bør unngås fordi det kan medføre overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet ved bygninger nær disse.
- Ventilering av sideløpene inn i hovedløpene medfører at vifter må benyttes for de deler av hovedløpene som ligger nærmest munningene.
- Endringen i NO_2 -nivået ved Mariakirkens ruiner som følge av trafikkomleggingen er for liten til å gi merkbar effekt for steinforvitringen.

Forekomst av lukt fra bileksos er vanskelig å kvantifisere, men erfaringsmessig vil merkbar eksosluft kunne forekomme i større områder enn der retningslinjene for luftkvalitet overskrides.

EKEBERGTUNNELEN

NY VURDERING AV FORURENSNING FOR ALTERNATIV TUNNELTRASÉ

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag for Statens vegvesen, Oslo, utført beregninger av luftforurensning vedrørende Ekebergtunnelen i Oslo. Det er utført beregninger av forurensningsbelastningen for områdene i nærheten av alle planlagte munninger. Beregningene er utført for rushtidstrafikk, morgen og ettermiddag. Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk og for en stillestående trafikksituasjon. Vurderingen er basert på beregning av konsentrasjonen av stoffene karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x). En vurdering basert på et noe annerledes tunnelsystem er utført tidligere (Sørli og Tønnesen, 1990). Munningsutslippenes betydning for forvitring av Mariakirkens ruiner er også vurdert.

2 METODER

I beregningene er det benyttet samme metoder som tidligere benyttet i beregninger for tilsvarende tunnelsystemer (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987):

- 1) Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, beregnes produksjonen av CO og NO_x i tunnelene. CO og NO_x benyttes som indikatorstoffer for forurensning fra biler fordi disse gassene gir de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte grenseverdier for luftkvalitet. (Retningslinjer for luftkvalitet er vist i kapittel 4.)

- 2) Ut fra produksjonen av CO og NO_x beregnes laveste nødvendige ventilasjonshastighet for å overholde anbefalte grenseverdier for luft i tunneler. Videre beregnes konsentrasjoner for visse andre ventilasjonshastigheter, for å illustrere ventilasjonshastighetens betydning for forholdene utenfor tunnelene.
- 3) Konsentrasjonene av CO og NO₂ utenfor munningene beregnes ved hjelp av en spredningsmodell utviklet for formålet (Iversen, 1982).
- 4) Bidraget fra nærliggende veier beregnes ved hjelp av en egnet spredningsmodell (HIWAY).
- 5) Beregnet samlet konsentrasjon av CO og NO₂ fra munninger, veier og bakgrunn sammenlignes med foreslåtte verdier for luftkvalitet for CO og NO₂.

Beregningene er utført for maksimal timetraffic med avviklingshastighet på 50 km/h. Beregningene gjelder tunnelluft som ikke renses for NO_x eller CO.

Belastningen av NO₂ er vurdert ved omregning av beregnede NO_x--konsentrasjoner til NO₂-konsentrasjoner. Det er antatt at NO₂--andelen ligger på 5% for trafikksituasjonene beskrevet i rapporten. NO₂-andelen er satt til 5% på grunnlag av målinger av forholdet mellom NO₂ og NO_x i St. Olavsgate og i Vålerengtunnelen, og behandlingen av "bakgrunnsbidraget" i rapporten.

Spredningsberegningene er utført under forutsetning av at utslipp langs sideløpene (linje 500 og linje 250) blir ført inn i hovedløpene slik at utslipp ikke forekommer ved sideløpsmunningene.

I beregningene er det også tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne personbiler fra 1989. Trafikkprognosene gjelder for åpningsåret 1994. I beregningene er det anvendt en forventet katalysatorandel på 36%. Dersom den årlige

utskiftningen av bilparken fram til 1994 blir lavere enn 7%, samtidig som den reelle trafikkøkningen følger prognosene, vil beregningene gi et underestimat av forurensningsbelastningen fram til det tidspunkt andelen av personbiler med katalysator blir 36%.

I beregningene er 50 km/h benyttet som gjennomsnittlig avviklingshastighet for dimensjonerende timetrafikk. Hvis trafikkavviklingen blir dårligere, vil forurensningsbelastningen bli større enn beregnet.

Eksoslukt vil erfaringsmessig kunne merkes på større avstand fra utslippet enn der konsentrasjonen er fortynnet til grenseverdiene.

3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA

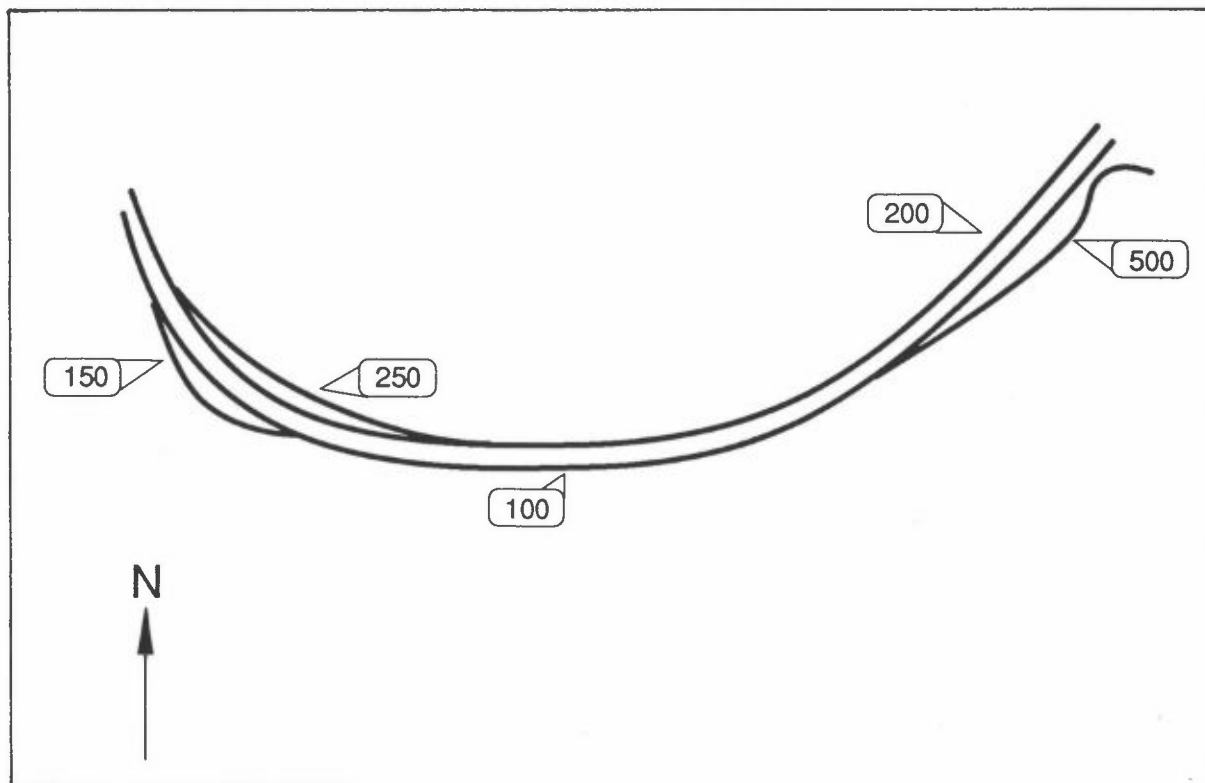
Tunneldata er utarbeidet av Statens vegvesen, Oslo. Det planlagte tunnelsystemet er skjematisk fremstilt i figur 1. Tabell 1 viser de enkelte tunnellopene i tunnelsystemet, og beregningsnummeret til løpene.

Tabell 1: Tunnellop og beregningsnummer.

Tunnellop	Beregningsnummer
Sørenga-Lodalen	100
Lodalen-Sørenga	200
Sideløp mot Konowsgate	500
Sideløp, fra 200 til rundkjøring	250
Sideløp fra rundkjøring til 100	150

Tabell 2 viser lengde, profil og trafikk tall for tunnellopene, identifisert ved sitt beregningsnummer. Trafikkprognosen gjelder for 1994.

Følgende tunneltversnitt er benyttet: 73,2 m² for trefeltsveg, 51 m² for tofeltsveg og 44,5 m² for enfeltsveg.



Figur 1: Tunnelsystemet, med angitte beregningsnummer for de enkelte løp.

Tungtrafikkandelen er anslått til å være 10%; med fordelingen 3% mindre enn 10 tonn, 3% mellom 10 og 20 tonn, og 4% større enn 20 tonn totalvekt. Andel dieseldrevne personbiler er anslått til 2%.

Utslipp ved munningen i Lodalen kommer fra tunnellop 100, 150 og 500. Utslipp ved munningen på Sørenga kommer fra tunnellop 200 og 250.

Tabell 2: Tunneldata. Profil er angitt langs kjøreretningen.

Tunnellop	Tverrsnitts- areal (m ²)	Lengde (m)	Profil (%)	Trafikkmengde (kjt/h)
100	51	50	-1,0	1 870
100	51	330	2,0	1 870
100	73	870	2,0	2 710
100	73	80	1,0	2 710
100	73	80	-0,9	2 710
100	51	140	-1,8	1 660
150	44,5	60	-2,5	840
150	44,5	140	-4,6	840
150	44,5	50	-2,0	840
150	44,5	30	1,0	840
500	44,5	80	3,8	1 050
500	44,5	60	5,0	1 050
200	73	50	-1,3	2 950
200	73	30	1,0	2 950
200	73	100	1,9	2 950
200	73	100	1,0	2 950
200	73	100	-1,0	2 950
200	73	620	-2,1	2 950
200	51	460	-2,1	2 040
200	51	50	-1,0	2 040
200	51	70	-1,2	2 040
250	44,5	40	-1,0	910
250	44,5	320	1,5	910
250	44,5	70	0,5	910

4 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELLUFT

Statens forurensningstilsyn (1982) har foreslått grenseverdier for luftkvalitet. De er for CO og NO₂:

CO	Timesmiddelverdi:	25 mg/m ³
	8-timersverdi	: 10 mg/m ³
NO ₂	Timesmiddelverdi:	200-350 µg/m ³
	24-timersverdi	: 100-150 µg/m ³

Verdiene er basert på Verdens helseorganisasjons (WHO) anbefalinger. Det henvises til SFTs rapport når det gjelder bakgrunnen for grenseverdiene og SFTs vurderinger.

Vegdirektoratet (1988) har gitt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdien for CO er 250 mg/m³ ved munningen og 125 mg/m³ midt i tunnelen for tunneler som ikke er åpne for gående og syklende trafikanter. Grenseverdien for nitrose gasser er 15 ppm NO_x i munningen. For 5% andel NO₂ tilsvarer 15 ppm NO_x 20,6 mg/m³ ved null grader.

5 UTSLIPPSDATA OG TUNNELVENTILASJON

Produksjonen av CO og NO_x er beregnet for morgen- og ettermiddagstrafikk, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall (antall og hastighet).
2. Tunneldata (lengde, stigning).
3. Tungtrafikkandel (=10% ettermiddag og morgen).
4. Kaldstartandel (morgen=0%, ettermiddag=15%).
5. Årstall 1994 (36% katalysatorandel)

I de tunnelene hvor løpene deler seg, er det antatt at luftstrømmen deler seg i et forhold lik forholdet mellom trafikkmengdene.

Tabell 3 viser forurensningsproduksjonen i løpene eller i deler av løpene. I tabell 4 er munningsområdenes tilførte forurensningsproduksjon beregnet for systemer med forgreninger under forutsetning av at luftstrømmene i delingspunktene deler seg i samme forhold som trafikkstrømmene. Produksjonen i løp 500 er tilført munningen ved Lodalen og produksjonen i løp 250 er tilført munningen ved Sørenga. Forurensningsproduksjonen er beregnet for gjennomsnittshastighet 50 km/h.

Tabell 3: Produksjon av CO og NO_x for dimensjonerende timetra-
fikk i tunnellopene eller i deler av disse.
Enhet g/s.

Tunneldel	CO	NO _x
100+150 (v)	9,54	3,87
100 (ø)	0,43	0,12
500	0,49	0,23
200 (ø)	5,89	1,81
200 (v)	2,25	0,64
250	0,96	0,38

Tabell 4: Produksjon av CO og NO_x tilført munningene.
Enhet g/s.

Munning	CO	NO _x
100	10,46	4,22
200	9,10	2,83

Den mest ekstreme utslippssituasjonen opptrer dersom tunnel-systemet fylles opp med kjøretøyer med motoren på tomgang. Utslippet av CO i tunnelsystemene vil da være den kritiske faktoren i forhold til luftkvalitetskriteriene. Når tunnelsystemet sees i sammenheng med utbyggingen av det øvrige vegsystemet i området (Teisenkrysset, Oslotunnelen) og trafikkstyringssystemet i forbindelse med dette vil trolig slike ekstreme køsitua-sjoner være svært sjeldne.

Nødvendige ventilasjonshastigheter for tunnellop med ett kjøretøy for hver 7. meter i alle kjørefelt er vist i tabell 5.

Tabell 5: Nødvendige ventilasjonshastighet i tunnelene. Tunnelene er fylt med tomgangskjørende biler.

Tunneldel	Nødvendig hastighet (m/s)
100	5,2
500	4,9
200	5,9
250	3,9

Tallene gjelder hastighet umiddelbart før ventilasjonslufta fra løp 250 og 500 føres inn i hovedløpet. Ventilasjonshastighetene er beregnet med en CO-konsentrasjon på 30 mg/m³ i innsugningslufta.

Utluftingen i tunnelen er bl.a. bestemt av pumpevirking fra trafikken. Pumpevirkingen fra trafikken er beregnet fra formelen:

$$V_p = V_t / 3 \cdot (TT/1800)^{(1/2)}$$

hvor V_p er lufthastigheten på grunn av pumpevirkingen, V_t er hastigheten til trafikken, og TT er antall biler pr. time. Det antas at formelen gir en god tilnærming så lenge TT >450, og tungtrafikkandelen er på ca 10%.

Tabell 6: Pumpevirkning fra trafikk.
 Enhet: m/s.
 Trafikkhastighet 50 km/h.

Tunnelløp	V_p (m/s)
100	4,5
500	3,5
200	4,9
250	3,3

Tabell 7 viser nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelene for å overholde grenseverdiene for en tunnelatmosfære ved normal trafikkavvikling. Nødvendig hastighet er beregnet under forutsetning av at ventilasjonslufta ved innsugningspunktet inneholder 5 mg/m^3 CO og 2 mg/m^3 NO_x .

Tabell 7: Nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelene basert på grenseverdier for NO_x i tunneler (m/s).

TunneldeI	Ventilasjonshastighet
100	2,6
500	2,1
200	2,0
250	1,1
100 + 150	4,4
200 + 250	3,0

For trafikkavviklingshastighet på 50 km/h er NO_x den dimensjonerende komponenten. I tabellen er det også vist nødvendig hastighet til munningene etter at ventilasjonslufta fra løp 500 og 250 er ført tilbake til henholdsvis løp 100 og løp 200.

En sammenligning mellom tabell 6 og tabell 7 viser at for trafikkhastigheter på 50 km/t er pumpevirkingen stor nok til å ventilere tunnelene. Tilbakeføringen av ventilasjonsluft fra løp 250 og 500 krever imidlertid at vifter blir brukt for å styre luftstrømmene ved munningen.

6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGENE

Det er beregnet konsentrasjoner av NO_x og CO for ventilasjonshastigheter tilsvarende pumpevirkningshastigheten i tunnellopene og overføring av lufta fra sideløpene. Som bakgrunnsverdi for NO_2 er det anvendt en verdi på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved munningen i Lodalen, og ved østlig og nordlig vindretning ved Sørenga, og en verdi på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for vestlig og sørlig vindretning ved Sørenga. For $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 antas det $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som NO_2 -bakgrunnsverdi, og at $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kommer fra reaksjonen $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. NO_2 -andelen regnes som 5% av NO_x -utslippet i østgående tunneløp og 10 % i vestgående tunneløp på grunnlag av målinger av NO_2 og NO_x i Vålerengtunnelen. Tabell 8 viser munningskonsentrasjonen fra de to hovedløpene, inkludert konsentrasjonen ved innsugningspunktet og bidragene fra sideløp 250 og 500.

Tabell 8: Konsentrasjoner av NO_x og CO i munningene, angitt i mg/m^3 . Ventilasjonshastigheten som gir konsentrasjonen er også angitt.

Munning	Munningskonsentrasjon		Lufthastighet
	NO_x	CO	
Lodalen	12,97	32,2	7,54
Sørenga	9,09	27,9	7,80

Spredningen av forurensning fra munningene modelleres ved at spredningsprosessen deles i to faser, en jetfase og en røykskyfase. I jetfasen følger forurensningen trafikkretningen ut av tunnelen og blandes lite med den omgivende lufta. Lengden av jetfasen er avhengig av munningsarealet og ventilasjonshastigheter gjennom munningen. Dersom ventilasjonshastigheten er lav, kan jetfasen bli kort eller mangle helt. Etter jetfasens slutt spres forurensningene i vindretningen (røykskyfasen). Fortynningen pga blanding med lufta omkring går mye raskere i røykskyfasen enn i jetfasen.

Situasjonen rundt munningene er beskrevet ved tabell 9, som viser NO_x konsentrasjonen ved enden av jetfasen og ved 50 meter og 100 meter avstand fra enden av jetfasen. NO_2 -konsentrasjonen fra tunnelen vil være omlag 5% av NO_x -konsentrasjonen ved munningen i Lodalen og omlag 10% av NO_x -konsentrasjonen ved Sørenga. Samlet konsentrasjon fra tunneler og andre kilder er vurdert mot grenseverdiene for timemiddelkonsentrasjon på $200 \mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 , dette er den delen av grenseverdi-intervallet som skal anvendes for gjentatte forekomster av gasskonsentrasjon. Med bidrag fra andre kilder på $100 \mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 og $70 \mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 , kan overskridelsene av grenseverdiene forekomme når bidraget fra tunnelene er 2 mg NO_x pr. m^3 (Lodalen), $1,3 \text{ mg NO}_x$ pr. m^3 (Sørenga ved vind fra sør og vest) og 1 mg NO_x pr. m^3 (Sørenga ved vind fra nord og øst). Avstanden fra munningene til dit konsentrasjonen er fortennet til 2 mg NO_x pr. m^3 , $1,3 \text{ mg NO}_x$ pr. m^3 , 1 mg NO_x pr. m^3 , samt avstand til 25 mg CO pr. m^3 er også vist i tabell 9. Dersom trafikkhastigheten blir lavere enn 50 km/h , vil NO_x -utslippet øke og luftmengden ut av munningen blir mindre. Dette vil føre til at forurensningsbelastningen fra tunnelmunningene blir større. Hastighet ned mot 20 km/h medfører at avstandene fra munningen til angitt NO_x -bidrag blir ca. 1,5 ganger lengre.

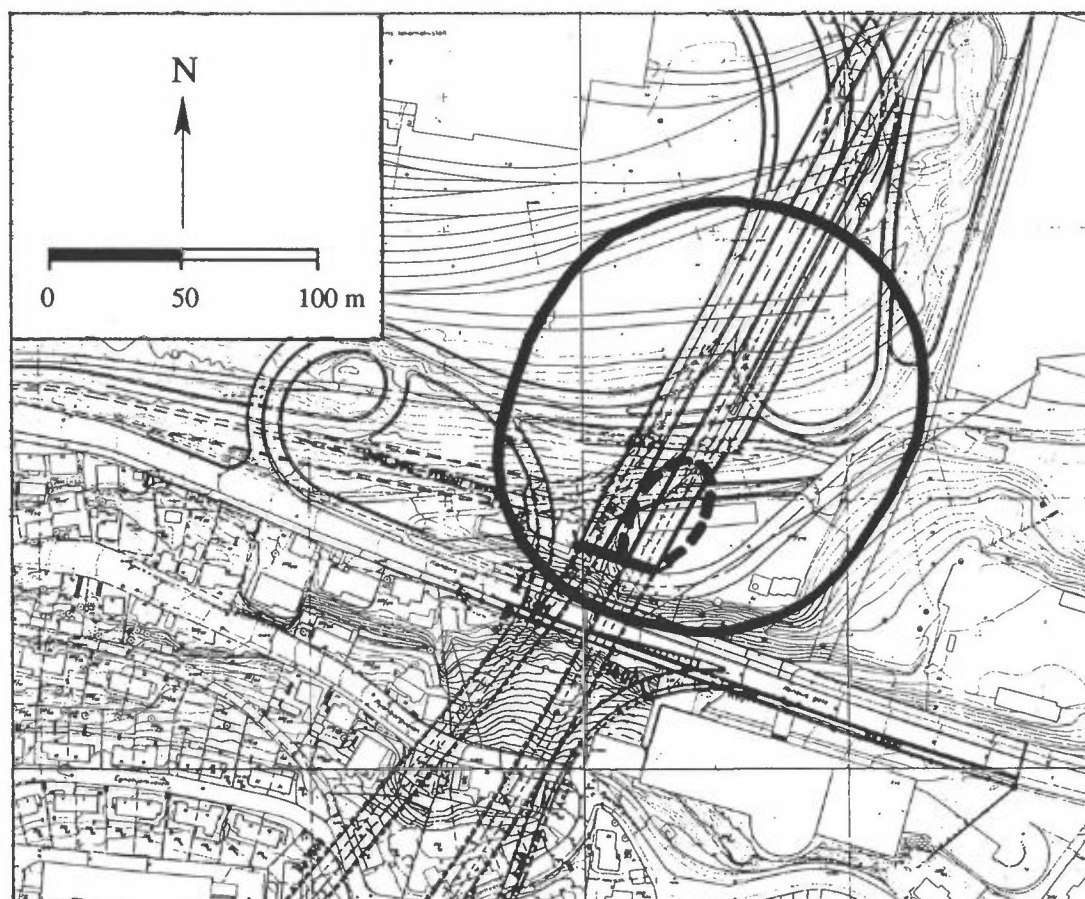
Tabell 9: Tunnelmunningenes maksimale bidrag til konsentrasjoner av NO_x ved munningene og områdene rundt.

		Lodalen	Sørenga
Lengde jetfase (J)	(m)	75	75
Konsentrasjon ved J	(mg/m^3)	6,38	4,47
Konsentrasjon ved J+50	(mg/m^3)	2,61	1,83
Konsentrasjon ved j+100	(mg/m^3)	1,44	0,90
Avstand til 2 mg NO_x pr. m^3	(m)	145	118
Avstand til $1,3 \text{ mg NO}_x$ pr. m^3	(m)	185	150
Avstand til 1 mg NO_x pr. m^3	(m)	215	175
Avstand til 25 mg CO pr. m^3	(m)	40	25

Situasjonen ved de to munningene er beskrevet nedenfor.

Munning mot Lodalen

Figur 2 viser hvilken sone rundt munningen som kan bli belastet med NO_2 -konsentrasjoner over grenseverdien for luftkvalitet. Overskridelse av grenseverdien forekommer i hovedsak på Lodalsbrua. Samlet belastning ved de nærmeste bygningene, Kværner bruk og Jernbanens lokomotivstall, blir under grenseverdien. Belastningen ved husene på sørsiden av Konowgate blir også under grenseverdien. Den sonen hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme er vist på figur 2.



Figur 2: Lodalsmunningen, soner hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme.
Heltrukket: NO_2 , stiplet: CO .

Eksoslukt vil erfaringsmessig kunne være merkbar lenger fra munningen enn sonen for overskridelse av NO_2 -grenseverdien. Ved nordlig og nord-nordøstlig vindretning vil eksoslukt trolig

kunne merkes ved bygningene langs Konowgate nærmest tunnelmunningen. Samlet utslipp fra Ekebergtunnelen og de øvrige tunnelmunningene i Lodalen er vurdert i kapittel 9.

Munning mot Sørenga

Soner hvor overskridelse av grenseverdien for NO_2 kan forekomme er vist på figur 3. Munningsutslipp bør innebære at arealet nærmest munningene båndlegges til trafikkformål. Sonene hvor overskridelser kan forekomme dekker i stor grad områder som er regulert til trafikkformål. Maksimalbelastningen fra tunnelutslippet ved kirkeruinene er beregnet til $0,8 \text{ mg NO}_x \text{ pr. m}^3$. Samlet maksimalbelastning ved kirkeruinene (bidrag fra tunnelen og veien) blir på $1,4 \text{ mg NO}_x \text{ pr. m}^3$. Effekten av NO_x -belastningen er beskrevet i kapittel 8.



Figur 3: Sørengamunningen, soner hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme.
Heltrukket: NO_2 , stiplet: CO .

7 SPREDNINGSFORHOLD

Det foreligger få vinddata for området "Lodalsbassenget". NILU har utført vindmålinger ved NSBs velferdsbygg på nordsiden av bassenget, i et halvt år i 1986. Sammenlignet med lengre måleserier fra Valle Hovin, er måleresultatene i Lodalen ikke utypiske for sommerhalvåret. De viser en gjennomsnittlig hyppighet av vindstille på 2,5% av tiden, og av vind <2 m/s i ca. 50% av tiden. Vindforholdene langs sørsiden av "Lodalsbassenget" vil antagelig avvike noe fra vindforholdene langs nordsiden, men den framherskende vindretningen i sommerhalvåret vil trolig også her være sørvest, og framherskende vindretning i vinterhalvåret trolig nordøst til øst. Hyppigheten av vindstille på årsbasis vil antagelig ligge på ca. 4%, og hyppigheten av vind under 2 m/s på ca. 50%. Vindretning fra "bassenget" mot den bratte sørsiden vil forekomme svært sjelden, og antagelig bare ved sterk vind.

NILU har utført sporstofforsøk i Lodalen under værforhold med svak vind, fra østlig kant (Tønnesen, 1991). I alt åtte forsøk ble gjennomført i februar 1991. Forsøkene viser at munningsutslippene på begge sider av tunnelen i stor grad blir dratt med trafikkstrømmen utover Lodalsbrua før transport nedover dalen i vestlig retning startet. På grunn av bruas høyde over terrenget økte sporstoffkonsentrasjonene med avstanden nedover dalen i noen av forsøkene. Dette kommer av at den vertikale blandingen av lufta ikke var sterk nok til å bringe utslippene raskt ned i bakkenivå. Med svak vertikal blanding og nordøstlig vindretning ble konsentrasjonene i bakkenivå høyest på sørsiden av Lodalen.

En skalering av målte sporstoffkonsentrasjoner med forholdet mellom NO_x -utslippet i tunnelmunningene og sporstoffutslippet indikerer at maksimalkonsentrasjonene av NO_x på de avstandene sporstoff ble målt (300 m og 950 m fra Lodalsbrua) vil være under $0,5 \text{ mg/m}^3$. Med 5% NO_2 -andel i utslippet, og bakgrunnsbidrag samt oksidering fra O_3 tilsvarende dette en NO_2 -konsentrasjon på $125 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

8 FORVITRING AV KIRKERUINENE

Statens vegvesen, Oslo, har bedt om at NILU utreder tunnelutslippets betydning for forvitring av Mariakirkens ruiner. Vegutbyggingen medfører omlegging av E-18 fra den eksisterende traséen som går 100 m øst for kirkeruinene til en ny trasé som går 80 m vest for kirkeruinene. Endringen av vegtraséene vil føre trafikken på E-6 og E-18 sammen over Sørenga, og trafikkvolumet nærmest ruinene vil øke vesentlig.

Direkte forvitring av kalkstein vil øke med økende mengde svovelforurensninger, primært svoveldioksid. I de senere år har en observert at nitrogenoksider kan katalysere angrepene av svoveldioksid på kalkstein. Samme mengde SO_2 vil derfor være mer aggressiv sammen med NO_2 enn uten. Når NO_2 -konsentrasjonen blir betydelig høyere enn SO_2 -konsentrasjonen vil effekten bli konstant.

Basert på midlere vindretningsfordeling fra Blindern (meteorologisk institutt), Nordahl Bruns gate (NILU) og Lodalen (NILU) er hyppigheten av vind omkring sørvest ca. 20% på årsbasis, mens hyppigheten av vind omkring nordøst er ca. 30%. Begge vindretninger kan opptre daglig i store deler av året, men nordøstlig vind er mer framherskende om morgenen og om vinteren, mens sørvestlig vind er mer framherskende om ettermiddagen og om sommeren. Typiske høye timemiddelverdier for førsituasjonen og ettersituasjonen er beregnet til henholdsvis $130 \mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 og $170 \mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 , mens en typisk månedsmiddelverdi for både før- og ettersituasjonen er noe under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De "typiske høye" timemiddelkonsentrasjonene kan forventes å opptre gjentatte ganger ukentlig.

Økningen av NO_2 -belastningen ved kirkeruinene som følge av trafikkomleggingen blir altså større for korttidskonsentrasjoner (timemiddelverdier) enn for langtidskonsentrasjoner (månedsmiddel- og årsmiddelverdier). Dette kommer av at vindretninger fra den nåværende vegtraséen mot kirkeruinene forekommer oftere

enn vindretninger fra den planlagte vegtraséen og tunnelmunningen.

I forhold til forvittringsprosessen, er de beregnete nivåene antagelig høye nok til å øke aggressiviteten av svovelforbindelser, men endringen i nivåene er trolig for liten til å ha merkbar betydning for den fortsatte forvitringen.

9 UTSLIPP GJENNOM SJAKTER

Vurdering av munningsutslipp viser at bebyggelsen utenfor munningene ikke belastes med konsentrasjoner over grenseverdiene. Det er derfor ikke nødvendig å ventilere tunnelen gjennom sjakter. Dersom utbyggingen av Svartdalstunnelen og Galgebergtunnelen gjennomføres, kan området i Lodalen bli belastet med utslipp fra fire tunnelanlegg (Vålerenga, Ekeberg, Galgeberg og Svartdal). Utslipet fra trafikk i dagen i Dyvekes veg og Konows gate vil sannsynligvis bli vesentlig redusert som følge av tunnelutbyggingen. Estimering av totalbelastningen fra trafikkutslipp viser at samlet belastning i dalbunnen blir under grenseverdiene.

I området ved tunnelmunningene er Lodalen ganske trang, det er i overkant av 400 m fra "Vålerengaplataet" til brattkanten på sørsiden av dalen. Øst for Enebakkveien stiger dalbunnen ganske bratt. Under vintersituasjoner med klart, kaldt vær og lite vind vil den vertikale blandingen av lufta være dårlig. Svak østavind (nedover dalen) vil være typisk for slike situasjoner. Rushtidsutslippene av NO_x fra Vålerengatunnelen, Lodalsbrua og Ekebergtunnelen kan da gi et midlere NO_x -bidrag langs dalbunnen vestover på ca $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vurdert ut fra enkle fluks-betraktninger og fra spredningsforsøk med sporstoff. Dette svarer til en NO_2 -konsentrasjon på ca. $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende bidrag til CO-konsentrasjoner vil bli ca $3 \text{mg}/\text{m}^3$.

Dersom forurensningen fra Ekebergtunnelen slippes ut gjennom sjakter med tilhørende utluftningstårn, vil forurensningsnivået

i Lodalsområdet bli lavere enn dersom forurensningen slippes ut gjennom munningene. Utslipp gjennom sjakter vil kunne sikre at grenseverdiene for luftkvalitet ikke overskrides utenfor noen av munningene. Samtidig vil forurensningsbelastningen på Ekebergplatået øke. Krav til utluftningstårn er vurdert i forhold til lokal topografi og eksisterende bebyggelse.

Belastningen av forurensning som følge av utslipp fra ventilasjonstårnene er avhengig av utformingen av tårnene, spredningsforholdene og topografien rundt tårnene. For å sikre seg mot at høye konsentrasjoner opptrer som følge av røyknedslag ved middels sterk vind, bør utslippshastigheten gjennom tårnene være over 7 m/s. Utslippshastigheten og luftkapasiteten bør tilpasses slik at tårnenes areal ikke blir unødig stort. Utslippshastigheter over 25 m/s bør i alle fall unngås på grunn av risiko for støy og vibrasjoner i konstruksjonen.

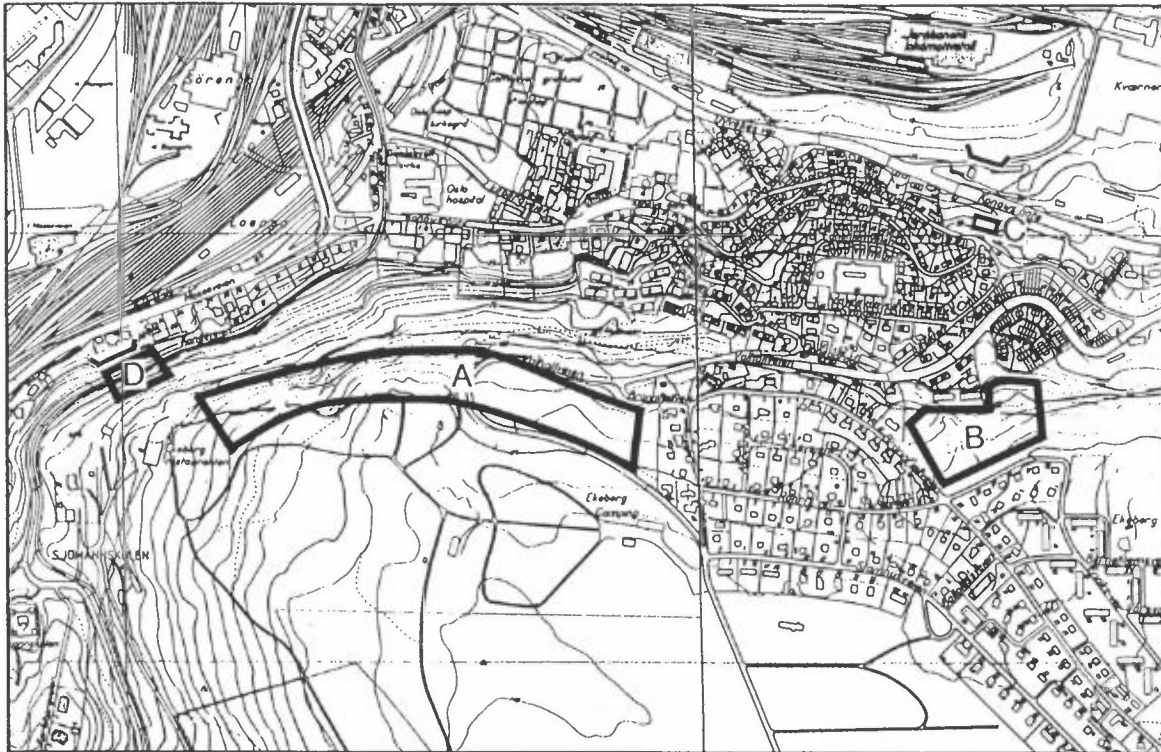
Tårnene bør konstrueres med separate kanaler slik at utslippshastigheten kan opprettholdes selv om utslippsvolumet blir mindre (som følge av mindre trafikk i tunnelene).

Tårnenes høyde over bakken må tilpasses topografien slik at røyknedslag ikke forekommer. Dette medfører at plasseringer på lavere høyde krever høyere tårn enn plasseringer høyere opp i åsen. Samtidig bør det også legges vekt på det visuelle inntrykket av utslippstårnene, slik at de ikke blir for dominerende. Spredningsmessig gode plasseringer er vanskelig å kombinere med visuell tilpasning til landskapet. Figur 4 viser 4 områder som kan være aktuelle for plassering av utslippstårn.

Tårn for vestlig sjakt bør plasseres ved område A eller D, tårn for østlig sjakt ved område B eller C, mens en felles sjakt bør plasseres ved område A eller B.

Mest avgjørende for tårnenes høyde over bakken er omkringliggende bygninger og topografien. Tårn i områdene A og B bør være over 15 m høye i områdenes øvre (sørligste) deler, og over

20 m høye i områdenes nedre (nordligste) deler. Tårn i område C eller D bør være ca. 30 m høye.



Figur 4: Omtrentlige mulige plasseringer for utslippstårn.

Med slike høyder på utluftningstårnene, og med utslippshastigheter innenfor det angitte intervallet, viser spredningsberegninger at bidraget fra utslippstårnene til konsentrasjoner i bakkenivå blir langt under grenseverdiene for luftkvalitet, bortsett fra i perioder med sterk vind (> 10 m/s). I slike perioder kan kortvarige overskridelse av grenseverdiene som skyldes utslipp fra tårnene forekomme i nærheten av tårnene (nærmere tårnene enn 25 m).

10 UTSLIPPSFORANDRINGER

Fra modellåret 1989 skal alle nye bensindrevne biler tilfredsstille visse avgasskrav som i de fleste tilfeller vil kreve

katalysatorrensning av avgassene. Det er foreløpig ikke vedtatt strengere avgasskrav til dieseldrevne biler. Det forventes en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget i 1988 og 1989 har vært mye lavere enn antatt. Levealderen på personbiler tilsier imidlertid at de aller fleste personbiler vil ha katalysator (dvs. være nyere enn 1989-modell) i år 2004.

Vi regner med at en bensindrevet bil utstyrt med katalysator i gjennomsnitt vil ha et utslipp av CO og NO_x på ca. 30% av utslippet fra bensindrevne biler uten katalysator (SFT, 1986). Strengere avgasskrav for bensindrevne biler vil derved redusere CO-utslippet fra tunnelmunningene betraktelig. NO_x-utslippet vil derimot ikke bli redusert i tilsvarende grad, da utslippet fra dieseldrevne biler ikke vil bli redusert tilsvarende.

I utslippsberegningene er det tatt utgangspunkt i 1994 som beregningsår, med en katalysatorandel på 36%. For utviklingen fram til det tidspunkt samtlige personbiler har katalysator vil antagelig effekten av økende katalysatorandel være større enn effekten av trafikkøkning, slik at det samlede utslipp reduseres.

11 REFERANSER

Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredning ved veg-tunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).

Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).

Larssen, S. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensningen ved munningene. Lillestrøm (NILU OR 33/87).

Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning - virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).

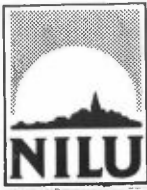
Statens forurensningstilsyn (1986) Avgassbestemmelser for personbiler. Oslo.

Sørli, J. og Tønnesen, D. (1990) Ekebergtunnelen. Vurdering av luftforurensninger. Lillestrøm (NILU OR 7/90).

Tønnesen, D. (1991) Spredningsforsøk med sporstoff i Lodalen, vinteren 1991. Lillestrøm (NILU OR under utarbeidelse).

Vegdirektoratet (1988). Utforming og trafikkteknisk drift av vegtunneler. Oslo

WHO (1987). Air quality guidelines for Europe. København (WHO Regional Publ., Eur. series No 23).



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 56/91	ISBN-82-425-0287-0	
DATO SEPTEMBER 1991	ANSV. SIGN. <i>Alvland</i>	ANT. SIDER 22	PRIS NOK 45,-
TITTEL Ekebergtunnelen. Ny vurdering av luftforurensning for alternativ tunneltrasé		PROSJEKTLEDER D. Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-1419	
FORFATTER(E) D. Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens Vegvesen - Oslo Postboks 6003 Etterstad 0601 Oslo 6			
STIKKORD Veitunnel Ventilasjon Forurensningsberegninger			
REFERAT Vurdering av ventilasjon og forurensningsbelastning for Ekebergtunnelen viser at tunnelen kan ventileres gjennom munningene uten at overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet forekommer ved bygninger utenfor munningene.			

TITLE Pollution from the Ekeberg road tunnel
ABSTRACT

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C