

NILU OR: 31/90

NILU OR : 31/90  
REFERANSE : O-1448  
DATO : JUNI 1990  
ISBN : 82-425-0137-8

# TROMSØYSUNDET TUNNEL

VURDERING AV LUFTFORURENSNING

J. Sørli

## SAMMENDRAG

NILU har på oppdrag fra Statens vegvesen i Troms vurdert luftforurensninger rundt en planlagt tunnel under Tromsøysundet.

Luftkonsentrasjoner av karbonmonoksid (CO) og nitrøse gasser (NO<sub>x</sub>) er beregnet for trafikk om morgenen, midt på dagen og om ettermiddagen. De beregnede konsentrasjonene er sammenlignet med norske retningslinjer for luftkvalitet. Fra beregningene kan følgende konklusjoner trekkes:

- Forurensningsbelastningen av nitrøse gasser (NO<sub>x</sub>) kan være et større problem enn forurensningsbelastningen av karbonmonoksid (CO).
- Tunnelen kan ventileres gjennom munningen dersom ventilasjonsluften har en hastighet på minst 5 m/s i tiden med maksimal trafikk, og minst 3.5 m/s midt på dagen.

Ventilasjon gjennom sjakter er vurdert, og forslag til plassering av utluftingstårn ved Breivika og ved Tomasjord er angitt.

## INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG .....	1
1 INNLEDNING .....	3
2 METODER .....	3
3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA .....	4
4 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELLUFT .....	6
5 PRODUKSJON .....	7
6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGEN .....	8
7 VENTILASJON GJENNOM SJAKTER .....	12
8 UTSLIPPSFORANDRINGER .....	15
9 REFERANSER .....	16

# TROMSØYSUNDET TUNNEL

## VURDERING AV LUFTFORURENSNING

### 1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag for Statens vegvesen-Troms, utført beregninger av luftforurensning vedrørende en planlagt tunnel under Tromsøysundet. Det er utført beregninger av forurensningsbelastningen inne i tunnelen og utenfor munninger ved Tomasjord og ved Breivika. Beregningene er utført for rushtidstrafikk, morgen og ettermiddag, og for trafikk midt på dagen.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for de samme trafikksituasjoner. Forurensningsbelastningen er beregnet for karbonmonoksid (CO) og for nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>).

### 2 METODER

I beregningene er det benyttet samme metoder som tidligere benyttet i beregninger for tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988; Larssen og Sørli, 1990; Sørli og Tønnesen, 1990.):

- 1) Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, antatt år for åpning av tunnelen samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, beregnes produksjonen av CO og NO<sub>x</sub> i tunnelene. CO og NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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 tunnelen.
- 3) Konsentrasjonene av CO og NO<sub>2</sub> 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, (NEWAY).
- 5) Beregnet samlet konsentrasjon av CO og NO<sub>2</sub> fra munnings, veier og bakgrunn sammenlignes med foreslåtte verdier for luftkvalitet for CO og NO<sub>2</sub>.

Belastningen av NO<sub>2</sub> er vurdert ved omregning av beregnede NO<sub>x</sub>-konsentrasjoner til NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner.

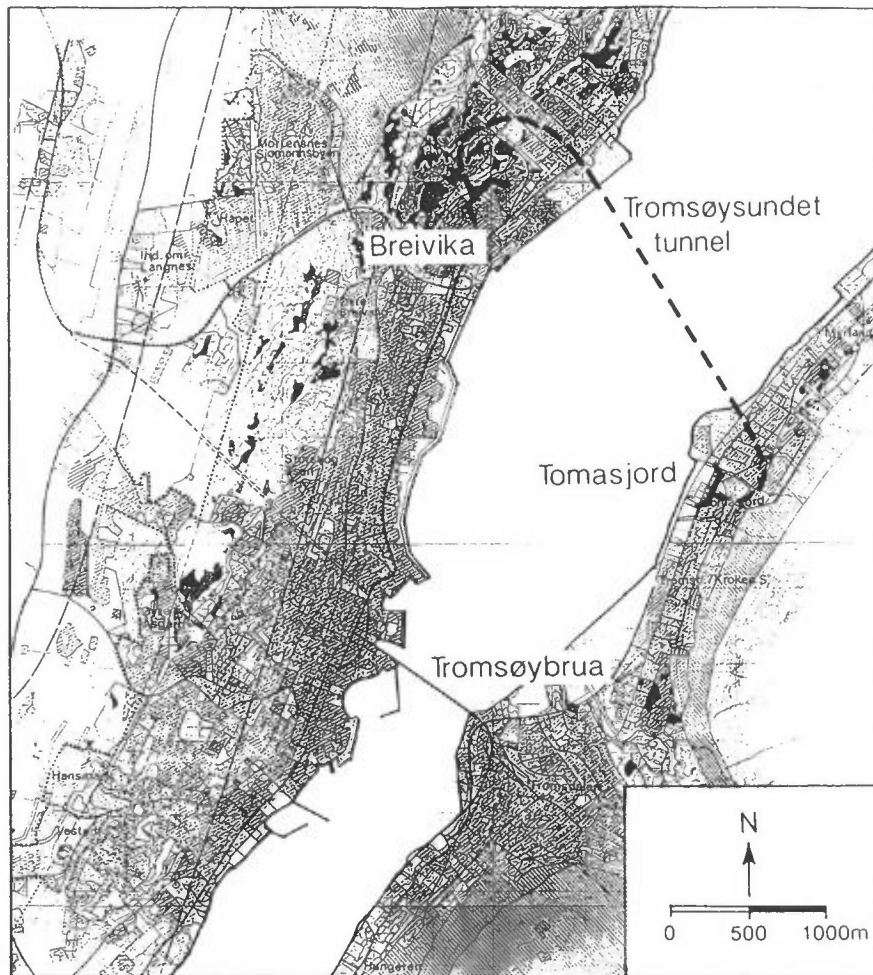
### 3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA

Tunnel- og trafikkdata er overlevert NILU fra Statens vegvesen ved Bjørn Stiberg. Den planlagte tunnelen er vist i figur 1.

Tabell 1 viser data for tunnelen og tall for rushtidstrafikk, morgen og ettermiddag, samt trafikk midt på dagen.

Tverrsnittsareal for tunnelen og tunnelmunnings er satt lik 44 m<sup>2</sup>.

Andelen av biler med kald motor er satt lik 10% for trafikk om morgenen, 5% for trafikk om ettermiddagen og 0% for trafikk midt på dagen.



Figur 1: Tunnelen og området rundt.

Tabell 1: Data for tunnelen og trafikkdata ved forskjellige tider på dagen.

	Del	Lengde (meter)	Profil (%)	Trafikktall (biler/t) Rushtid/midt på dagen	Hastigheter (km/t) Rushtid/midt på dagen
Breivika	1	160	-3,4	900/250	30/55
	2	1 210	-7,9		
	3	910	+4,7		
	4	850	+6,5		
Tomasjord	5	265	+2,9	900/250	30/55
	1	160	3,4		
Breivika	2	1 210	7,9		
	3	910	-4,7		
	4	850	-6,5		
	5	265	-2,9		

Tungtrafikkandelen er satt lik 8% med fordeling 3% mindre enn 10 tonn, 3% mellom 10 og 20 tonn, og 2% større enn 20 tonn totalvekt. Andelen av dieseldrevne personbiler er anslått til å være 3%.

Gjennomsnittsfart er satt lik 30 km/t morgen og ettermiddag, og lik 55 km/t for trafikk midt på dagen. Beregninger viser at en situasjon hvor lettere biler holder 60 km/t, mens tunge biler holder 40 km/t vil ha tilnærmet samme produksjon av  $\text{NO}_x$  sammenlignet med en situasjon hvor alle bilene har en fart på 30 km/t. Beregningene og konklusjonene i rapporten er derfor gyldige selv om reell gjennomsnittshastighet avviker fra den forventede.

#### 4 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELUFT

Statens forurensningstilsyn (1982) har foreslått grenseverdier for luftkvalitet i friluft. De er for CO og  $\text{NO}_2$ :

CO Timesmiddelverdi: 25 mg/m<sup>3</sup>  
8-timersverdi : 10 mg/m<sup>3</sup>

$\text{NO}_2$  Timesmiddelverdi: 200-350 µg/m<sup>3</sup>  
24-timersverdi : 100-150 µg/m<sup>3</sup>

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 fastsatt grenseverdier for CO og  $\text{NO}_x$  i vegtunneler. I tunneler uten gående eller syklende er verdiene:

CO : 250 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)  
 $\text{NO}_x$  : 28,2 mg/m<sup>3</sup> (15 ppm)

Verdiene gjelder i munningen hvor ventilasjonsluften tas ut. Ved halv tunnelengde i tunneler med langslufting er verdiene henholdsvis 125 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm), og 14,1 mg/m<sup>3</sup> (7,5 ppm).

Grenseverdiene er anvendt i vurdering av eventuell overskridelse av luftkvalitet.

## 5 PRODUKSJON

Produksjon av CO og NO<sub>x</sub> er beregnet for morgentrafikk, trafikk midt på dagen, og for ettermiddagstrafikk, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall (antall og hastighet)
2. Tunneldata (lengde, stigning)
3. Tungtrafikkandel
4. Kaldstartandel
5. Beregningsår

Resultatet av beregningene er vist i tabell 2. Tabellen viser også minimums ventilasjonshastigheter for å overholde grenseverdier for tunneluft, samt pumpevirkning fra trafikk ved envegstrafikk. Som beregningsår er 1994 valgt. Dersom tunnelen ikke åpner før 1995, vil beregnet produksjon av CO og NO<sub>x</sub> og ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier minke noe, men ikke vesentlig. Beregningene for 1994 beskriver derfor forholdene ved munningene også dersom tunnelen ikke åpner før 1995. I beregningene er det forutsatt at tunnelen ventileres mot Breivika om morgenen, og mot Tomasjord midt på dagen og om ettermiddagen.

Tabell 2: Produksjonstall (g/s) for CO og NO<sub>x</sub> i tunnelen, minimums ventilasjonshastigheter for å overholde grenseverdier for tunneluft og pumpevirkning.

	Produksjon (g/s)		Minimums ventilasjonshastighet (m/s)	Pumpevirkning fra trafikk (m/s)
	CO	NO <sub>x</sub>		
Breivika Morgen	30,25	3,43	2,8	1,5
Tomasjord Midt på dagen	5,80	2,00	1,6	-
Tomasjord Ettermiddag	26,69	3,56	2,9	1,5



Tabell 2 viser at en ventilasjonshastighet på 2,8 m/s er nødvendig og tilstrekkelig for å overholde grenseverdier for morgentrafikk, 2,9 m/s er nødvendig og tilstrekkelig om ettermiddagen, mens 1,6 m/s er tilstrekkelig for trafikk midt på dagen. Beregnet produsert  $\text{NO}_x$  er dimensjonerende for aktuelle kjørehastigheter.

## 6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGEN

Basert på produsert CO og  $\text{NO}_x$ , samt nødvendige ventilasjonshastigheter for å overholde krav til tunnelluft, er avstand fra tunnelmunning til områder som ikke vil bli belastet med forurensning som overskrider grenseverdier for friluft, beregnet for begge tunnelmunninger. Det er også beregnet for større ventilasjonshastigheter enn nødvendig for å se hva slags virkninger dette medfører for størrelsen av områder som kan bli belastet.

I friluft vil produsert  $\text{NO}_2$  være et større problem enn produsert CO. I vurderingene er derfor  $\text{NO}_2$ -konsentrasjonene anvendt som dimensjonerende faktor.

Det antas at  $\text{NO}_2$ -andelen av  $\text{NO}_x$ -konsentrasjonen er omtrent 10% med produksjon fra en tunnel med profil som angitt. Anbefalt grenseverdi for  $\text{NO}_2$  i friluft,  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tilsvarer dermed en  $\text{NO}_x$ -konsentrasjon på  $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ , når det samtidig er tatt hensyn til at bakgrunn og bidrag fra nærliggende veier kan være opptil  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$ .

Resultatet av beregningene er vist i tabell 3 og i figur 2, 3 og 4.

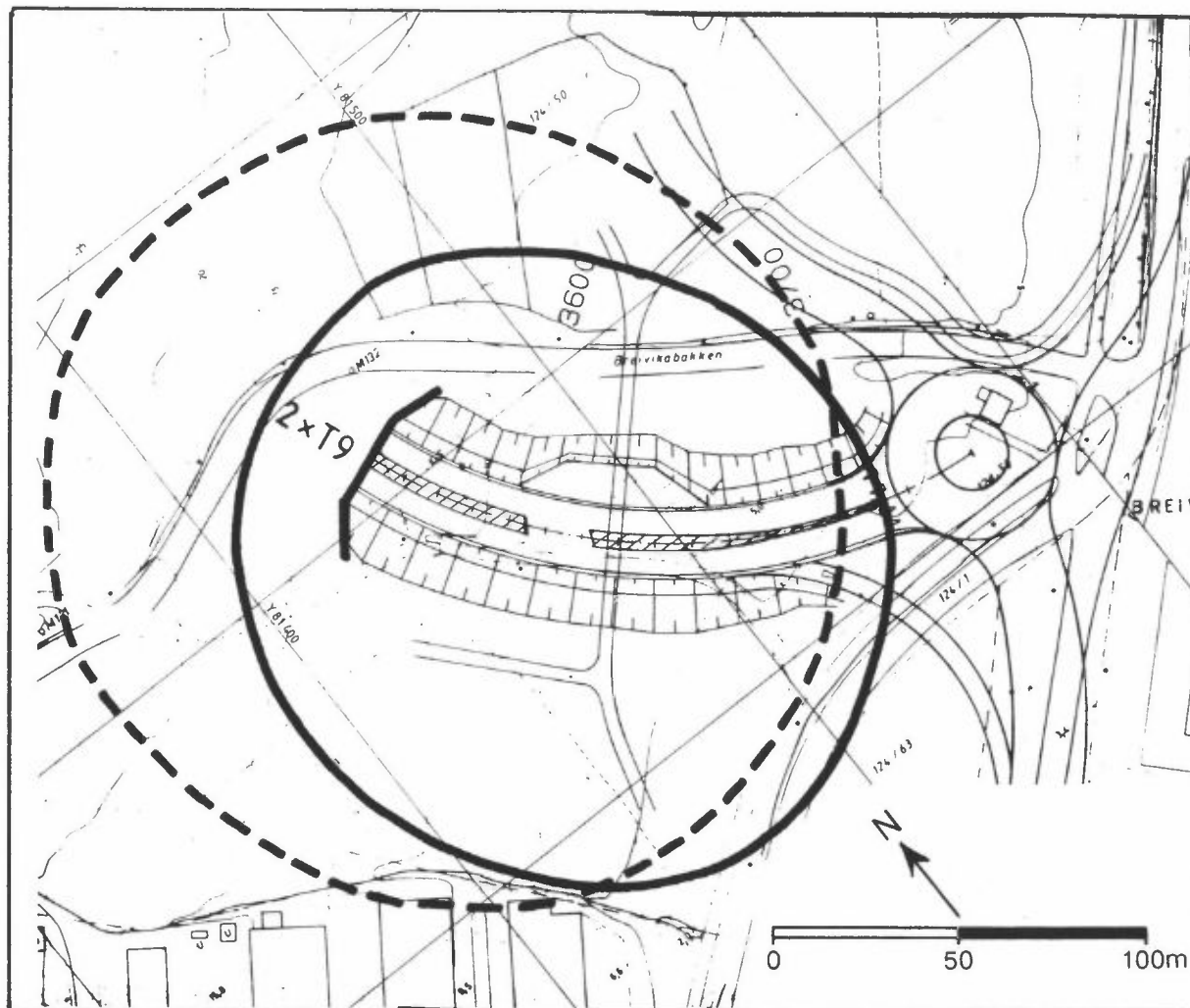
Tabell 3: NO<sub>x</sub>-konsentrasjoner i tunnelmunninger ved forskjellige ventilasjonshastigheter.

	Ventilasjonshastighet (m/s)	Konsentrasjoner NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
Breivika (morgentrafikk)	2,8	27,8
	4,0	19,5
	5,0	15,6
Tomasjord (midt på dagen)	1,6	28,2
	2,5	18,1
	3,5	12,9
Tomasjord (ettermiddagstrafikk)	2,9	27,9
	4,0	20,2
	5,0	16,2

#### Munning mot Breivika:

Figuren viser at en ventilasjonshastighet på 2,8 m/s kan gi overskridelser i en avstand opptil 130 meter fra tunnelmunningen, avmerket med stiplet linje på figur 2. Dette er ikke akseptabelt, da bygninger sør-vest for munningen ligger innenfor dette området. En løsning på problemet kan være å øke ventilasjonshastigheten til 5 m/s i tiden med maksimal trafikk om morgenen. Dette gjør at munningskonsentrasjonene blir lavere, og området som kan bli belastet med NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner over gitte grenseverdier blir mindre. På figur 2 er dette området avmerket med heltrukken linje. Imidlertid ligger bygningene sør-vest for munningen så nær dette området at dersom dette er bygninger hvor personer oppholder seg på denne tiden av døgnet, bør friskluftinntak ikke ligge i disse deler av bygningene, og eventuelle utette fasader bør tettes.

Sykehuset, nord for munningen, vil ikke bli belastet med forurensninger fra munningen, selv ved minste ventilasjonshastighet, 2,8 m/s.



Figur 2: Munning ved Breivika. Områder hvor overskridelse av grenseverdi for  $\text{NO}_2$  kan forekomme er markert. Stiplet linje viser områder ved ventilasjonshastighet lik 2,8 m/s, heltrukken linje viser for 5 m/s.

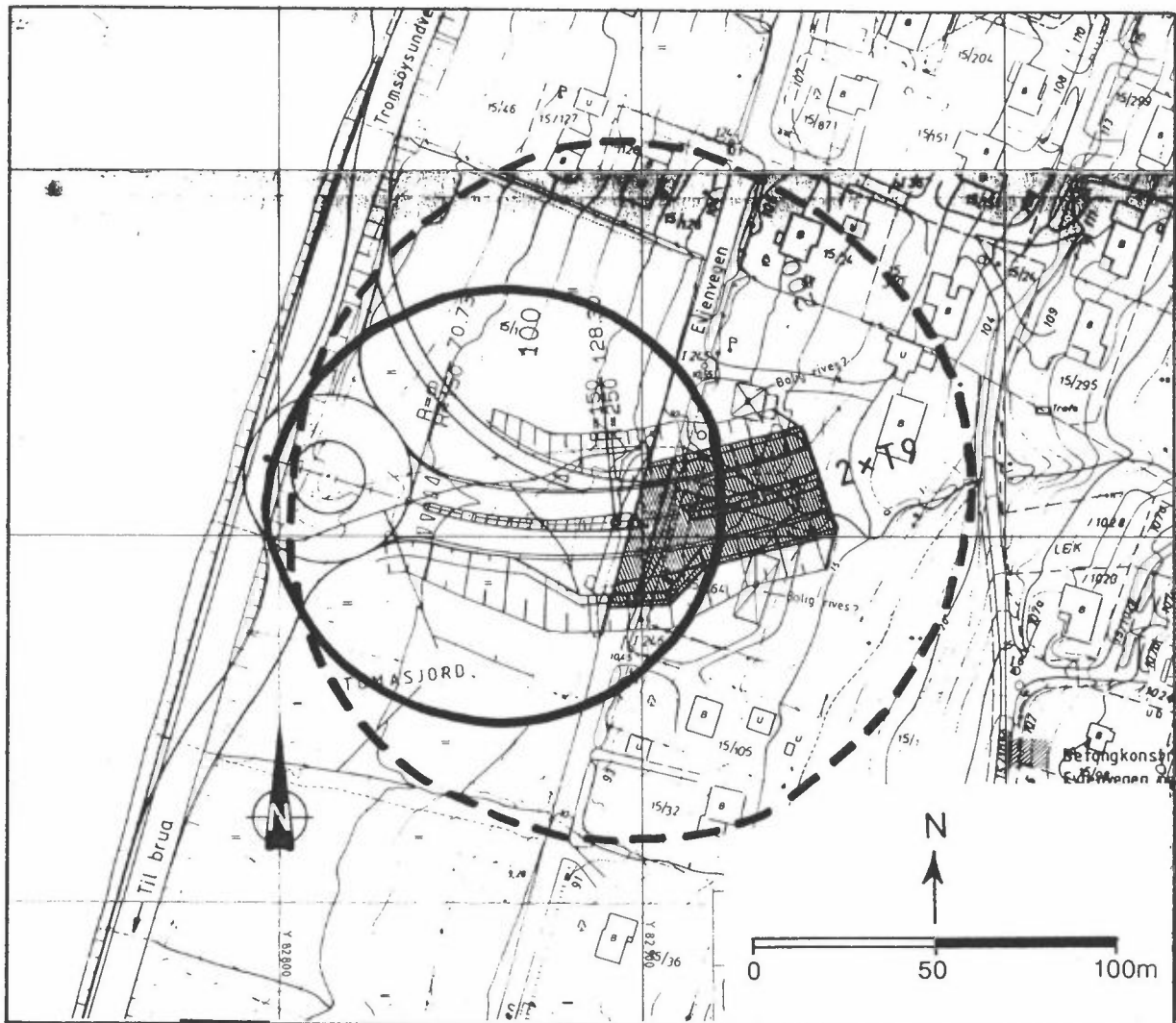
#### Munning mot Tomasjord:

Beregningene viser at ettermiddagstrafikk er mest belastende for området. Med minimums ventilasjonshastighet, 2,9 m/s, kan overskridelser av  $\text{NO}_2$ -grenseverdier kan skje i inntil 135-140 meter fra munningen, og flere av bygningene i nærheten ligger innenfor denne avstanden. Dette er vist på figur 3, stiplet linje. For at ettermiddagstrafikk ikke skal kunne gi overskridelser ved noen av boligene, må ventilasjonshastigheten være på minst 5 m/s. Denne ventilasjonshastigheten vil kunne gi overskridelser ved noen av eiendommene, men neppe ved bygningene. Området er avmerket på figur 3 med heltrukken linje.



Figur 3: Munning ved Tomasjord, ettermiddagstrafikk. Områder hvor overskridelse av grenseverdi for  $\text{NO}_2$  kan forekomme er markert. Stiplet linje viser områder ved ventilasjonshastighet lik 2,9 m/s, heltrukken linje viser for 5 m/s.

Trafikk midt på dagen vil også kunne føre til overskridelser ved noen av bygningene dersom laveste ventilasjonshastighet, 1,6 m/s benyttes. Dette området er vist på figur 4, stiplet linje. For trafikk midt på dagen må ventilasjonshastigheten være på minst 3,5 m/s for at overskridelser ikke skal skje ved bygninger i nærheten av munningen. Dette området er avmerket med heltrukken linje på figur 4.



Figur 4: Området rundt munning ved Tomasjord, trafikk midt på dagen. Områder hvor overskridelse av grenseverdi for  $\text{NO}_2$  kan forekomme er markert. Stiplet linje viser områder ved ventilasjonshastighet lik 1,6 m/s, heltrukken linje viser for 3,5 m/s.

## 7 VENTILASJON GJENNOM SJAKTER

Dersom ventilasjonshastighetene ikke kan holdes på et nivå hvor grenseverdier for  $\text{NO}_2$  ikke overskrides ved bygninger i nærheten av munningene, kan ventilasjon gjennom sjakter med ventilasjonstårn være et alternativ. Forurensningsnivået i områdene rundt munningene vil da bli vesentlig lavere enn dersom utslippene slippes ut gjennom munningene. Framtidig renseteknologi blir antagelig lettere å installere dersom utslippene samles i sjaktsystemer.

Tårnenes høyde over bakken må tilpasses topografien slik at røyknedslag ikke forekommer. Dette betyr bl.a. at plasseringer på lavere høyde krever høyere tårn enn plasseringer høyere i terrenget. For å sikre seg mot at høye konsentrasjoner opptrer som følge av røyknedslag ved middels sterk vind, bør utslippshastigheten gjennom tårnet være minst 10 m/s. Det bør også legges vekt på det visuelle inntrykket av utslippstårnene, slik at de ikke blir for dominerende, og tårnene bør ikke ligge i umiddelbar nærhet av boliger.

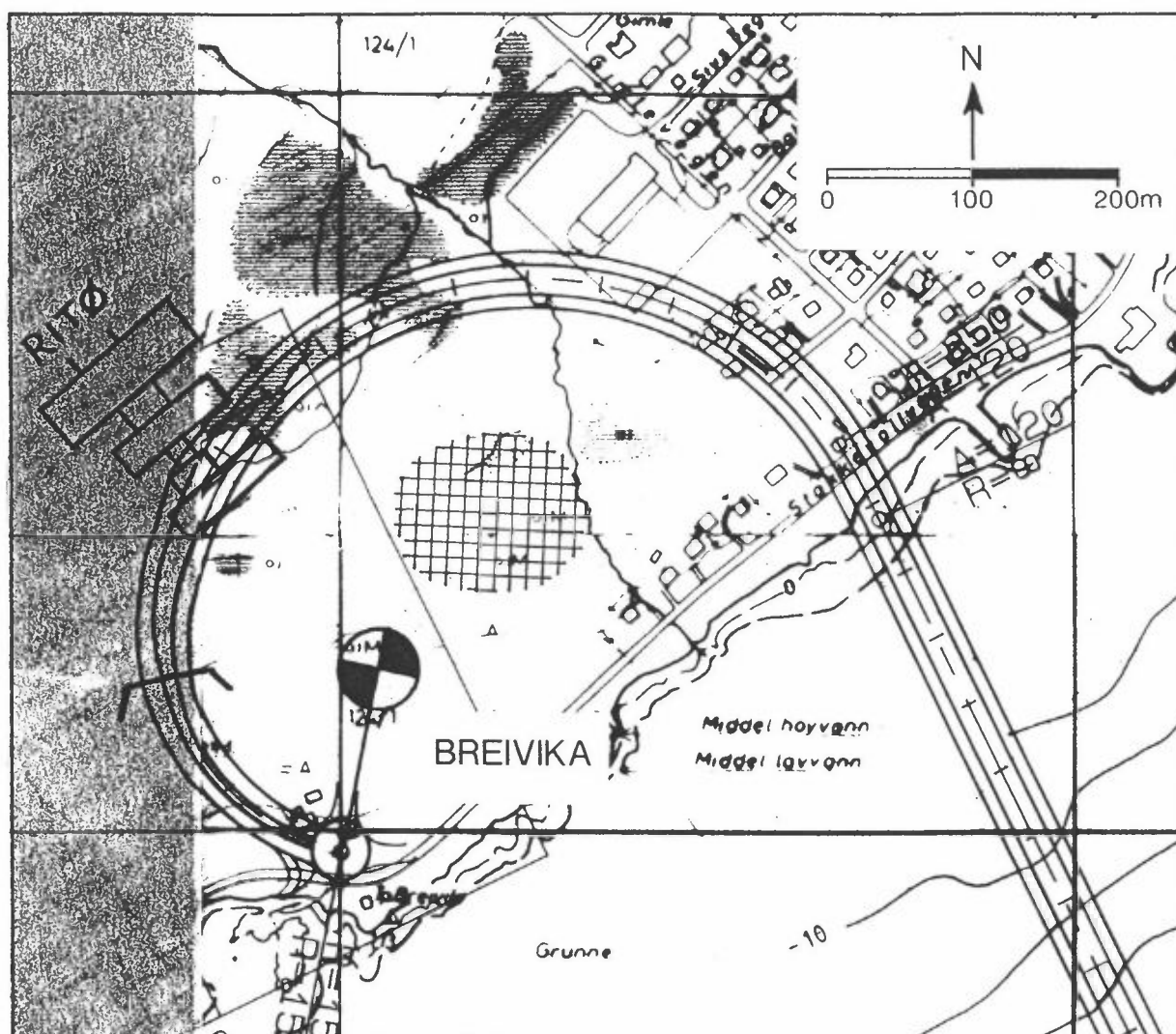
Tårnene bør konstrueres med separate kanaler av forskjellig størrelse slik at utslippshastigheten kan opprettholdes selv om utslippsvolumet blir mindre som følge av mindre trafikk i tunnelen. Et eksempel er gitt i tabell 4. De to kanalene har henholdsvis 1/3 og 2/3 av totalt areal.

Tabell 4: Utslippshastigheter (m/s) ved anførte areal av kanaler for å betjene anførte utslippsvolum.

Kanalareal (m <sup>2</sup> )	Utslippsvolum (m <sup>3</sup> /s)								
	126	108	90	84	72	60	42	36	30
3	14	12	10	0	0	0	14	12	10
6	14	12	10	14	12	10	0	0	0

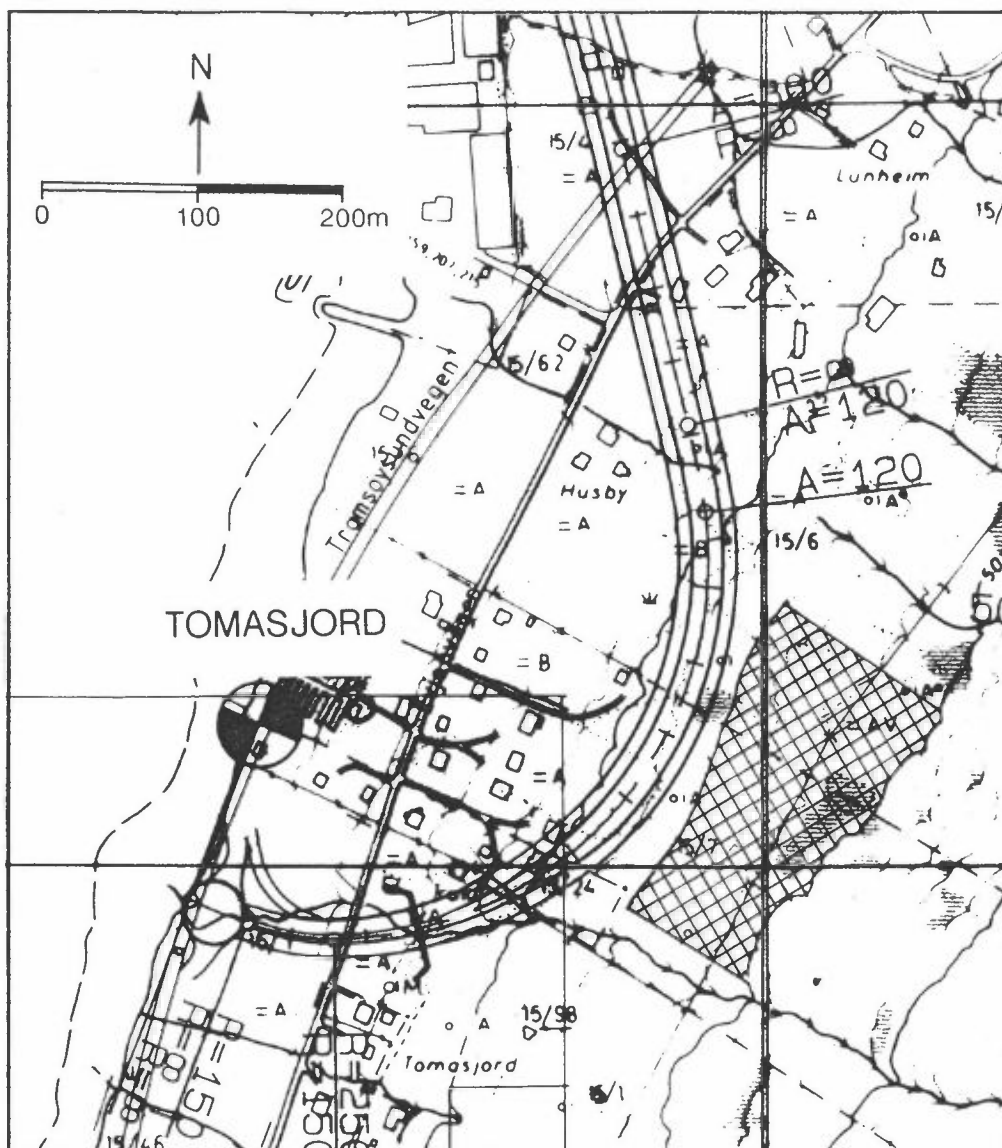
Kapasitetene er beregnet på bakgrunn av nødvendig ventilasjonshastighet i løpene slik at det aller meste av den forurensningen som produseres i tunnelen kan tas ut gjennom sjakt.

Et tårn ved Breivika bør ha høyde på minst 15 meter, og en mulig plassering er vist på figur 5.



Figur 5: Skravert område viser en mulig plassering av utslippstårn ved Breivika.

Ved Tomasjord vil 10 meter være tilstrekkelig høyde på tårnet forutsatt at tårnet plasseres høyere enn høydekote 35. En mulig plassering, mellom kote 35 og 50 er angitt på figur 6.



Figur 6: Skravert område viser en mulig plassering av utslippstårn ved Tomasjord.

Med slike høyder på ventilasjonstårnene, og med utslippshastigheter som vist i tabell 4, viser spredningsberegninger at bidraget fra utslippstårnene til konsentrasjoner i bakkenivå blir langt under grenseverdiene for luftkvalitet, selv i perioder med sterk vind (>10 m/s).



## 8 FRAMTIDIG UTVIKLING

Fra modellåret 1989 skal alle nye bensindrevne biler tilfredsstille avgasskrav som i de fleste tilfeller vil kreve katalysatorrensning av avgassene. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler vil innføres i 1990 og tyngre dieseldrevne biler vil få strengere avgasskrav i 1992 og 1993. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget i 1988 og 1989 har vært mye lavere enn antatt. Dette innebærer at 30-40% av bensindrevne biler 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub>-utslippet vil derimot ikke bli redusert i tilsvarende grad, da utslippet fra tunge dieseldrevne biler ikke vil reduseres tilsvarende.

I beregningene av forurensningsproduksjon i tunnelen er det tatt hensyn til utslippsreduksjon som følge av innføring av katalysator til og med 1994.

## 9 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).

Larssen, S. og Sørli, J. (1990) Strandveien tunnel. Vurdering av luftforurensning. Lillestrøm (NILU OR 15/90).

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.A. (1990) Ekebergtunnelen. Vurdering av luftforurensninger. Lillestrøm (NILU OR 7/90).

Tønnesen, D.A. (1988) Vurdering av luftforurensning ved Lysakerlokket. Lillestrøm (NILU OR 14/88).

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

