

NILU OR: 7/90

NILU OR : 7/90
REFERANSE: O-1419
DATO : JANUAR 1990
ISBN : 82-425-0103-3

EKEBERGTUNNELEN VURDERING AV LUFTFORURENSNINGER

J. Sørli og D.A. Tønnesen

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet utført beregninger av luftforurensning rundt munningene av den planlagte Ekebergtunnelen i Oslo. Beregningene, som er basert på trafikk tall fra Oslo Byplankontor, viser at:

- I de fleste tunnellopene vil bruk av vifter være nødvendig for å være sikker på at munningskonsentrasjonene ikke skal overskride de krav som stilles. Enkelte av tunnellopene vil være selvventilerende på grunn av trafikkens pumpevirking ved de anslåtte trafikkhastighetene.
- Tunnellopene kan ventileres gjennom munningene, dvs. uten bruk av sjakter. Utslipp i munningen mot Konowsgate bør imidlertid unngås fordi det kan medføre overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet ved Konowsgate 67.
- Ventilasjonshastigheten i løpet mot Grønliå bør være minst 5 m/s for å unngå overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet ved Mosseveien 54 og Mosseveien 56.

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	1
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	22
8 UTSLIPP GJENNOM SJAKTER	23
9 UTSLIPPSFORANDRINGER	26
10 REFERANSER	27

EKEBERGTUNNELEN VURDERING AV FORURENSNING

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag for Vegdirektoratet utført beregninger av luftforurensning vedrørende Ekeberg-tunnelen i Oslo (ytre trasé). Det er utført beregninger av foruren-sningsbelastningen 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 ventila-sjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk og for en stillestående trafikksituasjon. Vurderingen er basert på beregning av konsentra-sjonen av stoffene karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x).

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 for-urensningskonsentrasjoner 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 ven-tilasjonshastighet 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 rushtidstrafikk morgen og ettermiddag, samt for stillestående trafikksituasjon med sammenhengende kø i tunnelene.

Belastningen av NO₂ er vurdert ved omregning av beregnede NOx-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 NOx i St. Olavsgate og i Vålerengatunnelen, og behandlingen av "bakgrunnsbidraget" i rapporten.

I beregningene er det tatt hensyn til at enkelte av tunnellopene deler seg, og følgelig at noe av CO- og NOx-produksjonen i hovedløpene vil ventileres mot sideløpene, samt at hovedløpene også vil få tilførsel av ventilasjonsluft med innhold av CO og NOx fra sideløpene.

I beregningene er det ikke tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Dette fører til et overestimat av forurensningsbelastningen i beregningene. Tunnelen vil bli trafikkert fra 1993. Anslagsvis vil 7% av bensindrevne biler skiftes ut de nærmeste årene. Overestimatet av NOx-belastningen er mindre enn dette, da en stor del av NOx-utslippet kommer fra dieseldrevne kjøretøy. For tunge dieserbiler ventes strengere avgasskrav innført i 1993-94, det vil ta noen år etter dette før kravene får gjennomslag i bilparken.

3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA

Tunneldata er utarbeidet av Vegplankontoret for Oslo. Det planlagte tunnelsystemet er vist i figur 1. Tabell 1 viser de enkelte tunneløpene i tunnelsystemet, og beregningsnummeret til løpene.

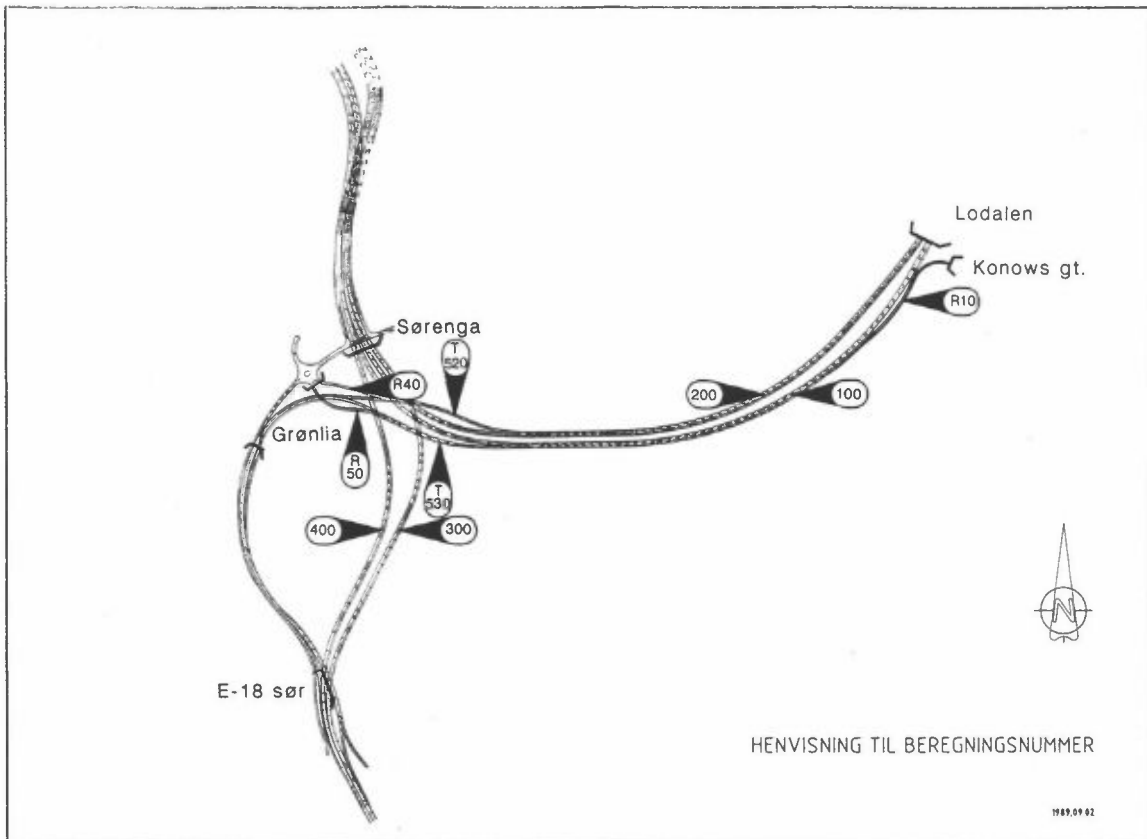
Tabell 1: Tunnelløp og beregningsnummer.

Tunnelløp	Beregningsnummer
Sørenga-Lodalen	100
Lodalen-Sørenga	200
Sideløp mot Konowsgate	R10
E-18-sør-Sørenga	300
Sørenga-E-18-sør	400
Sideløp, fra 200 til munning ved Grønlia	T520
Sideløp fra T520 til munning ved rundkjøring	R40
Sideløp fra rundkjøring til T530	R50
Fra munning sør for rundkjøring til 100	T530

Tabell 2 viser lengde, profil og trafikk tall for tunnellopene, identifisert ved sitt beregningsnummer. Trafikkprognosen gjelder for 1995. Kjøre hastighetene i tabellen er resultat av modellberegninger for utvikling av oppgitt trafikk mengde. Trafikk tall og kjøre hastigheter er gitt av Oslo byplankontor.

I beregningene har samme lengde blitt anvendt for begge hovedløpene mellom Lodalen og Sørenga (100 og 200). Dette har ført til en overestimering av produksjonen i tunnel 200 på ca. 3,5%. Dette har ingen innvirkning på konklusjonen i rapporten.

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.



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

Tabell 2: Tabell for tunneldata.

	Tverrsnitts- areal m^2	Del	Lengde (m)	Profil (%)	Trafikkmengde (biler/time) morgen/ ettermiddag	Hastigheter (km/t) morgen/ ettermiddag	
100	52	1 2 3 4 5 6	78 317 7 829 188 53 1 472	1,28 -0,77 0,74 0,74 -1,88 0,50	1187/2212 1187/2212 1187/2212 1756/2679 1106/1598 1106/1598	60/60 60/60 60/60 60/60 60/60 60/60	Påkjøring T530 Avkjøring Konowsgt. Total lengde
200	52	1 2 3 4 5 6	53 188 829 7 317 78 1 472	-0,50 1,88 -0,74 -0,74 0,77 -1,28	3063/3164 3063/3164 3063/3164 2748/2339 2748/2339 2748/2339	26/60 26/60 26/60 26/60 26/60 26/60	Avkjøring Til T520 Total lengde
300	52	1 2 3 4	65 430 150 150 815	0,0 2,92 0,00 -5,93	1732/1055 1732/1055 1732/1055 1732/1055	17/60 17/60 17/60 17/60	Total lengde
400	52	1 2 3	240 430 50 720	1,06 -2,12 0,0	754/2070 754/2070 754/2070	60/60 60/60 60/60	Total lengde
R10	28	1 2	50 195 245	1,98 4,88	650/1081 650/1081	10/47 10/47	Total lengde
Fra T520 mot rund- kjøring, Grønliia R40	28	1	120	2,70	163/193	20/20	Total lengde
R50	28	1 2	40 120 180	0,0 -1,5	150/86 150/86	10/30 10/30	Total lengde
T520	28	1 2 3 4	80 220 80 220 600	-0,74 -1,50 -1,50 0,0	333/788 333/788 170/595 170/595	52/53 52/53 52/53 52/53	Avkjøring mot rundkjøring Total lengde
T530	28	1 2 3 4	220 80 220 80 600	0,0 3,05 3,05 0,74	430/365 430/365 580/451 580/451	10/60 10/60 10/60 10/60	Påkjøring R50 Total lengde

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 trafikkanter. Grenseverdien for nitrøse gasser er 15 ppm NO_x (28.2 mg/m³) eller 1.5 ppm NO₂ i munningen.

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, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (=10% ettermiddag og morgen).
4. Kaldstartandel (morgen=0%, ettermiddag=15%).

I tillegg til dette har innsugningsluften en viss konsentrasjon av CO og NO₂. For NO₂ er denne satt til å være 100 µg/m³. Kobling mellom tunnellopene er inkludert i innsugningskonsentrasjonen. I de tunnelene hvor det forekommer sideløp, er det antatt at ventilasjonsluften deler seg i et forhold lik forholdet mellom tverrsnittsarealene. F.eks vil

sideløpet (T520) fra tunnelen Lodalen-Sørenga (200) ventilere 28/ (52+28) = 35% av luften.

Tabell 3: Produksjon av CO og NOx i de enkelte tunnellop.
Enhet: g/s.

	Morgentrafikk		Ettermiddagstrafikk	
	CO	NOx	CO	NOx
100	4,40	1,64	7,88	2,58
200	23,22	3,63	10,03	3,15
300	16,36	1,93	3,12	1,11
400	1,48	0,48	4,6	1,33
R10	3,40	0,29	1,53	0,57
R40	0,21	0,03	0,29	0,03
R50	0,30	0,02	0,09	0,01
T520	0,28	0,07	0,96	0,23
T530	4,95	0,47	0,95	0,36

Disse produksjonstallene fører til følgende tabell over produsert CO og NOx som skal ventileres ut av munningene:

Tabell 4: Samlet produsert CO og NOx ut av munningene.
Enhet: g/s.

	Morgentrafikk		Ettermiddagstrafikk	
	CO	NOx	CO	NOx
Konowsgt.	3,84	0,95	4,00	1,36
Lodalen	7,82	1,96	8,56	2,83
Sørenga fra E18 sør	16,36	1,93	3,12	1,11
Sørenga fra Lodalen	23,22	3,36	10,03	3,15
Rundkjøring ved Grønli	4,41	0,62	2,52	0,68
Munning sør for rundkjøring	4,34	0,69	2,82	0,80
E18 sør	1,48	0,48	4,61	1,33

Forurensningsproduksjonen er også beregnet for en trafikksituasjon med tunnelene fylt opp av biler i kø. Det er antatt at CO-produksjonen for stillestående kjøretøy ligger på 0,167 g/s, og at man har et kjøretøy

for hver 7. meter. For stillestående trafikk er CO et større problem enn NOx. Tabell 5 viser produsert CO (g/s) i de enkelte tunnellopene. Der hvor det er to kjørefelter i samme retning, regnes det med at det er kø i begge feltene.

Tabell 5: Produksjon av CO, stillestående trafikksituasjon.
Enhet: g/s.

	Produksjon (g/s)	Lengde (m)	Antall kjørefelt
100	49,67	1231/1472	2
200	42,77	1070/1472	2
300	38,41	805	2
400	34,35	720	2
R10	5,84	245	1
R40	2,86	120	1
R50	3,81	160	1
T520	10,73	300/300	1
T530	18,25	300/500/300	1/2/1

Ventilasjonsluften som suges inn tunnelene har en viss bakgrunnskonsentrasjon av CO som må tas med i beregningene. Konsentrasjonen vil være avhengig av en rekke forskjellige faktorer, bl.a. spredningsforhold og koblingsgrad mellom tunnellop. I arbeidet med Vålerengatunnelen (Larssen og Iversen, 1984), ble det anvendt verdier på 30-60 mg/m³, mens WHO angir verdier for 8-timers middel på 20-60 mg/m³ for luft i byområder. Tabell 6 viser minste ventilasjonshastighet som må til for å holde CO-konsentrasjonen i tunnelluften under 250 mg/m³ ved bakgrunnskonsentrasjoner på 0, 10 og 30 mg/m³. Dersom køsonen strekker seg helt gjennom tunnelen til området ved innkjøringen vil antagelig 30 mg/m³ være den mest realistiske bakgrunnsverdien.

Tabell 6: Produsert CO, stillestående trafikksituasjon. Ventilasjonshastigheter for å overholde grensekrauet ($CO_{max}=250 \mu g/m^3$).

	Produsert CO (g/s)	Tverrsnittsareal (m ²)	Ventilasjonshastighet		
			uten bakgrunn	bakgrunn ³ 10 mg/m ³	bakgrunn 30 mg/m ³
Konowsgt.	34,12	28	4,9	5,7	8,0
Lodalen	64,82	52	4,9	5,8	8,0
Sørenga, fra sør	38,41	52	3,0	3,5	4,9
Sørenga, fra Lodalen	42,77	52	3,3	3,9	5,4
Rundkjøring ved Grønli	15,37	28	2,2	2,6	3,6
Munning sør for rundkjøring	19,67	28	2,8	3,3	4,6
E18 sør	34,35	52	2,7	3,2	4,4

Når tunnelsystemet sees i sammenheng med utbyggingen av det øvrige veisystemet i området (Teisenkrysset, Fjellinja) og trafikstyrings-systemene i forbindelse med utbyggingen, skal trafikksituasjonen som gir utslippene beskrevet i tabell 5 og 6 ikke kunne forekomme.

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 >200-300, og tungtrafikkandelen er på minst 10%.

Tabell 7: Pumpevirking fra trafikk.

	Morgentrafikk		Ettermiddagstrafikk	
	V_t (km/t)	V_p (m/s)	V_t (km/t)	V_p (m/s)
100	60	5,5	60	7
200	26	3	60	7
300	17	1,5	60	4,5
400	60	3	60	6
R10	10	~0	47	4,5
R40	20	~0	20	~0
R50	10	~0	30	~0
T520	52	2	53	3
T530	10	0,5	60	3

I tilfeller hvor trafikkmengden er mindre enn 200-300 pr. time, eller hastighetene er lave, er pumpevirkingen antatt å være lik null.

Ventilasjonshastighetene på grunn av pumpevirking er for hovedløpene sin del beregnet for trafikk midt inne i tunnelene. Mot åpningene vil tallene bli noe lavere, da trafikktallene er lavere.

6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGENE

For de prosjekterte trafikkmengder og hastigheter er det beregnet konsentrasjoner av CO og NOx for ventilasjonshastighetene 1,0, 2,5, 5,0 og 7,5 m/s (munningshastigheter). Som bakgrunnsverdi er det anvendt en konstant verdi på 5 mg/m^3 for CO, og en verdi på $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ for NO₂-konsentrasjonen. Det antas at $30 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ kommer fra naturlig bakgrunn, og at $70 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ kommer fra reaksjonen $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. NO₂-andelen regnes som 5% av NOx-utslippet i tunnelen på grunnlag av målinger av NO₂ og NOx i Vålerengatunnelen og St. Olavs gate. Tabell 8 viser konsentrasjonen fra de enkelte tunnellop, inkludert konsentrasjonen ved innsugningspunktet. Den totale konsentrasjonen av CO og NOx utenfor munningen vil ha bidrag fra tunnelmunnings, veier i nærheten, og naturlig bakgrunn.

Tabell 8: Konsentrasjoner av CO og NO₂ i munningene.
Enhet: mg/m³.

	Ventilasjonshastighet munning	Konsentrasjon	
		CO	NOx
100 - morgen	1	149	40
	2,5	72	17
	5	46	10
	7,5	37	7
100 - ettermiddag	1	191	58
	2,5	88	24
	5	54	13
	7,5	43	9,5
200 - morgen	1	475	75
	2,5	202	31
	5	111	22
	7,5	84	12
200 - ettermiddag	1	228	68
	2,5	103	28
	5	62	15
	7,5	48	11
300 - morgen	1	347	42
	2,5	159	20
	5	96	12
	7,5	62	7
300 - ettermiddag	1	93	26
	2,5	57	13
	5	45	9
	7,5	41	8
400 - morgen	1	49	11
	2,5	32	6
	5	26	4
	7,5	24	3
400 - ettermiddag	1	109	28
	2,5	55	12
	5	38	7
	7,5	32	6
Mot Konowsgt. R10 - morgen	1	157	36
	2,5	75	16
	5	47	9
	7,5	38	7

Tabell 8, forts.

	Ventilasjons-hastighet munning	Konsentrasjon	
		CO	NO _x
Mot Konowsgt. R10 - ettermiddag	1	163	51
	2,5	77	21
	5	49	10
	7,5	38	7
R40 - morgen	1	105	24
	2,5	54	11
	5	37	7
	7,5	31	5
R40 - ettermiddag	1	110	26
	2,5	56	12
	5	38	7
	7,5	31	5
Munning sør for rundkjøring T520 morgen	1	175	27
	2,5	82	12
	5	51	7
	7,5	41	5
Munning sør for rundkjøring T520* ettermiddag	1	121	31
	2,5	60	13
	5	40	8
	7,5	33	6

Situasjonen rundt munningene er beskrevet ved tabell 9, som viser konsentrasjonen ved enden av jetfasen og ved 50 meter og 100 meter avstand fra enden av jetfasen. For bidrag utenom munningsutslippet kan det regnes et konstant tillegg på 5 mg CO pr. m³ og 100 µg NO₂ pr. m³. Tabellen viser NO_x-konsentrasjoner. NO₂-konsentrasjonen fra tunnelen vil være omlag 5% av NO_x-konsentrasjonen. Samlet konsentrasjon fra tunneler og andre kilder er vurdert mot grenseverdiene for timemiddelkonsentrasjon på 25 mg CO pr. m³ og 200 µg NO₂ pr. m³. Med bidrag fra andre kilder på 5 mg CO pr. m³ og 100 µg NO₂ pr. m³, kan overskridelsene av grenseverdiene forekomme når bidraget fra tunnelene er 20 mg CO pr. m³ eller 100 µg NO₂ pr. m³.

Tabell 9: Tunnelmunningenes bidrag til konsentrasjoner av CO og NO_x ved munningene og områdene rundt.
Enhet: mg/m³.

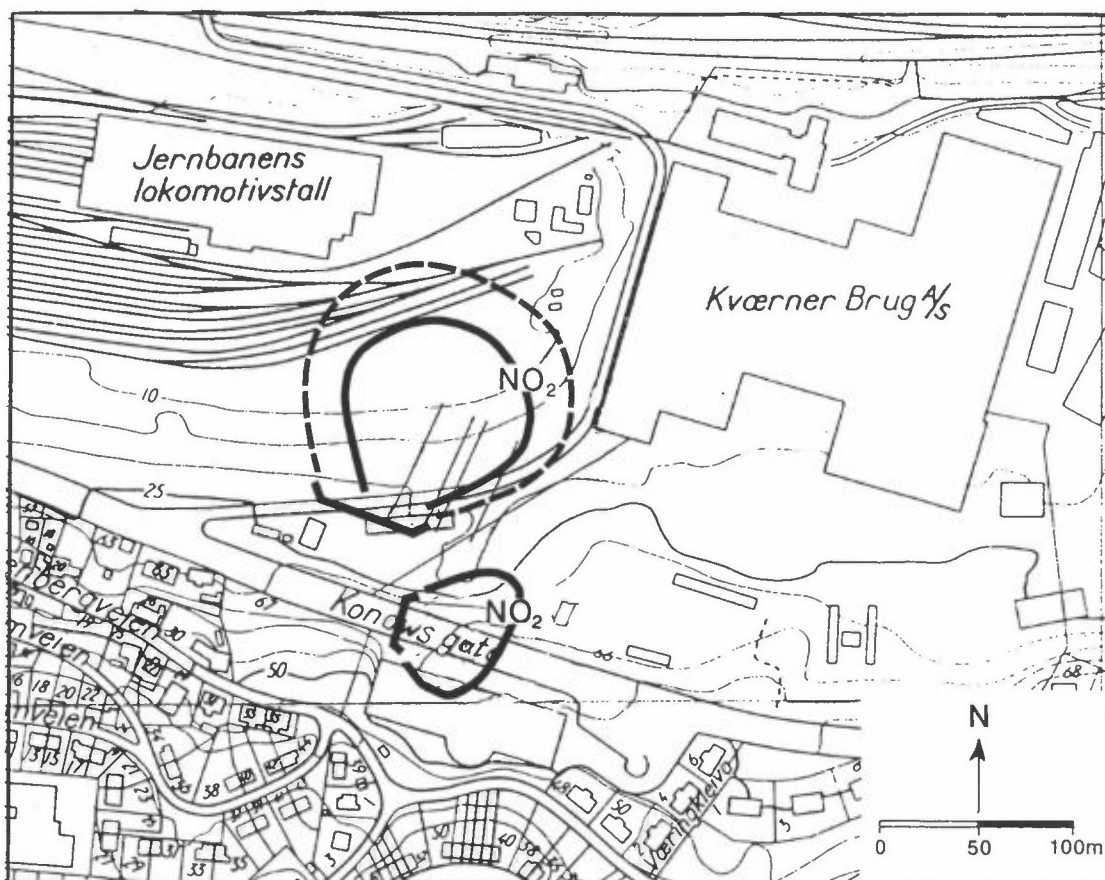
	Ventilasjons- hastighet munning	Lengde jet-fase (m)	Ved jetfaseslutt		Jetfase + 50 m		Jetfase + 100 m	
			CO	NO _x	CO	NO _x	CO	NO _x
Lodalen - morgen	1	0	149,0	40	16,2	4,3	5,5	1,6
	2,5	13	39,6	9,6	10,8	2,6	4,7	1,1
	5	69	18,4	4,0	7,4	1,6	3,96	0,9
	7,5	75	19,2	3,6	7,8	1,5	4,3	0,8
Lodalen - etter- middag	1	0	19,10	58	20,7	6,3	7,5	2,3
	2,5	13	48,4	13,2	13,2	3,6	5,7	1,6
	5	69	21,6	5,2	8,6	2,1	4,6	1,1
	7,5	75	22,4	4,9	9,1	2,0	5,0	1,1
Sørenga - morgen	1	0	822	117	89	13	32	5
	2,5	13	198	28	50	8	23	3
	5	69	83	14	33	5	18	3
	7,5	75	75	10	30	4	17	2
Sørenga - etter- middag	1	0	321	94	35	10	13	4
	2,5	13	88	17	24	7	10	3
	5	69	43	10	17	4	9	2
	7,5	75	46	10	19	4	10	2
Konowsgate morgen	1	0	157,0	36,0	11,0	2,5	3,7	0,9
	2,5	10	41,3	8,5	7,5	1,6	3,8	0,8
	5	50	19,5	8,5	7,5	1,6	2,8	0,8
	7,5	55	19,8	3,4	6,2	1,1	3,1	0,5
Konowsgate ettermiddag	1	0	16,3	50,6	11,4	3,5	3,8	1,2
	2,5	10	41,9	11,5	8,0	2,1	3,3	1,0
	5	50	20,3	4,2	6,1	1,2	2,9	0,6
	7,5	55	20,3	4,2	6,4	1,3	3,2	0,7
E18-sør - morgen	1	0	49,0	11,0	5,3	1,2	1,9	0,4
	2,5	13	17,6	3,3	4,8	0,9	2,1	0,4
	5	69	10,4	1,6	4,2	0,6	2,2	0,3
	7,5	75	12,5		5,1		2,8	
E18-sør - etter- middag	1	0	109	28,0	11,8	3,0	4,3	1,1
	2,5	13	30,3	6,6	8,3	1,8	3,6	0,8
	5	69	15,2	2,8	6,1	1,1	3,2	0,6
	7,5	75	16,6	2,9	6,8	1,2	3,7	0,6
Ved rundkjøring morgen	1	0	105,0	24,0	7,4	1,7	2,5	0,6
	2,5	10	29,7	6,1	5,4	1,1	2,5	0,6
	5	50	15,4	2,7	4,6	0,8	2,2	0,4
	7,5	55	16,1	2,6	5,1	0,8	2,5	0,4

Tabell 9, forts.

	Ventilasjons- hastighet munning	Lengde jet-fase (m)	Ved jetfaseslutt		Jetfase + 50 m		Jetfase + 100 m	
			CO	NOx	CO	NOx	CO	NOx
Ved rundkjøring ettermiddag	1	0	110,0	26,0	7,7	1,8	2,6	0,6
	2,5	10	30,8	6,6	5,6	1,2	2,8	0,6
	5	50	15,8	2,9	4,7	0,9	2,3	0,4
	7,5	55	16,6	2,6	5,2	0,8	2,6	0,4
Munning sør for rundkjøring morgen	1	0	175	27,0	12,3	1,9	4,1	0,6
	2,5	10	45,1	6,6	8,2	1,2	4,1	0,6
	5	50	21,2	2,9	6,3	0,9	3,1	0,4
	7,5	55	21,3	2,6	6,7	0,8	3,3	0,4
Munning sør for rundkjøring ettermiddag	1	0	121,0	31,0	8,5	2,2	2,8	0,7
	2,5	10	36,3	7,6	6,6	1,3	3,3	0,7
	5	50	16,6	3,3	5,0	1,0	2,4	0,5
	7,5	55	17,2	3,1	5,4	1,0	2,7	0,5

Munning mot Lodalen (100):

For å opprettholde kravene til luftkvalitet i tunneler, viser tabell 8 at en ventilasjonshastighet i munningen på 2,5 m/s er tilstrekkelig. Dette gjelder både CO og NOx, morgen- og ettermiddagstrafikk. Pumpevirkingen fra trafikken er henholdsvis 5,5 og 7 m/s ved disse trafikksituasjonene, og trafikken vil derfor selv besørge ventilasjonen, forutsatt at hastigheter og trafikkmengde samsvarer med de oppgitte tall. Tabell 9 viser hvordan forholdene utenfor munningene blir ved forskjellige ventilasjonshastigheter. Uansett ventilasjonshastighet vil området i munningenes umiddelbare nærhet bli belastet med forholdsvis høye konsentrasjoner, både av CO og NOx. Ved en ventilasjonshastighet på 5 m/s i munningen vil man få en jet-fase av ventilasjonsluften (lengde ca. 70 m), hvor overskridelser vil forekomme. Ved enden av jet-fasen skjer overgang til atmosfærisk spredning, og 50 meter fra enden av jet-fasen vil overskridelser neppe forekomme. Det er grenseverdiene for NO₂ som overskrides først, CO-belastningen er noe mindre. Man antar derfor at dette, sammen med topografiske forhold, gjør at ingen av boligene i nærheten av munningen vil bli utsatt for forureningsbelastninger som overskrider grenseverdier for luftkvalitet. Figur 2 viser forholdene rundt munningen ved ventilasjonshastighet på 5 m/s.



Figur 2: Sone hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme. Lodalen og Konowsgate. Stiplet linje viser forholdene dersom tunneløp R-10 ventileres gjennom Lodalsmunningen.

Munning mot Konowsgate (R10):

Det er antatt at 35% av luften fra hovedløpet (100) tas ut gjennom munning mot Konow's gate. Sammen med produksjon i R10 fører dette til at overskridelser av grenseverdier for tunneluft vil kunne forekomme ved ventilasjonshastighet på 1 m/s, men neppe ved ventilasjonshastighet på 2,5 m/s. Ettermiddagstrafikkens pumpevirkning vil sørge for ventilasjon selv, mens morgentrafikkens hastighet er for liten til å oppnå ønsket ventilasjon. Det må derfor sørges for ventilasjon med vifter.

Ved en ventilasjonshastighet på 2,5 m/s vil høye konsentrasjoner forekomme utenfor munningen i en avstand på 10-20 meter, mens 50 meter ifra munningen vil overskridelser neppe forekomme. Konowsgate 67 kan

bli utsatt for overskridelser ved fasaden mot Konowsgate. Dette vil typisk kunne skje ved vind fra nord og nord-øst. Derfor bør ventilasjonsluften i R10 tas ut via 100 gjennom åpningen mot Lodalen. Dette vil ikke forandre konklusjonen om munningen mot Lodalen. Figur 2 viser forholdene rundt munningen med ventilasjonshastighet 5 m/s.

Munning mot Sørenga (200+300):

Vurderingen er basert på at 35% av luften fra hovedløpet i 200 tas ut gjennom T520 mot rundkjøring og munning sør for rundkjøring ved Grønlia.

200:

Tabell 8 viser at morgentrafikken gir størst belastning. For å unngå overskridelser av luftkvalitet inne i tunnelen, bør en ha ventilasjonshastighet på minst 5 m/s. Ettermiddagstrafikken gir ikke fullt så stor produksjon av CO og NO_x, ventilasjonshastighet på 2,5-3 m/s synes tilstrekkelig. Pumpeeffekten er for liten om morgenen, slik at det er nødvendig med ekstra ventilasjon med vifter, mens ettermiddagstrafikken kan klare seg ved hjelp av egenventilering.

300:

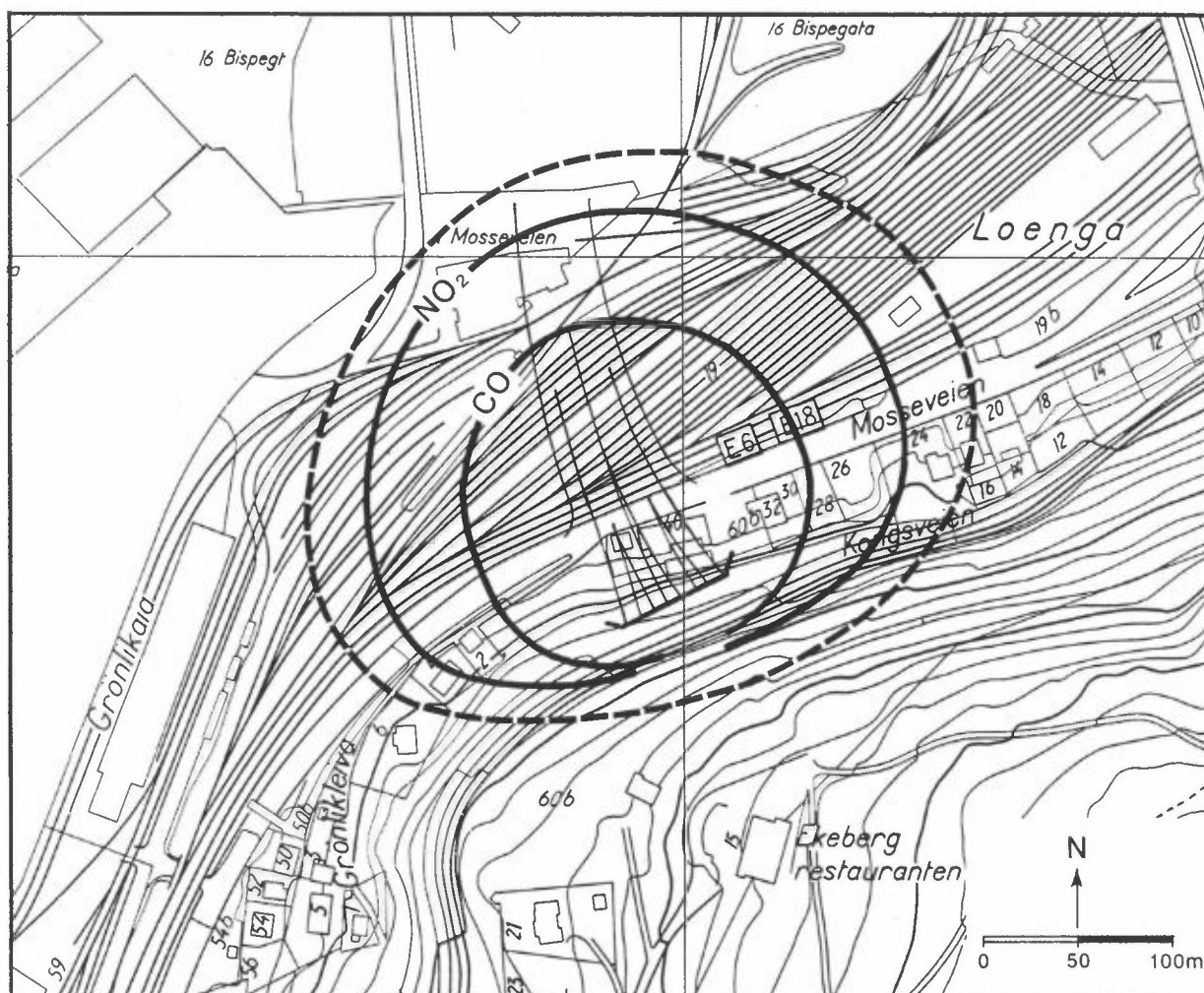
Tabell 8 viser at for morgensituasjon er en ventilasjonshastighet på 2,5 m/s for liten til å overholde grenseverdier for luft i tunneler, mens ved 5 m/s vil det ikke forekomme overskridelser. Pumpevirkning for morgensituasjon er beregnet til 1,5 m/s, og ekstraventilering er nødvendig. For ettermiddagssituasjon er 2,5 m/s tilstrekkelig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier. Pumpevirkning er beregnet til 4,5 m/s, og trafikken vil selv sørge for nødvendig ventilering.

200+300:

Belastningen ved og utenfor munningen ved Sørenga kan i perioder bli svært høy. Tabell 9 viser at for morgensituasjon, ventilasjonshastighet på 5 m/s, vil man selv i en avstand av 100 meter fra enden av jet-fasen kunne få overskridelser av grenseverdier for NO_2 . Figur 2 viser hvilke områder som kan få overskridelser rundt munningen ved Sørenga. Tabell 9 viser også at det helper lite å øke ventilasjonshastigheten.

Belastningen vil være mindre om ettermiddagen enn om morgenen.

Figur 3 viser forurensningsbelastningen for morgensituasjonen med ventilasjonshastighet lik 5 m/s.



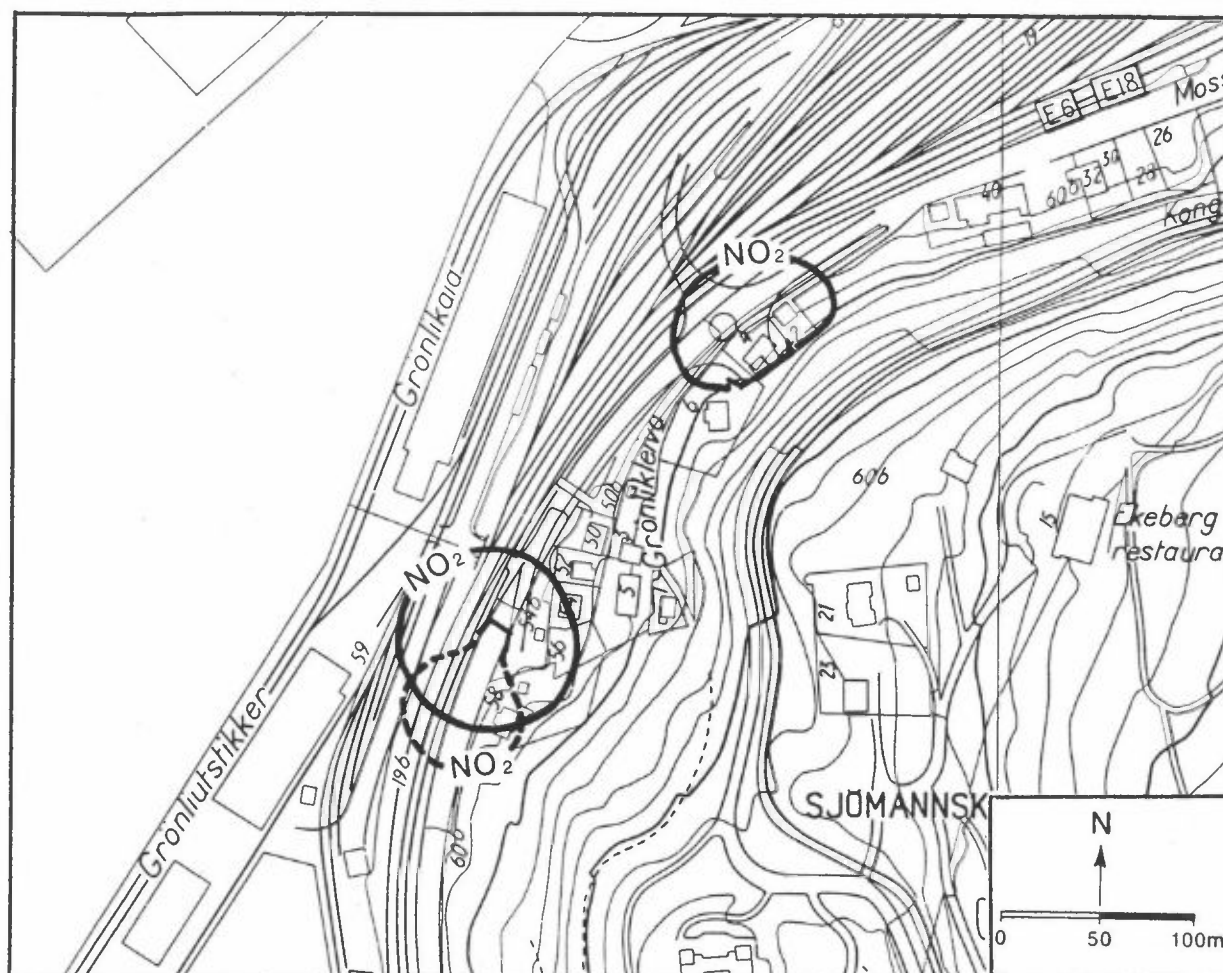
Figur 3: Sone hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme. Sørenga. Stiplet kurve viser sonen dersom løp 520 ventileres adskilt fra løp 200.

Munning mot E-18-sør (400):

Tabell 8 viser at belastningen er størst for ettermiddagssituasjon, hvor ventilasjonshastighet på 2,5 m/s er tilstrekkelig for å overholde retningslinjer for luft i tunneler. Pumpevirking er beregnet til henholdsvis 3 og 6 m/s, morgen- og ettermiddagssituasjon, og antas derfor å være tilstrekkelig ventilering. Da det ikke er bygninger nærmere munningen enn 60 m, viser tabell 9 at det ikke vil være fare for overskridelser av grenseverdier for friluft på grunn av denne munningen.

Munning mot rundkjøring, Grønlia (R40):

Både for morgen- og ettermiddagstrafikk gjelder at en ventilasjonshastighet på 2,5 m/s er tilstrekkelig for å overholde krav til luftkvalitet i tunneler, mens 1 m/s er for lite; se tabell 8. Pumpevirkingen er tilnærmet lik null på grunn av liten hastighet og liten trafikkmengde, slik at ekstra ventilasjon er nødvendig. Ved en ventilasjonshastighet på 2,5 m/s vil jetfasen ha en lengde på omlag 10 m. 50 m utenfor munningen vil man være godt under kravene til luftkvalitet for friluft, både for CO og NOx. Se figur 4 for illustrasjon av forholdene.



Figur 4: Sone hvor overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet kan forekomme. Grønliå. Stiplet kurve viser sonen dersom ventilasjonshastigheten ut av munningen er minst 5 m/s.

Munning sør for rundkjøring, Grønliå (T520):

Det er anvendt et tvernsnittareal på 28 m^2 i beregningene for denne munningen. Uten tilførsel av friskluft lenger inn i tunnelen vil en ventilasjonshastighet på $2,5 \text{ m/s}$, både morgen og ettermiddag, være tilstrekkelig for å overholde grenseverdier for tunneluft. Ved en ventilasjonshastighet på $2,5 \text{ m/s}$ vil overskridelser av grenseverdier for friluft neppe forekomme i en avstand på 30-40 meter eller større, regnet fra munningen. Eiendommen Mosseveien 58 vil bli sterkt belastet av forurensninger, men det antas at disse bygningene skal rives, da de ligger på veitraseen. Mosseveien 54 og 56 kan bli utsatt for forurensninger som overskrider grenseverdier for friluft; dette vil typisk kunne skje ved vind fra sør. Ved å dele av tunneløpet med skillevegg

mellom nordgående og sørgående trafikkstrøm, og å øke ventilasjonshastigheten til 5 m/s i sørgående løp, vil en unngå overskridelser ved Mosseveien 54 og 56. Løp T520 kan ventileres adskilt fra løp 200 ved å tilføre friskluft i delingspunktet. Da vil munningskonsentrasjonene ved Grønlia minst halveres, mens munningskonsentrasjonene ved Sørenga i løp 200 øker med ca. 30%. Området ved Sørenga som kan få overskridelser av grenseverdiene for luftkvalitet (figur 3), blir noe større, og kan omfatte Mosseveien 24. Dette vil kunne inntreffe ved kombinasjon av sjeldne vindforhold (nordvest, svak vind), høy bakgrunnskonsentrasjon av ozon og rushtidstrafikk, slik at øvre grenseverdi på $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skal benyttes. Grenseverdiene overskrides derfor ikke for denne bygningen ved endret ventilasjon.

Samlet vurdering av tunnelsystemet

Dersom alle tunnelmunningene ventileres gjennom munningene, kan overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet forekomme ved Konowsgate 67, Mosseveien 54 og Mosseveien 56. Overskridelse ved Konowsgate 67 unngås dersom tunnellop R10 ventileres inn i tunnellop 100. Dette medfører heller ikke vesentlig økt belastning ved munningen mot Lodalen.

Overskridelse ved Mosseveien 54 og Mosseveien 56 vil ikke forekomme dersom ventilasjonshastigheten ut av munningen ved Grønlia (løp T520) økes til 5 m/s. Tunnelsystemet kan derfor ventileres ved langslufting uten bruk av sjakter. Munningsutslipp innebærer imidlertid båndlegging av betydelige arealer utenfor munningene til trafikkformål (figur 2 og 3).

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 målresultatene i Lodalen ikke utypiske for sommerhalvåret. De viser en gjennomsnittlig hyppighet av vindstille på 2,5% av tiden, og av vind $<2 \text{ m/s}$ 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 %. Vind fra "bassenget" mot den bratte sørsiden vil forekomme svært sjelden, og antagelig bare ved sterk vind.

8 UTSLIPP GJENNOM SJAKTER

Vurdering av munningsutslipp viser at bebyggelsen utenfor munningene ikke belastes med konsentrasjoner over grenseverdiene. Munningsutslipp medfører imidlertid at forholdsvis store arealer båndlegges til trafikkformål. Dersom utbyggingen av Svartdalstunnelen og Galgeberggtunnelen 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. Dersom forurensningen fra Ekeberggtunnelen slippes ut gjennom sjakter med tilhørende utluftningstårn, vil forurensningsnivået i Lodalsområdet bli vesentlig lavere enn dersom forurensningen slippes ut gjennom munningene. Fremtidig renseteknologi blir antagelig lettere å installere dersom utslippene samles i et sjaktsystem/utluftningstårn. Krav til utluftningstårn er derfor vurdert i forhold til lokal topografi og eksisterende bebyggelse. Det er vurdert plasseringer for to alternative ventilasjonssystemer, en sjakt for utluftning av hele systemet, og en sjakt for hvert hovedløp. Tabell 10 viser hvilke luftkapasiteter sjaktene bør kunne dekke.

Kapasitetene er beregnet på bakgrunn av pumpevirkning eller nødvendig ventilasjonshastighet i løpene, slik at det aller meste av den forurensningen som produseres i tunnelsystemet kan taes ut gjennom sjaktene.

Tabell 10: Luftkapasitet for sjaktventilasjon.

Tunnelløp	Luftuttak fra løp (m ³ /s)		Anmerkning
	Morgen	Ettermiddag	
R10	80	125	
100	290	365	
T530	(20)	(85)	Ventilasjon inn i løp 100
R50	(20)	(20)	Ventilasjon inn i løp 100
200	260	365	
300	260	235	
400	(155)	(310)	Utslipp i munning
T520	70	85	
R40	55	55	
Sjakt øst	370	490	For R10, 100, T530 og R50
Sjakt vest	645	740	For 200, 300, T520 og R40
En sjakt	1015	1230	

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.

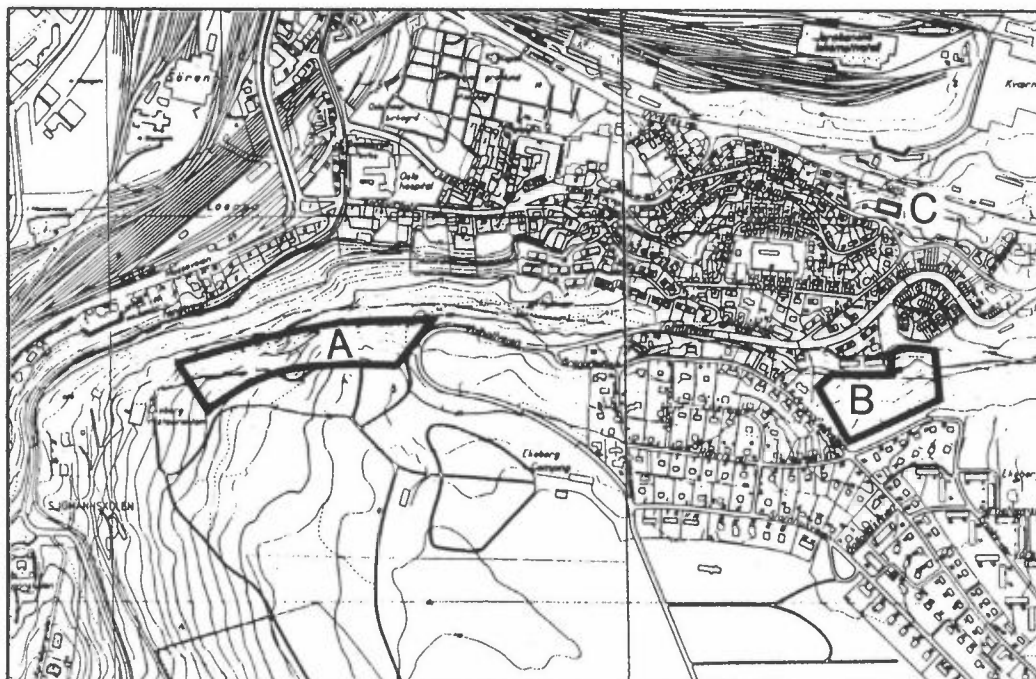
Tårnene bør konstrueres med separate kanaler slik at utslippshastigheten kan opprettholdes selv om utslippsvolumet blir mindre (som følge av mindre trafikk i tunnelene).

Tabell 11 viser eksempler på sammenheng mellom utslippshastighet og aktuelle utslippsvolum, der det er lagt to kanaler i hvert utslippstårn med areal 1/3 og 2/3 av totalt areal.

Tabell 11: Utslippshastighet (m/s) ved anførte areal av kanaler for å betjene anførte utslippsvolum.

Tårn, totalt areal (m ²)	Kanal-areal (m ²)	Utslippsvolum (m ³ /s)								
		1230	1015	740	645	490	370	300	200	100
En sjakt (81)	54	15,2	12,5	13,7	11,9	9,0	0,0	0,0	0,0	-
	27	15,2	12,5	0,0	0,0	0,0	13,7	11,1	7,4	-
Sjakt vest (51)	34	-	-	14,5	12,6	9,6	10,9	8,8	0,0	0,0
	17	-	-	14,5	12,6	9,6	0,0	0,0	11,8	5,9
Sjakt øst (33)	22	-	-	-	-	14,8	11,2	9,1	9,1	0,0
	11	-	-	-	-	14,8	11,2	9,1	0,0	9,1

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. Figur 5 viser 3 områder som kan være aktuelle for plassering av utslippstårn.



Figur 5: Mulige plasseringer for utslippstårn.

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

Mest avgjørende for tårnenes høyde over bakken er omkringliggende bygninger og topografien. Tårn i områdene A og B bør være ca. 15 m høye i områdenes øvre (sørligste) deler, og ca. 20 m høye i områdenes nedre (nordligste) deler. Tårn i område C bør være ca. 30 m høye.

Med slike høyder på utluftningstårnene, og med utslippshastigheter som vist i tabell 11, 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 overskridelse av grenseverdiene som skyldes utslipp fra tårnene forekomme i nærheten av tårnene (nærmere tårnene enn 25 m).

9 UTSLIPPSFORANDRINGER

Fra modellåret 1989 skal alle nye bensindrevne biler tilfredsstillende 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 noe lavere enn antatt. Dette innebærer at omlag 40% av bensindrevne biler antagelig vil ha katalysator i 1995, og at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2003.

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.

Beregningene gir antagelig et overestimat for forurensningsbelastningen i 1995 dersom trafikkprognosene ikke er betydelig underestimert. 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.

10 REFERANSER

Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredning ved vegtunneler. 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. 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.

Vegdirektoratet (1988). Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Oslo.

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

