

NILU OR 52/87

NILU OR : 52/87  
REFERANSE: O-8575  
DATO : JULI 1987  
ISBN : 82-7247-843-9

# FREMTIDIG SO<sub>2</sub> -FORURENSNING I SARPSBORG - FREDRIKSTAD

KONSENTRASJONSBEREGNINGER VED  
ALTERNATIVE SO<sub>2</sub> -UTSLIPP

Knut Erik Grønskei og og Frederick Gram

## KONKLUSJON

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har NILU vurdert framtidig SO<sub>2</sub>-forurensning i Sarpsborg/Fredrikstad. SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i år 2000 er beregnet på grunnlag av utslippestimater utarbeidet av SFT og spredningsforhold registrert av NILU.

Etter innføring av svovelforskriftene i 1986 (max 1.0% S) vil det midlere timesutslippet av SO<sub>2</sub> fra 23 industrikilder være nesten halvert i forhold til vinteren 1981/82. Det vil redusere vintermiddelverdiene slik at få personer (<100) vil eksponeres for konsentrasjoner over grenseverdiene i en normal vinterperiode.

Frem til år 2000 vil forbruket av fyringsoljer øke for noen bedrifter og avta for andre. Totalutslippet for SO<sub>2</sub> vil øke slik at det vil være ca. 100 personer som bor i områder hvor vintermiddelkonsentrasjonene er mellom 40 og 60 µg/m<sup>3</sup>.

I såkalte forurensningsepisoder vil effekten av nye svovelforskrifter bli mindre. Etter innføringen vil fortsatt et betydelig antall personer bli utsatt for maksimale døgnkonsentrasjoner over 100-150 µg/m<sup>3</sup>, både i 1986 og i år 2000. De høyeste konsentrasjonene vil forekomme i Sarpsborg-området, mens det er flest mennesker som blir utsatt for overskridelser av grenseverdiene i Fredrikstad-området. Episodene vil forekomme ved svak vind og inversjon om vinteren. I disse periodene vil reduksjon av utslippet fra høye skorsteiner i området få liten innvirkning på konsentrasjonene ved bakken.

Redusert utslippsmengde i lave skorsteiner og økt utslippshøyde for alle lave SO<sub>2</sub>-utslipp vil effektivt redusere episodekonsentrasjonene.



## INNHOLD

	Side
KONKLUSJON .....	1
1 GRUNNLAGSMATERIALE 1: FORMÅL, METODE OG GJENNOMFØRING ....	5
2 GRUNNLAGSMATERIALE 2: BEREGNINGSRESULTATER .....	12
3 GRUNNLAGSMATERIALE 3: EKSPONERINGSBEREGNINGER .....	26
4 REFERANSER .....	28



## FREMTIDIG SO<sub>2</sub>-FORURENSNING I SARPSBORG-FREDRIKSTAD

### 1 GRUNNLAGSMATERIALE 1: FORMÅL, METODE OG GJENNOMFØRING

#### Formål:

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn har NILU vurdert konsentrasjonsnivå og eksponeringstall for halvårsmiddel- og episode konsentrasjoner (max døgnverdier) i Sarpsborg-Fredrikstad når utslippstallene blir justert i henhold til den nye forskriften om svovelinhold i fyringsoljer som trådte i kraft 1.1.86.

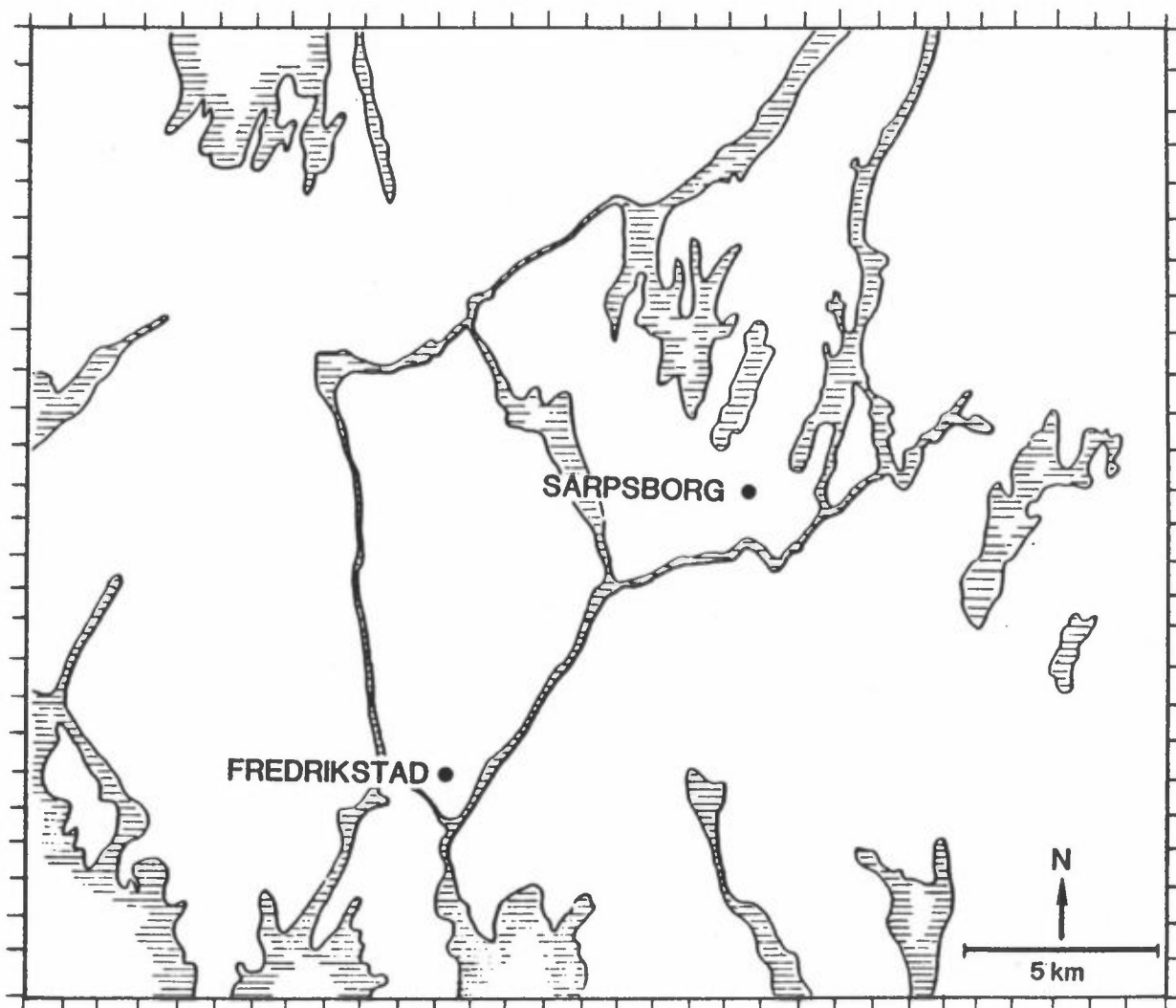
Med utgangspunkt i antagelser om utviklingen frem til år 2000 er SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i området beregnet og det skal anslås hvor mange personer som blir utsatt for konsentrasjoner over grenseverdiene (ref. brev fra SFT den 3. og den 4. desember 1985). Det er ikke vurdert andre tiltak enn de som allerede er gjennomført.

#### Metode:

Resultatet av tidligere undersøkelser (Hagen, 1985) er benyttet til å klarlegge konsentrasjonsnivået i området ved å utføre spredningsberegninger på grunnlag av forskjellige utslippsalternativer. Beregningsområdet er vist i figur 1. I basisundersøkelsen ble alle skorsteinsutslipp inndelt i tre deler:

1. Små og lave pipeutslipp (hovedsakelig boligoppvarming) som ikke stedfestes men summeres innen hver km<sup>2</sup>-rute. Konsentrasjonsbidraget fra denne kildegruppen behandles summarisk som bidraget fra 100 småkilder jevnt fordelt over ruten.
2. Utslipp med pipehøyde lavere enn 1.5 ganger bygningshøyden (utslipp i bygningenes turbulenssone). Utslippsgruppen ble betegnet som volumkilder og består hovedsakelig av industriutslipp fra lave piper.
3. Utslipp høyere enn 1.5 ganger bygningshøyden (utslipp over bygningenes turbulenssone). Utslippsgruppen ble betegnet som punktkilder

og består av industriutslipp i høye piper. Når utslippshastigheten er stor vil mye av forurensningene komme over bygningenes tubulenssone når den horisontale vindhastigheten er liten. I nye beregningsmetoder som nå benyttes på NILU (Gram, 1986) er utslippsklassene 2 og 3 slått sammen til en gruppe. Konsentrasjoner på grunn av nedslag bak bygninger beregnes automatisk på grunnlag av data for de meteorologiske spredningsforholdene. Enkelte kilder, f.eks. Borregaards spraytørkeanlegg vil forårsake nedslag ved sterk vind, men ikke ved svak vind. NILU regner med at den nye beregningsmetoden gir en mer realistisk beskrivelse av de enkelte kildenes bidrag. Utslipet fra arealfordelt boligoppvarming, biltrafikk og skipstrafikk samt befolkningsfordelingen er regnet som i basisundersøkelsen (Haugsbakk og Gram, 1984).



Figur 1: Beregningsområdet inndelt i  $\text{km}^2$ -ruter. Koordinat systemet faller sammen med km-rutene inntegnet på kartbladene 1913 (I, II, III og IV) i serie M711 utgitt av Norges geografiske oppmåling.

## Utslippsdata for enkeltkilder

Det ble tatt utgangspunkt i utslippsdata innsamlet i basisundersøkelsen (Haugsbakk og Gram, 1984). Denne oversikten ble kontrollert og feil ble rettet i samarbeid med SFT. Vi vil spesielt peke på to mangler ved utslippsoversikten utarbeidet i basisundersøkelsen:

1. Svovelutslippet fra Hafslunds forbruk av kull og koks ble ikke tatt med i beregningene i basisundersøkelsen.
2. Større nøyaktighet i utslippsforholdene på Øra er nå utarbeidet.

Samlet førte dette til et større utslipp av svoveldioksid enn det som tidligere ble benyttet som utgangspunkt.

Tabell 1 viser de skorsteins- og utslippsdata som er benyttet i beregningene. Det er regnet med 4 sett utslippstall:

- |   |           |
|---|-----------|
| a) utslipp vinteren 81/82                                 | (Q 81/82) |
| b) utslipp 1986 etter overgang til lavsvovlig fyringsolje | (Q 86 LS) |
| c) utslipp 1986 uten overgang til lavsvovlig fyringsolje  | (Q 86 NS) |
| d) utslipp år 2000  | (Q 2000)  |

En ser at summen av det midlere timesutslippet av  $\text{SO}_2$  fra de 23 industrikildene etter innføring av svovelforskriftene er nesten halvert i forhold til utslippet vinteren 1981/82, og det vil være det samme i år 2000. Nærmere informasjon om forutsetningene for utslippstallene for år 2000 kan føres ved henvendelse til SFT.

Utslippstallene angir midlere utslipp for vinterhalvåret. For å beregne årsutslippet fra den enkelte bedrift kreves det nærmere kjennskap til antall driftstimer samt informasjon om årsvariasjonen.



Tabell 1: Skorsteins- og utslippsdata for industrikilder i Sarpsborg og Fredrikstad.

Kilde	UTMX	UTMY	H	D	T	Vg	I	SO <sub>2</sub> -utslipp kg/h			
								Q 81/82	Q 86 LS	Q 86 NS	Q2000
Svovelsyre	20.60	72.35	100.0	1.35	85.	22.5	P	185.0	185.0	185.0	
Cell.kok.	21.35	73.22	40.8	1.20	22.	6.7	V	7.0	3.0	3.0	
Syretårn	21.24	72.93	32.5	.60	16.	10.2	V	.5	-	-	
Syretank	21.17	72.96	13.3	.	.	.	V	6.2	3.0	3.0	
Fyrhus Bor.	21.34	73.00	146.7	2.83	175.	9.0	P	392.0	56.0	140.0	
Spraytørk 1	20.18	72.36	25.0	2.00	50.	8.5	PV	13.4	5.0	12.0	
Spraytørk 2	20.20	72.34	25.0	2.00	50.	8.5	PV	13.4	5.0	12.0	
Ligninfabr.	21.11	72.72	25.0	0.80	90.	22.7	PV	5.0	2.0	5.0	
Flashtørke.	20.79	72.58	26.4	2.00	50.	15.7	PV	49.0	-	-	
Greaker	16.10	71.40	50.0	3.00	140.	6.0	P	84.0	41.7	104.7	
Glomma Pap.	21.40	72.75	30.0	.80	250.	5.6	V	19.5	9.1	22.8	
Denofa	11.70	63.50	60.0	2.00	165.	6.0	P	77.4	25.0	89.0	
Titan Glød.	11.70	62.70	40.5	1.40	60.	1.9	V	13.0	17.8	42.7	
Titan Kjæl.	11.70	62.80	60.0	.90	200.	12.4	P	61.3	16.8	40.3	
Titan Gran.	11.70	62.90	46.0	1.00	60.	6.4	PV	57.0	51.1	51.1	
Leca Borge	15.30	70.10	29.0	1.20	65.	12.0	PV	53.8	36.1	36.1	
Hafslund	21.30	71.60	36.0	2.40	200.	9.0	PV	84.0	132.0	132.0	
Unger Nabb.	12.40	66.00	20.0	.50	20.	3.5	V	7.3	5.0	12.5	
NFMV Fyrh. 1	10.17	65.75	30.0	1.00	220.	9.0	V	7.6	3.7	9.3	
NFMV Fyrh. 7	9.91	65.50	35.0	.70	320.	11.8	PV	13.2	-	-	
NFMV Smie	9.60	65.55	30.0	.63	1000.	.3	V	3.6	-	-	
Sarpsb. Pap.	20.30	74.30	30.0	.55	220.	8.4	V	8.3	3.3	8.3	
K.S. Almet.	21.40	71.80	37.0	1.00	200.	8.0	V		8.0	20.0	
Sum								1161.5	607.6	928.8	610.7

UTMX } x og y koordinater med referanse til koordinatsystemet  
 UTMY } i figur 1.

H : Skorsteinshøyde.

D : Skorsteinsdiameter.

T : Røykgassens temperatur i skorsteinen.

V : Utslippshastighet.

P<sup>g</sup> : Punktkilder som ikke påvirkes av turbulens rundt bygningene.

V : Utslipp som vanligvis fortynnes på grunn av turbulens rundt bygningene.

PV : Utslipp som ved sterk vind påvirkes av turbulens rundt bygningene.

## DE ENKELTE KILDENE

### Borregaard A/S

I 1980 hadde en følgende utslippssteder ved Borregaard Fabrikker i Sarpsborg: Fyrhuset, Svovelsyrefabrikken, Cellulosekokeriet, Syretårnet, Syretanken, Spraytørkerne (2 stk.), Ligninfabrikken og Flashtørkeren. I begynnelsen av 1980-årene var det god tilgang på elektrisk kraft, og utslippet fra fyrhuset sank drastisk fra over 500 kg SO<sub>2</sub>/h til under 50 kg/h. Max. installert kapasitet på elektrokjelene er nå på 70 MW, og de brukes så lenge strømprisene er gunstige. I annet halvår 1984 gikk fyrhuset bare på elektrokjel. I den senere tid har det blitt noe mindre bruk av elektrokjel, da dette er helt styrt av kraft- og oljeprisene. Omlegning og nedlegging av endel prosesser har redusert dampbehovet betraktelig, og flashtørkeren ble nedlagt i oktober 1983. Endel små utslipp i forbindelse med syretårnet og syretanken er nå under bedre kontroll.

### A/S Greaker Industrier

Bedriften er en papirfabrikk med blekeri. I mai 1983 ble det installert elektrokjel, men driften går nå på olje.

### Glomma Pap & Papir A/S

Bedriften produserer papir fra returpapir, dessuten bølgepapp og innleggspapp. I 1983 ble det installert elektrokjel, men driften går nå på olje.

### A/S Denofa og Lilleborg Fabriker

Bedriften driver med ekstrahering av soyaoljer, samt raffinering og foredling av vegetabiliske og marine spiseoljer. Bedriften hadde tillatelse til et utslipp på 250 kg SO<sub>2</sub>/time, som med de nye forskriftene

endres til 100 kg SO<sub>2</sub>/time. Det reelle utslippet er vesentlig lavere, dels pga. noe fyring med kull, dels pga. dampleveranser fra søppelforbrenningsanlegget like ved.

#### Kronos Titan A/S

Bedriften produserer TiO<sub>2</sub>-pigment, ut fra hovedråstoffene ilmenitt og svovelsyre. Fra 1982 er det brukt lav-svovlig tungolje. Det er tre hovedkilder til utslipp:

Kjelehuset med dampproduksjon, tre kjeler hvorav to er i bruk samtidig. Årsforbruk ca. 15.000 t tungolje.

Glødeovn der TiO<sub>2</sub> blir dannet, fyres med fyringsolje nr. 1 ca. 5.500 t/år. Avgassen renses for støv (Venturiscrubber, vasketårn, elektrofilter).

Granulator til tørking av FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O til FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O med tungolje.

#### A/S Norsk Leca Borge

Bedriften produserer løs leca til bygningsstein etc. ved forbrenning av leire i ca. 65 m lange roterovener. Som brensel benyttes hovedsakelig kull/koks (0.8% S), ca. 15.000 tonn/år, samt noe tungolje eller spillolje (ca. 3.000 tonn/år). Anlegget er utstyrt med Warkhaus Venturi vannvaskere, som er effektive på støv, men mindre effektive på SO<sub>2</sub>. Ved målinger er det i oktober 1981 registrert utslipp på opptil 90 kg SO<sub>2</sub>/time på de to ovnene.

#### Hafslund A/S

Bedriften produserer ferrosilisium i smelteovner som benytter elektrisk kraft fra egne kraftverk. Til fremstilling av elektroder

benyttet kull og koks, i 1981 ca. 45.000 tonn, i 1986 ca. 75.000 tonn. Det er regnet med at ca. 5% av svovelet bindes i støvet. To ovner (24 MW og 40 MW) er idag tilknyttet et Elkem baghouse-filteranlegg.

#### Unger Fabrikker, Nabbetorp

Bedriften produserer høykonsentrerte råstoffer til vaskemiddelindustrien ved en sulfoneringsprosess. Anlegget er utstyrt med elektrofilter for fjerning av  $SO_3$  og scrubbere for fjerning av  $SO_2$ .

#### Nye Fredrikstad Mek. Verksted

Bedriften driver skipsbyggeri med tilgrensende virksomhet. Et eget smieanlegg ble nedlagt i midten av 80-årene, likeledes ett av fyrhusene. I 1981 ble det brukt ca. 5.500 m<sup>3</sup> fyringsolje, vesentlig i vintersesongen. Dessuten ble det benyttet 76 tonn propan, 95 tonn acetylen og 35 tonn oxygen til sveising etc.

#### Sarpsborg Papp A/S

Bedriften produserer bølgepapp til emballasje. I 1981 ble det benyttet ca. 1600 m<sup>3</sup> fyringsolje.

#### K.S. Almet

Bedriften er relativt nyopprettet, og skal drive med smelting og bearbeiding av aluminium. Det er regnet med et årsforbruk på ca. 1000 tonn fyringsolje.

## GRUNNLAGSMATERIALE 2: BEREGNINGSRISULTATER

### MIDDELVERDIER I VINTERHALVÅRET

Figur 2 viser nye beregninger av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner vinteren 1981/1982 som følge av justerte utslipp fra industrikildene (se tabell 1) og nye beregningsmetoder for spredning fra industrikildene.

Når det gjelder bidraget fra kilder utenfor beregningsområdet er det regnet med  $5 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  som tidligere. Bidraget fra biltrafikken og fra små fyringsanlegg beregnet i basisundersøkelsen er benyttet uendret (Grønskei og Gram, 1984). Summen av bidraget fra disse tre kildegruppene er vist i figur 2. Dette bidraget endrer seg ikke som følge av utslippsendringer i området. Bidraget fra industrikildene vinteren 1981/1982 er vist ved siden av det faste bidraget i figur 2. Summen som kan sammenlignes med målinger, danner utgangspunkt for eksponeringsberegningene. Små avvik mellom nye og gamle beregninger skyldes sannsynligvis antakelser om midlere blandingshøyder (begrenser vertikalspredningen) i hver stabilitetsklasse. Virkningene av tiltakene klarlegges ved at alle nye beregninger er utført etter samme metode.

I vurderingen vil vi omtale følgende 3 maksimalområder som er vist i figur 1:

1. Området ved Borregaard og Hafslunds fabrikker.
2. Øraområdet.
3. Fredrikstadområdet.

Videre omtaler vi summen av konsentrasjonsbidraget i hele beregningsområdet.

Detaljer i konsentrasjonsfordelingen i maksimalområdene er usikre på grunn av lokale topografiske og bygningsmessige forhold som ikke er tatt med i beregningene. Fra tidligere undersøkelser er vi kjent med at enkelte industriprosesser kan føre til utslipp som ikke kommer med i utslippsoversiktene. Når utslippene skjer i lav høyde kan selv små utslipp gi store utslag på konsentrasjonsfordelingen. Eksempelvis kan uhellsutslipp i kokeriet på Borregaard gi store utslag på  $\text{SO}_2$ -målingene som foretas på St. Olavs Vold. Idet størrelsen av utslippene er

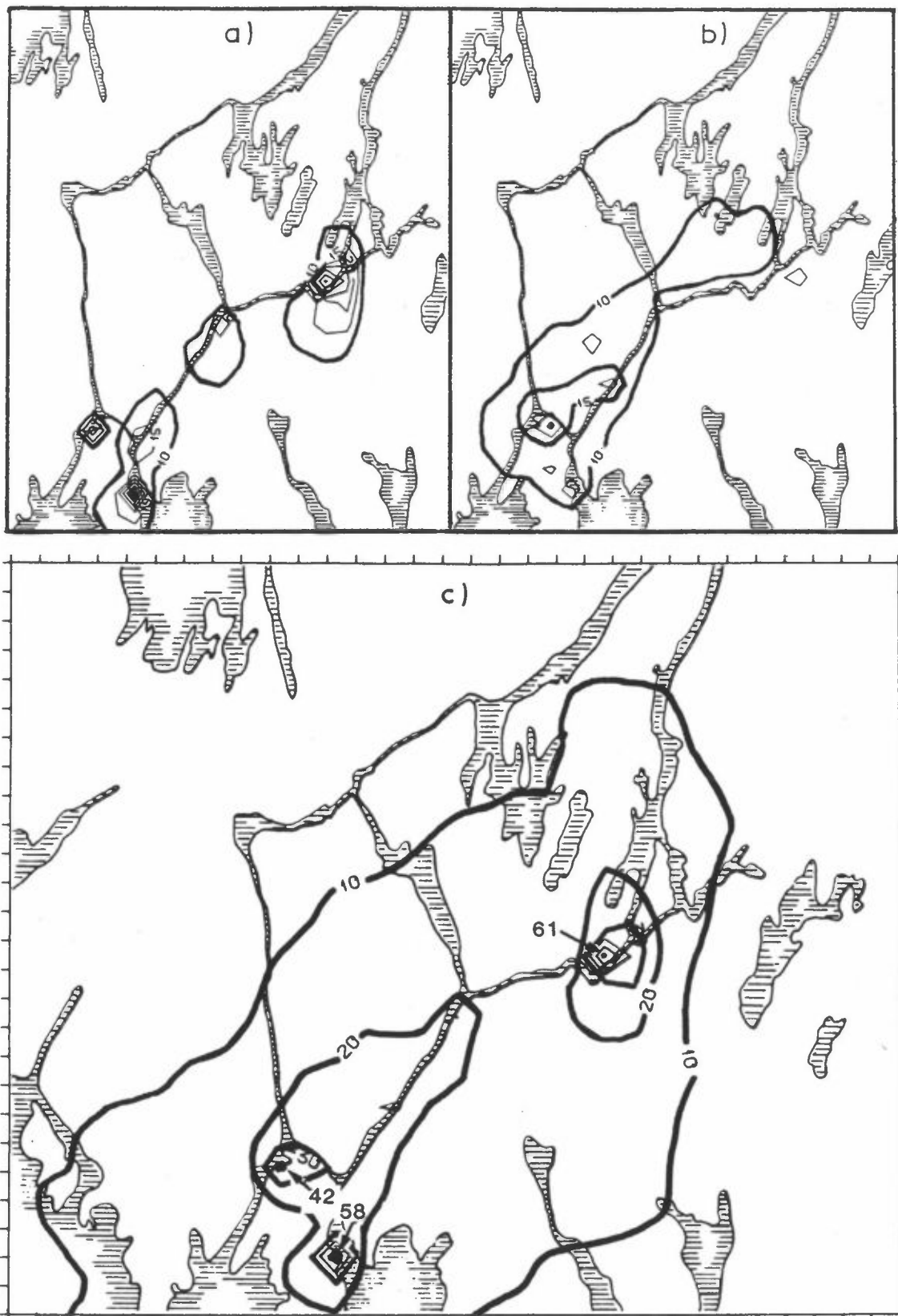
ukjente er det ikke mulig å antyde omfanget av belastningen. Målingene tyder på at belastningen begrenser seg til området i umiddelbar nærhet av Borregaard. Ukjente utslipp medfører usikkerhet i konklusjonen om den relative forbedringen i luftkvaliteten før og etter tiltakene. Absolutte konsentrasjonsendringer som følge av tiltak påvirkes ikke av denne usikkerheten.

Figur 3 viser  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i vinterhalvåret 1986 og endringer fra vinteren 1981/1982 dersom restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer ikke var innført. (Forskriften om maksimalt tillatt innhold om svovel i fyringsolje, gjeldende fra 1.1.86.)

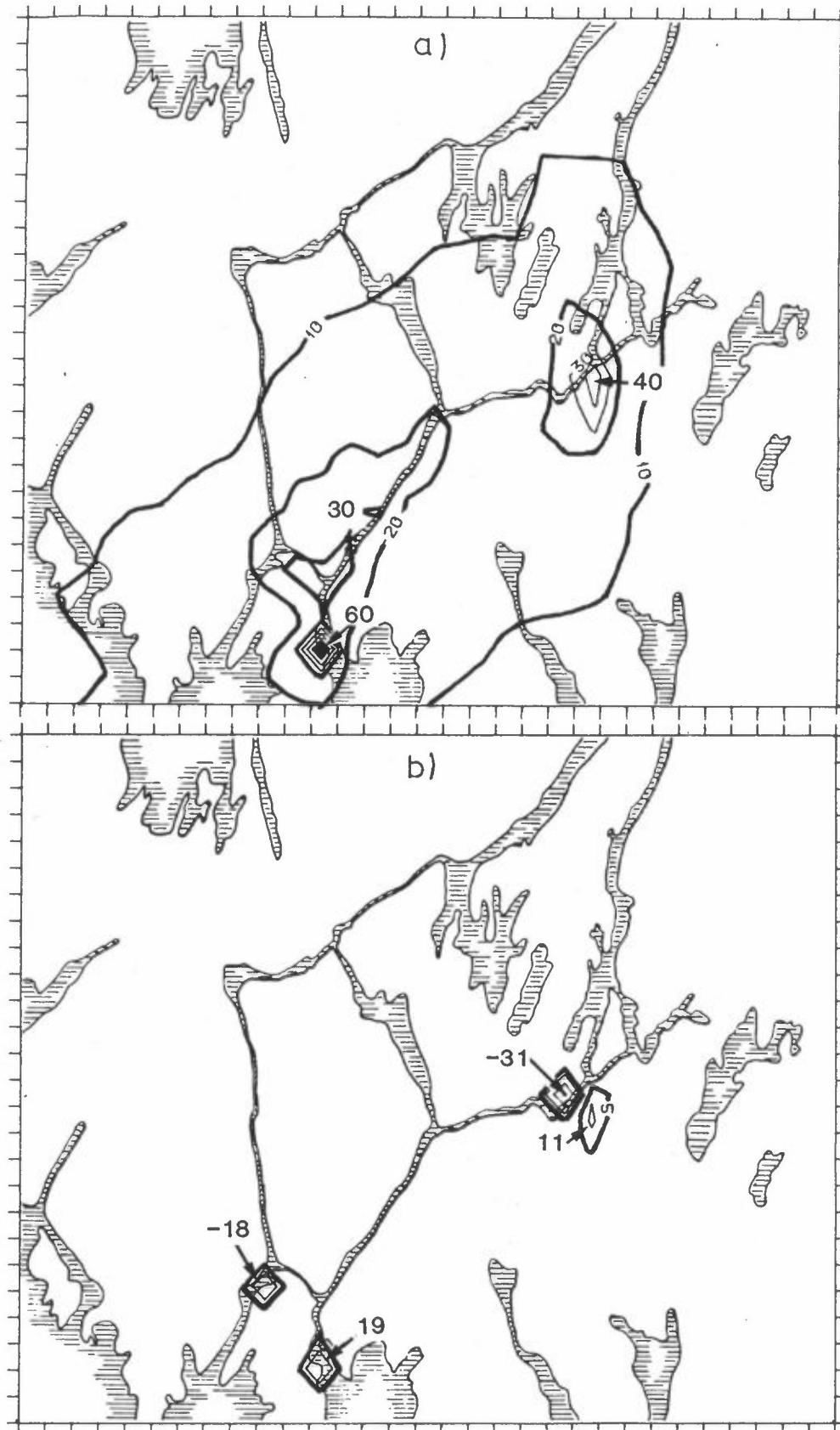
Samlet kan en vente en nedgang i  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i området på grunn av nedgang i oljeforbruket. Nedgangen er spesielt stor ved Borregaard og i Fredrikstad. På grunn av produksjonsøkning må en forvente en økning ved Hafslund og på Øraområdet i Fredrikstad.

Figur 4 viser  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i vinterhalvåret 1986 og endringen fra vinteren 1981/1982 etter innføringen av restriksjoner på svovelinnholdet i oljen. I dette tilfellet antyder beregningene at det var en betydelig reduksjon i  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i hele området, bortsett fra en svak økning ved Hafslund på grunn av produksjonsøkning. Reduksjonen ble spesielt stor ved Borregaard.

Figur 5 viser  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen vinterhalvåret 2000 og endringer fra 1981/1982 under forutsetning av uendrete restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer. Konsentrasjonsreduksjonen er spesielt stor i Sarpsborg og i Fredrikstadorrådet.

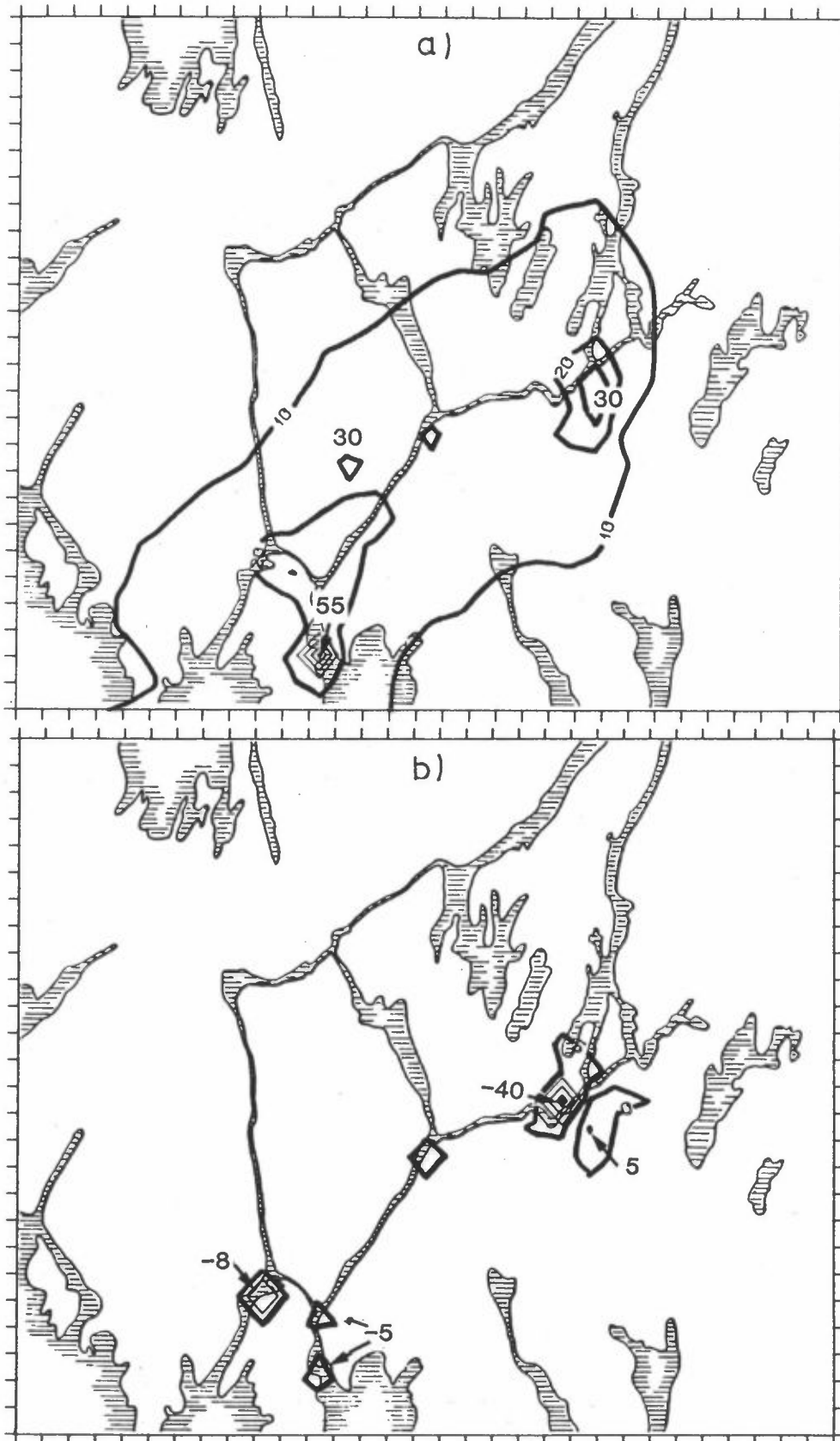


Figur 2: Beregnet  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon for vinterhalvåret 1981/82.  
 a)  $\text{SO}_2$ -bidraget fra industriutslipp og store fyringsanlegg.  
 b)  $\text{SO}_2$ -bidraget fra biltrafikk og små fyringsanlegg som ikke påvirkes av restriksjoner på svovelinnholdet i olje eller av andre kjente utslippsendringer.  
 c) Samlet  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon. Bidrag fra kilder utenfor beregningsområdet:  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

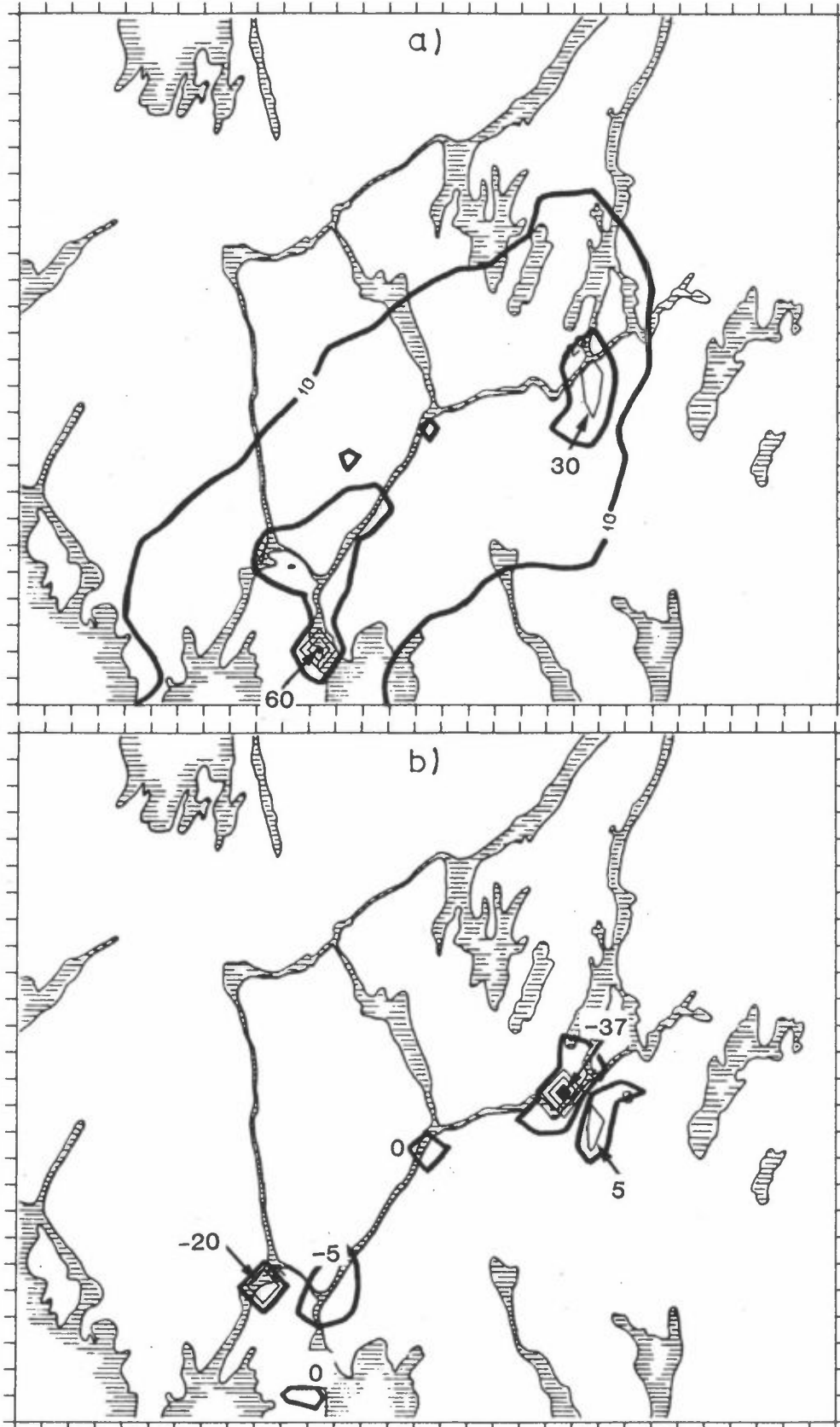


Figur 3: SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i vinterhalvåret. (Spredningsforhold observert 1981/82.  
 Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .  
 a) "1986-konsentrasjoner" uten innføring i av restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer.  
 b) Enringer fra vinteren 1981/82.





Figur 4: SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i vinterhalvåret. (Spredningsforhold observert 1981/82.)  
 Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .  
 a) "1986-konsentrasjoner" uten innføring i av restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer (maks 1% S).  
 b) Endringer fra vinteren 1981/82.



Figur 5:  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i vinterhalvåret. (Spredningsforhold observert vinteren 1981/82.)

Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

a) "År 2000 konsentrasjonen" etter innføring av restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer (maks 1% S).

b) Endringer fra vinteren 1981/82.

Tabell 2 viser SO<sub>2</sub>-målinger fra Sarpsborg-Fredrikstadorrådet i månedene januar, februar, mars og april årene 1985 og 1986. Måleperiodene hadde lav gjennomsnittstemperatur og sannsynligvis dårligere spredningsforhold enn normalt.

Tabell 2: SO<sub>2</sub>-målinger fra Sarpsborg-Fredrikstadorrådet. Enhet: µg/m<sup>3</sup>.

	Fredrikstad		Sarpsborg							
	Brochs gt.		Adm.bolig		St.Olavs Vold		Brannstasjon		Alvim	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
Jan.	39	20	31	20	68	59	26	21	24	-
Febr.	50	26	49	27	54	41	38	27	21	12
Mars	20	19	25	49	115	240	24	31	23	19
April	17	13	22	16	70	56	31	17	19	10

Svovelrestriksjoner på fyringsolje ble innført fra 1. januar 1986. Nedgangen var spesielt stor i Fredrikstad. I mars 1986 ble det observert spesielt høye SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner på St. Olavs Vold. Det skyldes sannsynligvis en høy frekvens av uhellsutslipp på Borregaard (Fosvold og Ramberg, 1986).

Utslippsendringen ser også ut til å ha gjort seg gjeldende på Administrasjonsboligen og på Brannstasjonen. Reduksjonen i Fredrikstad skyldes særlig endringen i forbruk av fyringsoljer. Konsentrasjonene ventes å avta ytterligere frem mot år 2000.

#### EPISODEKONSENTRASJONENE

Vi må regne med at det forekommer tre typer forurensningsepisoder i området:

1. Episoder som skyldes uhellsutslipp.
2. Høye konsentrasjoner i inversjonsperioder med skiftende vindforhold.
3. Høye konsentrasjoner som skyldes røyknedslag av høye pipeutslipp.

Ang. 1: Målingene viser at disse episodekonsentrasjonene forekommer med høy frekvens i enkelte perioder. Påvirkningen fra disse utslippene var også betydelige etter at restriksjonene for svovelinnholdet i fyringsoljer ble innført i januar 1986.

Ang. 2: Ved sterk vind vil det forekomme røyknedslag ved kildene som er merket med V og PV i tabell 1. Når utslippet er stort vil det føre til høye konsentrasjoner ved fabrikkbygningene. Konsentrasjonene kan være et problem på eller ved fabrikkområdet, men de er ikke behandlet i denne undersøkelsen.

Ang. 3: I basisundersøkelsen ble det registrert en dominerende episode av denne typen. Detaljerte spredningsberegninger viste godt samsvar med målinger. Det er utført beregninger på grunnlag av nye utslippsdata. I ekstreme inversjonsperioder med lav vind kan grenseverdiene for døgnmiddelverdier ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) overskrides i større eller mindre deler av området mellom Sarspsborg og Fredrikstad.

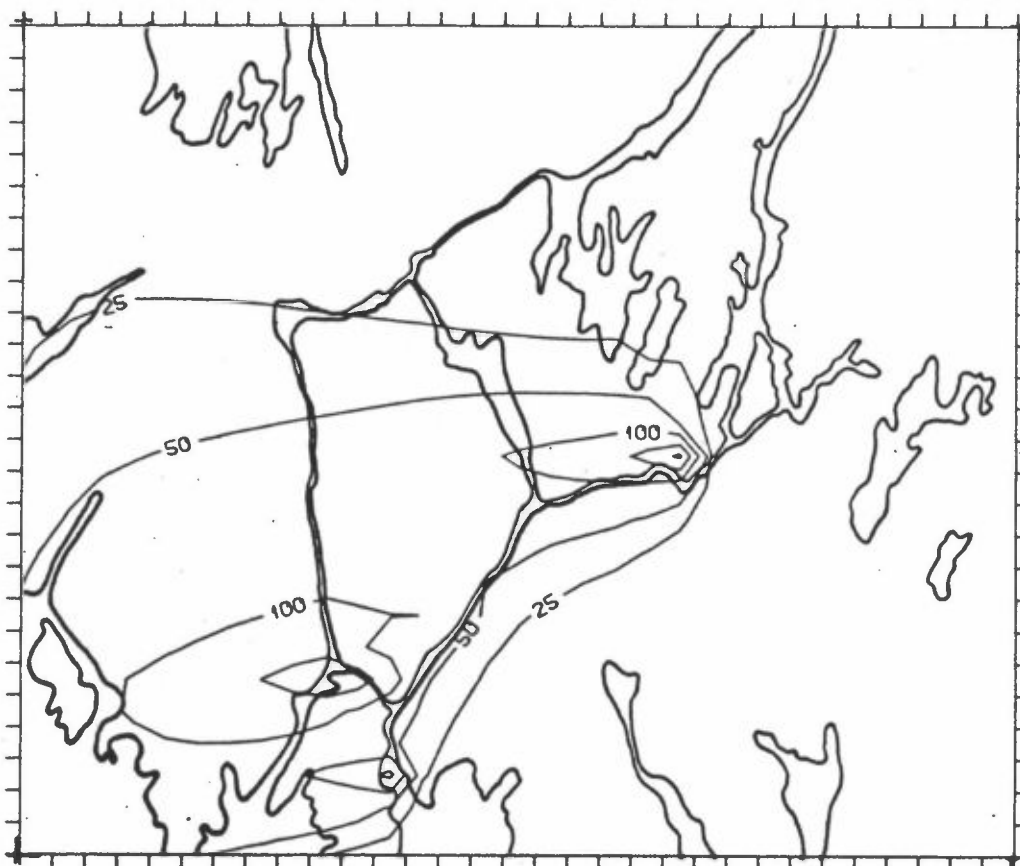
Spredningsdata som ble registrert i den verste forurensningsepisoden i basisundersøkelsen ble benyttet i beregningene. På grunnlag av utslippsdata, beregnet vindfelt og meteorologiske data fra basisundersøkelsen er det beregnet konsentrasjonsfelt for hver time for de fire utslippsalternativene, og disse er videre midlet til døgnverdier (Gram og Grønskei, 1986). I figur 6 ser vi døgnmiddelkonsentrasjonen når samtlige PV-kilder i tabell 1 får et tillegg i utslippshøyden på grunn av høy utslippshastighet og høy utslippstemperatur. Ved disse forutsetningene underestimeres episodekonsentrasjonene og beregningsresultatene er betegnet 81/82-U.

I inversjonssituasjoner vil det imidlertid forekomme sperresjikt som hindrer røykløftet etter at forurensningene er kommet ut av skorsteinen. Det er utført nye beregninger under disse episodeforutsetningene og beregnede  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner er vist i figur 7. Observerte konsentrasjoner er også vist på figuren. Sammenligning med måleresultatene viser at i enkelte områder overestimeres konsentrasjonene noe. Beregningsresultatene er betegnet 81/82-O. Sammenligning mellom observerte og beregnede timeskonsentrasjoner nær Kirkegaten i

Sarpsborg indikerer at belastningen fra Borregaard beregnes tilnærmet riktig. Konsentrasjonsmålingene er lavere enn beregnet ved Greåker og Leca. I Fredrikstadorrådet er de målte konsentrasjoner dels høyere, dels lavere enn beregnede verdier. Dette kan skyldes lokale forskjeller i forurensningsbelastningen mens beregningene beskriver middelverdier i km<sup>2</sup>ruter. Beregningene viser maksimumsområdet sør for Sarpsborg, vest for Øra og vest for Fredrikstad. Det var hovedsakelig svak vind fra øst i denne episoden.

Figurene 8 og 9 viser konsentrasjonsfordelingen i 1986 ved bruk av lavsvovlig og normalsvovlig fyringsolje. Beregningene er utført ved de samme spredningsforholdene som ble registrert i januar 1982.

Området hvor grenseverdiene overskrides blir betydelig redusert ved bruk av lavsvovlig fyringsolje sammenlignet med bruk av normalsvovlig. Reduksjonen er imidlertid mindre enn en skulle vente bare ved å se på utslippstallene. Flere av kildene bruker kull/koks eller har gått over til lavsvovlig olje tidligere slik at de ikke berøres av svovelforskriftene. Konsentrasjonene i maksimalområdene sør for Sarpsborg og sør for Fredrikstad blir mindre men overskridelser av grenseverdiene vil sannsynligvis fortsatt forekomme selv etter overgang til lavsvovlig fyringsoljer. Figur 10 viser at konsentrasjonene i episodene i år 2000 vil være litt høyere enn i 1986 ved bruk av lavsvovlig fyringsoljer. Dette skyldes planlagte produksjonsøkninger med påfølgende økning i bruken av fyringsoljer på Øraområdet og ved Sarpsborg.

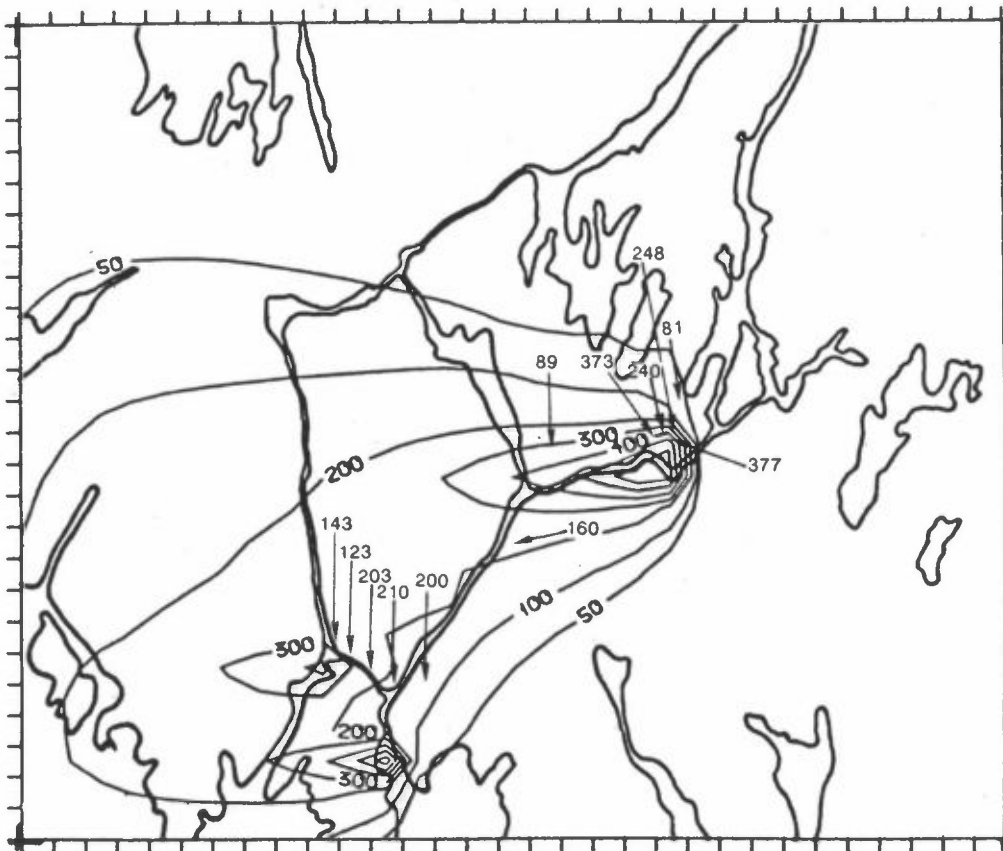


Figur 6: 24-timers midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon beregnet for Sarpsborg/Fredrikstad.

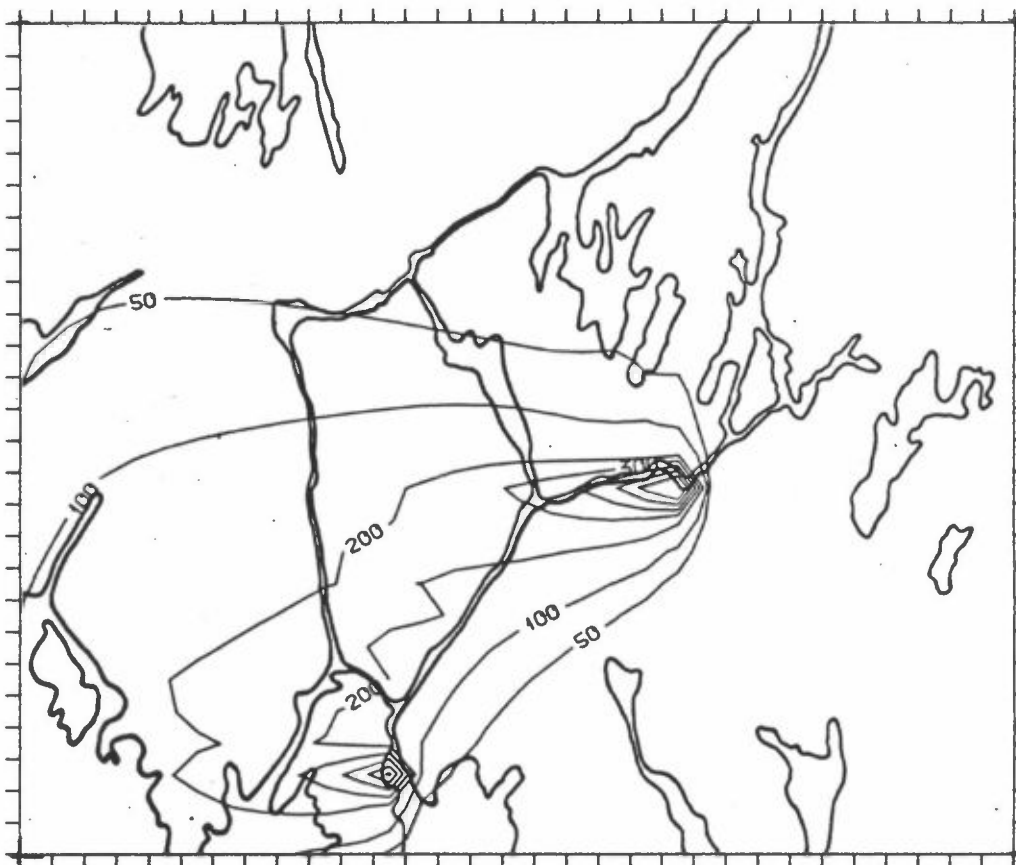
Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

Forutsetninger for beregningene:

- a) Utslippsdata for 1981/82.
- b) Vinddata og spredningsforhold observert 12.-13. januar 1982. Svak vind hovedsakelig fra øst og inversjon førte til den verste forurensningsepisoden som ble observert i basisundersøkelsen 1981-1982.
- c) Ingen hindring i røykløft av utslipp fra kilder merket PV i tabell 1. Det er sannsynlig at røykløftet fra PV-kildene ble hindret slik at resultatet viser lavere verdier enn observerte konsentrasjoner.



Figur 7: 24-timers midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon beregnet for Sarpsborg/  
Fredrikstad. Observerte verdier er avsatt på figurene.  
Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .  
Forutsetninger for beregningene:  
a) og b): se figur 6.  
c) Røykløftet av utslippene fra kildene merket PV i  
tabell 1 hindres av et "spersesjikt" i atmosfæren (sterk  
inversjon). Observerte SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner er avsatt på  
figuren.



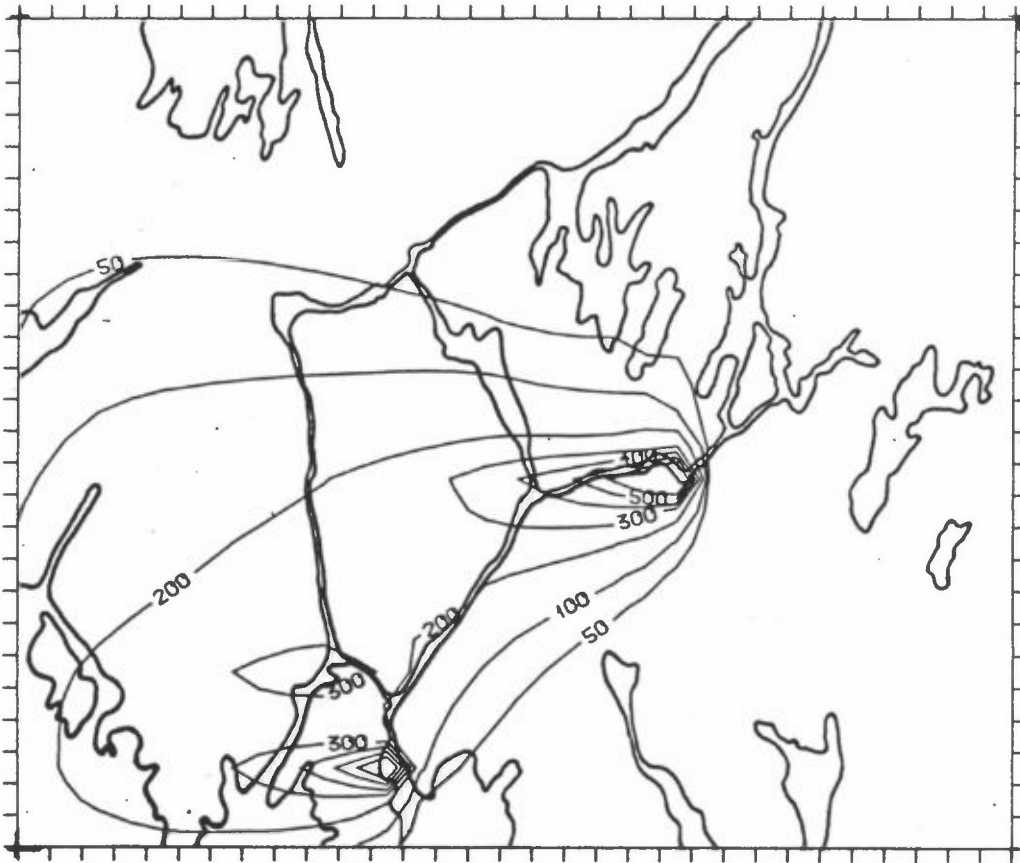
Figur 8: 24-timers midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon beregnet for Sarpsborg/  
Fredrikstad.

Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

Forutsetninger for beregningene:

- a) Utslippsdata for 1986 etter innføring av restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer (maks 1% S).
- b) Vinddata og spredningsforhold observert 12.-13. januar 1982.
- c) Røykløftet av utslippene fra kildene merket PV i tabell 1 hindres av et "sperresjikt" i atmosfæren (sterk inver-sjon).



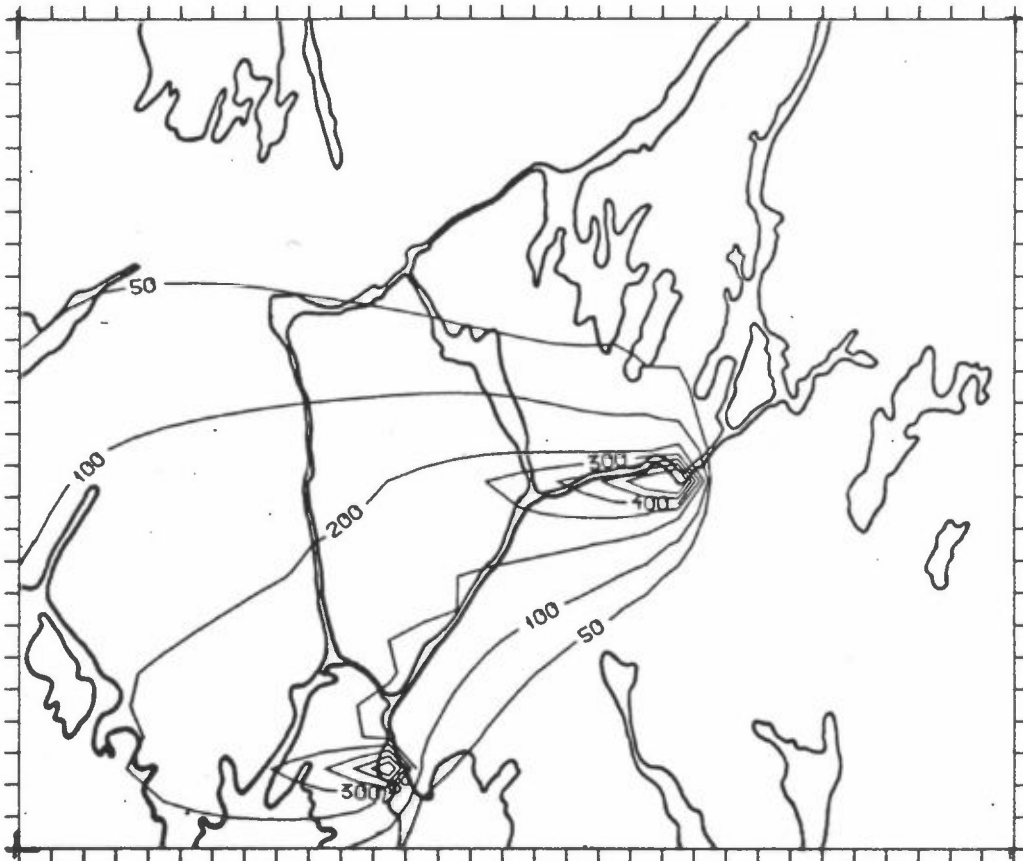


Figur 9: 24-timers midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon beregnet for Sarpsborg/  
Fredrikstad.

Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

Forutsetninger for beregningene:

- Utslippsdata for 1986 uten innføring av restriksjoner på svovelinnholdet i fyringsoljer (maks 2.5% S).
- Vinddata og spredningsforhold observert 12.-13. januar 1982.
- Røykløftet av utslippene fra kildene merket PV i tabell 1 hindres av et "sperresjikt" i atmosfæren (sterk inver-sjon).



Figur 10: 24-timers midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon beregnet for Sarpsborg/  
Fredrikstad.

Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

Forutsetninger for beregningene:

- a) Utslippsdata for år 2000 (maks 1%S).
- b) Vinddata og spredningsforhold observert 12.-13. januar 1982.
- c) Røykløftet av utslippene fra kildene merket PV i tabell 1 hindres av et "sperresjikt" i atmosfæren (sterk inversjon).

## GRUNNLAGSMATERIALE 3: EKSPONERINGSBEREGNINGER

På grunnlag av data for befolkningsfordelingen og for beregnet konsentrasjonsfordeling er antall personer som bor i områder med konsentrasjoner over angitte grenseverdier vist i tabell 3.

For  $\text{SO}_2$  er det angitt følgende grenseverdier:

1 døgn : 100-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
6 måneder: 40- 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Siden skadelige effekter av  $\text{SO}_2$  og sot forsterker hverandre, er det forutsatt ved fastsettelsen av grenseverdiene at de to forurensningskomponentene forekommer samtidig. Målingene i området viser at maksimale sotkonsentrasjoner over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  forekommer i Sarpsborg og i Fredrikstad sentrum. Andre målinger (Haugsbakk 1985) viser høye svevestøvkonsentrasjoner forekommer på Øraområdet hvor det samtidig forekommer høye  $\text{SO}_2$  konsentrasjoner.

Målinger nær Borregaard viser at høye  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner ikke forekommer samtidig med høye sotverdier. Ved Hafslund foreligger det ingen målinger, men vi antar at høye  $\text{SO}_2$  og sotverdier forekommer samtidig.

For å vurdere de enkelte konsentrasjonsfordelingene har en bestemt antall mennesker som bor i områder med beregnede  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over angitte grenseverdier.

Tabell 3 viser antall personer som bor i områder med ulike 1/2-årsmiddelkonsentrasjoner. Forurensningsnivået er lavere i 1986 enn i 81/82 ved samme spredningsforhold. Dersom det benyttes bare lavsvovlig fyringsoljer vil ca. 100 personer bo i områder hvor  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonene (6 måneders midlingstid) er mellom grenseverdiene 40  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  og 60  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ . Ingen vil bli utsatt for overskridelser av 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som halvårsmiddelverdi. I år 2000 er det anslått at ca. 100 personer utsettes for konsentrasjoner over 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på grunn av en økning av forbruket. Beregningene er utført for en vinterperiode med dårligere spredningsforhold enn i en normalvinter. I en normalvinter vil de

personene som etter beregningene utsettes for overskridelser av  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sannsynligvis eksponeres for verdier mellom grenseverdiene  $40-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabell 3: Antall personer som bor i områder med  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over angitte grenseverdier ved ulike utslippsalternativer.

	C- $\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	81/82-0	NS-86	LS-86	2000	81/82-U
1/2-års verdi	20- 40	38800	37146	18071	20636	
	40- 60	718	777	103	0	
	>60	225	103	0	103	
24-times episode	50-100	12727	63096	12146	12085	30017
	100-150	953	8718	9290	9365	17317
	150-200	6960	7316	18813	13370	3330
	200-300	30753	36745	26270	29530	225
	>300	2668	7541	2182	4455	0
	>100	41334	60320	56555	56720	20872

81/82-0: Utslipp 81/82. I beregningene av verdiene for 24-times episodene er det forutsatt at alle lave kilder merket V eller PV blandes ved bygningene i laget nærmest bakken.

NS-86 : Normalt svovelinnhold vinteren 1986. Spredning som i 81/82-0.

LS-86 : Lavt svovelinnhold vinteren 1986. Spredning som i 81/82-0.

2000 : Lavt svovelinnhold vinteren 2000. Spredning som i 81/82-0.

81/82-U: Utslipp 81/82. I beregningene er det forutsatt at utslipp merket PV i tabell 1 får overhøyde i samsvar med overhøydeformelen. Konsentrasjonene blir lavere enn de observerte verdiene.

Tabell 3 viser også eksponeringstallene i en forurensningsepisode. Vi har tatt utgangspunkt i meteorologiske data som ble registrert i området i forurensningsepisoden den 12.-13. januar 1982. Siden vinden hovedsakelig var fra østlig kant i denne episoden ble mange personer både i Sarpsborg og i Fredrikstad eksponert for høye konsentrasjoner.

Det ble utført to beregninger for vinteren 1981/82. Vi fikk et overestimert av observerte konsentrasjoner (81/82-0) ved å forutsette at alle lave kilder blandes ved bygningene i laget nærmest bakken. Beregnede verdier ble lavere enn de observerte dersom utslippene fra de lave kildene steg fritt i samsvar med overhøydeformlene ved svak vind (81/82-U). For vinteren 1986 og vinteren 2000 er beregningene utført på samme måte som ved 81/82-0.

De observerte konsentrasjonene skyldes sannsynligvis en kombinasjon av røyk nedslag og dårlige spredningsforhold. Beregninger for alle utslippsalternativene er utført under forutsetning av røyknedslag og god blanding i bakkesjiktet for alle lave pipeutslipp.

Hvilke lave utslipp som blandes i sjiktet nærmest bakken vil sannsynligvis variere fra en episode til en annen.

Det beregnete antall personer kan forekomme ved svak vind fra øst. Beregningene viser at de høyeste eksponeringene forekommer ved bruk av normalsvovlig fyringsolje i 1986. Da vil ca. 7500 personer være utsatt for døgnmidlere  $\text{SO}_2$  konsentrasjoner over  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ved bruk av lavsvovlig olje vil ca. 2000 personer være utsatt for verdier over  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I år 2000 vil ca. 4000 personer være utsatt for overskridelser av  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved de samme forutsetningene. For å unngå eksponering over  $100 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  i området er det nødvendig å øke utslippshøyden til de lave utslippene i tillegg til bruk av lavsvovlige fyringsoljer.

Erfaring fra andre områder viser at en kan unngå lokale forurensningsproblemer ved å bygge høye piper.

En reduksjon av svovelinnholdet reduserer forurensningsbidraget på stor skala men det løser ikke alltid problemene nær kildeområdene i episodene.

#### 4 REFERANSER

Hagen, L.O. (1985) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Hovedrapport. Lillestrøm (NILU OR 18/85).

Haugsbakk, I. og Gram, F. (1984) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Delrapport C: Utslippsdata. Lillestrøm (NILU OR 26/84).

Grønskei, K.E. og Gram, F. (1984) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Delrapport D: Spredningsberegninger. Lillestrøm (NILU OR 41/84).

Gram, F. (1986) Programsystem KILDER. Program- og bruksbeskrivelse for beregning av utslipp og spredning fra punktkilder, volumkilder og arealkilder. Lillestrøm (NILU TN under arbeid).

Grønskei, K.E. og Gram, F. (1981) A dispersion model for regional air pollution problem. Lillestrøm (NILU TN 1/81).

Gram, F. og Grønskei, K.E. (1986) Program EPISODE. Program- og bruksbeskrivelse for beregning av korttidskonsentrasjoner under dårlige spredningsforhold. Lillestrøm (NILU TN under arbeid).

Fosvold, I og Ramberg, L. (1986) Halvårsrapporten over immisjonsmålinger i Sarpsborg, og emisjonsmengder fra Borregaard Fabrikker i Sarpsborg. Sarpsborg, Borregaard Industries Ltd, 1985-86.

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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 52/87	ISBN-82-7247-843-9	
DATO JULI 1987	ANSV. SIGN. <i>J. Schjodden</i>	ANT. SIDER 29	PRIS Kr 20,-
TITTEL Fremtidig SO <sub>2</sub> -forurensning i Sarpsborg-Fredrikstad. Konsentrasjonsberegninger ved alternative SO <sub>2</sub> -utslipp.		PROSJEKTLEDER K.E. Grønskei	
		NILU PROSJEKT NR. O-8575	
FORFATTER(E) Knut Erik Grønskei og Frederick Gram		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100, Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Sarpsborg-Fredrikstad    Spredningsberegninger    Svoveldioksid			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Det er utført beregninger av spredning av SO <sub>2</sub> -konsentrasjoner i Sarpsborg/ Fredrikstadorrådet for vinterhalvåret og en episode vinteren 81/82. De samme spredningsmeteorologiske data er benyttet til å utføre beregninger på grunnlag av utslipp i 1986 med bruk av normalsvovlig fyringsolje og med bruk av lavsvovlig fyringsoljer. Beregninger av SO <sub>2</sub> -konsentrasjonen i år 2000 er utført på grunnlag av de samme spredningsdata og ekstrapolerte utslippsdata. På grunnlag fordelingen av SO <sub>2</sub> og befolkning er antall per- soner som bor i områder med ulik forurensningsbelastning angitt.			
TITLE SO <sub>2</sub> -pollution in Sarpsborg-Fredrikstad. Dispersion calculations based on alternative emissions.			
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) Calculations of SO <sub>2</sub> -concentrations for a 6 months period and 24 h episode are made for the winter 81/82. The same meteorological data are used for calculations based on emissions in 1986 oil with normal sulphur content and with restrictions on the sulphur content in the oil. Calculations for the year 2000 are based on the same meteorological data and on extrapolated emission data. The number of people living in areas with different SO <sub>2</sub> - concentrations is calculated.			

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