

NILU : OR 42/96
REFERANSE : O-96070
DATO : JULI 1996
ISBN : 82-425-0794-5

Dimensjonering av ventilasjonsårn i forbindelse med Bragernestunnelen i Drammen

Tone Bekkestad

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1. Innledning	4
2. Tekniske data	5
3. Meteorologiske forhold	5
4. Anbefalte luftkvalitetskriterier	7
5. Sjaktdimensjonering	8
6. Spredningsberegninger	9
6.1 Maksimale timemiddelkonsentrasjoner	9
6.2 Langtidsbelastning	11
7. Ozon - vegetasjon	12
8. Rensing av avgasser i tunnelutslipp	13
9. Konklusjon	13
10. Referanser	13
Vedlegg A Problembeskrivelse for luftforurensning fra veitrafikk	15

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Berdal Strømme AS utført dimensjonering av skorsteinshøyde for sjakttårn, og spredningsberegninger for utslipp til luft fra planlagt utluftningssjakt i forbindelse med Bragernes-tunnelen i Drammen. Sjakttårnet planlegges lokalisert på Spiraltoppen.

Ved dimensjonering av skorsteinshøyde tas det hensyn til topografi og vegetasjon, og at vindhastigheten øker med høyden. Spredningsberegninger utføres for forskjellige skorsteinshøyder, og tekniske data gitt av oppdragsgiver. Resultatene fra spredningsberegningene (dvs. bakkekonsentrasjonene) sammenholdes med SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier, og minste anbefalte skorsteinshøyde bestemmes fra krav om at bakkekonsentrasjonene av enhver komponent skal være lavere enn gjeldende luftkvalitetskriterium for komponenten.

Beregningene er utført for rushtidstrafikk, da forutsetningene for beregning av utslipp av NO_x , CO og støv er beregnet ut fra en trafikkstrøm på 1800 biler i timen og 10% tungtrafikk. Andelen tungtrafikk antas i dette tilfellet å være 3-4% høyere enn normalt for en russtid.

NO_x er valgt som dimensjonerende komponent ved fastsettelse av minste anbefalte høyde for utluftningssjakten, da utslippet av denne komponenten er relativt høyere enn de andre komponentene i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.

Basert på at bakgrunnskonsentrasjonen av ozon (O_3) er relativt høy i Drammensområdet, og da spesielt om sommeren i plantenes vekstsesong, er det antatt at all NO_x i utslippet oksideres til NO_2 med reaksjon med O_3 i atmosfæren umiddelbart etter utslippet.

Det ble i første omgang utført skorsteinsdimensjonering og spredningsberegninger for planlagt luftesjakt basert på utslippstall og skorsteinsdiameter gitt av oppdragsgiver. Et slikt første estimat gav en minste anbefalte skorsteinshøyde på 30 m. Dette ble av Statens vegvesen Buskerud sett på som uoverkommelig. Etter ønske fra oppdragsgiver har NILU utført nye spredningsberegninger for utslipp til luft av avgasser fra Bragernes-tunnelen gjennom planlagt sjakttårn ved bruk av 15 m høy skorstein og økt utslippshastighet. Det er samtidig antatt at vegetasjonen ikke er høyere enn 15 m. Data for utslippsvolum er det samme som i de tidligere beregningene, og skorsteinshøyde er gitt av oppdragsgiver.

Kort- og langtidsmiddelkonsentrasjoner av nitrogendioksid i nærområdet rundt det planlagte utluftningstårnet i forbindelse med Bragernes-tunnelen er beregnet med NILUs gaussiske spredningsmodeller CONCX og CONDEP. Resultatene er presentert grafisk for NO_2 . Forurensningsbelastning for CO og eksospartikler er estimert på bakgrunn av forholdet mellom utslippsmengden av NO_2 og utslippet av CO og eksospartikler. Alle beregningene i denne rapporten er utført for 15 m skorstein.

Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av NO₂ vil ved mest ugunstige spredningsforhold (nøytralt sjiktet atmosfære og vindstyrke 8 m/s) kunne komme i overkant av 30 µg/m³ 300-500 m fra utluftingsskorsteinen.

For nøytral sjiktning og svakere vind vil konsentrasjonene kunne komme opp mot 17 µg/m³ 1-1,2 km fra utslippet. Dette tilsvarer ca. 17 % av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for NO₂ som timemiddel.

Beregningene er utført for rushtimen. Stort sett vil imidlertid utlippene være lavere enn dette, med dertil lavere bakkekonsentrasjoner.

Beregninger av halvårsmiddelverdier gav bakkekonsentrasjoner av NO₂ opp mot 0,9 µg/m³ 0,5-1 km nord for sjakttårnet. Med en bakgrunnskonsentrasjon på 1,4 µg/m³, vil maksimalbelastningen i området kunne komme opp mot 2,3 µg/m³ midlet over 6 mnd. Dette tilsvarer ca. 4,5% av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for NO₂ som halvårsmiddel.

Dimensjonering av ventilasjonstårn i forbindelse med Bragernestunnelen i Drammen

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har utført skorsteinsdimensjonering for planlagt sjakttårn, samt spredningsberegninger for utslipp til luft av avgasser fra Bragernestunnelen via sjakttårnet. Sjakttårnet planlegges plassert på Spiraltoppen i Drammen. Arbeidet er utført på oppdrag fra Berdal Strømme AS.

Det ble i første omgang utført skorsteinsdimensjonering og spredningsberegninger for planlagt luftesjakt basert på utslippstall og skorsteinsdiameter gitt av Berdal Strømme. Et slikt første estimat gav en minste anbefalte skorsteinshøyde på 30 m. Dette ble av Statens vegvesen Buskerud sett på som uakseptabelt høyt. Det er derfor utført nye spredningsberegninger for utslipp til luft av avgasser fra Bragernestunnelen gjennom det planlagte sjakttårnet for å vurdere hvorvidt skorsteinshøyden kan reduseres ved å øke utslippshastigheten. Data for utslippsvolum ($134,0 \text{ m}^3/\text{s}$) er det samme som i de tidligere beregningene, og ønsket skorsteinshøyde (15 m) er gitt av oppdragsgiver.



Figur 1: Lokalisering av planlagt utluftingssjakt for avgasser fra Bragernes-tunnelen på Spiraltoppen i Drammen, samt lokalisering av meteorologiske målestasjoner (vindstyrke, vindretning, temperatur og stabilitet).

2. Tekniske data

Tekniske data for den planlagte utluftingssjakten i forbindelse med den nye Bragernestunnelen er gitt av oppdragsgiver. Dataene er presentert i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: *Produksjonstall (g/s) for NO_x, CO og støv i tunnelen, samt sjaktdimensjonering og maksimal sjaktkapasitet (m³/s).*

NO _x	(g/s)	2,34
CO	(g/s)	12,5
Eksospartikler	(g/s)	0,18
Sjaktkapasitet	(m ³ /s)	134
Sjaktdiameter	(m)	2,6
Utslippshastighet	(m/s)	25,0

3. Meteorologiske forhold

De meteorologiske forholdene er kritiske for spredning av utslipp til luft. Spredningsforholdene kan klassifiseres i tre klasser; ustabile (U), nøytrale (N) og stabile (Ls, S) atmosfæriske forhold. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av stabilitetsklassene.

Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og om sommeren, ved klarvær med sterk solinnstråling og svak til middels vindstyrke. Solen varmer da opp bakken, og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av røykfanen. For utslipp i bakkenivå vil disse fortynnes raskt, mens det for skorsteinsutslipp kan forekomme høye konsentrasjoner nær utslippet på grunn av kortvarige røyknedslag.

Nøytrale atmosfæriske forhold (N) forekommer ved høye til moderate vindstyrker og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og god mekanisk blanding gir moderat til god horisontal og vertikal fortynning av røykfanen.

Stabile atmosfæriske forhold (Ls, S) er typisk for stille klare netter og vinter-situasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget. Temperaturen øker med høyden over bakken og dette gir dårlig vertikalspredning i det stabile laget. Når relativt varm luft fra sjø transporteres inn over kaldt land, vil det nederste luftlag stabiliseres. Dette gir dårlig spredning av røykfanen både vertikalt og horisontalt. For bakkeutslipp vil denne situasjonen være kritisk, idet den vertikale fortynningen er liten. For skorsteinsutslipp vil liten vertikal spredning føre til at utslippet først når ned til bakken langt fra utslippet.

NILU utførte i perioden 1.9.1987 til 31.8.1988 målinger av vindstyrke og vindretning på Nordbykollen sørøst for Drammen sentrum.

I perioden 1.11.1994 til 31.10.1995 utførte NILU meteorologiske målinger (vindstyrke, vindretning, temperatur og stabilitet) på Marienlyst i Drammen. Disse målingene ble utført på oppdrag fra Drammen kommune.

Basert på målingene av vindretning og vindstyrke på Nordbykollen, samt målingene av stabilitet på Marienlyst, har NILU utarbeidet en meteorologisk frekvensmatrise for Spiraltoppen.

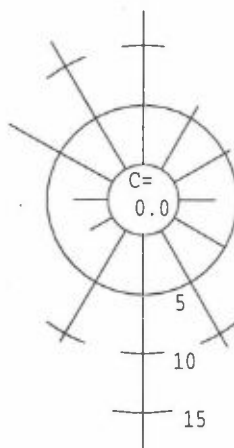
Den estimerte vind- og stabilitetsfordelingen er benyttet ved beregning av langtidsmiddelkonsentrasjoner.

Frekvensfordelingen av vind og stabilitet presentert i tabell 2 gir en estimert fordeling mellom ustabil, nøytral, lett stabil og stabil sjiktning på Spiraltoppen på henholdsvis 21,4%, 58,6%, 17,6% og 2,4%.

Tabell 2: *Estimert årsmidlet frekvensfordeling av vind og stabilitet fordelt på tolv vindretningssektorer, 4 vindstyrkeklasser og 4 stabilitetsklasser for Spiraltoppen i Drammen.*

Vind- retning	0.0-2.0 m/s				2.0-4.0 m/s				4.0-6.0 m/s				Over 6 m/s				Rose	
	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S		
30	0,5	3,1	0,7	0,2	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
60	0,6	3,3	0,8	0,3	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5
90	0,5	2,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
120	0,4	2,5	1,2	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9
150	0,2	3,9	3,0	0,5	1,2	2,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3
180	0,1	2,9	2,2	0,2	3,0	4,9	0,8	0,0	1,0	2,5	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	18,3
210	0,1	0,5	0,9	0,2	1,7	2,3	0,5	0,0	0,9	2,3	0,4	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	10,8
240	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	2,1
270	0,1	0,2	0,3	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	0,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,8
300	0,1	0,7	0,4	0,0	1,3	2,2	0,9	0,0	0,6	1,8	0,4	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	9,8
330	0,5	2,0	1,2	0,1	2,1	3,2	0,3	0,0	0,3	1,7	0,2	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	12,4
360	1,7	2,7	0,9	0,5	2,3	2,1	1,4	0,0	0,3	0,7	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	12,9
Total	43,3				36,9				15,4				4,5					
Fore- komst	Ustabil				Nøytralt				Lett stabilt				Stabilt					
	21,4				58,6				17,6				2,4					

Estimert års-vindrose for Spiraltoppen er vist i figur 2. Denne viser at sørlig (150°-210°-sektorene) og nordvestlig (300°-360°-sektorene) vind dominerer på Spiraltoppen. De sterkeste vindene forekommer ved nøytrale atmosfærisk sjiktning og vind fra sørvestlig og nordvestlig retning.



Figur 2: Estimert vindrose for Spiraltoppen i Drammen baser på vinddata fra Nordbykollen i Drammen. Vindrosen viser prosent av tiden det blåser fra tolv 30^o-sektorer. Tallet C i midten av vindrosen viser andelen av tiden med vindstyrker lavere enn 0,4 m/s.

Den mest kritiske meteorologiske situasjonen for spredning av forurensning fra sjakttårnet er nøytralt sjiktet atmosfære og sterk vind (8 m/s). Det antas at nøytrale meteorologiske forhold sammen med vindstyrke 8 m/s kan intrefte 0,5-2,5% av tiden på Spiraltoppen.

4. Anbefalte luftkvalitetskriterier

Resultatene fra spredningsberegningene er sammenholdt med dagens forslag til grenseverdier for luftkvalitet gitt av Statens forurensningstilsyn (SFT, 1992), og forskriftutkast til forurensningsloven om grenseverdier for lokal forurensning og støy presentert i høringsuttalelsen fra Miljøverndepartementet av 18. september 1995 (MD, 1995).

De anbefalte luftkvalitetskriteriene for helse (se tabell 3) er hentet fra SFTs fagrapport om virkninger av luftforurensning på helse og miljø (SFT, 1992). I denne rapporten er det foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier for bl.a. nitrogen-dioksid og karbonmonoksid. Disse er blant de vanligste forurensningskomponentene i uteluft som gir helseproblemer. Luftkvalitetskriteriene er fastsatt ut fra viten om hvilke nivå man antar at befolkningen kan utsettes for av luftforurensning uten at det oppstår alvorlige skadevirkninger på helsen.

Tabell 3: Anbefalte luftkvalitetskriterier gitt av SFT for helse, og nye foreslåtte grenseverdier for kartleggingsplikt og tiltaksplikt, presentert i høringsuttalelse fra Miljøverndepartementet 18. september 1995.

Komponent		Midlingstid				
		1 time	8 h	24 timer	6 mnd.	1 år
NO ₂ (µg/m ³)	SFT(helse)	100		75	50	
	SFT (vegetasjon)					30
	Kartlegging	300				
	Tiltak	350		70		
PM ₁₀ (µg/m ³)	SFT (helse)			70	40	
	Kartlegging			250		
	Tiltak			300		
CO (mg/m ³)	SFT (helse)	25	10			
O ₃	SFT (vegetasjon)	150	60			

5. Sjaktdimensjonering

Grunnlag for krav til minimum skorsteinshøyde er at de maksimale timemidlete bakkekonsentrasjonene (inkludert bakgrunnskonsentrasjonene) av enhver forurensende komponent skal være lavere enn de anbefalte luftkvalitetskriteriene gitt i tabell 3 (kapittel 4).

Ved dimensjonering av høyde for sjakttårnet, er NO_x benyttet som dimensjonerende komponent, og det er antatt at all NO_x i utslippet oksideres til NO₂ ved reaksjon med O₃ i atmosfæren umiddelbart etter utslipp fra skorsteinen. Vurdering av minste anbefalte skorsteinshøyde, samt beregninger av bakkekonsentrasjoner som følge av utslipp til luft fra skorsteinen er derfor utført for NO₂. Resultatene for NO₂ er presentert grafisk for maksimal timemidlet og halvårsmidlet (sommer) bakkekonsentrasjon (µg/m³) som funksjon av avstand fra utslippet.

Ved dimensjonering av høyde for sjakttårn er det valgt de mest ugunstige spredningsforhold og vindretninger, og det er tatt hensyn til topografi og vegetasjon i beregningsområdet, og at vindhastigheten øker med høyden. Produksjonstall (g/s) og skorsteinsdimensjoner benyttet i beregningene er hentet fra tabell 1.

Beregningene er utført for rushtidstrafikk, da beregning av utslipp av NO_x, CO og støv er gjort for en trafikkstrøm på 1800 biler i timen og 10% tungtrafikk. Andelen tungtrafikk antas i dette tilfellet å være 3-4% høyere enn normalt for en russtime.

Det er i beregningene tatt hensyn til sommersituasjoner hvor omgivelsestemperaturen kan bli høyere enn tunnelluften ut av sjakttårnet. Det antas i slike tilfeller at luften ut av skorsteinen er dominert av momentet. Modellen benyttet for spredningsberegninger og dimensjonering av høyde for sjakttårn tar hensyn til dette.

Det er antatt en maksimal høyde av vegetasjonen rundt utslippet på Spiraltoppen på ca. 15 m. Det er tatt hensyn til turbulens, som følge av den effekt trekronene vil gi på horisontal vind, og den effekt dette vil medføre for spredning av forurensning fra utslipp fra sjakttårnet.

Det er ved vurdering av minste anbefalte sjakthøyde tatt hensyn til både konsentrasjoner ved trekronene og i bakkenivå.

Dimensjonering av skorstein er i dette tilfellet utført for ønsket skorsteinshøyde lik 15 m, ved å estimere ny utslippshastighet. Data for utslippsvolum (134,0 m³/s) er det samme som i tidligere beregninger.

Minste anbefalte skorsteinshøyde blir da 15 m, forutsatt at utslippshastigheten gjennom sjakten settes til 25 m/s.

De maksimale bakkekonsentrasjonene av CO og eksospartikler er estimert ved å skalere i forhold til NO_x.

Noen videre reduksjon i skorsteinshøyde er derimot ikke å anbefale da påvirkning av turbulens fra vegetasjonen rundt utslippet vil påvirke utslippet og medføre høye bakkekonsentrasjoner (overskridelse av de anbefalte luftkvalitetskriteriene) og også fare for høye konsentrasjoner som kan skade trekronene.

6. Spredningsberegninger

Ved bruk av utslippstall for avgassen ut av sjakttårnet (tabell 1) og estimert vind- og stabilitetsfordeling for Spiraltoppen, har NILU utført spredningsberegninger av kort- og langtidsmiddelkonsentrasjoner av nitrogendioksid i området rundt den planlagte plasseringen av et utluftingstårn i forbindelse med Bragerne tunnelen.

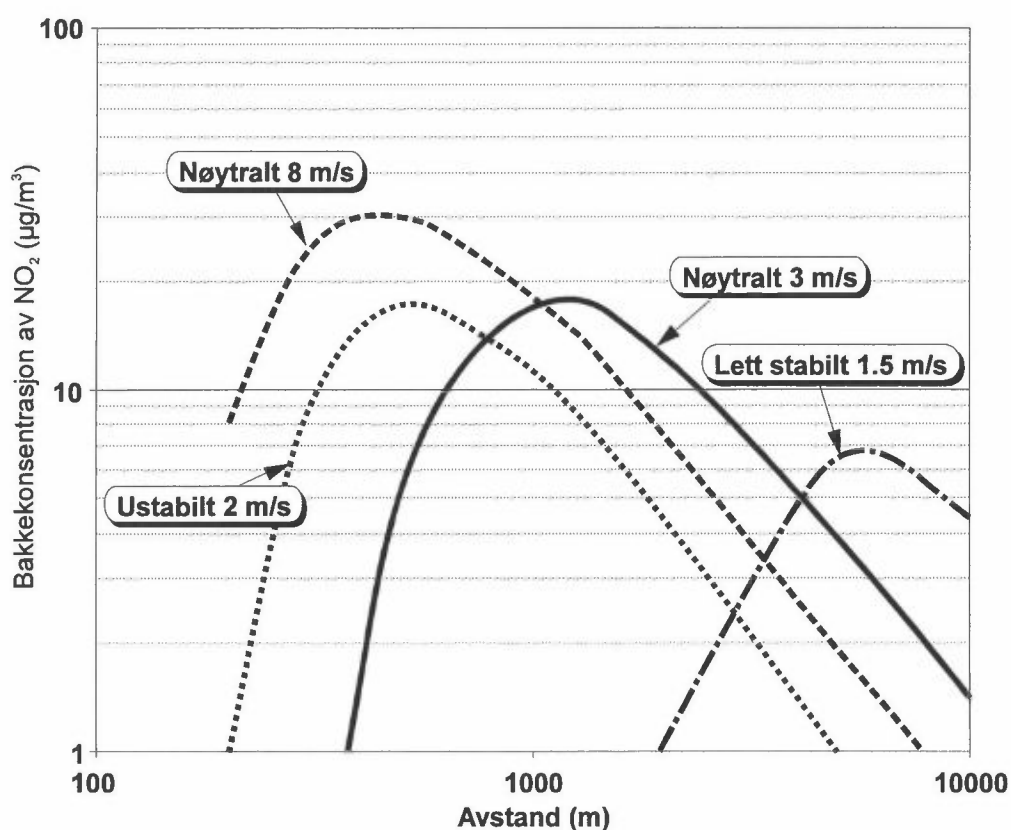
6.1 Maksimale timemiddelkonsentrasjoner

Det er utført beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner i bakkenivå ved bruk av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX. Modellen antar at konsentrasjonsfordelingen i røykskyen er normalfordelt horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for ustabile (U), nøytrale (N), lett stabile (Ls) og stabile (S) atmosfæriske forhold.

Det er i beregningene forutsatt at all NO_x i røykfanen er oksidert til NO₂ ved reaksjon med ozon i atmosfæren, når røykfanen treffer trekronene/bakken, tilstrekkelig fortynnet. Denne antagelsen er tatt fordi bakgrunnskonsentrasjonen av ozon (O₃) er relativt høy i Drammensområdet, og da spesielt om sommeren i plantenes vekstsesong. NILU har utført målinger av ozon på Jeløya i Østfold over flere år (SFT, 1991; 1992; 1993; 1994; 1995). Disse målingene viser at det over 5-års perioden 1990-1994 gjennomsnittlig har vært 316 timer (ca. 3,6% av tiden) med ozonkonsentrasjoner over 100 µg/m³ på Jeløya (250-400 timer per år). Målingene av bakgrunnskonsentrasjonen av ozon på Jeløya er representative for store deler av Østlandet, inklusiv Drammensområdet. Basert på antagelsen om at

all NO_x i utslippet oksideres til NO_2 umiddelbart etter at det er sluppet ut i atmosfæren er utslippet av NO_2 fra tunnelavgassene satt til 2,34 g/s.

Resultatene fra spredningsberegningene er presentert i figur 3 som timemidlete bakkekonsentrasjoner av nitrogen dioksid. Beregningene viser at bakkekonsentrasjonene av NO_2 som følge av utslipp fra sjakttårnet ikke vil overskride SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddel. Ved nøytrale meteorologiske forhold og vindstyrke 8 m/s vil de maksimale bakkekonsentrasjonene av nitrogen dioksid kunne komme i overkant av $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 300-500 m fra sjakttårnet. Det vil si at ved valgt høyde på sjakttårnet lik 15 m og utslippshastighet gjennom ventilasjonstårnet på 25 m/s vil de timemidlete bakkekonsentrasjonene av NO_2 for mest ugunstige meteorologiske spredningsforhold ligge godt under anbefalte luftkvalitetskriterier.



Figur 3: Maksimale timemidlete bakkekonsentrasjoner av nitrogen dioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) som funksjon av avstand fra sjakttårnet for forskjellige meteorologiske situasjoner. (Høyde for sjakttårn: 15 m. Utslippshastighet: 25 m/s. Utslipp NO_x : 2,34 g/s).

Beregningene er utført for maksimal kapasitet (dvs. rushtimen). Den største delen av tiden er utslippene lavere, tildels mye lavere, enn i rushtimen. Dette innebærer at hyppighet for forekomst av forhold som vist i figur 2 for nøytralt sjiktet atmosfære og vindstyrke 8 m/s er vesentlig lavere enn de 0,5-2,5% av tiden angitt i kapittel 3.

For nøytral sjiktning og svak vind (3 m/s) (ofte forekommende meteorologisk situasjon i Drammensområdet) vil maksimal timemidlet bakkekonsentrasjon kunne komme opp mot 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ca. 1-1,2 km fra utslippet. Dette tilsvarer ca. 17% av det anbefalte luftkvalitetskriteriet gitt av SFT som timemiddel.

Tilsvarende blir maksimal timemidlet bakkekonsentrasjon for CO og PM₁₀ henholdsvis 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for nøytral sjiktning og sterk vind, og 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for samme sjiktning og svak vind.

Maksimale bakkekonsentrasjoner for NO₂, CO og støv er vist i tabell 4.

Tabell 4: Beregnede maksimale timemiddelkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i bakkenivå for NO₂, CO og PM₁₀, samt anbefalte luftkvalitetskriterier og % av disse.

Komponent	Maksimal bakkekonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		% av grenseverdi	
	Nøytralt 8m/s	Nøytralt 3 m/s		
NO ₂	30	17	30	17
CO	160	91	0,6	0,4
PM ₁₀	3,8	2,2	5-6	3

6.2 Langtidsbelastning

Ved bruk av estimert vind- og stabilitetsfordeling gitt i tabell 2 og utslippsdata gitt i tabell 1 er det beregnet midlere bakkekonsentrasjoner av NO₂ for sommerhalvåret. Ved bruk av NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP er beregningene utført for minste anbefalte høyde på sjakttårnet (15 m) gitt i kapittel 5.

Bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂ som NO som følge av langtransportert forurensning ble i 1994 målt til 0,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Lardal (Tørseth, 1995). Det gir en halvårsmidlet bakgrunnskonsentrasjon av NO₂ på 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Spredningsberegningene gav maksimale langtidsmiddelkonsentrasjoner av NO₂ i overkant av 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 0,5-1 km nord for sjakttårnets plassering. Med en bakgrunnskonsentrasjon på 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vil maksimalbelastningen i området kunne komme opp mot 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på halvårsbasis. Dette tilsvarer ca. 4,5% av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for helse som halvårsmiddel.

Siden bakkekonsentrasjonen av NO₂ ikke overskrider SFTs luftkvalitetskriterium som halvårsmiddel vil det heller ikke være overskridelser av årsmiddelverdien med hensyn på vegetasjon.

For CO og PM₁₀ blir de tilsvarende maksimumskonsentrasjonene opp mot henholdsvis 4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette tilsvarer for PM₁₀ ca. 0,2% av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for helse som halvårsmiddel. Det eksisterer ikke noe luftkvalitetskriterium for CO som 6-mnds middel.



Figur 4: Beregnet halvårsmiddelverdi (sommer) av nitrogendioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) som følge av utslipp til luft fra Bragernestunnelen via sjakttårn på Spiraltoppen i Drammen.

7. Ozon - vegetasjon

Det er grunn til å anta at bakgrunnskonsentrasjonen av ozon vil ha større effekt på skogskader på Spiraltoppen enn utslippene fra Bragernestunnelen sluppet ut gjennom planlagt sjakt på Spiraltoppen.

SFT anbefaler ECEs luftkvalitetskriterier for ozon med hensyn på vegetasjon. Korttidskonsentrasjon (midlingstid 1 time) bør ikke overskride $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ved 8 timers midlingstid er tålegrensen satt til $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og gjennomsnittsverdien for vekstsesongen (april-september) av 7 timersmiddel (kl 0900-1600) bør ikke overskride $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gjennomsnittsverdien for vekstsesongen i Norge i dag er på $50-80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og ozonkonsentrasjonen er således høy nok til å gi skader på vegetasjon.

Tålegrenser for ozon på vegetasjon baseres også på akkumulerte eksponeringsdoser, beregnet som summen av differansen mellom timemiddelkonsentrasjonen og $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) for de timene der ozonkonsentrasjonen overskrider $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beregningene refereres som AOT40 (Accumulated exposure Over a

Threshold limit of 40 ppb) og har vist seg å gi gode statistiske sammenhenger for en rekke dose-respons forsøk. Tålegrensen for AOT40 er satt til 10 000 ppbh (20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) basert på 10% vekstreduksjon i "open chamber" eksperiment for 6 arter i en seksmånedersperiode (april-september).

AOT40-verdiene er overskredet på de fleste stedene i Sør-Norge (Tørseth, 1996).

Overskridelser vil imidlertid være sterkt avhengig av hvorvidt det er et ozonrikt år. I ozonorike år vil det være sannsynlig at det i vekstsesongen (sommeren) vil kunne forekomme overskridelser av grenseverdiene for ozon med hensyn på vegetasjon. I Drammen viser målinger at ozonkonsentrasjonene kan bli svært høye i perioder.

8. Rensing av avgasser i tunnelutslipp

Vegdirektoratet har utført et 3-års prosjekt på rensing av NO_2 fra avgasser i tunnelluft. Resultatene viste seg å være tilfredstillende stabile i alle forsøkene, og det kan forventes 80-85% rensing av NO_2 fra avgassene. Det er imidlertid ikke funnet noen tilfredstillende metode for rensing av NO_x så langt. Forsøkene fra NO_2 er videreført til NO_x , men det vil ikke foreligge resultater fra disse forsøkene før på slutten av året.

9. Konklusjon

NILU har utført skorsteinsdimensjonering, og beregninger av maksimale timeverdier og maksimale halvårsmiddelverdier av NO_2 for utslipp til luft fra den planlagte utluftingssjakten i forbindelse med Bragernestunnelen. Sjakttårnet planlegges plassert på Spiraltoppen i Drammen. Ved dimensjonering av skorsteinshøyde ble det tatt hensyn til bl.a. vegetasjonen på Spiraltoppen, som har en antatt høyde på ca. 15 m. Minste anbefalte høyde på sjakttårnet ble estimert til 15 m. Dette gjelder for lufthastighet 25 m/s og sjaktdiameter lik 2,6 m.

Noen videre reduksjon i skorsteinshøyde er derimot ikke å anbefale da påvirkning av turbulens fra vegetasjonen rundt utslippet vil påvirke utslippet og medføre høye bakkekonsentrasjoner (overskridelse av de anbefalte luftkvalitetskriteriene) og også fare for høye konsentrasjoner ved trekronene.

10. Referanser

Bøhler, T. (1987) User's guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

Det kongelige miljøverndepartementet (1995) Alminnelig høringsforskrift til forurensningsloven om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. Oslo (brev fra MD 18. september 1995).

- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport 92:16).
- Statens forurensningstilsyn (1991) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991. (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 466/91).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992. (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 506/92).
- Statens forurensningstilsyn (1993) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 533/93).
- Statens forurensningstilsyn (1994) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 583/94).
- Statens forurensningstilsyn (1995) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 628/95).
- Tørseth, K. (1996) Kartlegging av bakkenær ozon etter tålegrenser basert på akkumulert dose over 40 ppb. Kjeller (NILU OR 12/96).
- Tørseth, K. (1995) Atmosfærisk tilførsel, 1994. I: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 628/95) s. 13-61.

Vedlegg A

Problembeskrivelse for luftforurensning fra veitrafikk

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 forsuring 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 by er 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 piggdekkelsesongen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i lufta.

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 2 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 mottagelighet 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 mottagelighet 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 asmatikere 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 eller lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensende 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."

"Svevestøv kan fysikalsk og kjemisk være meget forskjellig, men her omtales hovedsakelig ureaktive partikler. Ut fra mulige helseeffekter er svevestøv mindre en 10 µm (aerodynamisk diameter) mest interessant. Denne fraksjonen kan deles inn i to hovedgrupper, finfraksjon (<1,5 µm) og grovfraksjon (>2,5 µm). Finfraksjonen synes å ha størst betydning fordi mesteparten av disse partiklene kan nå helt ned i lungeblærene.

I dyreforsøk er det vist at karbonstøv i relativt høye konsentrasjoner (1 000-1 500 µg/m³, partikkelstørrelse <1 µm) etter kort tid vil kunne forårsake

strukturelle forandringer i epitelcellene i luftrøret. Eksponering av friske, frivillige personer for 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ plast- og karbon-partikler i 5 timer førte til nedsatt lungefunksjon. I en epidemiologisk undersøkelse av barn som bodde i et område med høyere årsmiddel av totalt svevestøv enn 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble en reduksjon av lungefunksjonen påvist. Forverring av bronkitt ble observert i en undersøkelse med timemiddel av totalt svevestøv i området 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og årsmiddel på 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I de epidemiologiske studier har det vært vanskelig å skille effekten av partikler fra andre forurensningskomponenter, og det kan derfor ikke utelukkes at andre komponenter kan ha vært medvirkende til effektene. Allergiske reaksjoner etter partikkeleksponering er antydnet både fra dyreforsøk og undersøkelser av støveksponte arbeidere. Det er videre rapportert at vanlige, biologiske partikler, f.eks. pollenproteiner, forandres til mer allergifremkallende partikler etter at luftforurensningskomponenter har reagert med dem."

I rapporten "Støv fra Asfaltveger. Vurdering av helsefare." (Veglaboratoriet, 1988) heter det:

"Veistøvdepotet gir et dominerende bidrag til støvforurensningen ved veier, også til inhalerbart støv, når det er tørt. Dette inhalerbare støvet inneholder lite bly, men en del organiske stoffer (PAH) som gir hovedbidraget til PAH i luft ved veien når det er tørt. PAH-stoffene stammer både fra bitumen og fra deponerte bileksospartikler. Oppvirvlet veistøv synes imidlertid å gi et relativt lite bidrag til støvets mutagene egenskaper og evne til celletransformasjon utover det som bileksosen gir. Luftbåret støv ved veier kan i enkelte deler av landet inneholde endel α -kvarts.

Basert på måleresultatene fra Ringveien kan en anslå at oppvirvlet veistøv totalt sett gir et bidrag til inhalerbart partikkelutslipp som kan være opptil samme størrelse som samlet utslipp fra eksospartikler. Konsentrasjonen av inhalerbart støv kan i spesielle situasjoner i tettsteder overskride grenseverdier for luftkvalitet. Ved sterkt trafikkerte veier er imidlertid konsentrasjonene til tider svært høye. Ved Ullevål ble det målt opptil 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inhalerbar støvkonsentrasjon. Det var ikke mulig i denne undersøkelsen å angi hvor mange mennesker som eksponeres for høye støvkonsentrasjoner langs veier. Intervju-undersøkelser utført i Oslo og Drammen viser imidlertid at 25-30% av befolkningen føler seg plaget av nedsmussing fra veistøv ved sin bolig. En egen kartlegging må gjennomføres av boligens plassering i forhold til veier og av ferdselen langs veier for å komme nærmere et estimat av befolkningseksponeringen til høye veistøvkonsentrasjoner."

I tillegg til at innåndet svevestøv kan ha fysisk helseeffekter, vil støvnedfall føre til plage som følge av nedsmussing.

Biltrafikk og regional og global luftforurensning

På regional skala fører utslipp fra biler først og fremst til problemer som sur nedbør og dannelse av bakkenært ozon. Sistnevnte kan gi negativ helseeffekt og vegetasjonsskader. På global skala vil enkelte komponenter i avgassene bidra til økt drivhuseffekt.

Forsuring

Surheten i nedbør over Norge skyldes fortsatt hovedsakelig svovelforbindelser, men nitrogenforbindelsenes betydning er økende.

76% av de forsurende stoffene som slippes ut i Norge er nitrogenoksider. Biltrafikken bidrar med omtrent 34% av NO_x-utslippene og 5% av svovelutslippene. Hovedkilden til sur nedbør i Norge er imidlertid langtransportert forurensning. For å vurdere norsk veitrafikks bidrag til forsuring, er det nødvendig å se på avsetning av bilparkens utslipp av NO_x i Norge i forhold til mengdene forsurende stoffer som kommer inn over Norge i luft og nedbør, og som avsettes. Norsk veitrafikks bidrag til forsuring er antagelig lite.

Troposfærisk ozon og skogskader

Nitrogenoksider og hydrokarboner (flyktige organiske forbindelser, VOC) kan reagere i atmosfæren under påvirkning av sollys, og danne fotokjemiske oksidanter som ozon. Høye konsentrasjoner av fotokjemiske oksidanter er derfor et vår- og sommerproblem. Hovedkildene til flyktige organiske forbindelser er bruk og håndtering av petroleumsprodukter og fordampning av løsemidler.

Den viktigste fotokjemiske oksidanten som dannes er ozon, som ved høye konsentrasjoner kan gi skader på helse, vegetasjon og materialer. Dessuten virker ozon som en drivhusgass. Ozon-nivået i troposfæren over Europa er tilnærmet fordoblet i løpet av dette århundre. I tillegg forekommer det hver sommer perioder med høye konsentrasjoner (dvs. konsentrasjoner over de nivåer som gir skader på f.eks. vegetasjon) over mesteparten av Sentral-Europa, men også i Norge er verdiene til tider over aksepterte "tålegrenser".

Sammenhengen mellom utslipp av nitrogenoksider/flyktige organiske forbindelser og ozonkonsentrasjonene, bestemmes av meteorologiske forhold og en lang rekke kjemiske reaksjoner. Sammenhengen er ikke-lineær, det er derfor vanskelig å beregne effekten av utslippsreduksjoner. Sterkt forenklet kan en si at økningen i bakgrunnsnivået av ozon skyldes økt konsentrasjon av nitrogenoksider, mens ozon-konsentrasjonene i de mer ekstreme episodene bestemmes av flyktige organiske forbindelser.

Det hevdes at ozonkonsentrasjonen i luft har sammenheng med registrerte skogskader. Forsøk har vist at ozon kan være skadelig for vegetasjon når konsentrasjonen er større enn:

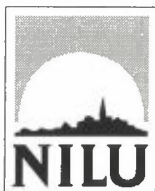
- 150 µg/m³ som timemiddelverdi
- 50 µg/m³ som 7h-middelverdi, på dagtid i vekstsesongen.

Målinger fra Birkenes på Sørlandet til Svanvik i Øst-Finnmark er nord har vist at dagtidmiddelverdiene i vekstsesongen ofte er høyere enn $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På stasjonene i Sør-Norge er også timemiddelverdien på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskredet fra 2 til 20 ganger om sommeren.

Drivhuseffekten

Stoffene i bilavgassene som bidrag til økt drivhuseffekt er hovedsakelig CO_2 , CH_4 , N_2O og CO . Både CO og CH_4 vil før eller siden omdannes til CO_2 , men disse reaksjonene er relativt langsomme. Indirekte vil nitrogenoksidene også bidra ved at de inngår ved dannelse av ozon og andre fotokjemiske oksidanter, som også er drivhusgasser.

Ved å ta i betraktning mengdene av de nevnte stoffene som slippes ut, ser man at trafikkens viktigste bidrag til drivhuseffekten skyldes utslippene av CO_2 .



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 42/96	ISBN-82-425-0794-5	
DATO 11/2-96	ANSV. SIGN. <i>PK</i>	ANT. SIDER 21	PRIS NOK 45,-
TITTEL Dimensjonering av ventilasjonstårn i forbindelse med Bragernestunnelen i Drammen		PROSJEKTLEDER Tone Bekkestad	
		NILU PROSJEKT NR. O-96070	
FORFATTER(E) Tone Bekkestad		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Jan Erik Buan	
OPPDRAKSGIVER Berdal Strømme AS Postboks 967 9401 HARSTAD			
STIKKORD Spredningsberegninger	Skorsteinsdimensjonering	Bragernestunnelen	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Berdal Strømme AS dimensjonert minimum skorsteinshøyde for utslipp av NO _x , CO og eksospartikler til luft fra den nye Bragernestunnelen i Drammen. Utluftingssjakt planlegges plassert på Spiraltoppen. Valg av skorsteinshøyde er vurdert på bakgrunn av SFTs anbefalte grenseverdier for NO ₂ som timemiddel. Beregningene gav minimum skorsteinshøyde på 15 m, forutsatt at utslippshastigheten er minst 25 m/s. I tillegg er det beregnet maksimale timemidlete og halvårsmidlete bakkekonsentrasjoner. Spredningsberegningene viste at det ikke vil være overskridelser av de anbefalte luftkvalitetskriteriene for helse, verken som time- eller halvårsmiddel for noen av komponentene i utslippet. Bakkekonsentrasjonene vil også være lavere enn grenseverdiene gitt for vegetasjon som årsmiddel.			
TITLE Estimation of ventilation tower in connection with Bragertunnel in Drammen			
ABSTRACT			

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