

NILU

Oppdragsrapport nr 14/70

Referanse: 020769 EO U

Dato: November 1970

UNDERSØKELSER I FORBINDELSE MED
VARMEKRAFTVERK PÅ SLAGENTANGEN

Frederick Gram

og

Bjarne Sivertsen

Figurene er tegnet av Per Knoph

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 15, 2007 Kjeller

INNHOLDSFORTEGNELSE

		Side
1	<u>INNLEDNING</u>	4
2	<u>TILGJENGELIGE OPPLYSNINGER</u>	4
	2.1 Opplysninger fra A/S Hafslund angående planene for verket	4
	2.2 Bakgrunnsdata for SO ₂ målt ved Esso-raffineriet på Slagentangen	5
	2.3 Meteorologiske vurderinger utført av Meteorologisk Institutt	7
3	<u>TOPOGRAFI OG BELIGGENHET</u>	8
4	<u>METEOROLOGI</u>	8
	4.1 Vindforhold	9
	4.2 Stabilitetsforhold	12
	4.3 Frekvens av forskjellige spredningsforhold	15
	4.4 Nedbør og tåke	16
5	<u>KJEMISKE REAKSJONER VED FORURENSNING FRA VARMEKRAFTVERK</u>	17
6	<u>SPREDNINGSBEREGNINGER</u>	18
	6.1 Forutsetninger	18
	6.1.1 Gassformig emisjon	18
	6.1.2 Kontinuerlig emisjon	18
	6.1.3 Ingen endringer av røykgassen ved spredningen	19
	6.1.4 Flatt utbredningsområde	19
	6.1.5 Stabilitetsklasser	19
	6.2 Spredningsformler	20
	6.2.1 Spredning uten kjemiske reaksjoner	20
	6.2.2 Korreksjon for SO ₂ -oksydasjon	22
	6.3 Bakkekonsentrasjoner av SO ₂ og H ₂ SO ₄	23
	6.3.1 Resultater av konsentrasjonsberegningene	24
	6.3.2 Beregning av tilleggshøyder, ΔH	26
	6.3.3 Partikkelbelastning	27
	6.3.4 Normer for maksimalt tillatte bakkekonsentrasjoner	27
	6.3.5 Minste skorsteinsbyggehøyde uten andre kilder i området.	28

	Side	
6.4	Forurensningsbelastning (konsentrasjon x tid)	30
6.5	Tørravsetning av SO ₂ og svovelsyre	35
6.6	Krav til skorsteinshøyder ved varmekraftverket med kjent bakgrunnsforurensning	36
7	<u>SPESIELLE SPREDNINGSFORHOLD</u>	40
7.1	Røyknedslag (Fumigation)	41
7.2	Langvarige inversjonsperioder	41
7.3	Utvasking av forurensninger ved nedbør	43
8	<u>STØY</u>	44
9	<u>SLUTTKOMMENTAR</u>	45
	<u>TILLEGG</u>	
T1	<u>KJEMISKE REAKSJONER VED FORURENSNING FRA VARMEKRAFTVERK</u>	47
T1.1	Avgasser ved forbrenning av olje	47
T1.2	Forurensninger fra SO ₂ og svovelsyre	48
T1.3	SO ₂ og dets oksydasjon	49
T1.3.1	Dannelse og oksydasjon av SO ₂ i fyrsystemet	49
T1.3.2	Atmosfærisk oksydasjon av SO ₂	51
T2	<u>BEREGNING AV BAKKEKONSENTRASJONER AV SO₂ OG H₂SO₄</u>	56
T3	<u>UTVASKING AV SO₂ OG H₂SO₄ VED NEDBØR</u>	78
T3.1	Washout	78
T3.2	Rainout	83
T4	<u>UTSLIPP AV SO₂ FRA ESSO-RAFFINERIEET PÅ SLAGENTANGEN</u>	84
	<u>REFERANSER</u>	86

Vedlegg: Meteorologisk Institutt's rapport "Klimadata til vurdering av spredningen av avgasser og sot fra A/S Hafslunds planlagte varmekraftverk ved Slagentangen i Vestfold". Rapporten er omredigert og trykket av NILU, etter avtale med Meteorologisk Institutt.

UNDERSØKELSER I FORBINDELSE MED VARMEKRAFTVERK PÅ SLAGENTANGEN

1 INNLEDNING

I forbindelse med planer for bygging av et varmekraftverk basert på oljefyring på Slagentangen i Vestfold, har byggherren A/S Hafslund, etter samråd med Røykskaderådet gitt Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) i oppdrag å undersøke hvor store konsentrasjoner av SO₂ og svovelsyre en må regne med å få fra verket under varierende driftsbetingelser og meteorologiske forhold.

NILU's plan for undersøkelsene ble sendt A/S Hafslund 1 juni 1970, denne ble behandlet av Røykskaderådet 29 juni 1970, og endelig bestilling av oppdraget fra A/S Hafslund sendt 10 juli 1970.

2 TILGJENGELIGE OPPLYSNINGER

2.1 Opplysninger fra A/S Hafslund angående planene for verket

Opplysningene er vesentlig hentet fra Notat av 4.5.1968 fra A/S Hafslund.

Varmekraftverket forutsettes oppført på tomt av gården Karlsvik, g nr 113, br nr 1 i Sem kommune, Vestfold. Verket er planlagt bygget for en elektrisk ytelse på ca 250 MW, med senere utvidelse med et nytt aggregat til tilsammen 500 MW. I søknaden til Røykskaderådet søkes om konsesjon til 500 MW-anlegg. Det er regnet med en gjennomsnittlig årlig brukstid på 1 300 timer. Kjøretiden pr år vil imidlertid variere fra mer eller mindre sammenhengende kjøring i ekstreme tørrår til at verket i gode vannår overhodet ikke blir startet. Driftstiden vil normalt falle i vinterhalvåret. Er magasinsituasjonen for vannkraftverkene kritisk, kan oppstartning bli aktuell i august eller september, og kjøringen kan under slike forhold også bli strukket noe utover våren til neste års flom kommer. Når verket er i drift, vil det såvidt mulig søkes kjørt med full ytelse inntil det nødvendige energikvantum er opparbeidet.

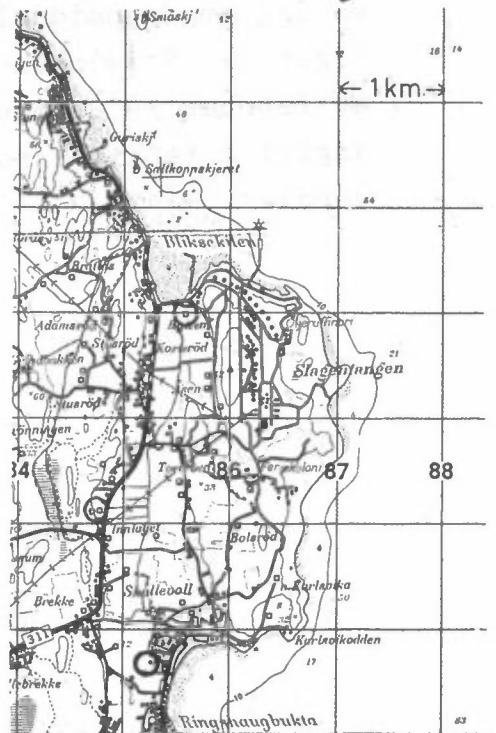
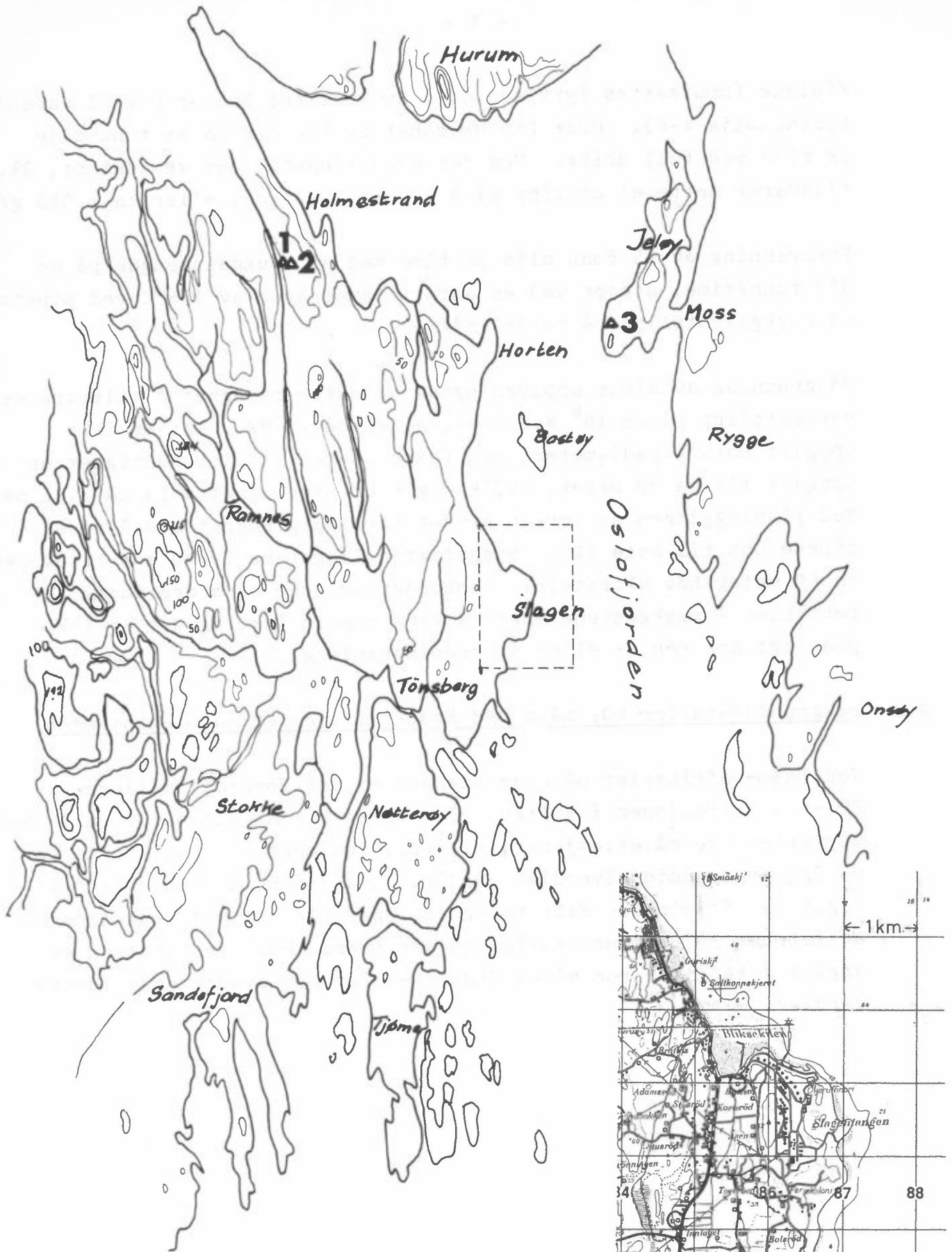
Kjelene forutsettes fyrt med olje av kvalitet bunker C (tilsvarende fyringsolje 4-6). Hver 250 MW-enhet forbrenner ca 65 tonn olje pr time ved full drift. Med det svovelinnhold det er søkt om, 3%, tilsvarer dette et utslipp på 3 900 kg SO₂/time, eller ca 1 080 g/sek.

Forbrenning av 65 tonn olje pr time med en røykgassmengde på ca 950 tonn/time, utgjør ved en antatt temperatur av 175°C ved pipetopp et røykgassutslipp på ca 350 m³/sek.

På grunnlag av disse opplysningene er dette beregnet å tilsvare et varmeutslipp på ca 10⁴ Kcal/sek, eller ca 45 MW. Det er ikke oppgitt noen pipediameter, men røykgassenes utslippshastighet er oppgitt til ca 30 m/sek, hvilket gir en pipediameter på ca 3,85 meter. Ved planleggingen av verket er det foreløpig regnet med å føre pipene opp til kote 100. Byggetomten ligger ca 30-40 m o h, dvs en ca 60 meter høy skorstein. Innholdet av aske og andre faste partikler i røykgassene angis å være meget lite, og det er ikke planlagt noe rense- eller filtreringsanlegg.

2.2 Bakgrunnsdata for SO₂ målt ved Esso-raffineriet på Slagentangen

Ved Esso-raffineriet på Slagentangen er det foretatt målinger av SO₂-konsentrasjonen i luften. For dette formål ble det i juli 1969 opprettet tre målestasjoner, Kibnebb, Innlaget og Skallevold, for måling av døgnmiddelverdier av SO₂. Stasjonene er inntegnet på figur 1. Stasjonene Kibnebb og Innlaget ble stoppet ved utgangen av februar 1970, mens Skallevold går fremdeles. Resultatene er angitt i tabell 1 som månedsmiddelverdier og høyeste døgnmiddelverdier.



Figur 1: Kart over områdene omkring Slagentangen (1:250 000)

△- Meteorologistasjoner Kiste, Kiste-toppen og Jeløya

○- SO₂-stasjoner Kibnebb, Innlaget og Skallevold

SO ₂ -konsentrasjon i µg/m ³		Kibnebb		Innlaget		Skallevold	
		Måneds- middel	Høyeste døgn- middel	Måneds- middel	Høyeste døgn- middel	Måneds- middel	Høyeste døgn- middel
Juli	1969	55	100	57	86	22	51
August	1969	35	77	37	58	35	94
September	1969	25	43	23	34	18	25
Oktober	1969	14	20	16	24	14	20
November	1969	16	47	15	25	16	24
Desember	1969	28	69	25	53	22	59
Januar	1970	26	53	26	49	26	46
Februar	1970	54	109	46	122	44	83
Mars	1970	-	-	-	-	25	52
April	1970	-	-	-	-	15	25
Mai	1970	-	-	-	-	14	21
Juni	1970	-	-	-	-	25	40
Juli	1970	-	-	-	-	19	30
August	1970	-	-	-	-	45	78

Tabell 1: SO₂-konsentrasjoner målt ved Slagentangen 1969-1970

2.3 Meteorologiske vurderinger utført av Meteorologisk Institutt

I forbindelse med vurderinger av alternative plasseringer for varmekraftverket har Meteorologisk Institutt, basert på vindmålinger, utført overslag over bakkekonsentrasjoner av SO₂ fra verket. (Meteorologisk Institutt, jnr 1969/68 TWJ/BL).

Meteorologisk Institutt har videre utført målinger og bearbeidelse av meteorologiske data omkring Slagentangen. Resultatet av dette forelå 21 juli 1970 i "Klimadata til vurdering av spredningen av avgasser og sot fra A/S Hafslunds planlagte varmekraftverk ved Slagentangen i Vestfold". Det er en forutsetning at NILU's beregninger bygger på denne utredning.

3 TOPOGRAFI OG BELIGGENHET

Verket forutsettes oppført på tomt av gården Karlsvik på Slagentangen i Sem kommune. Esso-raffineriet på Slagentangen ligger like nord for tomten, og ellers utgjøres de nevnte områder av to gårdsbruk med dyrket mark, og noen sommerhytter. Forøvrig er det en avstand av ca 800 meter til fast bebyggelse.

Kart over de aktuelle områder er vist i figur 1.

Slagentangen ligger på vestsiden av Oslofjorden, som her er ca 10 km bred. Området fra Oslofjorden og vestover domineres av nord-syd/gående åsrygger opp til ca 100 m o h. I Kodal, Andebu, Ramnes og Botne (15-20 km vest og nord-vest for Slagentangen) går disse opp i ca 200 m o h, og i Hedrum og Lardal (30 km unna), 300-400 m o h. 25 km nord for Slagentangen går Oslofjorden over i Sandebukten, Drammensfjorden og Drøbaksundet, som er atskilt av høydepartier på ca 300 m o h. I Østfold er terrenget småkupert med høyder opp til ca 100 m o h. Syd for Slagentangen ligger Tjøme og Nøtterøy med øyene utenfor i avstander på 10 til 25 km.

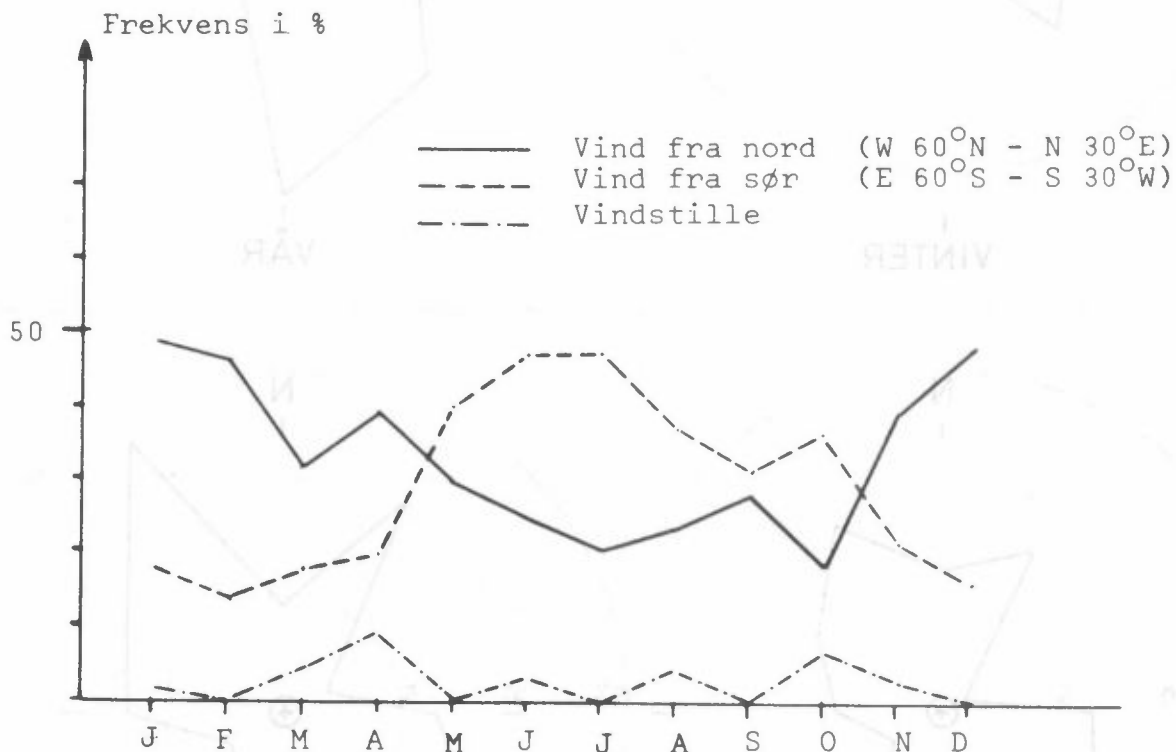
Hele kysten av Vestfold fra Horten til Sandefjord - Larvik kan betraktes som mer eller mindre tettbygd strøk. De større byer er: Horten 12 km nord, Moss 17 km nord-øst, Tønsberg ca 5 km syd-vest og Sandefjord ca 25 km syd-vest. Det meste av områdene under 100 m o h er jordbruksområder, forøvrig er det barskog sterkt blandet med løvskog. Ca 5 km syd-vest for verket ligger Presterødkilen, som er fredet på grunn av dens særegne fugleliv.

4 METEOROLOGI

Data for vurdering av de meteorologiske forholdene på Slagentangen er hentet fra Meteorologisk Institutt's rapport av 21.7.1970. Luftforurensningens spredning i atmosfæren er bestemt av vindens retning og styrke, samt blandingsforholdene i luften.

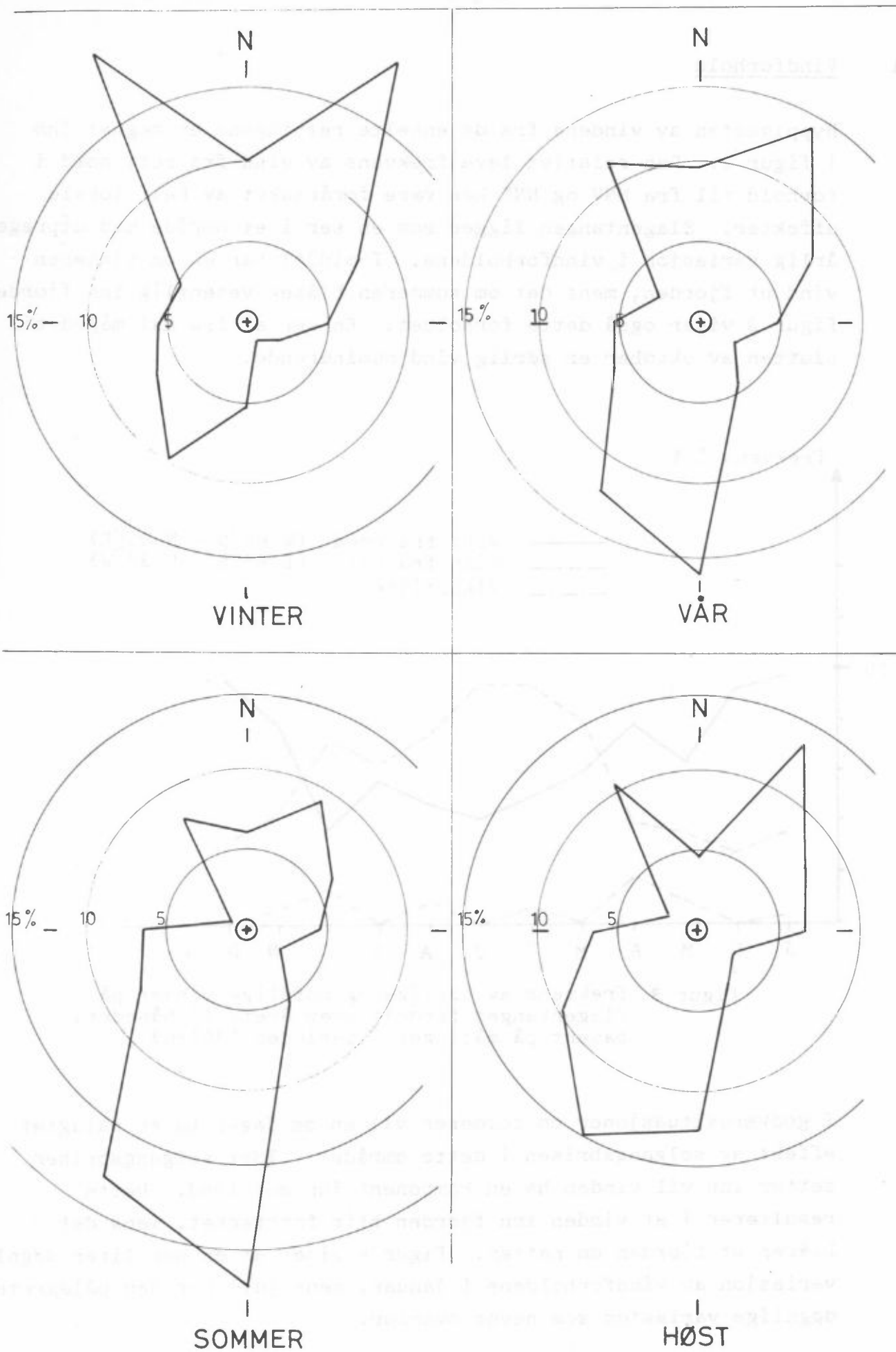
4.1 Vindforhold

Hyppigheten av vindene fra de enkelte retningene er tegnet inn i figur 2. Den relativt lave frekvens av vind fra rett nord i forhold til fra NNV og NNE kan være forårsaket av helt lokale effekter. Slagentangen ligger som en ser i et område med utpreget årlig variasjon i vindforholdene. I middel har en om vinteren vind ut fjorden, mens det om sommeren blåser vesentlig inn fjorden. Figur 3 viser også dette forholdet. En ser at fra mai måned til slutten av oktober er sørlig vind dominerende.

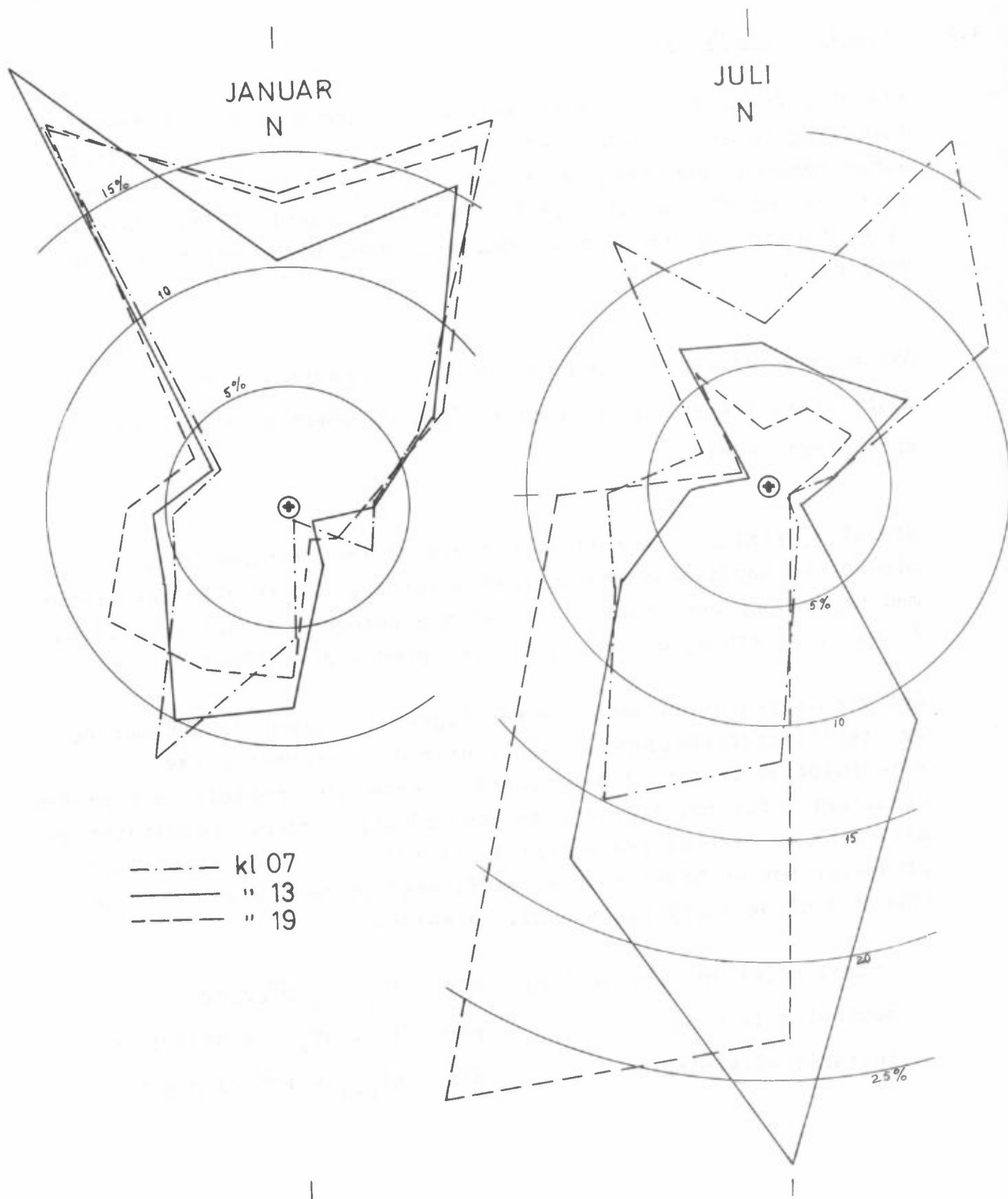


Figur 3 Frekvens av sørlige og nordlige vinder på Slagentangen fordelt over årets 12 måneder, basert på målinger i perioden 1961-69

I godværssituasjoner om sommeren vil en om dagen ha en pålagret effekt av solgangsbrisen i dette området. Idet solgangsbrisen setter inn vil vinden ha en komponent inn mot land. Dette resulterer i at vinden inn fjorden blir forsterket, mens det blåser ut fjorden om natten. Figur 4 viser at en har liten døgnlig variasjon av vindforholdene i januar, mens juli har den pålagrete døgnlige variasjon som nevnt ovenfor.



Figur 2 Vindroser for Slagentangen 1961-69



Figur 4 Vindroser for Slagentangen 1961-69

Av figur 3 ser en også at frekvensen av vindstille på Slagentangen varierer mellom 0 og 9%. Oftest vindstille er det i april måned.

4.2 Stabilitetsforhold

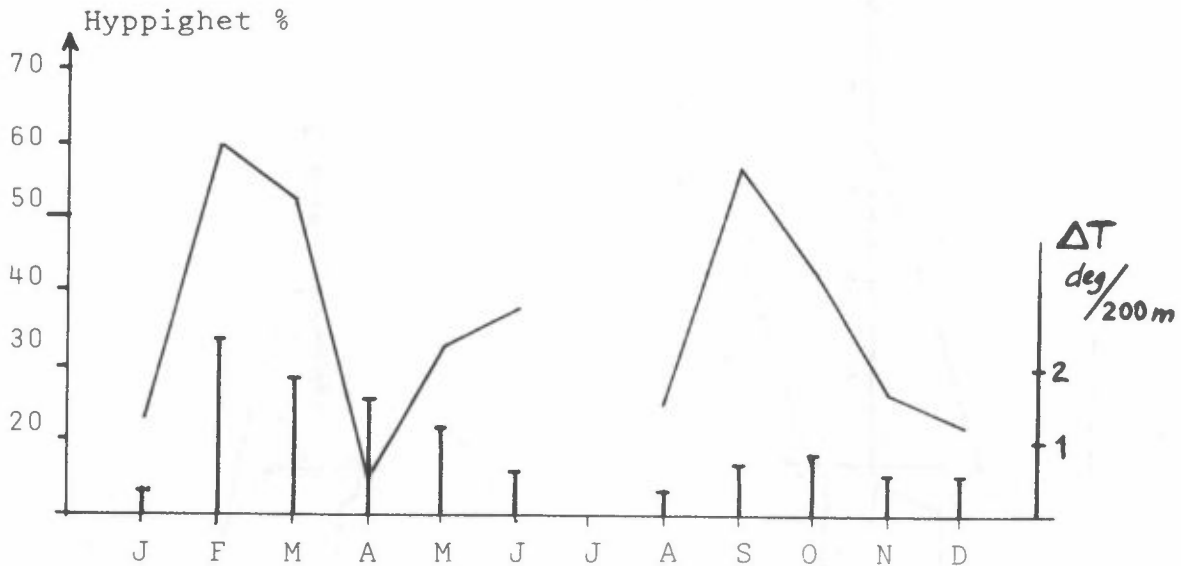
Blandingsforholdene i luften avhenger av den vertikale temperaturfordeling (statisk stabilitet). Ved nøytral statisk stabilitet avtar temperaturen med høyden med ca 1°C pr 100 meter for tørr luft og ned til ca $0,6^{\circ}\text{C}$ pr 100 meter for fuktig luft. Under slike forhold er spredningen vanligvis god, både horisontalt og vertikalt.

Avtar temperaturen mer med høyden enn ved nøytral statisk stabilitet, har en instabil sjiktning, og svært gode vertikale spredningsforhold.

Stabil sjiktning er karakterisert ved at temperaturen avtar mindre med høyden enn ved nøytral sjiktning. Ofte øker temperaturen med høyden, og den stabile situasjonen betegnes da som inversjon. I stabil sjiktning er den vertikale spredning vanligvis liten.

Det presiseres at dataene som her ligger til grunn for vurdering av stabilitetsforholdene er beheftet med usikkerheter (se Meteorologisk Institutt's rapport). Dette har spesielt om sommeren resultert i for høy frekvens av inversjonsperioder. Resultatet av målingene er likevel presentert i det følgende. Som stabilitetsparameter har en brukt temperaturdifferensen mellom Kiste-toppen (206 m o h) og Jeløy (12 m o h), og definert:

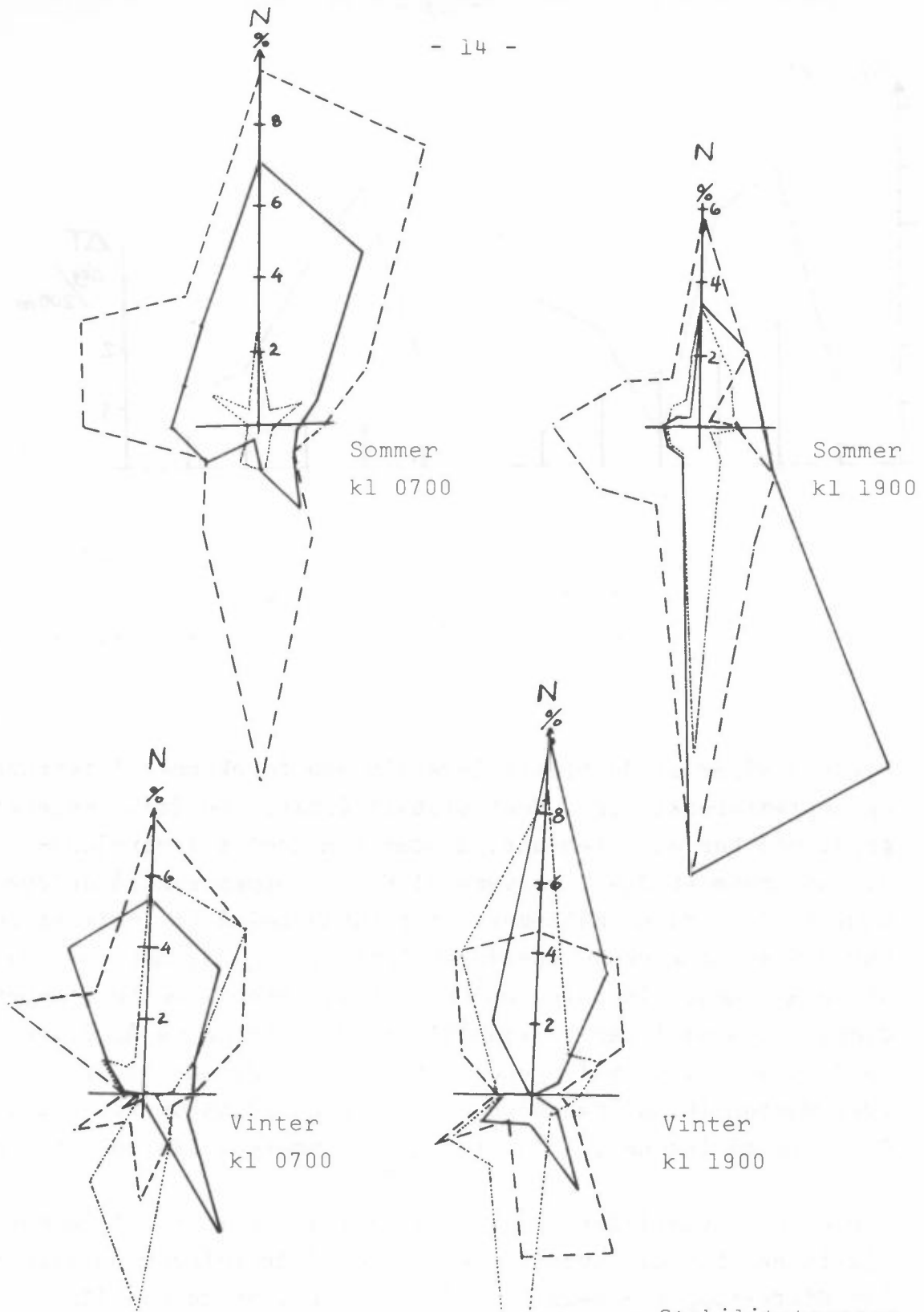
stabil sjiktning (inversjon)	når	$\Delta T_{K-J} \geq 0^{\circ}\text{C}/200 \text{ m}$
nøytral sjiktning	når	$\div 2 < \Delta T_{K-J} < 0^{\circ}\text{C}/200 \text{ m}$
instabil sjiktning	når	$\Delta T_{K-J} < \div 2^{\circ}\text{C}/200 \text{ m}$



Figur 5 Hyppighet av inversjon, fordelt over året. Som stolper er angitt inversjonsstyrken ($^{\circ}\text{C}/200\text{ m}$), basert på målinger mellom Kistetoppen og Jeløya 1969-70

Figur 5 viser at de fleste inversjonene forekommer i februar-mars og september-oktober. Mest stabilt (størst positiv temperaturgradient) har en i februar, da det i middel i inversjons-situasjonene er $2,4^{\circ}\text{C}$ varmere på Kiste-toppen enn på Jeløya. Samlet viser disse målingene at i sommerhalvåret (mai-oktober) har 37% av observasjonene inversjoner ($\Delta T \geq 0$), mens 30% av observasjonene viser inversjoner om vinteren. Dette stemmer dårlig overens med målinger av stabilitet over Horten og Ås i årene 1932-1939. Disse målingene viste mellom høydene 90 og 1000 meter over Horten 14,5% inversjon om sommeren, 17,5% om vinteren. Over Ås viste målingene 11% inversjon om sommeren, 28% om vinteren.

Ser en på fordelingen av stabil, nøytral og instabil temperatur-sjiktning, fordelt over forskjellige vindretninger på Slagentangen (ΔT Kiste-toppen - Jeløya), viser figur 6 at de stabile situasjonene forekommer ved vind fra nordlige retninger om vinteren. I sommerhalvåret er det en typisk døgnlig variasjon. Om morgenen (kl 0700) forekommer de fleste stabile situasjonene ved nordlige vinder (landbrisen), mens inversjonene om kvelden (kl 1900) opptrer vesentlig ved vind fra sørlig kant (sjøbrisen).



Figur 6 Stabilitetsroser

Frekvens (i %) av stabil, nøytral og instabil sjikting ved vind fra forskjellige retninger på Slagentangen

- stabil sjikting
- - - nøytral "
- instabil "

basert på ett års temperatur-differensmålinger mellom Jeløy og Kistetoppen

4.3 Frekvens av forskjellige spredningsforhold

Til grunn for vurdering av stabilitetsforholdene er det som nevnt foran benyttet temperaturdifferensen Kistetoppen-Jeløy. Ut fra disse data er det videre utarbeidet en fordeling av stabil, nøytral og instabil temperatursjiktning ved vind i forskjellige retninger for sommerhalvåret (mai-oktober) og vinterhalvåret (november-april). Denne vises i tabell 2. En må på grunn av spesielle lokale effekter anta at disse data representerer det meste en kan vente av stabile situasjoner over Slagentangen (se Meteorologisk Institutt's rapport).

Årstid	Temp. sjiktning	N			E			S			W			Stille
Sommer	Stabilt	5.2	4.0	1.6	1.2	1.6	6.4	6.4	0.4	1.2	1.6	1.2	1.6	5.2
	Nøytralt	7.6	5.6	1.6	1.2	1.6	3.2	11.2	2.8	2.4	4.4	4.0	2.8	1.6
	Instabilt	2.8	0.8	0.8	0.4	0	0.4	4.8	0.8	0.4	0.4	1.2	0.4	1.2
Vinter	Stabilt	7.3	3.7	1.2	0.8	1.2	3.6	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	3.3	6.2
	Nøytralt	6.9	4.8	2.5	1.2	1.2	3.3	3.6	0.7	2.6	0.7	3.3	3.7	3.7
	Instabilt	7.0	3.3	1.8	1.2	0.7	1.1	7.8	2.6	1.4	0.7	1.5	2.6	0.7

Tabell 2: Frekvens (i %) av stabilitetsforhold fordelt over vindretning på Slagentangen.

Ved vurdering av de forskjellige spredningsforhold i kapittel 6.4 er det også tatt hensyn til fordeling av midlere vindstyrke på Slagentangen. Denne viser i tabell 3 at vindene fra nord gjennomsnittlig er sterkere enn de fra sør.

Retn. →	N			E			S			W		
Sommer	4.2	4.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	3.8	2.8	3.2	2.5	3.0
Vinter	4.5	4.8	3.5	2.0	2.0	3.4	3.8	4.0	3.5	2.0	2.5	4.4

Tabell 3: Midlere vindstyrke (m/s) fordelt over vindretninger på Slagentangen.

4.4 Nedbør og tåke

Det er oftest nedbør på Slagentangen i november, desember og januar. I disse månedene er det nedbør ved ca 60% av observasjonene. Ellers i året ligger nedbørshyppigheten på mellom 25 og 30% av observasjonene. (Se figur 2 i Meteorologisk Institutt's rapport).

Vind fra \ Måned	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N	10	17	10	8	7	10	9	6	5	5	6	9
NNE	28	22	15	22	16	7	15	10	10	12	30	27
ENE	11	17	8	5	12	3	8	8	1	12	12	9
E	7	14	9	7	9	5	5	9	19	9	6	21
ESE	4	0	3	6	5	0	0	3	7	4	6	6
SSE	2	3	2	4	2	2	2	10	6	4	7	2
S	13	7	14	21	25	24	23	24	20	21	13	12
SSW	12	9	17	10	8	17	17	15	12	15	9	11
WSW	2	1	7	3	3	13	6	4	6	5	3	3
W	2	0	1	3	4	7	4	2	6	9	1	0
WNW	2	0	2	1	2	1	1	2	0	2	1	1
NNW	7	12	8	3	7	3	9	3	11	7	7	11

Tabell 4: Nedbørhyppighet (i %) ved vind fra forskjellige retninger på Slagentangen.

Om vinteren faller det meste av nedbøren ved vind fra nord, om våren og om sommeren regner det hyppigst ved vind fra sør til sørvest, mens nedbørhyppigheten om høsten er omtrent like stor ved sørvestlige som ved nordlige vinder på Slagentangen (tabell 2).

Tåke opptrer hyppigst i månedene januar til april. I juni er det ikke observert tåke i det hele tatt i årene 1961-1969. Sommermånedene har sjelden tåke. Midtvinters er det liten døgnlig variasjon i tåkehyppigheten, mens det i vår og høstmånedene oftest er observert tåke i morgentimene (se figur 3 i Meteorologisk institutt's rapport).

5 KJEMISKE REAKSJONER VED FORURENSNING FRA VARMEKRAFTVERK

Dette emne er behandlet nærmere i tillegg 1. Her gis et sammendrag av resultatene.

Ved fullstendig forbrenning av 1 tonn olje dannes det en røykgass som vesenllig består av 3.1 tonn CO₂, 1.3 tonn vanddamp og 11.3 tonn N₂. I tillegg til dette dannes det for en olje med 3% svovelinnhold 60 kg SO₂, videre ca 5-12 kg NO₂ og 1-5 kg sot og støv.

SO₂-gassen vil under innvirkning av fuktighet i luften samt katalytisk virkende stoffer oksyderes i atmosfæren og medføre dannelse av svovelsyre-aerosoler. Disse består av små vanddråper (< 5 μ) med oppløst svovelsyre. De vil videre inneholde sulfater fra oppløste støvpartikler, og kalles iblant sulfat-aerosoler.

På grunnlag av en rekke undersøkte arbeider over oksydasjonen av SO₂ kan den atmosfæriske oksydasjon tilnærmet beskrives etter en enkel første ordens reaksjon:

$$\frac{d C_{SO_2}}{dt} = -k \cdot C_{SO_2} \quad I$$

$$C_{SO_2} = C_{SO_2}^0 e^{-kt} \quad II$$

med en hastighetskonstant k for reaksjonen, i området 10⁻⁴ - 10⁻⁵ s⁻¹ om sommeren, tilsvarende en halveringstid på 2 til 20 timer. Halveringstiden kan beregnes etter

$$t_{0,5} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k} \quad III$$

Om vinteren vil oksydasjonen være langsommere

(k = 5 · 10⁻⁵ - 5 · 10⁻⁶ s⁻¹; halveringstid 4 til 40 timer).

Innenfor disse intervaller må en regne med at oksydasjonshastigheten øker med luftens innhold av partikler og den relative fuktighet.

6 SPREDNINGSBEREGNINGER

Opplegget for spredningsberegningene følger i store trekk NILU's plan av 1 juni 1970. Beregningene er basert på 250 MW elektrisk ytelse. I kapittel 6.6 har en også vurdert virkningen av et 500 MW-anlegg.

6.1 Forutsetninger

I de vanlige spredningsformler er det gjort en rekke fundamentale forutsetninger som vil bli behandlet i det følgende.

6.1.1 Gassformig emisjon

Spredningsformlene er basert på at emisjonen (utslippet) er gassformig. Partikulære forurensninger vil følge andre spredningsformler idet det må tas hensyn til fallhastighet og avsetning. Under kapittel 5 er omhandlet de produkter som dannes ved forbrenning av olje. Foruten de gassformige produkter (vesentlig CO₂, N₂, SO₂ og vanndamp) vil det ved oksydasjonen av SO₂ dannes svovelsyre-aerosoler som spres som en gass. Det vil også dannes sot og støvpartikler, disse vil være meget små (< 1µ) og følge den gassformige spredning. Noe sot og støv vil som nevnt under kapittel T1.3.2 i tillegg 1 kunne virke som kondensasjonskjerner for vanndamp, eller i seg selv være hygroskopiske og trekke til seg vanndamp, og i begge tilfelle bidra til oksydasjonen av SO₂. Spredningen av sot og støv vil bli behandlet særskilt (kapittel 6.3.5).

6.1.2 Kontinuerlig emisjon

Spredningsformlene er basert på et kontinuerlig utslipp. Svært ofte vil oppgaver over utslipp være middelveier over et større tidsrom. Således vil f eks svovelinnholdet i oljen kunne variere en del, og oljeselskapene vil ofte bare kunne angi en representativ middelveier for et større parti. Antagelsen om kontinuerlig emisjon medfører ingen store feil.

6.1.3 Ingen endringer av røykgassen ved spredningen

Spredningsformlene er basert på at det ikke skjer kjemiske eller fysiske forandringer ved spredningen. De kjemiske forandringer som foregår er det her tatt spesielt hensyn til (se kapittel 6.2.2), fysiske forandringer kan f.eks. være kondensasjon eller absorpsjon av gassformige stoffer i vanndråper, utvasking ved nedbør eller tørravsetning av stoff på vegetasjon o.l.

6.1.4 Flatt utbredningsområde

Ved spredningsberegningene er det beregnet bakkekonsentrasjoner. Beregninger for kupert lende krever detaljert kjennskap til vindprofiler, vindfelt etc, hvilket ikke foreligger i dette tilfelle. Vurderinger av dimensjonen på de effektive skorsteinshøyder i forhold til dimensjonene av de topografiske ujevnheter samt den horisontale avstand til disse (kfr kapittel 3) tilsier at tilnærmelsen om flatt terreng kan benyttes. Forøvrig forutsetter formlene konstant vind med høyden.

6.1.5 Stabilitetsklasser

Spredningsberegningene refererer seg til Pasquill's klassifisering av spredningsforholdene (1). Denne er basert på målinger av standardavviket i vindretningen, σ_{θ} , som er gitt i nedenstående tabell for de forskjellige stabilitetsklasser.

Stabilitetsklasse	σ_{θ}
A Ekstremt ustabil	25.0°
B Moderat ustabil	20.0°
C Lett ustabil	15.0°
D Nøytralt	10.0°
E Lett stabil	5.0°
F Moderat stabil	2.5°

Bare svært sjelden foreligger det kontinuerlige vindmålinger som kan brukes til å beregne σ_{θ} og herav stabiliteten, og Pasquill har derfor også gitt en annen vurdering av stabilitetsklassene, basert på vindhastighet, skydekke og strålingsforhold, gjengitt i tabell 5.

Vindhastighet i 10 m, m/s	DAG			NATT			
	Stråling			Over-skyet	Tynt skydekke eller lave skyer $\geq 4/8$	$< 3/8$ Skydekke	Over-skyet
	Sterk	Moderat	Svak				
< 2	A	A-B	B	D			D
2 - 3	A-B	B	C	D	E	F	D
3 - 5	B	B-C	C	D	D	E	D
5 - 6	C	C-D	D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D	D

Tabell 5: Pasquill's stabilitetsklassifisering.

De meteorologiske data som er til rådighet for Slagentangen er imidlertid ikke av en slik karakter at Pasquill's klassifisering kan nyttes fullt ut. Det er derfor vurdert hyppigheten av stabil sjiktning (inversjon, klasse E), nøytral sjiktning (klasse C-D) og instabil sjiktning (klasse B).

6.2 Spredningsformler

6.2.1 Spredning uten kjemiske reaksjoner

Det er vanlig ved spredningsberegninger å benytte et kartesisk koordinatsystem med origo i skorsteinsbasis, X-aksen horisontalt i vindens retning, Y-aksen normalt på denne, og Z-aksen vertikalt. Se figur 7.

Med et utslipp på Q g/s fra en h meter høy skorstein med en effektiv skorsteinshøyde H meter, blir konsentrasjonen i punktet (x, y, z) (2):

$$\chi(x,y,z,H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left\{ e^{-\frac{(H-z)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(H+z)^2}{2\sigma_z^2}} \right\} \quad \text{IV}$$

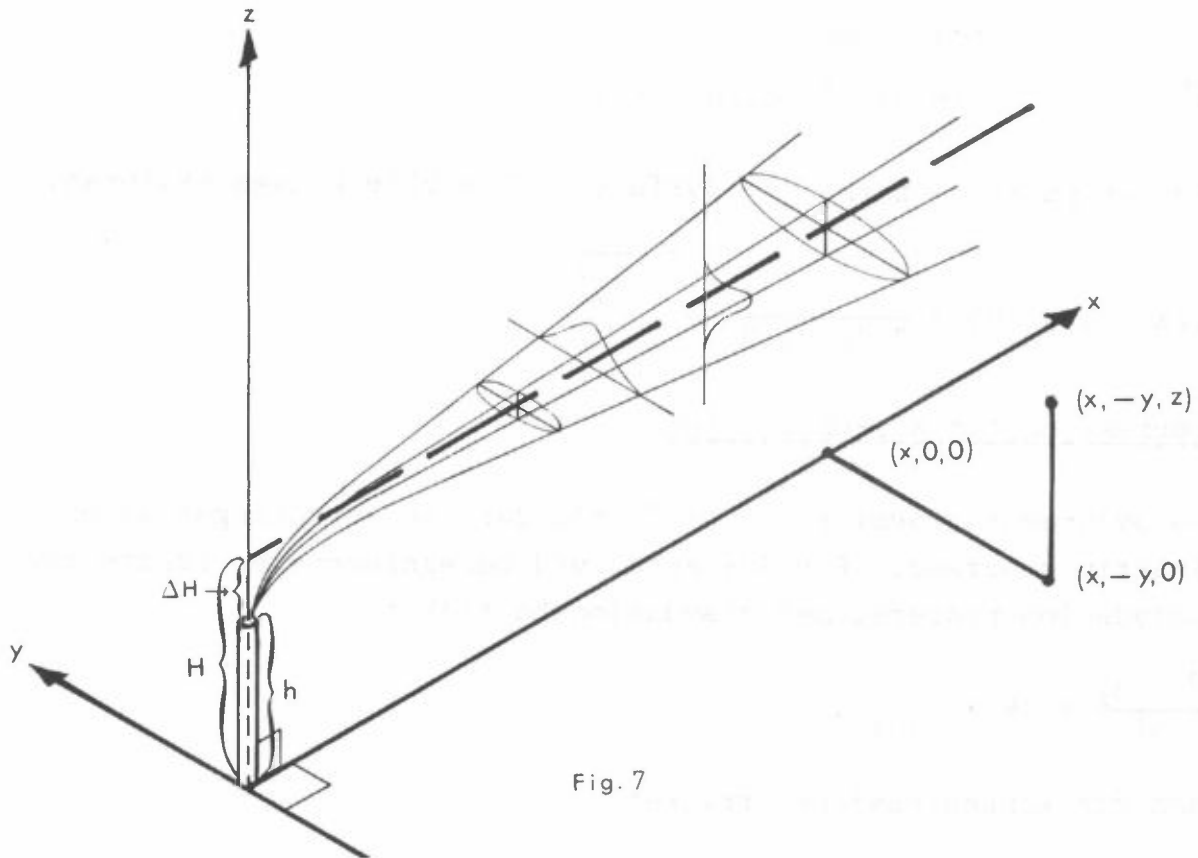


Fig. 7

Pipens plassering i spredningsformelens koordinatsystem. X-aksen er lagt i vindens retning. H = effektiv pipehøyde, h = virkelig pipehøyde (fysisk skorsteinshøyde).

der

χ = konsentrasjonen (g/m^3)

σ_y og σ_z = spredningsparametre horisontalt og vertikalt på vindretningen, avhengige av stabilitet og avstanden fra pipen

u = vindhastigheten (m/s)

For et punkt på bakken i røykfanens akse blir konsentrasjonen:

$$\chi(x, 0, 0, H) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}} \quad \text{V}$$

6.2.2 Korreksjon for SO_2 -oksydasjon

De ovennevnte formler IV og V gjelder for spredningen av en inaktiv substans. For SO_2 antas ved beregningene en første ordens oksydasjonsprosess, med oksydasjonshastighet

$$\frac{d C_{\text{SO}_2}}{dt} = -k \cdot C_{\text{SO}_2}, \quad \text{I}$$

som gir konsentrasjonsuttrykket

$$C_{\text{SO}_2} = C_{\text{SO}_2}^0 \cdot e^{-kt}. \quad \text{II}$$

k = hastighetskonstanten for oksydasjonen (s^{-1})

C_{SO_2} = SO_2 -konsentrasjonen.

Antas det at en brøkdel P allerede er oksydert til SO_3 og foreligger som H_2SO_4 , fåes

$$C_{\text{SO}_2} = C_{\text{SO}_2}^0 (1 - P) e^{-kt}. \quad \text{VI}$$

Antas det videre at all SO_2 som oksyderes til SO_3 foreligger som H_2SO_4 , fåes

$$C_{H_2SO_4} = (C_{SO_2}^O - C_{SO_2}) \cdot \frac{98}{64}$$

VII

$$= C_{SO_2}^O \cdot \frac{98}{64} \{ 1 - (1-P)e^{-kt} \}$$

Størrelsen $\frac{98}{64}$ er forholdet mellom molekylvektene av H_2SO_4 og SO_2 .

Røyken spres i høyden og i sideretningen ved diffusjon, og tiden fra røyken forlater skorsteinen til den når bakken kan da settes $t \approx x/u$, der x er den horisontale avstand fra skorsteinen, u er vindstyrken. Uttrykket for bakkekonsentrasjonen (IV) modifiseres da til:

$$X_{SO_2} = \frac{Q_{SO_2}(1-P)}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}} \cdot e^{-k \cdot \frac{x}{u}} \quad \text{VIII}$$

$$X_{H_2SO_4} = \frac{98}{64} \cdot \frac{Q_{SO_2}}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}} \left\{ 1 - (1-P) e^{-\frac{kx}{u}} \right\} \quad \text{IX}$$

6.3 Bakkekonsentrasjoner av SO_2 og H_2SO_4

Beregningene av bakkekonsentrasjonene av SO_2 og H_2SO_4 er utført med følgende utgangsparametre:

Utslipp	$Q_{SO_2} = 1080 \text{ g } SO_2/s$
Stabilitet	instabilt (B), nøytralt (C-D), stabil (E)
Vindhastighet	1 m/s, 2 m/s, 4 m/s, 8 m/s
Effektiv skorsteinshøyde	100, 150, 200, ... 600 meter
Oksydert SO_2 i avgassene	$P = 3.2\%$
Oksydasjonshastighet	$K = 10^{-4}, 10^{-5} \text{ og } 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

Ved beregningene er det benyttet verdier for spredningsparametrene σ_y og σ_z som angitt av Gifford (37).

Beregningsresultatene er presentert i tillegg 2.

Regnemaskinutskriften gir følgende data:

1. Overskrift med angivelse av utgangsparemetre.
2. Beregningene er foretatt for følgende avstander fra skorsteinen $X = 398\text{m}, 631\text{m}, 1000\text{m}, 1585\text{m}, 2,5\text{ km}, 4\text{ km}, 6.3\text{ km}, 10\text{ km}, 15.8\text{ km}, 25\text{ km}, 40\text{ km}$ og 63 km . (Disse avstander tilsvarer intervaller i $\log X$ på 0.2).
3. CSO_2 , bakkekonsentrasjoner av SO_2 , angitt i mg/m^3 for forskjellige avstander og forskjellige effektive skorsteins-høyder, beregnet etter ligning VIII.
4. CH_2SO_4 , tilsvarende bakkekonsentrasjoner av H_2SO_4 (svovelsyre-aerosol), beregnet etter ligning IX.
5. TID fra utslippet, angitt i minutter.
6. Forholdet $C_{\text{SO}_2}/C_{\text{SO}_2}^0$, beregnet etter ligning VI.
7. Forholdet $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}/C_{\text{SO}_2}^0$, beregnet etter ligning VII.
8. O/O FRA OX, hvor mange % av svovelsyre-mengden som skriver seg fra den atmosfæriske oksydasjon.
9. O/O OX, hvor mange % av den totale SO_2 -mengde som er oksydert.

6.3.1 Resultater av konsentrasjonsberegningene

I tabell T5 i tillegg 2 er det regnet ut maksimale bakkekonsentrasjoner og avstander til maksimum for SO_2 og H_2SO_4 . Et utdrag av disse beregningene er gjengitt i tabell 6 for endel vanlig forekommende forhold.

Alle konsentrasjoner som er beregnet er 10-minutt verdier. 30-minutt verdier fåes ved å dividere disse med 1.25 (ref VDI 2289).

Ved vurdering av SO_2 -konsentrasjoner er det benyttet $k = 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ for oksydasjonen av SO_2 , mens for H_2SO_4 er det benyttet $k = 10^{-4}\text{ s}^{-1}$.

Disse tallene representerer øvre og nedre grense for hva som antas å ville bli aktuelle oksydasjonshastigheter.

	SO ₂ k = 10 ⁻⁵ s ⁻¹			H ₂ SO ₄ k = 10 ⁻⁴ s ⁻¹	
	H	C _{max}	X, km	C _{max}	X, km
Stabil sjiktning vind- styrke 4 m/s	100	1.40	6.0	0.47	12.0
	150	0.44	13.0	0.27	25.0
	200	0.18	20.0	0.17	40.0
	250	0.09	28.0	0.10	50.0
	300	0.04	37.0	0.06	55.0
Nøytral sjiktning vind- styrke 4 m/s	100	3.23	1.6	0.38	2.3
	150	1.40	2.6	0.23	3.5
	200	0.77	4.0	0.16	5.5
	250	0.50	5.0	0.13	6.5
	300	0.33	6.0	0.10	8.5
	350	0.24	7.5	0.09	10.5
	400	0.18	9.0	0.07	12.0
	500	0.11	12.0	0.05	16.0
Instabil sjiktning vind- styrke 4 m/s	100	3.90	0.6	0.29	0.9
	150	1.92	1.0	0.18	1.2
	200	1.06	1.4	0.12	1.6
	250	0.74	1.6	0.09	1.9
	300	0.52	1.8	0.07	2.5
	350	0.40	2.2	0.05	2.8
	400	0.32	2.5		
	500	0.22	3.2		

Tabell 6: Maksimale bakkekonsentrasjoner av SO₂ og H₂SO₄ (mg/m³) for endel vanlig forekommende situasjoner, for forskjellige effektive skorsteinshøyder (H). Verdiene representerer 10-minutters midler.

Av tabell 6 ser en at i stabil sjiktning opptrer maksimal-konsentrasjonene relativt langt fra utslippet. Som eksempel ser en at ved effektiv skorsteinshøyde 150 meter, stabil sjiktning midlere vindstyrke 4 m/s og reaksjonshastighet for overgang til svovelsyre $k = 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, vil maksimal SO₂-konsentrasjon finnes hele 13 km fra utslippet. Maksimal konsentrasjon av svovelsyre for $k = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ opptrer 25 km fra utslippet. Ved instabil sjiktning under ellers samme betingelser opptrer maksimal-konsentrasjon av SO₂ 1 km fra utslippet, og av svovelsyre 1.2 km fra utslippet. Tilleggshøyden (se kapittel 6.3.2) er forskjellig i de to eksemplene, slik at den fysiske skorsteinshøyden ikke er lik.

6.3.2 Beregning av tilleggshøyder, ΔH

Tilleggshøyden gir uttrykk for den heving røykfanen får etter å ha forlatt skorsteinen (se figur 7). Denne blir lik forskjellen mellom den effektive skorsteinshøyde H og den fysiske skorsteinshøyde h,

$$\Delta H = H - h.$$

Tilleggshøyden er avhengig av utslippshastighet, røykgassens varmeoverskudd, vindstyrke og den termiske stabilitet. Det har vært utført en rekke arbeider angående tilleggshøyder, av både eksperimentell og teoretisk art. En har likevel i dag relativt dårlig beregningsgrunnlag for så store utslipp som det her er tale om. En vurdering av forskjellige beregningsmåter (3) tyder på at formler av Stümke (4) og Briggs (5) er best egnet. På grunnlag av disse er det anslått følgende verdier for tilleggshøyden ΔH :

Midlere vindstyrke	Temperatursjiktning		
	Stabilt	Nøytralt	Instabilt
u = 2 m/s	130 m	300 m	350 m
u = 4 m/s	110 m	170 m	200 m
u = 8 m/s	-	90 m	110 m

Beregningene er basert på utslippshastighet 30 m/s og et varmeoverskudd på 10^4 Kcal/sek (kfr kapittel 2). Beregningene er også sammenlignet med observasjon av røykfaner fra store kraftverk (6) og (7), og resultatet funnet rimelig for utslippet fra Slagentangen. Det må imidlertid presiseres at det generelt er store usikkerheter heftet ved beregning og bestemmelse av tilleggshøyder. Concawe working group konkluderer med:

" - the main problem in calculation of maximum ground level concentration from a stack is the evaluation of plume rise". (8)

6.3.3 Partikkelbelastning

Det er ikke opplyst noe annet om partikkelutslippet enn at det er meget lite, og at det ikke er planlagt noe rense- eller filtreringsanlegg. Under kapittel 2 i tillegg 1 nevnes at ved bruk av tunge fyringsoljer vil sotmengden være mellom 1 og 5 kg sot pr tonn olje. Med et forbruk av 65 tonn olje pr time vil utslippet av sot og støv kunne anslås til ca 100 kg/time eller ca 30 g/sekund. Dette betyr at utslippet av SO₂ er av størrelsesorden 40 ganger støvutslippet. Retningslinjer for maksimalt tillatt støvbelastning over lengre tid ligger på omkring 0,2 - 0,3 mg/m³, hvilket tilsier at støvutslippet fra verket kan ansees som ubetydelig.

Partikler i avgassene vil dels kunne virke som kondensasjonskjerner og dels påvirke oksydasjonen av SO₂. Dette er vurdert i tillegg 1 og tatt hensyn til ved estimeringen av aktuelle oksydasjonshastigheter.

6.3.4 Normer for maksimalt tillatte bakkekonsentrasjoner

Hvis en skal vurdere skorsteinshøyden på Slagentangen, må en som utgangspunkt kjenne den maksimale konsentrasjon av stoff som tillates i bakkenivå. Det er ikke utarbeidet retningslinjer på dette felt i Norge.

I Sverige bør 30 minutters midler av SO₂-konsentrasjoner ikke overstiger 0.72 mg/m³ mer enn høyst 15 ganger (1% av observasjonene) pr måned. For et enkelt anlegg må en også ta hensyn til andre kilder i området. I større byer kan en enkelt kilde bare unntaksvis tillates å bidra med mer enn 0.36 mg SO₂/m³ i halvtimesmidlene. Svoveldioksydkonsentrasjonen målt som middelværdi over ett døgn bør ikke overstige 0.29 mg/m³ mer enn høyst en gang pr måned (9).

De tyske retningslinjer (29) angir en maksimalt tillatt immisjonskonsentrasjon, S_{zul}, avhengig av bakgrunnsforurensningen, S_g. Maksimalkonsentrasjonen bestemmes ved lineær interpolasjon mellom S_{zul} = 0.5 mg SO₂/m³ for S_g = 0 mg SO₂/m³ og S_{zul} = 0.75 mg SO₂/m³ for S_g = 0.5 mg SO₂/m³. For svovelsyre gis

en maksimalt tillatt konsentrasjon i Sovjet og Polen på $0.3 \text{ mg H}_2\text{SO}_4/\text{m}^3$ i 20 minutters midler.

Et utslipp tilsvarende 5 - 12 kg NO_2 pr tonn olje gir 100 - 250 g NO_2/s . Den maksimalt tillatte NO_2 -belastning oppgis til $1 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ (11). Utslippsmengdene er mindre og toleransegrensene større enn for SO_2 , så det antas at forurensning på grunn av NO_2 vil være av mindre betydning.

6.3.5 Minste skorsteinsbyggehøyde uten andre kilder i området

I det følgende er det foretatt en del overslag over den fysiske skorsteinshøyden en må forlange ved oljekraftverket på Slagentangen, under forutsetning av at det ikke finnes andre kilder i nedfallsområdet.

Hvis det som krav til maksimalt tillatt bakkekonsentrasjon av SO_2 forlanges at denne ikke skal overstige $0.72 \text{ mg}/\text{m}^3$ i halvtimesverdier, mer enn 1% pr måned (15 ganger) og samtidig at svovelsyrekonsentrasjonen ikke skal overstige $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$, fordrer dette etter en vurdering av tilleggshøyder (kapittel 6.3.2) i relasjon til de effektive skorsteinshøydene en minste fysisk byggehøyde for skorsteinen på ca 90 meter. Denne høyde gis ved stabil sjiktning vindstyrke 2 m/s. Med de karakteristiske vindforholdene en har på Slagentangen er det en viss sannsynlighet for at maksimalkonsentrasjonen kan oppnås i mer enn 1% av tiden. Stabilt opptrer for eksempel 6% av tiden ved vind fra sør i sommerhalvåret. (Se tabell 2). I månedsmiddel vil forekomst av stabil sjiktning fra en bestemt vindretning være større, og sannsynligheten enda større for at maksimalkonsentrasjonen vil forekomme i mer enn 1% av tiden.

Hvis en stiller strengere krav til maksimal bakkekonsentrasjon (tyske retningslinjer) og forlanger at denne ikke skal overstige $0.5 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ og $0.2 \text{ mg H}_2\text{SO}_4/\text{m}^3$ fordrer dette følgende effektive skorsteinshøyder:

Midl vindstyrke	Temperatursjiktning		
	Stabil	Nøytral	Instabil
2 m/s	250 meter	380 meter	400 meter
4 m/s	160 meter	220 meter	270 meter
8 m/s	140 meter	160 meter	180 meter

Dette gir en minste byggehøyde for skorsteinen på ca 120 meter.

Går en videre og ser på maksimalt tillatt døgnmiddelverdi, og krever at denne ikke skal overstige $0.29 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ i en måned, må den fysiske skorsteinshøyde forlanges å være ca 200 meter, Dette resultatet er da basert på at de beregnede halvtimesverdier forekommer på ett sted fortløpende i 24 timer.

Sannsynligheten for dette er meget liten, men i spesielle situasjoner kan det forekomme. Det kan eksempelvis nevnes at det i langvarige inversjonssituasjoner om vinteren er små endringer i spredningsmønsteret. Slike inversjoner kan vare i flere døgn.

I rapporten fra Meteorologisk Institutt ser en at inversjoner med mer enn ett døgn varighet forekommer i 19% av de 136 vinterdøgn hvor stabilitetsforholdene er målt. Kjennskap til persistensen av vindforholdene i disse situasjonene har en imidlertid ikke. Derfor kan en ikke gi et eksakt utsagn om sannsynligheten for at $0.29 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ i døgnmiddel overskrides.

Beregningene ovenfor er basert på et svovelinnhold på 3% i oljen. Hvis en reduserer svovelinnholdet til 1% for en ved vurdering av tilleggshøyder en fysisk skorsteinshøyde på ca 65 meter.

Disse beregninger er basert på midlere spredningsforhold. Spesielt ugunstige spredningssituasjoner er ikke vurdert, men vil bli tatt opp i kapittel 7.

Dessuten er det ikke tatt hensyn til andre kilder i området, og endelige konklusjoner kan ikke trekkes før nøyaktige opplysninger om disse foreligger. Data for Esso-raffineriet har en imidlertid skaffet til veie de siste dager. De måldata en har fått av

SO₂-konsentrasjoner ved 3 målepunkter rundt Slagentangen behøver ikke å være representative for de maksimalkonsentrasjoner som oppnås i andre områder (se vindfordeling). En vil i kapittel 6.6 komme tilbake til vurdering av skorsteinshøyde hvor en også har tatt hensyn til bakgrunnsforurensning.

6.4 Forurensningsbelastning (konsentrasjon x tid)

På grunnlag av resultatene fra stabilitetsvurderingene og spredningsberegningene (kapittel 4.3 og 6.3.1) er det utført beregninger av den midlere bakkekonsentrasjon av SO₂ og H₂SO₄ fra et 250 MW varmekraftverk i løpet av vinter- og sommerhalvåret.

Beregningene er som et eksempel basert på en fysisk skorsteins- høyde på 100 meter, og det er ikke tatt hensyn til andre forurensningskilder.

For hver vindsektor er det på grunnlag av den midlere vindstyrke for sektoren beregnet tilleggshøyder, og herav effektiv skorsteins- høyde for stabil, nøytral og instabil temperatursjiktning.

Verdiene i belastningstabellen er fremkommet ved at 10-minutters midle bakkekonsentrasjoner midt i røykfanen til en hver tid er multiplisert med frekvensen av vind og stabilitet innenfor hver 30 graders sektor. Tallene representerer således ved hver avstand fra utslippet den totale belastning i røykaksen i en sektor på 30 grader, er en maksimal midlere 10-minutters konsentrasjon i µg/m³. Konsentrasjonene vil av denne grunn være betydelig høyere enn den midlere belastning en kan måle på et punkt i terrenget. De er imidlertid presentert for å gi et bilde av belastningsfordelingen rundt Slagentangen og er angitt i tabell 7 for SO₂ og tabell 8 for svovelsyre. Tabell 7 er anskueliggjort i figurene 8 og 9.

Det presiseres at beregningene er foretatt under maksimal opptreden av stabile situasjoner (se kapittel 4.2). Hvis inversjons- situasjonene hadde forekommet noe sjeldnere ville maksimal belastning opptrått nærmere utslippet enn vist her, fordi maksimal forurensningskonsentrasjon ved instabil sjiktning ligger nærmere

utslippet enn ved stabil sjiktning (se tabell 6). Det er rimelig å anta at dette i virkeligheten er tilfelle, spesielt for sommerhalvåret på Slagentangen.

Det presiseres også at beregningene er basert på normale midlere spredningsklasser. De tar ikke hensyn til særlig ugunstige spredningssituasjoner, hvor det i kortere perioder i spesielle retninger fra verket kan opptre høye maksimalverdier. Dette vil en komme tilbake til i kapittel 7.

	Avst (km)	N			E			S			W			
SO ₂ VINTER	1.0	8	4	2	1	0	1	10	3	2	0	1	3	SO ₂ VINTER
	1.6	34	16	9	2	1	5	38	13	7	1	2	13	
	2.5	38	19	10	6	4	7	40	13	8	4	8	15	
	4.0	35	20	12	6	4	11	31	8	10	4	9	16	
	6.3	31	19	12	7	6	12	20	5	10	12	16	14	
	10.0	22	14	8	6	5	10	13	3	8	3	13	11	
	16.0	15	10	5	4	4	7	8	2	4	3	9	8	
	25.0	12	7	3	3	3	5	4	2	3	2	6	6	
	40.0	9	5	2	2	3	4	3	1	2	2	3	4	
	63.0	7	4	2	1	2	3	2	1	1	1	2	4	
SO ₂ SOMMER	1.0	2	1	1	1	0	0	2	1	1	0	0	0	SO ₂ SOMMER
	1.6	13	4	4	2	0	1	8	4	2	1	2	1	
	2.5	17	6	5	2	1	2	24	5	3	3	6	3	
	4.0	26	16	6	3	2	4	30	9	7	9	9	6	
	6.3	29	20	5	5	5	11	45	10	9	15	15	10	
	10.0	21	15	5	3	6	13	45	8	6	14	15	9	
	16.0	14	10	3	2	5	14	35	4	4	10	11	10	
	25.0	10	7	3	2	4	14	25	2	3	6	7	5	
	40.0	7	6	2	1	3	12	17	1	2	4	4	3	
	63.0	5	4	2	1	2	8	11	1	1	3	3	2	

Tabell 7: Midlere bakkekonsentrasjon av SO₂ (relative enheter) i forskjellige avstander og retninger fra Slagentangen, midlet over vinter- og sommerhalvåret. N, E, S og W betegner vind fra nord, sør, syd og vest.

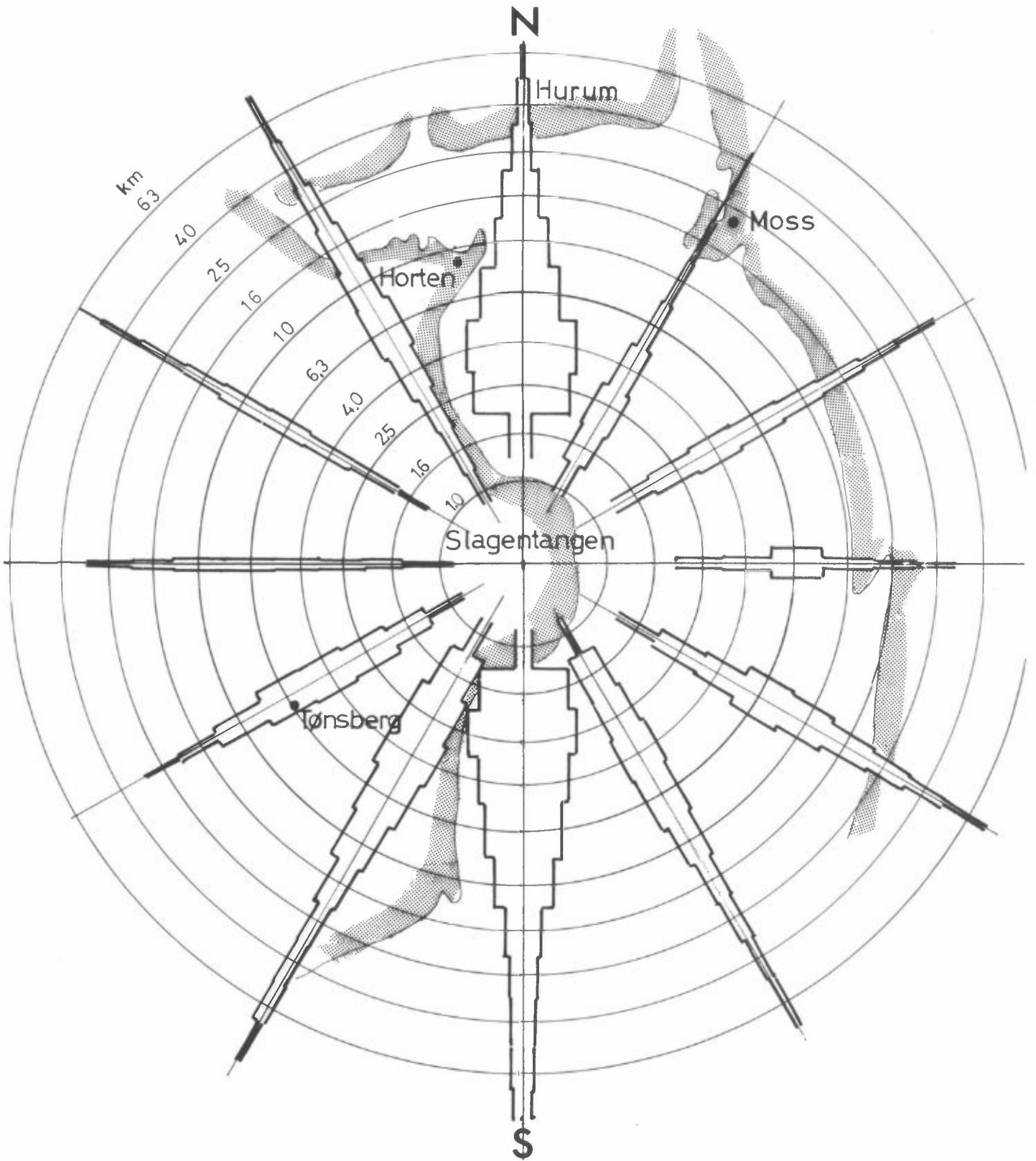
	Avst (km)	N			E			S			W			
H ₂ SO ₄ VINTER	1.0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	H ₂ SO ₄ VINTER
	1.6	4	2	1	0	0	1	4	1	1	0	0	1	
	2.5	6	3	2	2	1	1	6	2	1	1	2	2	
	4.0	7	4	2	2	1	2	6	2	2	1	3	3	
	6.3	8	5	3	3	3	3	6	1	3	2	7	4	
	10.0	9	6	3	4	3	4	5	1	3	2	9	5	
	16.0	8	5	3	3	4	4	3	1	2	2	8	4	
	25.0	9	6	3	3	4	5	2	1	2	3	6	5	
	40.0	9	5	3	3	4	5	2	1	2	2	5	5	
	63.0	9	5	2	3	3	4	1	1	1	2	4	4	
H ₂ SO ₄ SOMMER	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	H ₂ SO ₄ SOMMER
	1.6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	2.5	3	1	1	0	0	0	6	1	1	1	1	1	
	4.0	5	3	1	1	1	2	10	1	1	2	3	2	
	6.3	8	5	2	1	2	5	22	2	2	5	7	4	
	10.0	9	6	2	2	4	9	30	3	2	8	10	5	
	16.0	8	6	2	1	5	13	31	2	2	8	10	5	
	25.0	8	6	2	2	6	18	30	2	2	7	8	5	
	40.0	8	6	2	2	6	19	27	1	2	5	7	5	
	63.0	7	5	2	2	5	16	22	1	2	3	6	4	

Tabell 8: Midlere bakkekonsentrasjoner av H₂SO₄ (relative enheter) i forskjellige avstander og retninger fra Slagentangen, midlet over vinter- og sommerhalvåret.

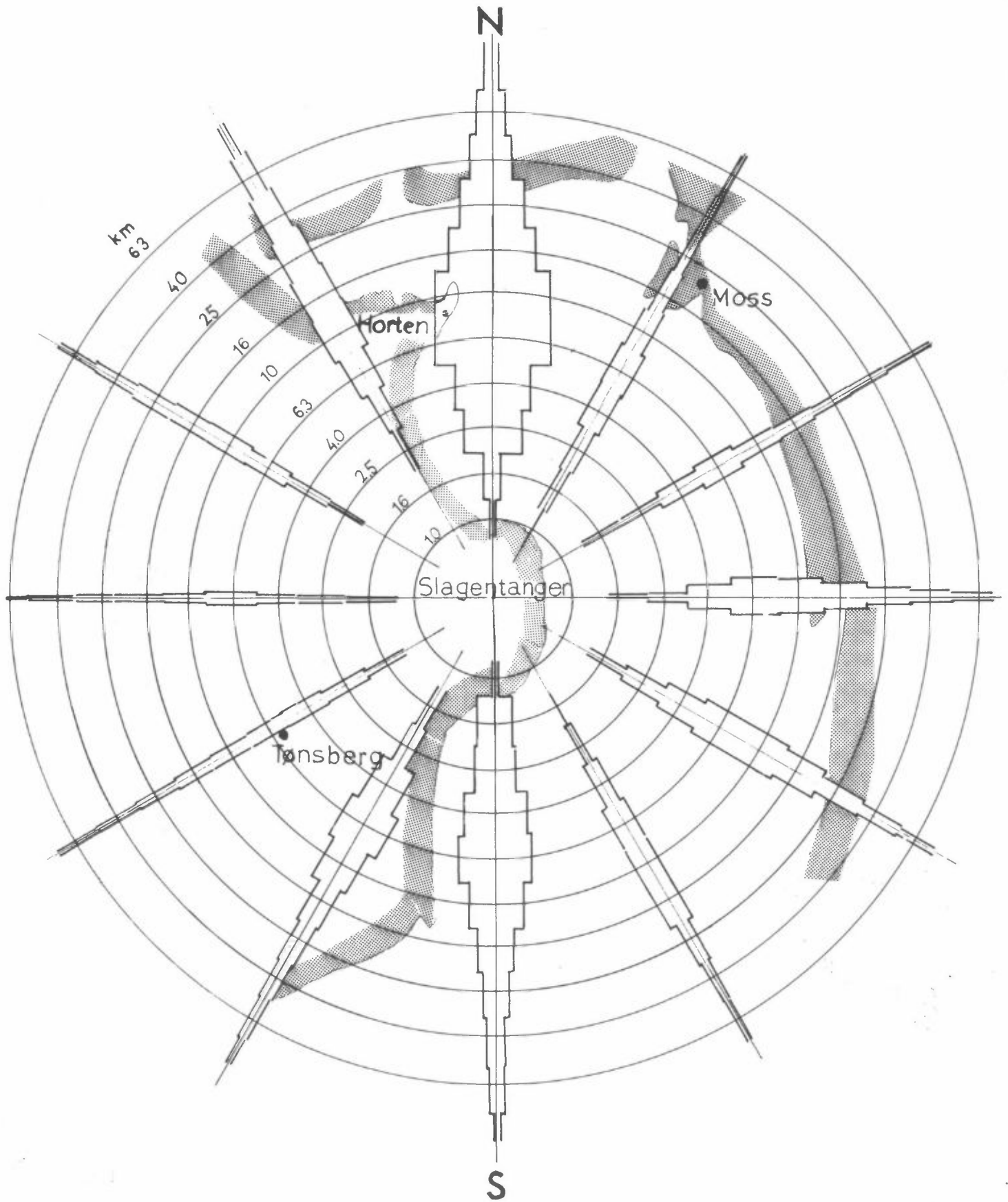
Det ville vært ønskelig å utarbeide slike belastningsroser for hver måned i året, men de meteorologiske data en har til rådighet tillater ikke dette. Ved månedlige belastningsroser ville en direkte ha et fordelingskart av månedsmiddelverdier for SO₂ fra verket på Slagentangen.

Figur 8 og 9 viser belastning av SO₂ (konsentrasjon x tid) i forskjellige retninger og avstander fra Slagentangen i h.h.v. sommerhalvåret (6 måneder) og vinterhalvåret (6 måneder). Avstandene er avsatt i logaritmisk skala fra utslippspunktet. Dette resulterer i en noe fortegnert landkontur, som er tatt med for å gi inntrykk av fordeling av land og sjø.

En ser av figur 9 at maksimal belastning i sommerhalvåret i middel opptrer mellom 6 og 12 km nord for Slagentangen (egentlig i en 30°-sektor).



Figur 8: SO₂belastningsrose for vinterhalvåret (november-april). Bredden er proporsjonal med midlere halvårig konsentrasjon av SO₂.



Figur 9: SO₂-belastningsrose for sommerhalvåret (mai-oktober).
Bredden er proporsjonal med midlere halvårlig konsentrasjon
av SO₂.

Om vinteren (figur 8) opptrer den største belastning 2 til 4 km sør og 2 til 4 km nord for Slagentangen. I nord vil den vesentlige forurensningen forekomme over Oslofjorden, mens den i sør kan få betydning for boligområdene øst for Tønsberg.

Når det gjelder svovelsyre ser en av tabell at områdene fra Horten, nordover til midt på Hurumlandet og vest over til Sande er de eneste som blir vesentlig influert av belastning fra svovelsyre i luften. Dette skjer kun om sommeren, da en har relativt svake vinder fra sør. Det er her ikke regnet med utvasking ved nedbør, som sannsynligvis er den effekten som får størst betydning for overgang til svovelsyre. Dette vil imidlertid bli behandlet nærmere i neste kapittel.

6.5 Tørravsetning av SO₂ og svovelsyre

For å beregne hvor meget SO₂ og svovelsyre som tilføres bakken må det anslås hvor meget som tilføres ved tørravsetning. SO₂ vil kunne absorberes i fuktighet på planter etc, og svovelsyre-aerosoler avsettes som små svovelsyredråper på vegetasjon, bygninger etc. Den SO₂ som tilføres bakken, vil etter hvert oksyderes til H₂SO₄.

Johansson (12) angir en avsetningshastighet for SO₂ på ca 1.5 cm/s over jord i Sverige. Eriksson (13) har studert tørravsetningen av klorider i Skandinavia og angir tallverdien mellom 1.5 og 2 cm/s for skogområdene i Vest-Sverige, 0.7 cm/s over sjø og lavere over land. Vand der Hoven (14) oppsummerer resultater fra tørravsetningsforsøk med ¹³¹I med "a value of 2,0 cm/s for grass or water surfaces appears appropriate as an average maximum, and somewhat smaller values ranging down to 0.5 cm/s for soil and snow surfaces".

Antar en en avsetningshastighet for SO₂ og svovelsyre-aerosoler på 1.5 cm/s i skogområder, ca 0.7 cm/s for sjø og 0.5 cm/s i åpent terreng, og videre at SO₂-mengdene overføres til svovelsyre, vil et område med en midlere SO₂- eller svovelsyrekonsentrasjon på a µg/m³ tilføres ved tørravsetning i:

	Fra SO ₂	Fra H ₂ SO ₄
Skog	0.72 · a g H ₂ SO ₄ /m ² / år	0.48 · a g H ₂ SO ₄ /m ² / år
Åpent	0.24 · a " "	0.16 · a " "
Vann	0.32 · a " "	0.22 · a " "

Av områdene omkring Slagentangen er det særlig Horten-området ca 12 km nord for Slagentangen som vil bli mest utsatt for svovelsyrebidrag fra tørravsetninger, spesielt om sommeren. Benyttes tallene i tabellene 7 og 8 direkte får en et bidrag på ca 30 g H₂SO₄/m² i området rundt Horten. Innover Hurumlandet blir tørravsetningen ca 20 g H₂SO₄/m²/halvår, men dette tallet er basert på flatt terreng. Konsentrasjonsberegningen gir høyere konsentrasjoner et par hundre meter over bakkenivå, og dette kan gi utslag i større avsetninger her. Verdiene er imidlertid høyere enn de en kan vente å måle (se kapittel 6.4 side 30).

6.6 Krav til skorsteinshøyder ved varmekraftverket med kjent bakgrunnsforurensning

En gjennomgåelse av data fra målinger av SO₂-konsentrasjoner på 3 punkter rundt Esso-raffineriet (se kapittel 2.2) viser at det ikke er en enkel sammenheng mellom vindretning og målt konsentrasjon. Før en derfor kan benytte dataene direkte for vurdering av bakgrunnsforurensningen i områdene omkring Slagentangen, er det nødvendig å undersøke målingenes representativitet. Videre bør en kjenne alle kilder som påvirker målingene. Med representative konsentrasjonsdata og nøyaktige utslippsdata ville en også hatt en verdifull informasjon om spredningsforholdene i området, og dermed et forankringspunkt for de teoretiske beregningene. I den tiden måldataene har foreligget har det imidlertid ikke vært anledning til å foreta en grundig analyse av dem.

Som mål for bakgrunnsforurensningen har en derfor ut fra nylig ervervede data for utslipp av svovel ved Esso-raffineriet på Slagentangen beregnet konsentrasjonene som resultat av full kapasitet ved raffineriet. Dette er behandlet i tillegg 3.

Med de effektive skorsteinshøyder en har ved raffineriet, viser beregningene at en i visse avstander fra kildene kan få betydelige konsentrasjoner av SO₂. De maksimale verdier ligger innenfor 4-5 km fra oljeraffineriet. Eksempelvis kan nevnes at maksimalbidraget fra Esso-raffineriet forekommer 600 meter fra utslippene i instabil sjiktning med vindstyrke 4 m/s og når opp i 0,6 mg SO₂/m³ i halvtimesverdier. Det betyr at under disse stabilitetsforhold og på denne avstanden bør det ikke forekomme bidrag til totalforurensninger fra varmekraftverket. I tabell 9 er belastningen av SO₂ fra Esso-raffineriet vist på samme måte som i tabell 7 for varmekraftverket på Slagentangen. Det presiseres at tallene gir realtive verdier, og ligger betydelig høyere enn de belastningskonsentrasjoner (i g/m) som kan ventes fra Esso-raffineriet.

	Avst. (km)	N			E			S			W			
SO ₂ VINTER	0.4	13	6	4	1	0	2	13	4	3	0	1	5	SO ₂ VINTER
	0.6	21	11	7	2	2	5	20	6	5	2	4	9	
	1.0	22	15	8	3	2	8	20	6	4	2	6	11	
	1.6	28	14	8	4	3	9	15	5	7	2	4	11	
	2.5	23	13	7	3	3	10	10	3	5	2	6	11	
	4.0	19	11	5	2	2	9	5	2	4	1	5	9	
	6.3	14	8	3	2	2	7	3	2	2	1	3	6	
	10.0	9	5	2	1	1	4	2	1	2	1	2	4	
	16.0	5	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	
	25.0	4	2	1	0	1	2	1	0	0	0	1	2	
40.0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
SO ₂ SOMMER	0.4	6	3	2	1	0	1	4	2	1	1	1	1	SO ₂ SOMMER
	0.6	13	6	3	2	1	2	12	4	3	3	3	2	
	1.0	19	11	5	3	2	3	19	6	5	7	6	5	
	1.6	20	14	5	3	3	5	23	6	5	8	8	6	
	2.5	19	14	5	4	3	6	22	5	5	8	7	5	
	4.0	15	8	4	3	2	6	17	3	4	6	6	5	
	6.3	11	8	3	2	2	6	12	2	3	4	4	3	
	10.0	7	5	2	2	2	5	8	1	2	3	2	2	
	16.0	4	3	1	1	1	3	5	1	1	2	1	1	
	25.0	2	2	1	1	1	2	3	0	1	1	1	1	
40.0	2	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0		

Tabell 9: Belastningen av SO₂ fra Esso-raffineriet basert på midlere drift. Relative enheter.

Tabellene kan sammenholdes direkte. Hvis en hadde hatt belastningstabell for flere skorsteinshøyder på varmekraftverket, ville en ut fra en vurdering av den totale belastning kunne si hvilken skorsteinshøyde som var gunstigst. På samme måte kunne en naturligvis også vurdere flere høyder for utslippene på Esso-raffineriet.

En har imidlertid i de følgende beregninger av skorsteinshøyden for varmekraftverket, valgt å bruke de tyske normene for maksimalt tillatte halvtimesmidlele SO_2 -konsentrasjoner (10) kfr kapittel 6.3.4. Disse tar hensyn til bakgrunnsforurensningen, og avviker ikke fra de svenske normene med hensyn til maksimalt tillatt totalbelastning. Bakgrunnsforurensningen antar en oppstår fra Esso-raffineriet slik det drives i dag med maksimalt utslipp av SO_2 . Bakgrunnsforurensningen varierer med avstanden fra Slagentangen, og er forskjellig ved forskjellige stabilitetsforhold. Når en ikke tar hensyn til spesielle spredningssituasjoner, behandlet i kapittel 7, synes temperatursjiktning mellom instabil og nøytral, med vindstyrker mellom 2 og 4 m/s å være det som resulterer i de høyeste totalkonsentrasjoner av SO_2 i områdene rundt Slagentangen.

For 3% svovel får en de maksimalt tillatte konsentrasjoner i avstander på 1,6 til 4 km fra skorsteinen på varmekraftverket under forutsetning av at den fysiske skorsteinshøyden ikke er lavere enn 150 meter. De mest kritiske situasjonene oppstår ved vind fra sør, da den horisontale avstand mellom utslippspunktene resulterer i en forskyvning av området for maksimalkonsentrasjoner fra Esso-raffineriet mot området for maksimalkonsentrasjoner fra varmekraftverket. Ved vind fra sør er derfor sannsynligheten størst for at konsentrasjonen av SO_2 ligger rundt de som maksimalt tillates.

Hvis en reduserer svovelinnholdet i oljen til 1% blir kravet til minste skorsteinsbyggehøyde for varmekraftverket 70 meter, da under forutsetning av at Esso-raffineriet slipper ut "full kvote".

Nå er det opplyst fra Røykskaderådet at Esso-raffineriet slipper ut maksimal dose av SO_2 bare 54 dager i året.

Dette resulterer i at en ved et samarbeid mellom Esso-raffineriet og varmekraftverket kan lempe noe på de krav til skorsteinshøydene som her er beregnet. Hvis derimot varmekraftverket og Esso-raffineriet kjøres samtidig, raffineriet med maksimalt SO_2 -utslipp og varmekraftverket med 3% svovel i oljen, er minstekravet til skorsteinshøyde på varmekraftverket 150 meter.

Beregningene hittil er basert på at varmekraftverket er bygget for en elektrisk ytelse på 250 MW. Hvis en ønsker å øke kapasiteten til 500 MW, må dette gjøres slik at den totale forurensningen i områdene rundt Slagentangen fremdeles ikke overstiger normene.

Dette gjøres ved å bygge høyere skorsteiner eller redusere svovelinnholdet i oljen. I tabell 10 er det angitt minste byggehøyde for skorstein(er) ved varmekraftverket på Slagentangen under forskjellige forutsetninger.

Elektrisk ytelse	Antall piper	Ingen bakgrunnsforurensning		Antatt maksimal bakgrunnsforurensning	
		1% S i olje	3% S i olje	1% S i olje	3% S i olje
250 MW	1	65 meter	120 meter	70 meter	150 meter
500 MW	1	70 meter	150 meter	80 meter	190 meter
	2	90 meter	220 meter	100 meter	260 meter

Tabell 10: Fysisk skorsteinshøyde for varmekraftverket på Slagentangen forutsatt: 1) ingen bakgrunnsforurensning 2) antatt maksimal bakgrunnsforurensning for forskjellig svovelinnhold i oljen, 250 og 500 MW elektrisk ytelse, og 1 eller 2 skorsteiner for 500 MW-anlegget.

En ser av tabellen at hvis 500 MW-anlegget skal drives med 3% svovel i oljen, med utslipp av røykgassene gjennom 2 skorsteiner og en antar maksimal bakgrunnsforurensning, krever dette at hver av de to skorsteinene bygges 260 meter høye. Uten bakgrunnsforurensning med samme forutsetninger ellers kan skorsteinene reduseres til 220 meter. Ved reduksjon av svovelinnholdet i oljen til 1%, er kravene til skorsteinsbyggehøyder 100 meter med maksimal bakgrunnsforurensning, 90 meter uten bakgrunnsforurensning. Skorsteinshøydene er også noe avhengig av avstanden mellom skorsteinene, uten at dette er vurdert spesielt her. Det er antatt at avstanden er så stor at de ikke influerer på hverandres tillegghøyder.

Hvis røykgassen fra 500 MW-anlegget (to 250 MW-anlegg) føres sammen med to løp i en skorstein resulterer dette, som en ser av tabell 10, i små endringer av fysisk skorsteinshøyde ved økning av kapasiteten fra 250 MW til 500 MW.

Det presiseres at den største usikkerheten i beregning av skorsteinshøydene ligger i vurderingen av tilleggshøyder. Det hadde vært ønskelig for de beregnede tilleggshøyder som her er benyttet, å gi sannsynligheten for at den virkelige tilleggshøyden skal være mindre enn den beregnede, det vil si at den virkelige forurensning skulle vært verre enn den som er beregnet. Dette er imidlertid ikke mulig, på grunn av manglende meteorologiske data og ufullstendig kjennskap til lokale effekter som påvirker røykhevningen.

Sannsynligheten for at en har beregnet for små tilleggshøyder er imidlertid alltid tilstede. Bruker en den tyske metoden for beregning av fysiske skorsteinshøyder (10), gir denne omtrent samme fysiske skorsteinshøyder som de beregnet i tabell 10. Med de store utslipp som er planlagt ved Slagentangen ligger en imidlertid på grensen av denne metodes gyldighetsområde, og den kan derfor ikke anbefales brukt.

En annen usikkerhetsfaktor ved bestemmelsen av fysiske skorsteinshøyder er bakgrunnsforurensningen. De verdier som er benyttet her synes imidlertid å representere det en i dag maksimalt kan vente som bakgrunnsforurensning rundt Slagentangen.

SPESIELLE SPREDNINGSFORHOLD

I beregningene foran er det ikke tatt hensyn til spesielle effekter ved spredningsforholdene, som i perioder kan gi høyere forurensningskonsentrasjoner enn de som tillates.

Slik effekter kan forårsakes av:

- 1) Fordeling av land og sjø, som resulterer i store horisontale temperaturgradienter langs bakken.

- 2) Spesielt langvarige inversjonsperioder om vinteren som resulterer i redusert vertikalspredning.
- 3) Utvasking av forurensning ved nedbør.

7.1 Røyknedslag (Fumigation)

Situasjoner med røyknedslag opptrer oftest i områdene omkring Oslofjorden, når stabil luft fra sør i vår- og sommermånedene transporteres inn over land. Det relativt varme landet vil varme opp luften nedenfra og virke instabiliserende. Graden og høyden av det instabile bunnsjiktet vil avhenge av den horisontale temperaturdifferensen sjø/land, samt av den tiden kaldluften transporteres over land. Røyk som slippes ut i den stabile luften, vil transporteres store avstander uten særlig spredning inntil instabiliseringen nedenfra når røykens nivå og forårsaker røyknedslag.

Hyppigheten av slike situasjoner kan en ikke få ut fra de meteorologiske data som foreligger i dag. Hvis en ser på radiosonde-oppstigninger fra Horten i årene 1932-1939, og undersøker situasjoner hvor det er inversjon høyere enn 500 meter over bakken og samtidig ikke inversjon under 500 meter, opptrer disse situasjonene ved 6% av målingene i sommerhalvåret 4% i vinterhalvåret. Dette gir en viss indikasjon av hva en kan vente av fumigation. Hvis en antar at vinden fra en retning opptrer maksimalt 30% av tiden om sommeren, er det liten sannsynlighet for at fumigation skal opptre 8 timer (1% av tiden i 1 måned) over samme sted. I korttidsverdier kan en imidlertid ved fumigation få svært høye konsentrasjoner.

- 7.2 Situasjoner med langvarig inversjon kan opptre til alle årstider, men inversjonshøyden blir størst og avkjølingen sterkest i vinterhalvåret. Når dagene blir korte, vil bakkeinversjonen ofte ikke

brytes opp i løpet av dagen og således holde seg gjennom flere døgn. Den kan da dekke store områder og temperaturen ved bakken når de laveste verdier.

I løpet av vinteren 1969-1970 varte en slik situasjon i hele 6 døgn, en inversjonsperiode varte i 3 døgn og 6 situasjoner varte 2 døgn i området rundt Slagentangen.

For utslipp som ligger i bunnen av trange daler eller innerst i fjorder, hvor åssidene går høyere opp enn de effektive høyder for utslippene, kan slike situasjoner gi ekstremt høye forurensningskonsentrasjoner på enkelte punkter i terrenget.

Når det gjelder utslippet fra varmekraftverket på Slagentangen, ligger effektiv høyde av dette over de høyeste åser som kan influeres av røyken fra verket. Derfor vil effekten av langvarige inversjonsperioder ikke være så kritisk på Slagentangen som for eksempel i Oslo-gryta.

Det som imidlertid kan skje i en slik langvarig inversjonsperiode, med liten variasjon i vind og stabilitetsforhold, er at et punkt, eller et område i nedslagsfeltet for røyk fra varmekraftverket, kan belastes med ekstremt høye konsentrasjoner over lengre perioder.

7.3 Utvasking av forurensninger ved nedbør

Utvasking av stoffer skjer på to måter, enten ved at forurensningene bringes med luftstrømmene som kondensasjonskjerner og deltar i dannelsen og utløsning av nedbør (rainout), eller at nedbøren vasker ut forurensningene (washout). Washout er den dominerende effekten ved utvasking av SO₂, mens rainout bidrar mest ved utvasking av svovelsyre- og sulfat-aerosoler. Det er foretatt en del beregninger av washout i tillegg 3, og noen av resultatene er presentert i tabell 11.

Vindhastighet	t _{0.5}	Λ s ⁻¹	251m	400m	631m	1000m	1585m	2500m
2 m/s	3	4 · 10 ⁻³	32.0	15.7	6.5	2.0	0.4	0
	6	2 · 10 ⁻³	20.5	11.7	6.1	2.8	1.0	0.3
	12	1 · 10 ⁻³	11.6	7.1	4.2	2.3	1.1	0.5
	25	5 · 10 ⁻⁴	6.2	4.0	2.5	1.5	0.8	0.4
4 m/s	3	4 · 10 ⁻³	20.5	11.7	6.1	2.8	1.0	0.3
	6	2 · 10 ⁻³	11.7	7.2	4.2	2.3	1.1	0.5
	12	1 · 10 ⁻³	6.2	3.9	2.5	1.5	0.8	0.4
	25	5 · 10 ⁻⁴	3.2	2.0	1.3	0.8	0.5	0.3

Tabell 11: Beregnede verdier av washout av SO₂ fra varmekraftverket, angitt i mg H₂SO₄/m²/sek for forskjellige halveringstider for utvaskingen og vind 2 m/s og 4 m/s.

Det presiseres at beregningene er tatt med kun for å gi eksempel på effekten av nedbør ved spredningsberegninger. Beregningene er heftet med usikkerheter idet kjennskapet til utvaskingskoeffisienten er utilfredsstillende. Tallene gitt i tabell 11, gir verdier midt i en røykfane, og representerer derfor de absolutt maksimale verdier en kan vente ved washout. I virkeligheten svinger røykfanen innenfor en sektor, hvor bredden av denne er avhengig av spredningsforholdene.

Etter at regnværet har vart en tid er gyldigheten av beregningen noe usikker. En bør derfor ikke bruke tallene direkte og multiplisere seg frem i tiden lengre enn ca 10 minutter.

For et regnvær som varer i 10 minutter vil det innenfor 2.4 km

fra verket i middel regne ut ca 1 g H₂SO₄/m². Dette fordeles på ca 4 g/m² 400 meter fra utslippet, og reduseres til 0.5 g/m² allerede 1600 meter fra utslippet. Sammenligner en med hva som kjennes av utenlandske måleresultater ligger verdiene nærmest utslippet ekstremt høyt. Sulfatinnholdet i nedbøren på en rekke nedbørsstasjoner i Skandinavia gir verdier på opptil 1.2 g H₂SO₄/m²/år (42).

Dette er imidlertid bakgrunnsverdier som ikke antas å påvirkes av lokale kilder. Virkningen av svovelsyretilførselen vil avhenge meget av jordbunnen.

I tillegg 3 ble det vist at utvaskingen var uavhengig av den effektive skorsteinshøyde, slik at dette problem ikke lenger kan løses ved å bygge høye skorsteiner. Det vil da kunne bli aktuelt å redusere svovelutslippet ved slike spesielle situasjoner.

8

STØY

Den viktigste støykilde ved varmekraftverk er vifter. Ved forbrenning av olje trengs det store mengder luft, som må tilføres ved hjelp av store vifter. Videre kan det være nødvendig med vifter til avgassene. Ved luftkjølte varmekraftverk trengs det også store luftmengder til kjøling, spesielt om sommeren. For å oppnå den kapasitet på viftene som er nødvendig vil man komme opp i periferihastigheter på viftebladene på 50 - 75 m/s, og dette vil kunne gi et støynivå på opptil 55 - 60 dB i 200 meters avstand. Dette ligger på grensen av tyske maksimalverdier for støy i industriområder (ref VDI 2058). Støykilder som motorer, kompressorer, pumper, ventiler etc kan relativt lett monteres støyfrie. Viftestøyen er mer problematisk, den vil slippes ut fra skorsteinstoppen og således kunne virke over et ganske stort område. En analyse av støyen fra varmekraftverket i Karlshamn i Syd-Sverige viser en dominerende tone omkring 50 Hz som skriver seg fra skorsteinen.

For å dempe støyen fra varmekraftverk kan det være nødvendig å installere lyddempere. Disse vil kunne redusere virkningsgraden for verket og samtidig forandre utslippsbetingelsene slik at tilleggshøyden kan bli redusert.

SLUTTKOMMENTAR

Beregningene i denne rapporten er basert på Meteorologisk Institutt's rapport "Klimadata til vurdering av spredninger av avgasser og støv fra A/S Hafslunds planlagte varmekraftverk ved Slagentangen i Vestfold", og de spredningsteorier som normalt anvendes.

Hvis varmekraftverket skal drives med en effektiv ytelse på 500 MW, vil dette kunne føre til betydelige forurensningskonsentrasjoner i området ved bruk av olje med 3% svovel. Under spesielle vær-situasjoner vil en med et slikt svovelutslipp kunne få ekstreme konsentrasjoner, selv med svært høye skorsteiner. Den eneste måten å minske faren for skadevirkninger fra varmekraftverk synes da å være rensing av avgassene eller bruk av svovelfattigere fyringsolje.

Ved varmekraftverk i Sverige er man kommet til en ordning med mulighet for skift av oljetype. Under ugunstige spredningsforhold skal det skiftes til olje med svovelinnhold ca 0.3%. Ugunstige perioder varsles av en overvåkingstjeneste.

Uansett skorsteinshøyde vil konsentrasjonen av forurensning i utslippsnivået være meget stort og under spesielle meteorologiske forhold vil det være en viss sannsynlighet for at avgassene kan slå ned til bakken og skader opptre. Denne sannsynlighet blir mindre jo høyere skorsteinen bygges, men helt sikker blir man neppe med så store utslipp som det her er tale om.

Varslingstjenestens effektivitet og muligheten for hurtig omskifting til svovelfattig fyringsolje kan derfor ha betydning ved fastleggelse av skorsteinshøyden.

En kontroll av påliteligheten i slike varsler kan en få ved å måle forurensningen ved en rekke punkter i områdene omkring Slagentangen gjennom lengre tid. På denne måten vil varslene også kunne gjøres sikrere etter hvert. Slike målinger bør omfatte svoveldioksyd og svovelsyre i luft og nedbør.

Av belastningsvindrosene fremgår at en stor del av belastningen gjennom et helt år vil falle over fjorden. I dette henseende har varmekraftverket på Slagentangen fått en gunstig plassering. Det er likevel de situasjonene som bringer røykavgassene inn over land som må legges til grunn for vurdering av utslippsmengde og høyden av utslippene.

Ved 500 MW-anlegg, som består av to aggregater, hver på 250 MW, er det svært gunstig å føre røykgassene sammen med to løp i en skorstein. Dette gir en større tillegghøyde som resulterer i at byggehøyden ikke blir så mye større for to aggregater enn den som kreves for ett aggregat.

De spredningsformler som er anvendt i denne rapporten er basert på generelle spredningsteorier, bygget på erfaringer fra flere års målinger i forskjellige land. Disse teoriene forutsetter flatt, homogent terreng. Dette er formodentlig en brukbar tilnærming ved Slagentangen. For å få klarlagt hvor godt spredningsformlene passer i dette området har imidlertid NILU satt igang en kortvarig, men omfattende måleinnsats rundt Slagentangen, for å få kjennskap til følgende:

- 1) Bakgrunnsforurensning i området og hvor denne skriver seg fra.
- 2) Spredningsberegningenes representativitet i området, basert på kjennskap til utslippene fra Esso-raffineriet.
- 3) Tidligere SO₂-målingers representativitet som mål for bakgrunnsforurensningen.

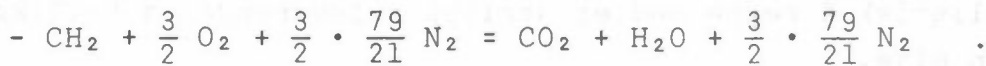
NILU vil komme tilbake til disse målingene i en rapport før utgangen av 1970. Her vil resultatene av målingene bli fremlagt og punktene 1, 2 og 3 drøftet med hensyn til de resultatene som er fremkommet i nærværende rapport.

T1 FORURENSNINGER FRA VARMEKRAFTVERK

T1.1 Avgasser ved forbrenning av olje

Olje som anvendes til fyring består kjemisk sett vesentlig av hydrokarboner med varierende sammensetning. I tillegg til dette er det mindre mengder nitrogen- og svovelholdige forbindelser som inneholder metaller og andre grunnstoffer, mengdefordelingen varierer svært meget, avhengig av hvor oljen kommer fra, samt raffineringprosessen. Ved forbrenning oksyderes de forskjellige grunnstoffene oljen er sammensatt av til de tilsvarende grunnstoffoksyder. Karbon i oljen oksyderes til CO eller CO₂, hydrogen til vann, H₂O, nitrogen til NO, svovel til SO₂ eller SO₃, etc. Ved forbrenningen vil dessuten N₂ fra luften oksyderes til NO, dette omtales senere.

Forbrenning av olje skjer tilnærmet etter formelen



Ved fullstendig forbrenning av 1 tonn olje dannes etter dette en røykgass med følgende hovedsammensetning:

	Kmol	Tonn	Vol %	Volum i m ³ ved	
				25°C	175°C
Karbondioksyd CO ₂	71.5	3.14	13.1	1600	2400
Vann H ₂ O	71.5	1.29	13.1	1600	2400
Nitrogen N ₂	403.0	11.30	73.8	9000	13500
	546.0	15.73	100.0	12200	18300

Tabell T1

Av de avgasser som dannes ved forbrenning av olje er det SO₂ som har størst betydning når det gjelder forurensninger. Dessuten vil det dannes en del faste partikler som sendes ut som støv. For en olje med et svovelinnhold på 3% er det 30 kg S/tonn. Dette forebrennes til 60 kg SO₂, tilsvarende 0,94 kmol SO₂ med et

volum på 21 m³ ved 25°C, 32 m³ ved 175°C. SO₂-utslippet er følgelig ubetydelig volum-messig i forhold til de øvrige avgasser ifølge tabell Tl. SO₂-gassen vil under innvirkning av fuktighet i luften samt katalytisk virkende stoffer oksyderes i atmosfæren og medføre dannelselse av svovelsyre-aerosoler. Denne overgangen er behandlet under punkt Tl.3.

Ved forbrenning av olje vil som nevnt nitrogenholdige forbindelser i oljen oksyderes til NO. Dessuten vil N₂ i luften ved de høye temperaturer i fyrssystemet kunne oksyderes etter $N_2 + O_2 = 2NO$. Denne likevekten er sterkt forskjøvet mot venstre (lite NO-dannelse). Dannelsen av NO er meget avhengig av temperaturen og luftoverskuddet ved forbrenningen (15). Konsentrasjonen av NO i avgassen fra oljeforbrenning angis i området 200-500 ppm. Dette tilsvarer et utslipp på ca 3-8 kg NO ved forbrenning av 1 tonn olje. Ca 5-10% av NO-mengden kan oksyderes videre til NO₂ i fyrssystemet, resten oksyderes i atmosfæren, vesentlig ad fotokjemisk vei. Det er realistisk å regne med et utslipp tilsvarende ca 5-12 kg NO₂ pr tonn olje.

En analyse av partikkelinnholdet i avgassene fra oljeforbrenning viser oksyder og sulfater av blant annet Al, Ca, Fe, Mg, Ni, Si og V; forholdet mellom de forskjellige komponenter varierer svært meget, avhengig av oljens opprinnelse (16). Med god forbrenning kan sotmengden komme ned i 1 kg/tonn olje selv ved bruk av tunge fyringsoljer, mens ved mindre gode fyringsanlegg vil mengden kunne bli opp til 5-6 kg/tonn olje.

Tl.2 Forurensninger fra SO₂ og svovelsyre

Skadevirkninger av SO₂ og svovelsyre er inngående behandlet i blant annet: "Air Quality Criteria for Sulfur Oxides" (17), Stern: "Air Pollution" (18), og i VDI 2108 (10).

Den forurensende effekt av SO₂ beror dels på helsemessige virkninger for mennesker og dyr, dels på skader på vegetasjonen. Ved en SO₂-konsentrasjon på 1-3 mg/m³ vil de fleste mennesker kunne lukte SO₂ i luften, over 10 mg/m³ har det en stikkende

lukt som virker irriterende på slimhinnene etc, og konsentrasjoner over 30 mg/m^3 vil skape respirasjonsvanskeligheter. Virkninger av SO_2 på planter er meget varierende. Særlig er en rekke lavarter ømfintlige overfor SO_2 , men også bartrær (spesielt gran, i noe mindre grad furu) er lett utsatt for skader. Det er særlig klorofyllet i plantene som ødelegges. Plantenes følsomhet overfor SO_2 vil generelt være større i vekstperioden enn om vinteren, den vil være minst om natten og høyere i morgentimene enn senere på dagen. Det regnes med at SO_2 er betydelig mer skadelig for plantene enn svovelsyre.

Skadevirkninger av svovelsyre skyldes vesentlig korrosjon og utvasking av mineraler i jordbunnen. Den svovelsyre-aerosol som dannes ved atmosfærisk oksydasjon av SO_2 vil bestå av små svovelsyredråper som dels avsettes på bebyggelse etc og lager store korrosjonsskader, dels på vegetasjonen med skader der. Ved nedbør vil SO_2 og svovelsyre i avgassene vaskes ut og gi opphav til sur nedbør, som sammen med tørravsatt svovelsyre medfører at ioner som plantene trenger til sin vekst, blir vasket ut av jorden. Særlig regnes utvasking av calcium-ioner å kunne gi skader, spesielt på skog (17). På den annen side vil det på enkelte steder kunne være en svovelmangel som avhjelpes ved spredningen av SO_2 og svovelsyre, og i mineralfattige områder vil den sure nedbøren kunne løse opp noe av fjellgrunnen og rette opp mineralbalansen.

Foruten direkte skadevirkninger vil svovelsyre-aerosoler gi de ellers fargeløse avgassene fra oljeforbrenning et blåaktig utseende og bidrar meget til en reduksjon av siktbarheten i luften (blå dis).

T1.3 SO_2 og dets oksydasjon

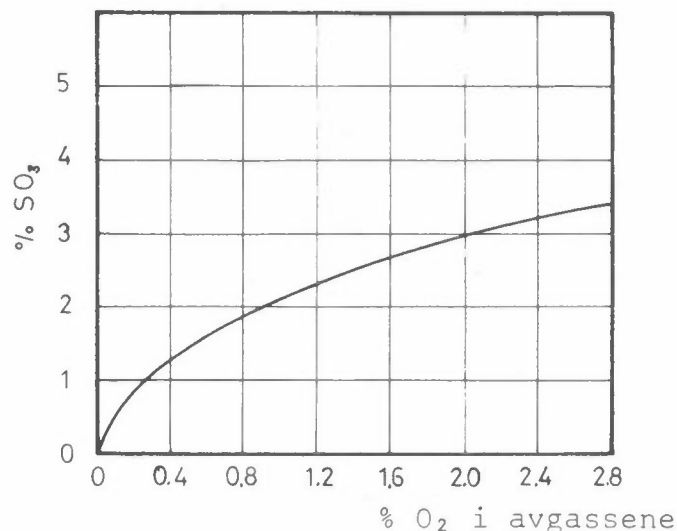
T1.3.1 Dannelse og oksydasjon av SO_2 i fyrssystemet

SO_2 , svoveldioksyd, er en fargeløs gass (kokepunkt -10.0°C , tetthet $2,927 \text{ g/l}$ ved 20°C) som er meget lett løselig i vann (det løses $11,3 \text{ g SO}_2$ eller $3,8 \text{ l}$ i 100 ml vann (20)) under dannelse av svovelsyring, H_2SO_3 . I luft vil SO_2 oksyderes til svoveltrioxyd, SO_3 , som tar opp vann og går over til svovelsyre,

H_2SO_4 , etter forskjellige mekanismer.

Svoveltrioksyd, SO_3 , kan forekomme i tre forskjellige modifikasjoner med smeltepunkt henholdsvis $17,32$ og $62^{\circ}C$. Alle tre er meget hygroskopiske, og vil trekke til seg vanddamp fra luften under dannelse av svovelsyre. I de varme avgassene vil SO_3 foreligge som gass. Mengdeforholdet SO_3/H_2SO_4 i røyken er meget vanskelig å bestemme.

Ved forbrenningen av olje omdannes som nevnt de svovelholdige forbindelsene i oljen til SO_2 . I selve fyrkjelen vil noe SO_2 oksyderes til SO_3 , dels på grunn av oksydasjon av blant annet atomært oksygen som dannes ved høy forbrenningstemperatur (21), dels ved katalytisk oksydasjon på grunn av Fe_2O_3 som dannes på veggene i kjelen, samt V_2O_5 og andre vanadater som dannes av vanadium som er tilstede i oljen (18). Litteraturverdier for SO_3 -mengden varierer svært meget, de fleste oppgaver tilsier mellom 0.5 og 5%, med en midlere verdi på 3 - 3,5% (18). Ved å redusere oksygeninnholdet i avgassene kan SO_3 -mengden minskes en del, figur T1 viser variasjonen i SO_3 -innholdet som funksjon av oksygenoverskuddet (22).



Figur T1: Dannelse av SO_3 som funksjon av O_2 -overskuddet ved forbrenning av tungolje (22).

En slik reduksjon av SO₃-mengden krever omhyggelig kontroll av forbrenningsprosessen og vil lett kunne medføre en økning av CO- og sotinnholdet i avgassene. SO₃ vil sammen med røykgassens vandampinnhold danne svovelsyre. Små mengder SO₃ øker duggpunktet, slik at det vil skilles ut svovelsyre i fyrsystemet ved temperaturer på 140 - 150°C. Denne svovelsyre vil kunne absorberes på sot i skorsteinen, og når denne senere rives løs, vil det sendes ut sotflak med opptil 10-30 vekt% H₂SO₄. Svovelsyren vil også kunne skape store korrosjonsproblemer i fyrsystemet og skorsteinen.

Tl.3.2 Atmosfærisk oksydasjon av SO₂

Den SO₂ som slippes ut sammen med avgassene vil etter hvert oksyderes i luften og som nevnt forbinde seg med luftens vandamp under dannelselse av svovelsyre-aerosoler. Det er utført en rekke undersøkelser for å få klarlagt hvilke mekanismer som ligger til grunn for denne overgangen, og felt- og laboratorie-forsøk har gitt varierende verdier for oksydasjonshastigheten. I Air Quality Criteria for Sulfur Oxides (17) er det gitt en god oversikt over endel sentrale arbeider på dette området. I den videre utredning er for sammenligningens skyld observerte oksydasjonshastigheter regnet om til hastighetskonstanter k for den forenklete første ordens reaksjon



Det synes å være alminnelig enighet om at oksydasjonen kan gå på to måter, fotokjemisk eller katalytisk.

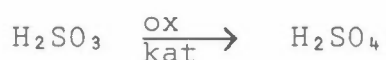
Ved den fotokjemiske oksydasjon vil SO₂ under påvirkning av sollys oksyderes i gassfasen til SO₃, som så reagerer med luftens vandamp til H₂SO₄



Gerhard og Johnstone (23) beregnet hastigheten i intenst sollys til 0.1 - 0.2% pr time, tilsvarende en hastighetskonstant $k = 3 - 6 \cdot 10^{-7} \text{ sec}^{-1}$. Urone og medarbeidere (24) fant også denne verdi, men ved tilstedeværelse av hydrokarboner og nitrogenoksyder kunne hastigheten på opp i 1 - 3% pr time ($k \approx 3 - 10 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$). Doyle (25) har bestemt verdier for k opp til $5 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$, men synes å ha hatt eksperimentelle vanskeligheter. Dannelse av oson og atomært oksygen har også stor betydning for oksydasjoner. Det er av flere forfattere satt opp en rekke tenkelige prosesser som innebærer et samspill med nitrogenoksyder, svoveloksyder, oksygen, oson og hydrokarboner. Nyere målinger kan tyde på at fotokjemisk oksydasjon av SO_2 bare finner sted når det er andre forbindelser tilstede, særlig er nitrogenoksyd, NO , av betydning (26).

Katalytisk oksydasjon av SO_2 kan skje på to måter, enten ved absorpsjon på faste støvpartikler, eller ved absorpsjon i vann-dråper som inneholder katalytisk virkende stoffer. Undersøkelser over absorpsjonsprosessen gir ingen tallverdier for hastigheter, men indikerer at denne har mindre betydning. Den viktigste prosessen ved oksydasjonen av SO_2 i atmosfæren synes å være katalytisk væskefaseoksydasjon.

Støvpartikler i atmosfæren og i selve avgassene, vesentlig metalloksyder, vil delvis kunne virke som kondensasjonskjerner for vanndamp, og delvis i seg selv være hygroskopiske og trekke til seg vanndamp. I de små vanndråpene som dannes på denne måten vil SO_2 løses under dannelse av svovelsyrling, H_2SO_3 , som så oksyderes katalytisk til H_2SO_4 av O_2 som er løst i vannet.



T III

Løseligheten av SO_2 avtar med avtagende pH, slik at det etter hvert vil inntre en metningstilstand i dråpene.

Junge og Ryan (27) og Johnstone m fl (28, 29) har studert oksydasjonen av SO_2 i vandig løsning og kom til at det var ingen oksydasjon i løsninger uten katalysator. Som katalysatorer var

mangansalter de mest effektive, dernest jernsalter, men også Cu, Ni og V hadde en viss katalytisk effekt.

Foster (30) har studert forholdene med henblikk på avgasser fra engelske varmekraftverk og kom til at vel var Mn en bedre katalysator, men det var så meget Fe_2O_3 i røyken at Fe_2O_3 -innholdet var den dominerende faktor for oksydasjonen.

I fyringsolje er det som nevnt små mengder vanadium (mengden avhengig av hvor råoljen kommer fra) som kan virke katalytisk (V-katalysatorer benyttes blant annet ved svovelsyrefabrikasjonen) og som kan få innvirkning på oksydasjonshastigheten, men det har ikke vært mulig å finne noen tallverdier for dette. Luftfuktighetens innflytelse på oksydasjonshastigheten er ikke helt klarlagt, men tyder på at hastigheten er høyere ved høy relativ fuktighet som i tåke og dis. Dette kan henge sammen med at støvpartiklene fuktes bedre når den relative fuktighet er høy. Mange partikler tar ikke opp vann når den relative fuktighet er under 40-50%.

Reaksjonshastigheten for oksydasjonen av SO_2 kan uttrykkes ved

$$-\frac{d C_{\text{SO}_2}}{dt} = k \cdot C_{\text{SO}_2}^n, \quad \text{T IV}$$

der C_{SO_2} står for SO_2 -konsentrasjonen, og k er en hastighetskonstant.

Bracewell og Gall (31) finner her $n = 2.2$, Johnstone m fl (28, 29), Junge og Ryan (27) og flere regner med $n = 1$, mens Coughanowr og Krause (32) og Foster (30) angir $n = 0$. Grunnen til denne forskjellige avhengighet av SO_2 -konsentrasjonen er ukjent. Det kan være at det er andre faktorer, implisitt avhengig av SO_2 -konsentrasjonen, som har betydning eller at det er helt andre ledd i reaksjonsskjeden som er hastighetsbestemmende. Dessuten er det ikke umiddelbart sikkert hvorvidt resultater fra laboratorieforsøk kan anvendes fullt ut for oksydasjonen i vanlig atmosfære. Resultater fra feltforsøk (Gartrell et al) (33) tyder på at oksydasjonshastigheten er større i nærheten av skorsteinen enn lenger fra.

Resultater fra endel arbeider over SO₂-oksydasjonen er oppført i tabell T2. Undersøkellesmetoden er angitt i tredje kolonne med F-fotokjemisk, K-katalytisk oksydasjon, M-feltmålinger.

	År	Met	Innvirkning av andre stoffer	n	Halveringstid, timer	K, s ⁻¹	Ref
Gerhard-Johnstone	55	F			3-6·10 ³	3-6·10 ⁻⁷	23
Urone et al	68	F			6·10 ³	3·10 ⁻⁷	24
		F	Hydrokarboner, NO _x		20-60	3-10·10 ⁻⁶	24
Doyle	61	F			4	5·10 ⁻⁵	25
Johnstone-Coughanowr	58	K	Mn	1	80 min	1.5·10 ⁻⁴	28
Johnstone-Moll	60	K	Tåke, Me, Fe		5-200	0.1-5·10 ⁻⁵	29
		K	Aerosol, Mn		40 min	3·10 ⁻⁴	29
Foster	69	K	Fe	0	13	1.5·10 ⁻⁵	30
Bracewell-Gall	67	K	Mn	2.2	-	-	31
Coughanowr-Krause	65	K	Mn	0	-	-	32
Gartrell et al	63	M	Tåke		2	1·10 ⁻⁴	33
		M	75% rel fuktighet		40-80 min	1.5-3·10 ⁻⁴	33
v d Heuvel-Mason	63	K	NH ₄		12	1.6·10 ⁻⁵	34
Katz	50	M			40	5·10 ⁻⁶	35
Turner	63	-			4	4.8·10 ⁻⁵	36

Tabell T2: Oversikt over endel arbeider angående SO₂-oksydasjon

De aller fleste av disse undersøkelsene har vært foretatt ved temperaturer omkring 25°C. Ved lavere temperatur vil enhver kjemisk reaksjon gå saktere, avhengig av reaksjonens aktiveringsenergi. Svært mange kjemiske reaksjoner har en temperaturfaktor, definert ved

$$\frac{k_{t+10}}{k_t} \sim 2 - 3, \quad \text{T V}$$

altså at reaksjonshastigheten øker med en faktor 2-3 når temperaturen øker 10° .

Grovt regnet vil reaksjonshastigheten ved 0°C være ca 1/10 av reaksjonshastigheten ved 25°C . For Norges vedkommende kommer det inn en ekstra kompliserende faktor, idet lufttemperaturen svært ofte er under 0°C om vinteren, og endel av luftfuktigheten vil kunne foreligge som snø- eller iskrystaller. Imidlertid vil avgasstemperaturen være så høy at dette neppe vil kunne spille noen avgjørende rolle for oksydasjonen nær skorsteinen.

Når det gjelder solintensiteten vil den ikke være stor annet enn på klare dager i juni-juli måned. Med de generelt lave hastigheter for den fotokjemiske oksydasjon synes denne å få mindre betydning for oksydasjonen av SO_2 fra Slagentangen.

På grunnlag av de foreliggende data kan den atmosfæriske oksydasjon av SO_2 tilnærmet beskrives etter en enkel første ordens reaksjon:

$$-\frac{d C_{\text{SO}_2}}{dt} = k \cdot C_{\text{SO}_2} \quad \text{T VI}$$

med en hastighetskonstant k i området $10^{-4} - 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ om sommeren tilsvarende en halveringstid på 2-20 timer. Halveringstiden beregnes etter

$$t_{0.5} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k} \quad \text{T VII}$$

Om vinteren blir verdiene i området $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$ og 4-40 timer.

BEREGNING AV BAKKEKONSENTRASJONER AV SO₂ OG H₂SO₄

Beregningene av bakkekonsentrasjonene av SO₂ og H₂SO₄ er utført med følgende utgangsparemetre:

Utslipp	$Q_{SO_2} = 1080 \text{ g SO}_2/\text{s}$
Stabilitet	Instabilt (B), Nøytralt (C-D), Stabil
Vindhastighet	1 m/s, 2 m/s, 4 m/s, 8 m/s
Effektiv skorsteinshøyde	100, 150, 200, ... 600 meter
Oksydert SO ₂ i avgassene	$P = 3.2\%$
Oksydasjonshastighet	$K = 10^{-4}, 10^{-5} \text{ og } 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

Ved beregningene er det benyttet verdier for spredningsparametrene σ_y og σ_z som angitt av Gifford (37). For nøytrale forhold er σ_y og σ_z midlet for stabilitet C og D. For instabile forhold gjelder spredningsparametrene kun til 10 km. Alle konsentrasjoner som er beregnet er 10-minutt verdier. 30-minutt verdier fåes ved å dividere disse med 1.25 (ref VDI 2289).

Beregningsresultatene er angitt i tabell T3.

Regnemaskinutskriften gir følgende data:

- 1) Overskrift med angivelse av utgangsparemetre.
- 2) Beregningene er foretatt for følgende avstander fra skorsteinene: $X = 398 \text{ m}, 631 \text{ m}, 1000 \text{ m}, 1585 \text{ m}, 2.5 \text{ km}, 4 \text{ km}, 6.3 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15.8 \text{ km}, 25 \text{ km}, 40 \text{ km}$ og 63 km. Disse avstander tilsvarer intervaller i $\log X$ på 0.2.
- 3) CSO₂, bakkekonsentrasjoner av SO₂, angitt i mg/m³ for forskjellige avstander og forskjellige effektive skorsteins-høyder, beregnet etter ligning VIII.
- 4) CH₂SO₄, tilsvarende bakkekonsentrasjoner av H₂SO₄ (svovel-syre-aerosoler), beregnet etter ligning IX.
- 5) TID fra utslippet, angitt i minutter.
- 6) Forholdet $C_{SO_2}/C_{SO_2}^O$, beregnet etter ligning VI.

INSTABILT		VIND	2.0M/S,	HITSLEPP	1080 G	S02/S	3941	6310	10000	15849	25119	39812	63097
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3941	6310	10000				
100	CS02	5.6144	14.6654	11.6943	9.8253	2.3263	0.8159	0.2552	0.0735				
150	CS02	0.1267	4.4833	6.9704	4.7777	2.1665	0.7957	0.2866	0.0743				
200	CS02	0.0066	0.4459	3.3973	3.6188	1.9610	0.7684	0.2536	0.0729				
250	CS02	0.0000	0.0350	1.3174	2.5327	1.7252	0.7346	0.2442	0.0725				
300	CS02	0.0000	0.0019	0.4245	1.4367	1.4752	0.6953	0.2447	0.0719				
350	CS02	0.0000	0.0000	0.1122	0.9777	1.2260	0.6515	0.2441	0.0713				
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0538	0.5389	0.9923	0.6045	0.2327	0.0706				
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0041	0.2745	0.7775	0.5593	0.2272	0.0697				
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.1292	0.5933	0.5050	0.2182	0.0688				
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0001	0.0562	0.4400	0.4547	0.2101	0.0679				
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0225	0.3171	0.4053	0.2014	0.0668				
100	CH2S04	0.4449	2.2523	2.5375	1.8779	1.1669	0.6274	0.1737	0.2036				
150	CH2S04	0.0146	0.5522	1.5142	1.5396	1.0883	0.6598	0.1703	0.2029				
200	CH2S04	0.0011	0.0715	0.7350	1.1663	0.9851	0.6333	0.1657	0.2019				
250	CH2S04	0.0000	0.0054	0.2902	0.8161	0.8666	0.6084	0.1598	0.2007				
300	CH2S04	0.0000	0.0002	0.0932	0.5275	0.7410	0.5740	0.1528	0.1992				
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0243	0.3149	0.6159	0.5370	0.1444	0.1974				
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0052	0.1737	0.4975	0.4982	0.1355	0.1954				
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0009	0.0845	0.3908	0.4574	0.1254	0.1931				
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0001	0.0416	0.2986	0.4162	0.1145	0.1906				
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.2210	0.3747	0.1029	0.1879				
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0073	0.1593	0.3340	0.2907	0.1844				
TID		6.6	10	16	24	41	66	105	166	264	418	663	1051
S02		0.9302	0.9088	0.8759	0.8261	0.7530	0.6501	0.5150	0.3561	0.1984	0.0785	0.0181	0.0018
H2SO4		0.1049	0.1396	0.1901	0.2643	0.3782	0.5358	0.7426	0.9880	1.2774	1.6110	1.9836	1.5286
0/0FRA OX	54.1417	64.9086	74.2182	81.5965	87.0496	90.8547	93.4014	95.0303	96.0000	96.5273	96.7411	96.7944	
0/0 OX	3.9029	6.1147	9.5104	14.6570	22.2128	32.6415	46.7924	63.2128	79.5057	91.0089	98.1536	99.8181	

INSTABILT		VIND	2.0M/S,	HITSLEPP	1080 G	S02/S	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000				
100	CS02	2.8636	7.5677	6.1470	3.1529	1.3188	0.4978	0.1776	0.0608				
150	CS02	0.0646	1.7974	3.6481	2.5856	1.2282	0.4855	0.1761	0.0604				
200	CS02	0.0003	0.2402	1.7905	1.9586	1.1117	0.4686	0.1709	0.0601				
250	CS02	0.0000	0.0141	0.7030	1.3705	0.9781	0.4482	0.1711	0.0597				
300	CS02	0.0000	0.0008	0.2258	0.8858	0.8363	0.4242	0.1677	0.0593				
350	CS02	0.0000	0.0000	0.0590	0.5289	0.6950	0.3975	0.1639	0.0588				
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0122	0.2917	0.5614	0.3688	0.1595	0.0582				
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0022	0.1488	0.4408	0.3381	0.1547	0.0575				
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0003	0.0699	0.3363	0.3081	0.1495	0.0568				
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0304	0.2494	0.2774	0.1440	0.0559				
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.1798	0.2473	0.1382	0.0551				
100	CH2S04	0.2340	0.7668	0.8097	0.5709	0.3459	0.1986	0.1132	0.0653				
150	CH2S04	0.0753	0.1821	0.4832	0.4682	0.3222	0.1937	0.1122	0.0650				
200	CH2S04	0.0000	0.0243	0.2345	0.3547	0.2916	0.1871	0.1108	0.0647				
250	CH2S04	0.0000	0.0018	0.0926	0.2482	0.2566	0.1788	0.1090	0.0643				
300	CH2S04	0.0000	0.0001	0.0297	0.1604	0.2194	0.1693	0.1049	0.0639				
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0078	0.0958	0.1823	0.1586	0.1044	0.0633				
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0017	0.0528	0.1473	0.1472	0.1017	0.0626				
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0003	0.0269	0.1156	0.1352	0.0986	0.0619				
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0882	0.1222	0.0953	0.0611				
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0694	0.1107	0.0918	0.0602				
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0472	0.0987	0.0881	0.0593				
TID		8.3	52	83	13	20	33	52	63	132	209	331	525
S02		0.9488	0.9379	0.9208	0.8943	0.8537	0.7933	0.7061	0.5871	0.4382	0.2757	0.1322	0.0413
H2SO4		0.0782	0.0950	0.1213	0.1619	0.2239	0.3165	0.4580	0.6322	0.8602	1.1091	1.3288	1.4680
0/0FRA OX	37.3509	48.4387	59.6014	69.7397	78.1200	84.5202	89.1122	92.2496	94.3036	95.5820	96.3123	96.6622	
0/0 OX	1.9709	3.1056	4.8771	7.6187	11.8029	18.0497	27.0565	39.3475	54.7272	71.9201	86.3384	95.7356	

INSTABILT		VIND	4.0M/S,	HITSLEPP	1080 G	S02/S	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000				
100	CS02	1.4461	3.8440	3.1513	1.6401	0.7021	0.2749	0.1040	0.0389				
150	CS02	0.0426	0.9130	1.8805	1.3450	0.6539	0.2681	0.1031	0.0488				
200	CS02	0.0002	0.1220	0.9128	1.0189	0.5919	0.2589	0.1018	0.0386				
250	CS02	0.0000	0.0092	0.3604	0.7129	0.5207	0.2475	0.1002	0.0384				
300	CS02	0.0000	0.0004	0.1157	0.4608	0.4453	0.2343	0.0982	0.0381				
350	CS02	0.0000	0.0000	0.0302	0.2751	0.3700	0.2196	0.0959	0.0377				
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0064	0.1517	0.2989	0.2037	0.0944	0.0373				
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0011	0.0773	0.2347	0.1871	0.0906	0.0369				
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0002	0.0364	0.1791	0.1702	0.0875	0.0364				
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0163	0.1328	0.1532	0.0843	0.0359				
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0063	0.0957	0.1366	0.0809	0.0354				
100	CH2S04	0.0961	0.2913	0.2857	0.1879	0.1075	0.0594	0.0334	0.0195				
150	CH2S04	0.0922	0.0692	0.1705	0.1541	0.1001	0.0580	0.0331	0.0194				
200	CH2S04	0.0000	0.0092	0.0828	0.1167	0.0906	0.0560	0.0327	0.0193				
250	CH2S04	0.0000	0.0007	0.0327	0.0817	0.0797	0.0535	0.0321	0.0192				
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0105	0.0528	0.0682	0.0506	0.0315	0.0190				
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0027	0.0315	0.0567	0.0475	0.0308	0.0189				
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0006	0.0174	0.0458	0.0440	0.0300	0.0187				
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0001	0.0089	0.0359	0.0404	0.0291	0.0185				
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0274	0.0368	0.0281	0.0182				
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0203	0.0331	0.0271	0.0180				
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0147	0.0295	0.0260	0.0177				
TID		1.6	2.6	4.1	6.6	10	16	26	41	66	104	165	262
S02		0.9588	0.9529	0.9441	0.9304	0.9091	0.8763	0.8267	0.7539	0.6513	0.5166	0.3578	0.1999
H2SO4		0.0637	0.0722	0.0856	0.1066	0.1392	0.1894	0.2653	0.3769	0.5339	0.7402	0.9834	1.2252
0/0FRA OX	23.8520	32.1509	42.7553	54.0263	64.8039	74.1319	81.5307	86.9985	91.8225	93.3804	95.0172	96.0005	
0/0 OX	0.9903	1.5650	2.4690	3.8888	6.0867	9.4736	14.5930	22.1203	32.7149	46.6334	63.0384	79.3495	

INSTABILT		VIND	8.0M/S,	HITSLEPP	1080 G	S02/S	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000				
100	CS02	0.7267	1.9372	1.5955	0.8365	0.3623	0.1445	0.0563	0.0220				
150	CS02	0.0164	0.4601	0.9521	0.8860	0.3374	0.1409	0.0558	0.0220				
200	CS02	0.0001	0.0615	0.4621	0.5196	0.3054	0.1361	0.0551	0.0219				
250	CS02	0.0000	0.0046	0.1825	0.3636	0.2687	0.1301	0.0542	0.0217				
300	CS02												

3.20 0/0 S03 I GASSSENF, K= 1.000-0055FC-1 ** HAFSLUND

INSTABILT	VIND	3.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S												
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097				
100 CSn2	5.8192	15.5224	12.7957	6.7184	2.9163	1.1674	0.4573	0.1809									
150 CSn2	0.1314	3.6968	7.6376	5.5096	2.7160	1.1386	0.4532	0.1802									
200 CSn2	0.0007	0.4927	3.7063	4.1738	2.4585	1.0995	0.4476	0.1794									
250 CSn2	0.0000	0.0371	1.4633	2.9204	2.1629	1.0511	0.4404	0.1783									
300 CSn2	0.0000	0.0016	0.4700	1.8876	1.8494	0.9949	0.4318	0.1769									
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.1228	1.1270	1.5370	0.9323	0.4218	0.1754									
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0261	0.4216	1.2415	0.8650	0.4106	0.1736									
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0045	0.3166	0.9747	0.7945	0.3983	0.1715									
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0006	0.1490	0.7437	0.7226	0.3850	0.1693									
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0001	0.0648	0.5516	0.6506	0.3707	0.1669									
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0260	0.3976	0.5799	0.3557	0.1643									
100 CH2S04	0.3313	0.9412	0.8511	0.5099	0.2650	0.1341	0.0703	0.0397									
150 CH2S04	0.0075	0.2735	0.5079	0.4181	0.2468	0.1308	0.0696	0.0391									
200 CH2S04	0.0000	0.0299	0.2465	0.3167	0.2234	0.1263	0.0688	0.0389									
250 CH2S04	0.0000	0.0022	0.0973	0.2216	0.1965	0.1207	0.0677	0.0387									
300 CH2S04	0.0000	0.0001	0.0313	0.1433	0.1680	0.1143	0.0663	0.0384									
350 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0042	0.0855	0.1396	0.1071	0.0648	0.0381									
400 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0017	0.0472	0.1128	0.0994	0.0631	0.0377									
450 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0003	0.0240	0.0886	0.0913	0.0612	0.0372									
500 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0676	0.0830	0.0591	0.0367									
550 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.0501	0.0747	0.0570	0.0362									
600 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0361	0.0666	0.0547	0.0356									
TIN	6.6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	663	1051					
S02	0.9642	0.9619	0.9584	0.9528	0.9440	0.9302	0.9188	0.8759	0.8261	0.7530	0.6501	0.5150					
H2SO4	0.0549	0.0583	0.0637	0.0723	0.0858	0.1069	0.1396	0.1901	0.2663	0.3783	0.5358	0.7426					
0/DFRA OX	10.7294	15.9652	27.1359	32.2336	42.8700	54.1419	64.9087	74.2183	81.5966	87.0456	90.8547	93.4014					
0/n OX	0.3973	0.6290	0.9990	1.5724	2.4806	3.9029	6.1148	9.5164	14.6571	22.2129	32.8416	46.7926					

INSTABILT	VIND	2.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S												
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097				
100 CSn2	2.9154	7.7857	6.4299	3.3859	1.4766	0.5954	0.2360	0.0951									
150 CSn2	0.0658	1.8442	3.8369	2.7767	1.3752	0.5807	0.2339	0.0947									
200 CSn2	0.0003	0.2471	1.8624	2.1034	1.2448	0.5608	0.2310	0.0943									
250 CSn2	0.0000	0.0186	0.7353	1.4718	1.0951	0.5361	0.2275	0.0937									
300 CSn2	0.0000	0.0008	0.2302	0.9513	0.9364	0.5074	0.2228	0.0930									
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.0617	0.5680	0.7782	0.4755	0.2177	0.0922									
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0151	0.3132	0.6286	0.4412	0.2119	0.0912									
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0023	0.1596	0.4935	0.4052	0.2055	0.0902									
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0003	0.0751	0.3766	0.3685	0.1986	0.0890									
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0326	0.2793	0.3318	0.1913	0.0877									
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.2013	0.2958	0.1836	0.0864									
100 CH2S04	0.1568	0.4330	0.3765	0.2146	0.1043	0.0491	0.0239	0.0125									
150 CH2S04	0.0035	0.1029	0.2246	0.1755	0.0971	0.0479	0.0237	0.0125									
200 CH2S04	0.0000	0.0137	0.1190	0.1329	0.0879	0.0462	0.0234	0.0124									
250 CH2S04	0.0000	0.0010	0.0431	0.0950	0.0773	0.0442	0.0230	0.0123									
300 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0136	0.0601	0.0661	0.0418	0.0226	0.0123									
350 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0036	0.0359	0.0550	0.0392	0.0221	0.0121									
400 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0008	0.0198	0.0444	0.0364	0.0215	0.0120									
450 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0001	0.0103	0.0348	0.0304	0.0208	0.0119									
500 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0047	0.0266	0.0304	0.0201	0.0117									
550 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0197	0.0274	0.0194	0.0116									
600 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0142	0.0244	0.0185	0.0114									
TIN	3.3	5.2	6.3	13	20	33	52	83	132	209	331	525					
S02	0.9661	0.9650	0.9632	0.9664	0.9559	0.9489	0.9379	0.9208	0.8943	0.8537	0.7933	0.7061					
H2SO4	0.0519	0.0537	0.0564	0.0607	0.0675	0.0782	0.0950	0.1213	0.1619	0.2239	0.3165	0.4500					
0/DFRA OX	5.6741	8.6994	13.1096	19.2749	27.4075	37.3510	48.4388	59.6015	69.7398	78.1201	84.5203	89.1122					
0/n OX	0.1989	0.3150	0.4988	0.7493	1.2481	1.9709	3.1056	4.8772	7.6188	11.8030	18.0498	27.0566					

INSTABILT	VIND	4.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S												
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097				
100 CSn2	1.4592	3.8950	3.2230	1.6997	0.7430	0.3007	0.1199	0.0487									
150 CSn2	0.0329	0.9261	1.9233	1.3959	0.6719	0.2933	0.1188	0.0486									
200 CSn2	0.0002	0.1238	0.9335	1.0559	0.6263	0.2832	0.1173	0.0483									
250 CSn2	0.0000	0.0093	0.3686	0.7388	0.5510	0.2707	0.1154	0.0480									
300 CSn2	0.0000	0.0004	0.1184	0.4775	0.4711	0.2563	0.1132	0.0477									
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.0309	0.2851	0.3916	0.2401	0.1106	0.0473									
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0066	0.1572	0.3163	0.2228	0.1076	0.0468									
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0011	0.0801	0.2483	0.2047	0.1044	0.0462									
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0002	0.0377	0.1895	0.1861	0.1009	0.0456									
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.1405	0.1676	0.0972	0.0450									
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.1013	0.1494	0.0932	0.0443									
100 CH2S04	0.0762	0.2171	0.1759	0.0967	0.0450	0.0200	0.0091	0.0044									
150 CH2S04	0.0017	0.0492	0.1050	0.0793	0.0419	0.0195	0.0090	0.0044									
200 CH2S04	0.0000	0.0066	0.0510	0.0601	0.0379	0.0188	0.0089	0.0044									
250 CH2S04	0.0000	0.0005	0.0201	0.0420	0.0334	0.0180	0.0087	0.0044									
300 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0105	0.0272	0.0285	0.0170	0.0086	0.0043									
350 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0017	0.0162	0.0237	0.0160	0.0084	0.0043									
400 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0004	0.0084	0.0192	0.0148	0.0082	0.0042									
450 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0001	0.0046	0.0150	0.0136	0.0079	0.0042									
500 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0115	0.0124	0.0076	0.0041									
550 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0085	0.0111	0.0074	0.0041									
600 CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0061	0.0099	0.0071	0.0040									
TIN	1.6	2.6	4.1	6.6	10	16	26	41	66	104	165	262					
S02	0.9670	0.9665	0.9656	0.9642	0.9619	0.9584	0.9529	0.9441	0.9304	0.9091	0.8763	0.8267					
H2SO4	0.0505	0.0513	0.0527	0.0549	0.0583	0											

3.20 0/0 SOL I CASSENF, k= 1.000-006SFC-1 ** HAFSLUND

INSTABILT	VIND	1.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S								
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100 CSn2	5.8401	15.4107	12.9114	6.8150	2.9830	1.2100	0.4840	0.1979					
150 CSn2	0.1318	3.7078	7.7047	5.5887	2.7781	1.1801	0.4797	0.1972					
200 CSn2	0.0007	0.4955	3.7398	4.2335	2.5147	1.1396	0.4737	0.1963					
250 CSn2	0.0000	0.0373	1.4706	2.9623	2.2123	1.0894	0.4661	0.1951					
300 CSn2	0.0000	0.0016	0.4742	1.9147	1.8917	1.0312	0.4570	0.1936					
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.1239	1.1432	1.5721	0.9663	0.4465	0.1919					
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0263	0.6305	1.2699	0.8965	0.4346	0.1899					
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0045	0.3212	0.9970	0.8235	0.4216	0.1877					
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0006	0.1511	0.7607	0.7489	0.4074	0.1853					
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0001	0.0657	0.5642	0.6743	0.3924	0.1826					
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0264	0.4067	0.6011	0.3765	0.1798					
100 CH2SO4	0.2993	0.8058	0.6740	0.3621	0.1629	0.0689	0.0293	0.0172					
150 CH2SO4	0.0068	0.1914	0.4022	0.2969	0.1517	0.0672	0.0291	0.0131					
200 CH2SO4	0.0000	0.0256	0.1922	0.2249	0.1373	0.0649	0.0287	0.0131					
250 CH2SO4	0.0000	0.0019	0.0771	0.1574	0.1208	0.0620	0.0283	0.0130					
300 CH2SO4	0.0000	0.0001	0.0248	0.1017	0.1033	0.0587	0.0277	0.0129					
350 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0085	0.0607	0.0858	0.0550	0.0271	0.0128					
400 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0014	0.0355	0.0693	0.0510	0.0264	0.0126					
450 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0032	0.0171	0.0544	0.0469	0.0256	0.0125					
500 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0080	0.0415	0.0426	0.0247	0.0123					
550 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0308	0.0384	0.0238	0.0121					
600 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0222	0.0342	0.0228	0.0120					
TIn	6.6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	663	1051	
S02	0.9676	0.9674	0.9670	0.9665	0.9656	0.9642	0.9619	0.9584	0.9528	0.9440	0.9302	0.9088	
H2SO4	0.0466	0.0499	0.0505	0.0513	0.0527	0.0549	0.0583	0.0637	0.0723	0.0858	0.1069	0.1396	
0/OFRA OX	1.1897	1.8723	2.9348	4.5716	7.0537	10.7294	15.9853	23.1360	32.2337	42.0701	54.1420	64.9088	
0/n OX	0.0398	0.0631	0.1000	0.1584	0.2509	0.3973	0.6290	0.9950	1.5724	2.4807	3.9030	6.1148	

INSTABILT	VIND	2.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S								
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100 CSn2	2.9206	7.8078	6.4559	3.4102	1.4934	0.6062	0.2428	0.0994					
150 CSn2	0.0659	1.8545	3.8543	2.7966	1.3908	0.5912	0.2406	0.0991					
200 CSn2	0.0003	0.2478	1.8708	2.1185	1.2589	0.5709	0.2376	0.0986					
250 CSn2	0.0000	0.0186	0.7367	1.4823	1.1075	0.5458	0.2338	0.0980					
300 CSn2	0.0000	0.0008	0.2372	0.9581	0.9470	0.5166	0.2292	0.0973					
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.0620	0.5720	0.7871	0.4841	0.2239	0.0964					
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0142	0.3155	0.6358	0.4492	0.2180	0.0954					
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0023	0.1607	0.4991	0.4126	0.2115	0.0945					
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0003	0.0756	0.3809	0.3752	0.2044	0.0931					
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0329	0.2825	0.3378	0.1968	0.0918					
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.2036	0.3011	0.1889	0.0903					
100 CH2SO4	0.1488	0.3991	0.3321	0.1769	0.0786	0.0326	0.0135	0.0058					
150 CH2SO4	0.0034	0.0948	0.1942	0.1451	0.0732	0.0318	0.0134	0.0058					
200 CH2SO4	0.0000	0.0127	0.0962	0.1099	0.0662	0.0307	0.0132	0.0058					
250 CH2SO4	0.0000	0.0010	0.0380	0.0769	0.0583	0.0293	0.0130	0.0057					
300 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0122	0.0497	0.0498	0.0278	0.0127	0.0057					
350 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0032	0.0297	0.0414	0.0260	0.0125	0.0056					
400 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0007	0.0164	0.0354	0.0242	0.0121	0.0056					
450 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0001	0.0083	0.0263	0.0222	0.0118	0.0055					
500 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0200	0.0202	0.0114	0.0055					
550 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0149	0.0182	0.0109	0.0054					
600 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0107	0.0162	0.0105	0.0053					
TIn	5.3	5.2	h.3	13	20	33	52	83	132	209	331	525	
S02	0.9678	0.9677	0.9675	0.9672	0.9668	0.9661	0.9650	0.9632	0.9604	0.9559	0.9489	0.9379	
H2SO4	0.0493	0.0495	0.0497	0.0502	0.0509	0.0519	0.0537	0.0564	0.0607	0.0675	0.0782	0.0950	
0/OFRA OX	0.5985	0.9452	1.4886	2.3402	3.6580	5.6742	8.6995	13.1096	19.2749	27.4076	37.3511	48.4389	
0/n OX	0.0199	0.0315	0.0500	0.0792	0.1255	0.1989	0.3150	0.4988	0.7893	1.2481	1.9709	3.1056	

INSTABILT	VIND	4.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S								
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100 CSn2	1.4605	3.9045	5.2303	1.7058	0.7472	0.3034	0.1216	0.0498					
150 CSn2	0.0330	0.9274	1.9276	1.3988	0.6958	0.2959	0.1205	0.0497					
200 CSn2	0.0002	0.1239	0.9356	1.0596	0.6299	0.2857	0.1190	0.0494					
250 CSn2	0.0000	0.0093	0.3694	0.7415	0.5541	0.2732	0.1171	0.0491					
300 CSn2	0.0000	0.0004	0.1106	0.4793	0.4738	0.2586	0.1148	0.0488					
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.0310	0.2461	0.3938	0.2423	0.1121	0.0483					
400 CSn2	0.0000	0.0000	0.0086	0.1578	0.3181	0.2248	0.1092	0.0478					
450 CSn2	0.0000	0.0000	0.0011	0.0804	0.2497	0.2065	0.1059	0.0473					
500 CSn2	0.0000	0.0000	0.0002	0.0378	0.1905	0.1878	0.1023	0.0467					
550 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.1413	0.1691	0.0986	0.0460					
600 CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.1019	0.1507	0.0946	0.0453					
100 CH2SO4	0.0742	0.1986	0.1648	0.0874	0.0386	0.0158	0.0065	0.0027					
150 CH2SO4	0.0017	0.0472	0.0983	0.0717	0.0359	0.0154	0.0064	0.0027					
200 CH2SO4	0.0000	0.0063	0.0477	0.0543	0.0325	0.0149	0.0063	0.0027					
250 CH2SO4	0.0000	0.0005	0.0148	0.0380	0.0286	0.0143	0.0062	0.0027					
300 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0061	0.0246	0.0245	0.0135	0.0061	0.0027					
350 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0016	0.0147	0.0203	0.0126	0.0060	0.0026					
400 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0003	0.0081	0.0164	0.0117	0.0058	0.0026					
450 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0001	0.0041	0.0129	0.0108	0.0056	0.0026					
500 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0098	0.0098	0.0054	0.0025					
550 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0073	0.0088	0.0052	0.0025					
600 CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0053	0.0079	0.0050	0.0025					
TIn	1.6	2.6	4.1	6.6	10	16	26	41	66	104	165	262	
S02	0.9679	0.9678	0.9678	0.9676	0.9674	0.9670	0.9665	0.9656	0.9642	0.9619	0.9584	0.9529	
H2SO4	0.0491	0.0492	0.0494	0.0496	0.0499	0.0505	0.0513	0.0527	0.0549	0.0583	0.0637	0.0722	
0/OFRA OX	0.3002	0.4749	0.7505	1.1842	1.8637	2.9213	4.5510	7.0228	10.6642	15.9219	23.0522	32.1311	
0/n OX	0.0100	0.0158	0.0250	0.0396	0.0628	0.0995	0.1576	0.2497	0.3794	0.6260	0.9904	1.5651	

INSTABILT	VIND	8.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S								
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100 CSn2	0.7303	1.9524	1.6153	0.8531	0.3737	0.1518	0.0608	0.0250					
150 CSn2	0.0165	0.4637	0.9649	0.6996	0.3480	0.1480	0.0603	0.0249					
200 CSn2	0.0001	0.0620	0.4679	0.5299	0.3150	0.1429	0.0595	0.0247					
250 CSn2	0.0000	0.0047	0.1847	0.3708	0.2771	0.1367	0.0586	0.0246					
300 CSn2	0.0000	0.0002	0.0593	0.2397	0.2370	0.1293	0.0574	0.0244					
350 CSn2	0.0000	0.0000	0.0195	0.1431	0.1970	0.1212	0.0561	0.0242					

3.20 N/O S03 I GASSENE, K= 1.000-005SEC-1 ** HAFSLUND

NØYTRALT		VIND	1.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S														
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097							
100	CSn2	0.0035	1.1189	4.2219	12.7454	10.2609	5.9472	2.9396	1.3548	0.5907	0.2429	0.1117	0.0566							
150	CSn2	0.0000	0.0018	0.4431	3.2136	5.4292	4.4520	2.5763	1.2736	0.5740	0.2397	0.1108	0.0562							
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0074	0.4670	2.2770	2.9683	2.1417	1.1681	0.5514	0.2354	0.1095	0.0556							
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.4391	1.7626	1.6889	1.0451	0.4736	0.2299	0.1079	0.0548	0.0548							
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.3019	0.9322	1.2834	0.9123	0.4916	0.2234	0.1059	0.0538	0.0528							
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0334	0.4391	0.8465	0.7769	0.4563	0.2160	0.1036	0.0528							
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.1842	0.6134	0.6455	0.4187	0.2077	0.1010	0.0515							
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0688	0.3853	0.5232	0.3798	0.1987	0.0982	0.0502							
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0224	0.2334	0.4137	0.3405	0.1891	0.0951	0.0487							
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.1341	0.3192	0.3019	0.1790	0.0918	0.0471							
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0731	0.2402	0.2046	0.1686	0.0883	0.0454							
100	CH2SO4	0.0002	0.0678	0.5469	0.9673	0.9323	0.6831	0.4517	0.2940	0.1904	0.1220	0.0921	0.0817							
150	CH2SO4	0.0000	0.0001	0.0095	0.2430	0.4933	0.5114	0.3958	0.2764	0.1850	0.1204	0.0913	0.0810							
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0005	0.3354	0.2023	0.4410	0.3291	0.2535	0.1777	0.1182	0.0903	0.0801							
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0643	0.2025	0.2595	0.2268	0.1688	0.1155	0.0889	0.0790							
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0159	0.1071	0.1941	0.1980	0.1584	0.1122	0.0873	0.0776							
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0504	0.1377	0.1686	0.1471	0.1085	0.0854	0.0761							
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0212	0.0927	0.1401	0.1349	0.1043	0.0832	0.0743							
450	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0079	0.0592	0.1135	0.1224	0.0998	0.0809	0.0723							
500	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0359	0.0898	0.1098	0.0950	0.0783	0.0702							
550	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0206	0.0693	0.0973	0.0899	0.0756	0.0679							
600	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0112	0.0521	0.0853	0.0847	0.0727	0.0655							
TIn		6.6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	663	1051							
S02		0.9642	0.9419	0.9584	0.9528	0.9440	0.9302	0.9088	0.8759	0.8261	0.7530	0.6501	0.5150							
H2SO4		0.0549	0.0583	0.0637	0.0723	0.0858	0.1069	0.1396	0.1901	0.2663	0.3783	0.5358	0.7426							
0/OFRA OX		10.7294	15.9852	23.1359	32.2336	42.8700	54.1419	64.9087	74.2183	81.5466	87.0465	90.8547	93.4014							
0/n OX		0.3973	0.6290	0.9950	1.5724	2.4804	3.9029	6.1148	9.5164	14.6571	22.2129	32.8416	46.7926							

NØYTRALT		VIND	2.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S														
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097							
100	CSn2	0.0018	0.5612	4.1315	6.4234	5.1953	3.0334	1.5169	0.7121	0.3197	0.1577	0.0682	0.0388							
150	CSn2	0.0000	0.0009	0.2227	1.6196	2.7489	2.2708	1.3294	0.6695	0.3107	0.1359	0.0676	0.0385							
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0037	0.2353	1.1276	1.5140	1.1052	0.6140	0.2984	0.1334	0.0668	0.0381							
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.3585	0.8990	0.8715	0.5494	0.2834	0.1303	0.0658	0.0376							
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0884	0.4755	0.6519	0.4796	0.2661	0.1267	0.0646	0.0369							
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.2240	0.4626	0.4084	0.2470	0.1224	0.0632	0.0362							
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0940	0.3114	0.3393	0.2266	0.1177	0.0616	0.0353							
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0351	0.1988	0.2750	0.2055	0.1126	0.0599	0.0344							
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.1204	0.2175	0.1843	0.1072	0.0580	0.0334	0.0334							
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0692	0.1678	0.1634	0.1015	0.0560	0.0323	0.0323							
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0377	0.1263	0.1432	0.0956	0.0539	0.0311	0.0311							
100	CH2SO4	0.0001	0.0312	0.2419	0.4060	0.3669	0.2500	0.1537	0.0938	0.0579	0.0361	0.0272	0.0247							
150	CH2SO4	0.0000	0.0001	0.0150	0.1024	0.1941	0.1872	0.1347	0.0882	0.0563	0.0356	0.0270	0.0246							
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0002	0.0149	0.0796	0.1248	0.1120	0.0809	0.0540	0.0350	0.0267	0.0243							
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0293	0.0741	0.0883	0.0724	0.0513	0.0342	0.0263	0.0239							
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0062	0.0392	0.0661	0.0632	0.0482	0.0332	0.0258	0.0235							
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0185	0.0469	0.0538	0.0447	0.0321	0.0252	0.0230							
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0077	0.0316	0.0447	0.0410	0.0309	0.0246	0.0225							
450	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0201	0.0362	0.0372	0.0295	0.0239	0.0219							
500	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0122	0.0286	0.0334	0.0281	0.0231	0.0213							
550	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0070	0.0221	0.0296	0.0266	0.0223	0.0206							
600	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0038	0.0166	0.0259	0.0251	0.0215	0.0198							
TIn		3.3	5.2	8.3	13	20	33	57	83	132	209	331	525							
S02		0.9661	0.9650	0.9632	0.9604	0.9559	0.9489	0.9379	0.9208	0.8943	0.8537	0.7933	0.7061							
H2SO4		0.0519	0.0537	0.0564	0.0607	0.0675	0.0782	0.0950	0.1213	0.1619	0.2239	0.3165	0.4500							
0/OFRA OX		5.6741	8.6994	13.1094	19.2749	27.4075	37.3510	48.4388	59.6015	69.7398	78.1201	84.5203	89.1122							
0/n OX		0.1989	0.3150	0.4988	0.7893	1.2481	1.9709	3.1056	4.8772	7.6188	11.8030	18.0498	27.0566							

NØYTRALT		VIND	4.0M/S.	UTSLIPP	1080 G	S02/S														
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097							
100	CSn2	0.0004	0.2811	2.0709	3.2245	2.6140	1.5319	0.7705	0.3651	0.1663	0.0733	0.0377	0.0227							
150	CSn2	0.0000	0.0005	0.1116	0.8130	1.3831	1.1467	0.6753	0.3432	0.1616	0.0724	0.0373	0.0226							
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0019	0.1181	0.5673	0.7646	0.5614	0.3148	0.1552	0.0710	0.0369	0.0223							
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.1804	0.4540	0.4427	0.2816	0.1474	0.0694	0.0363	0.0220							
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0445	0.2401	0.3312	0.2458	0.1384	0.0674	0.0357	0.0216							
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.1131	0.2350	0.2094	0.1285	0.0652	0.0349	0.0212							
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0474	0.1542	0.1739	0.1179	0.0627	0.0340	0.0207							
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0177	0.1010	0.1410	0.1069	0.0600	0.0331	0.0201							
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0612	0.1115	0.0959	0.0571	0.0320	0.0200	0.0195							
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0351	0.0860	0.0850	0.0540	0.0309	0.0189							
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0192	0.0647	0.0745	0.0509	0.0297	0.0182							
100	CH2SO4	0.0000	0.0149	0.1130	0.1835	0.1584	0.1018	0.0584	0.0331	0.0191	0.0112	0.0081	0.0073							
150	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0061	0.0463	0.0838	0.0762	0.0512	0.0311	0.0195	0.0111	0.0081	0.0072							
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0001	0.0067	0.0344	0.0508	0.0425	0.0285	0.0178	0.0109	0.0080	0.0072							
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0109	0.0302	0.0335	0.0255	0.0169	0.0106	0.0079	0.0071							
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0160	0.0251	0.0273	0.0159	0.0103	0.0077	0.0069							
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0075	0.0178	0.0190	0.0147	0.0100	0.0075	0.0068							
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0032	0.0120	0.0158	0.0135	0.0096	0.0074								

NØYTRALT		VIND	2.0M/S,	UTSLIPP	1080 G	S02/S										
H	X=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CS02	0.0036	1.1253	4.2902	12.9285	10.4955	6.1041	3.1114	1.4824	0.6812	0.3045	0.1599	0.0999			
150	CS02	0.0060	0.1018	0.4471	3.2598	5.5534	4.6144	2.7268	1.3936	0.6620	0.3005	0.1586	0.0992			
200	CS02	0.0000	0.0000	0.0075	0.4737	2.2779	3.0760	2.2669	1.2781	0.6359	0.2951	0.1567	0.0981			
250	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0397	0.7243	1.8269	1.7076	1.1436	0.6059	0.2883	0.1543	0.0967			
300	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.1785	0.9662	1.3372	0.9902	0.5707	0.2601	0.1515	0.0950			
350	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	3.0341	0.4551	0.9409	0.6501	0.5262	0.2708	0.1482	0.0931			
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.1909	0.6487	0.7663	0.4829	0.2604	0.1445	0.0909			
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0713	0.4078	0.5725	0.4380	0.2491	0.1404	0.0885			
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0237	0.2470	0.4527	0.3928	0.2370	0.1360	0.0859			
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0070	0.1419	0.3492	0.3482	0.2244	0.1313	0.0831			
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0773	0.2628	0.3051	0.2113	0.1263	0.0801			
100	CH2SO4	0.0002	0.0581	0.4531	0.6869	0.5740	0.3509	0.1897	0.0986	0.0517	0.0277	0.0184	0.0154			
150	CH2SO4	0.0000	0.0001	0.0233	0.1732	0.3032	0.2627	0.1653	0.0927	0.0502	0.0273	0.0182	0.0152			
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0004	0.0252	0.1244	0.1751	0.1374	0.0850	0.0483	0.0268	0.0180	0.0150			
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0395	0.1940	0.1084	0.0761	0.0458	0.0262	0.0177	0.0149			
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0097	0.0550	0.0811	0.0664	0.0430	0.0254	0.0174	0.0146			
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0259	0.0575	0.0565	0.0399	0.0246	0.0170	0.0143			
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0109	0.0387	0.0470	0.0366	0.0237	0.0166	0.0140			
450	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0247	0.0381	0.0332	0.0226	0.0161	0.0136			
500	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0150	0.0301	0.0298	0.0215	0.0156	0.0132			
550	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0046	0.0232	0.0264	0.0204	0.0151	0.0128			
600	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0047	0.0175	0.0232	0.0192	0.0145	0.0123			
TID		6.6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	663	1051			
S02		0.9676	0.9674	0.9670	0.9665	0.9656	0.9642	0.9619	0.9584	0.9528	0.9440	0.9302	0.9088			
H2SO4		0.0496	0.0499	0.0505	0.0513	0.0527	0.0549	0.0583	0.0637	0.0723	0.0858	0.1049	0.1396			
O/OFRA OX		1.1897	1.8723	2.9348	4.5716	7.0537	10.7294	15.9853	23.1360	32.2337	42.8701	54.1420	64.9088			
O/N OX		0.0398	0.0631	0.1000	0.1584	0.2509	0.3973	0.6290	0.9950	1.5724	2.4807	3.9030	6.1148			

NØYTRALT		VIND	2.0M/S,	UTSLIPP	1080 G	S02/S										
H	X=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CS02	0.0018	0.5628	4.1502	6.4694	5.2543	3.0882	1.5606	0.7449	0.3433	0.1542	0.0816	0.0516			
150	CS02	0.0000	0.0009	0.2237	1.6312	2.7802	2.3118	1.3677	0.7003	0.3336	0.1522	0.0809	0.0512			
200	CS02	0.0000	0.0000	0.0037	0.2370	1.1404	1.5413	1.1370	0.6422	0.3205	0.1494	0.0799	0.0506			
250	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0198	0.3626	0.9153	0.8966	0.5747	0.3044	0.1459	0.0787	0.0499			
300	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0894	0.4841	0.6707	0.5016	0.2857	0.1418	0.0773	0.0490			
350	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.2280	0.4759	0.4272	0.2652	0.1371	0.0756	0.0480			
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0956	0.3204	0.3549	0.2433	0.1318	0.0737	0.0469			
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0357	0.2046	0.2877	0.2207	0.1261	0.0716	0.0457			
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.1239	0.1239	0.2275	0.1979	0.1200	0.0694	0.0443			
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0712	0.1755	0.1755	0.1136	0.0670	0.0429			
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0388	0.1321	0.1538	0.1070	0.0644	0.0413			
100	CH2SO4	0.0001	0.0288	0.2134	0.3356	0.2764	0.1661	0.0868	0.0436	0.0217	0.0109	0.0067	0.0052			
150	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0115	0.0846	0.1463	0.1243	0.0761	0.0410	0.0211	0.0107	0.0067	0.0052			
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0002	0.0123	0.0600	0.0829	0.0632	0.0376	0.0203	0.0106	0.0066	0.0051			
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0191	0.0492	0.0499	0.0336	0.0192	0.0103	0.0065	0.0051			
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0047	0.0260	0.0373	0.0294	0.0181	0.0100	0.0064	0.0050			
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0123	0.0265	0.0250	0.0168	0.0097	0.0062	0.0049			
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0051	0.0178	0.0208	0.0154	0.0093	0.0061	0.0048			
450	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0114	0.0168	0.0140	0.0089	0.0059	0.0046			
500	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0069	0.0133	0.0125	0.0085	0.0057	0.0045			
550	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0040	0.0103	0.0111	0.0080	0.0055	0.0043			
600	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0022	0.0077	0.0097	0.0076	0.0053	0.0042			
TID		3.3	5.2	8.3	13	20	33	52	83	132	209	331	525			
S02		0.9678	0.9677	0.9675	0.9672	0.9668	0.9661	0.9650	0.9632	0.9604	0.9559	0.9489	0.9379			
H2SO4		0.0493	0.0495	0.0497	0.0502	0.0509	0.0519	0.0537	0.0564	0.0607	0.0675	0.0782	0.0950			
O/OFRA OX		0.5985	0.9452	1.4896	2.3402	3.6580	5.6742	8.6995	13.1096	19.2749	27.4076	37.3511	48.4389			
O/N OX		0.0199	0.0315	0.0500	0.0792	0.1255	0.1989	0.3150	0.4988	0.7893	1.2481	1.9709	3.1056			

NØYTRALT		VIND	4.0M/S,	UTSLIPP	1080 G	S02/S										
H	X=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CS02	0.0009	0.2815	2.0756	3.2360	2.6280	1.5456	0.7815	0.3734	0.1723	0.0776	0.0412	0.0262			
150	CS02	0.0000	0.0005	0.1119	0.8159	1.3910	1.1571	0.6849	0.3510	0.1675	0.0766	0.0408	0.0260			
200	CS02	0.0000	0.0000	0.0019	0.1186	0.5705	0.7714	0.5694	0.3219	0.1609	0.0752	0.0404	0.0257			
250	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.1814	0.4581	0.4490	0.2880	0.1528	0.0734	0.0398	0.0253			
300	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0447	0.2423	0.3359	0.2514	0.1434	0.0714	0.0390	0.0249			
350	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.1141	0.2383	0.2141	0.1331	0.0690	0.0382	0.0244			
400	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0479	0.1604	0.1779	0.1222	0.0663	0.0372	0.0238			
450	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0179	0.1024	0.1442	0.1108	0.0635	0.0362	0.0232			
500	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0620	0.1140	0.0994	0.0604	0.0350	0.0225			
550	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0356	0.0880	0.0881	0.0572	0.0338	0.0218			
600	CS02	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0194	0.0662	0.0772	0.0538	0.0325	0.0210			
100	CH2SO4	0.0000	0.0143	0.1059	0.1658	0.1357	0.0807	0.0415	0.0204	0.0098	0.0047	0.0027	0.0020			
150	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0057	0.0418	0.0718	0.0604	0.0364	0.0192	0.0095	0.0046	0.0027	0.0020			
200	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0001	0.0061	0.0294	0.0403	0.0302	0.0176	0.0092	0.0046	0.0027	0.0019			
250	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0094	0.0239	0.0239	0.0157	0.0087	0.0044	0.0026	0.0019			
300	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0126	0.0178	0.0137	0.0082	0.0043	0.0026	0.0019			
350	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0060	0.0127	0.0117	0.0076	0.0042	0.0025	0.0018			
400	CH2SO4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0									

STABILT		VIAO	1.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S							
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0056	0.3154	1.8582	3.5926	2.9996	1.7476	0.4264	0.1745	0.0247	0.0015
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0245	0.2483	0.6873	0.6421	0.4566	0.3127	0.0182
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0649	0.1581	0.4245	0.0611	0.0008
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0037	0.0261	0.0438	0.0276	0.0006
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0104	0.0106	0.0003
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0019	0.0054	0.0002
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0009	0.0001
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0012	0.0015	0.9355	2.7219	4.5247	4.6587	4.2463	3.1566	2.0543	1.2934
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2047	0.8756	1.7779	2.2059	2.0254	1.5105	1.0132
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0936	0.4377	0.8818	1.0960	0.9821	0.7199
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0053	0.0722	0.2715	0.4997	0.5647	0.4639
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0088	0.0542	0.1909	0.2871	0.2711
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0117	0.0612	0.1291	0.1437
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TiO		6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	643	1051
S02		0.9302	0.9088	0.8759	0.8261	0.7530	0.6501	0.5150	0.3561	0.1984	0.0745	0.0181	0.0018
H2SO4		0.1389	0.1396	0.1391	0.2663	0.3782	0.5358	0.7426	0.9880	1.2274	1.4110	1.5036	1.5286
O/OFRA OX		94.1417	84.9066	74.2192	61.5965	47.0456	30.6547	19.4014	9.8303	0.8080	0.6573	0.6741	0.6794
O/O OX		3.9029	6.1147	9.5164	14.6570	22.2128	32.0415	46.7924	63.2128	79.5637	91.8889	98.1336	99.8181

STABILT		VIAO	2.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S							
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0150	2.0561	1.4407	0.7580	0.3064	0.0903	0.0175
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1515	0.4163	0.5293	0.3038	0.1979	0.0664	0.0137
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040	0.0445	0.1303	0.1574	0.1073	0.0432	0.0097
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0215	0.0484	0.0488	0.0248	0.0063
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0024	0.0125	0.0187	0.0126	0.0037
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0021	0.0060	0.0057	0.0019
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0016	0.0009
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8040	1.3105	1.5513	1.4879	1.2327	0.9077	0.6211
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036	0.0605	0.2653	0.5700	0.7729	0.7960	0.4866
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0284	0.1403	0.3090	0.4335	0.4340	0.3457
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0231	0.0951	0.1964	0.2495	0.2228
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0225	0.0750	0.1269	0.1302
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0041	0.0241	0.0570	0.0690
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0065	0.0227	0.0332
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0015	0.0080	0.0145
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0025	0.0057
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0021
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0007
TiO		3	5	8	13	20	33	52	83	132	209	331	525
S02		0.9489	0.9379	0.9208	0.8943	0.8537	0.7933	0.7061	0.5871	0.4382	0.2757	0.1322	0.0413
H2SO4		0.0782	0.0959	0.1213	0.1619	0.2239	0.3165	0.4500	0.6322	0.8602	1.1091	1.3288	1.4680
O/OFRA OX		37.3509	48.4387	54.6814	69.7397	78.1200	84.5202	89.1122	92.2496	94.3036	95.5820	96.3123	96.6622
O/O OX		1.9709	3.1056	4.8771	7.6187	11.8029	18.0497	27.0565	39.3475	54.7272	71.5201	86.3384	95.7356

STABILT		VIAO	4.0M/S	UTSLIPP	1000 G	S02/S							
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1129	1.2037	0.9249	0.5633	0.2871	0.1222	0.0423
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0837	0.2437	0.4398	0.2926	0.1854	0.0899	0.0331
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0260	0.0837	0.1170	0.1005	0.0584	0.0235
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0138	0.0360	0.0457	0.0336	0.0152
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0085	0.0175	0.0171	0.0089
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0056	0.0077	0.0047
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0015	0.0031	0.0023
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0011	0.0010
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0859	0.2406	0.3863	0.4624	0.4618	0.4114	0.3359	0.2592
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0782	0.1699	0.2399	0.2656	0.2470	0.2030
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0084	0.0418	0.0959	0.1440	0.1606	0.1443
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0069	0.0295	0.0655	0.0923	0.0930
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0070	0.0250	0.0469	0.0543
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0013	0.0080	0.0211	0.0288
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0022	0.0084	0.0138
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0029	0.0060
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0009	0.0024
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0009
600	CH2S04												

3.20 N/O S03 I GASSENE, K= 1.000-C06SFC-1 ** HAFSLUND

STABILT		VIND	1.0M/S	UTSLIPP	10M G	S02/S										
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.3689	2.3829	4.8980	5.6021	4.7032	3.2961	2.0984	1.2709	0.7690			
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0314	0.3683	1.1342	1.7281	1.7123	1.3550	0.9345	0.6024			
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0098	0.1212	0.4254	0.4845	0.7346	0.6076	0.4280			
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0068	0.0702	0.2106	0.3343	0.3493	0.2758			
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0078	0.0498	0.1277	0.1776	0.1612			
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0091	0.0410	0.0798	0.0854			
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0110	0.0317	0.0411			
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0025	0.0112	0.0179			
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0035	0.0071			
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0025			
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0008			
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.1301	0.2788	0.3397	0.3129	0.2501	0.1907	0.1460	0.1182			
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0210	0.0688	0.1150	0.1299	0.1231	0.1073	0.1073	0.0926			
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0073	0.0283	0.0519	0.0667	0.0698	0.0658			
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0047	0.0160	0.0304	0.0401	0.0424			
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0038	0.0116	0.0204	0.0248			
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0037	0.0092	0.0131			
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0036	0.0063			
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0013	0.0028			
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0011			
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004			
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001			
TID		6.6	10	16	26	41	66	105	166	264	418	663	1051			
S02		0.9676	0.9674	0.9670	0.9665	0.9656	0.9642	0.9619	0.9584	0.9528	0.9440	0.9302	0.9088			
H2SO4		0.0496	0.0499	0.0505	0.0513	0.0527	0.0549	0.0583	0.0637	0.0723	0.0858	0.1069	0.1396			
O/OFRA OX		1.1897	1.8723	2.9348	4.5716	7.0537	10.7294	15.9853	23.1360	32.2337	42.8701	54.1420	64.9088			
O/O OX		0.0398	0.0631	0.1100	0.1584	0.2509	0.3973	0.6290	0.9950	1.5724	2.4807	3.9030	6.1148			

STABILT		VIND	2.0M/S	UTSLIPP	10M G	S02/S										
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.1846	1.1929	2.4539	2.8099	2.3634	1.6612	1.0625	0.6482	0.3968			
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0157	0.1845	0.5689	0.8684	0.8629	0.6861	0.4767	0.3109			
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.0608	0.2138	0.3450	0.3719	0.3099	0.2209			
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0353	0.1061	0.1693	0.1782	0.1423			
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0039	0.0251	0.0647	0.0906	0.0832			
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0046	0.0207	0.0407	0.0441			
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0056	0.0162	0.0212			
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0013	0.0057	0.0092			
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0018	0.0037			
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0013			
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004			
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.0628	0.1319	0.1563	0.1384	0.1050	0.0750	0.0534	0.0402			
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0099	0.0316	0.0508	0.0545	0.0484	0.0393	0.0315			
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0034	0.0125	0.0218	0.0263	0.0255	0.0224			
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0021	0.0067	0.0120	0.0147	0.0144			
300	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0016	0.0046	0.0075	0.0084			
350	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0015	0.0034	0.0045			
400	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0013	0.0021			
450	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	0.0009			
500	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004			
550	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001			
600	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
TID		3.3	5.2	8.3	13	20	33	52	83	132	209	331	525			
S02		0.9678	0.9677	0.9675	0.9672	0.9668	0.9661	0.9650	0.9632	0.9604	0.9559	0.9489	0.9379			
H2SO4		0.0493	0.0495	0.0497	0.0502	0.0509	0.0519	0.0537	0.0564	0.0607	0.0675	0.0782	0.0950			
O/OFRA OX		0.5985	0.9452	1.4896	2.3402	3.6580	5.6742	8.6995	13.1096	19.2749	27.4076	37.3511	48.4389			
O/O OX		0.0199	0.0315	0.0500	0.0792	0.1255	0.1989	0.3150	0.4988	0.7893	1.2481	1.9709	3.1056			

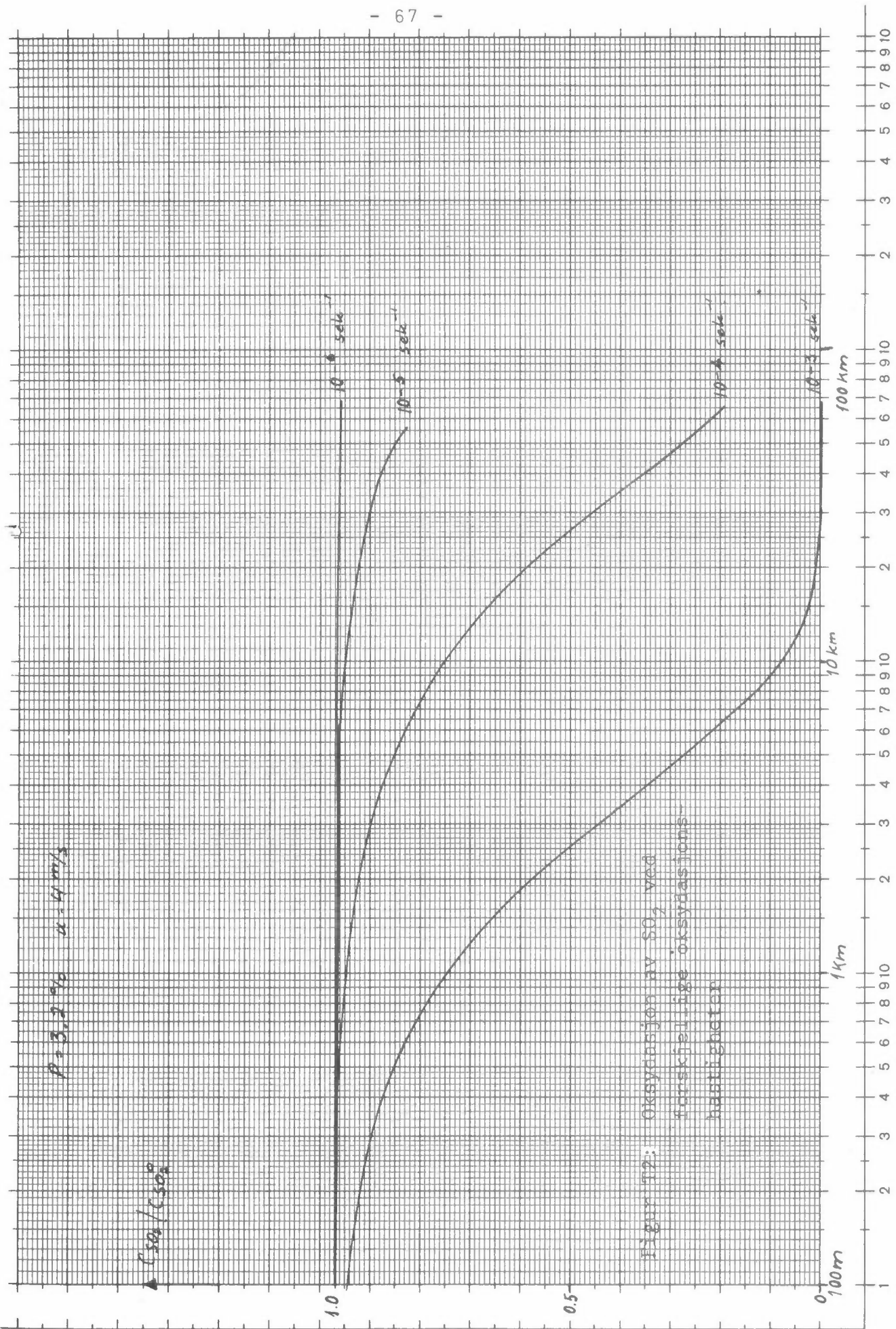
STABILT		VIND	4.0M/S	UTSLIPP	10M G	S02/S										
H	x=	398	631	1000	1585	2512	3981	6310	10000	15849	25119	39812	63097			
100	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0923	0.5968	1.2282	1.4072	1.1847	0.8339	0.5346	0.3274	0.2016			
150	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0924	0.2849	0.4353	0.4332	0.3452	0.2407	0.1579			
200	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0304	0.1072	0.1732	0.1871	0.1565	0.1122			
250	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0177	0.0533	0.0852	0.0900	0.0723			
300	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0020	0.0126	0.0325	0.0457	0.0423			
350	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0023	0.0104	0.0206	0.0224			
400	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0028	0.0082	0.0108			
450	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0029	0.0047			
500	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0009	0.0019			
550	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0007			
600	CSn2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002			
100	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0001	0.0047	0.0304	0.0641	0.0747	0.0647	0.0474	0.0324	0.0218	0.0153			
150	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0048	0.0151	0.0238	0.0246	0.0209	0.0160	0.0120			
200	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0058	0.0099	0.0113	0.0104	0.0085			
250	CH2S04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0030	0.0052	0.0060	0.0			

- 7) Forholdet $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} / C_{\text{SO}_2}^{\text{O}}$, beregnet etter ligning VII.
- 8) O/O FRA OX, hvor mange % av svovelsyre-mengden som skriver seg fra den atmosfæriske oksydasjon.
- 9) O/O OX, hvor mange % av den totale SO_2 -mengde som er oksydert.

Punkt 6 og 7 i utskriften er vist nærmere i figur T2 og T3. Disse angir $C_{\text{SO}_2}^{\text{O}} / C_{\text{SO}_2}^{\text{O}}$ og $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} / C_{\text{SO}_2}^{\text{O}}$ ved $P = 3.2\%$ og $u = 4 \text{ m/s}$ og viser hvor meget SO_2 som er oksydert og H_2SO_4 som er dannet i forskjellige avstander ved forskjellige oksydasjonshastigheter. Ved $k = 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ er praktisk talt all SO_2 oksydert innen 10 km, ved $k = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ er ca 50% SO_2 oksydert ved ca 30 km, mens ved $k = 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ og mindre er oksydasjonen liten. Figur T4 gjelder for $k = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ og viser variasjonen av H_2SO_4 -dannelsen med vindhastigheten (altså tiden gassene bruker til vedkommende avstand).

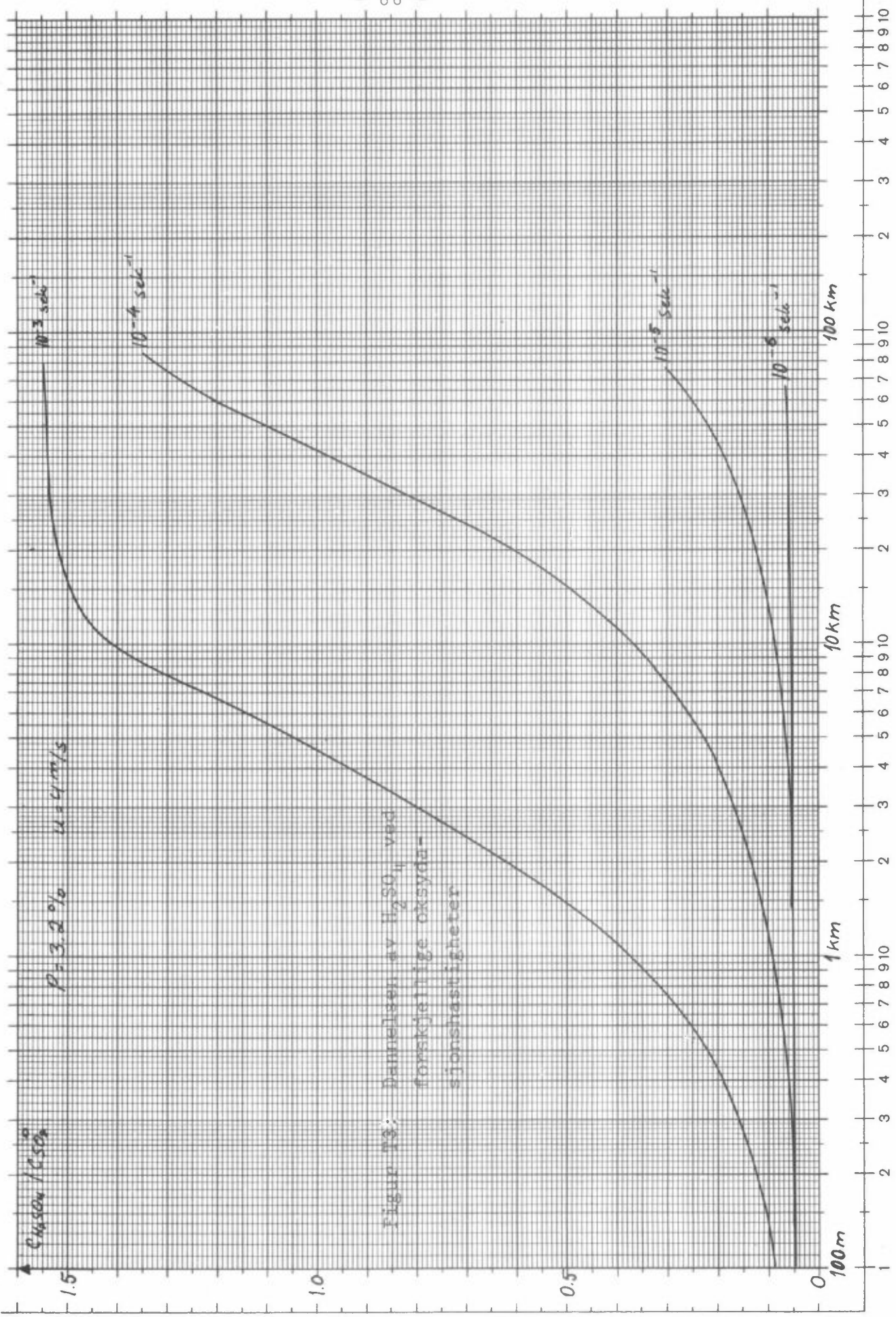
I figur T5 er det vist beregnede bakkekonsentrasjoner ved instabile forhold (stabilitet B) og vindhastighet 2 m/s for henholdsvis SO_2 og H_2SO_4 , ved forskjellige oksydasjonshastigheter. Denne, og tabell T3, viser at de høyeste SO_2 -konsentrasjoner opptrer ved lave oksydasjonshastigheter, mens H_2SO_4 -mengden øker med oksydasjonshastigheten. Ved $k = 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ og mindre vil under instabile forhold mesteparten av svovelsyren som kommer ned til bakken skrive seg fra SO_2 som er oksydert i selve fyr-systemet, og svovelsyrekonsentrasjonen vil være sterkt avhengig av oksydasjonsfaktoren P. Ved høyere oksydasjonshastigheter har denne mindre innflytelse. I tabell T4 er det beregnet bakkekonsentrasjoner av SO_2 og H_2SO_4 for flere verdier av P og for $k = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ og 10^{-5} s^{-1} , under antagelse av stabilitet B og $u = 2 \text{ m/s}$. Denne viser igjen hvor følsom $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ er overfor P.

I figur T6 er bakkekonsentrasjoner for SO_2 og H_2SO_4 tegnet opp for stabile forhold (stabilitet E), $u = 4 \text{ m/s}$. Denne viser at ved høy oksydasjon og i ca 10 km avstand begynner svovelsyrekonsentrasjonen å komme opp i samme størrelsesorden som SO_2 -konsentrasjonen, ved $u = 1 \text{ m/s}$, $k = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ blir den til og med høyere enn for SO_2 . Dette belyses også av figur T2-4 hvor det fremgår at under slike forhold er nesten all SO_2 oksydert til H_2SO_4 .

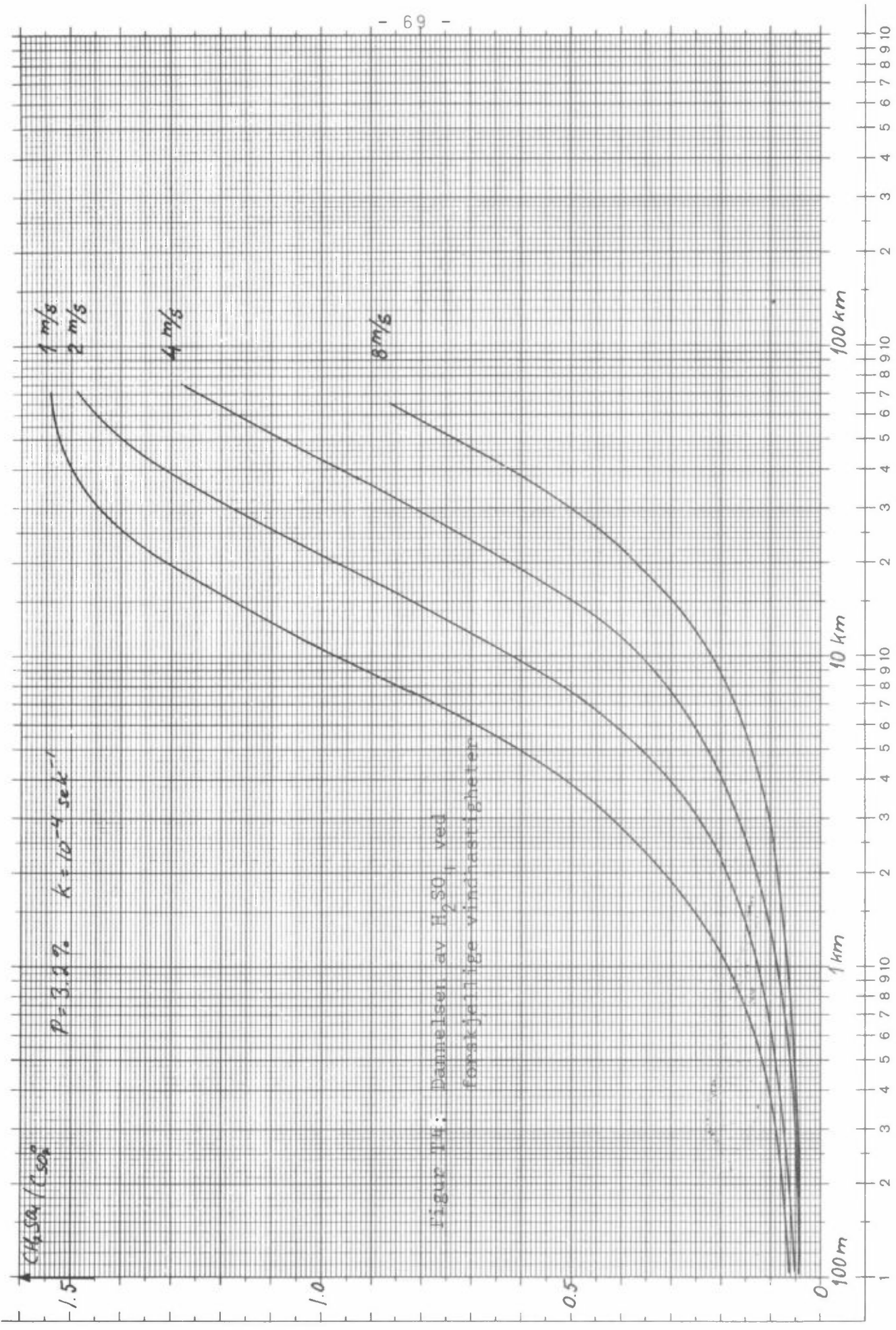


Figur T2: Oxidation av SO_2 ved
forskjellige oksydrations-
hastigheter

Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab

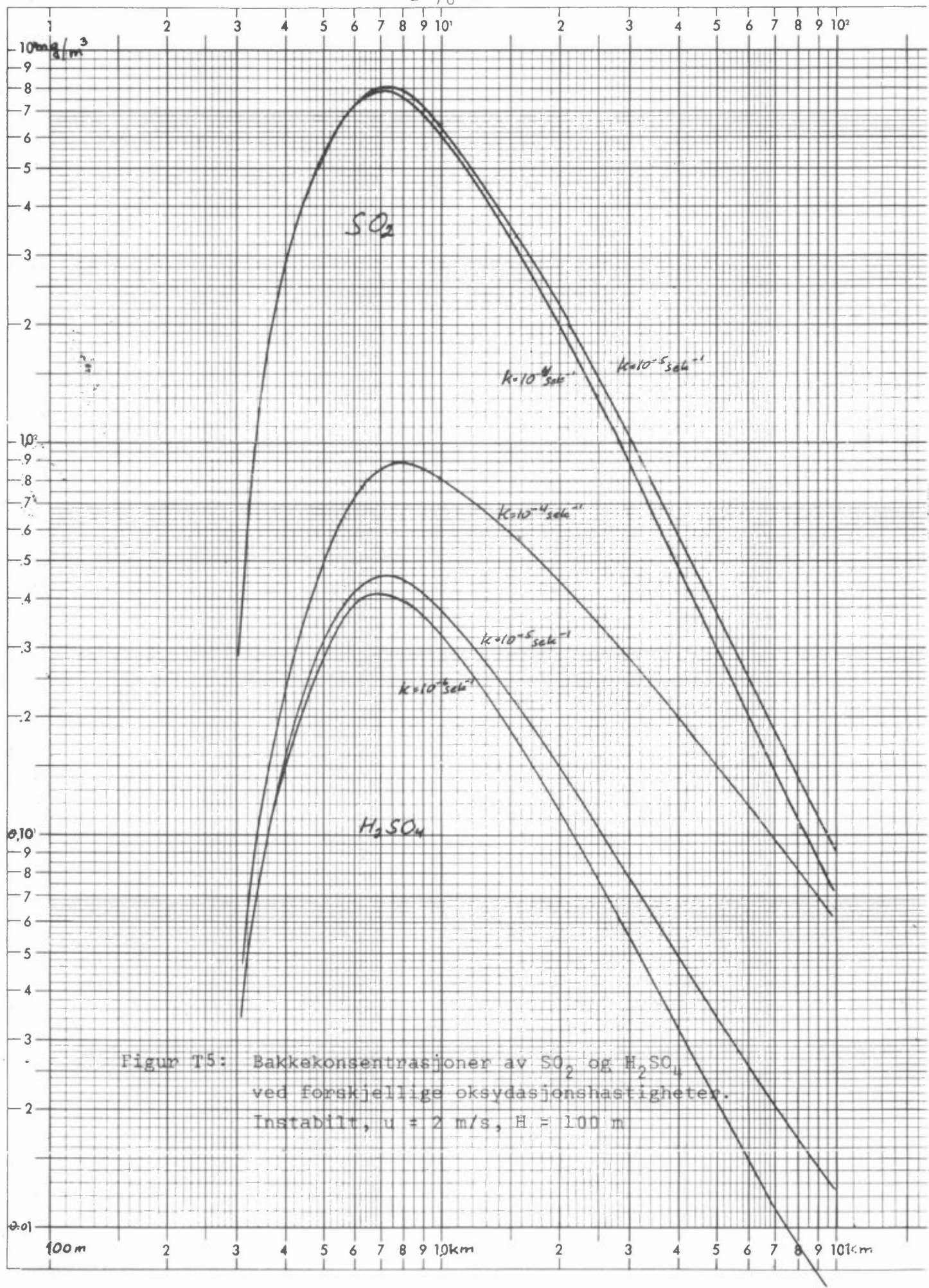


Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 62.5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab



Figur 14: Dannelse av H₂SO₄ ved forskjellige vindhastigheter

Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab



Figur T5: Bakkekonsentrasjoner av SO₂ og H₂SO₄ ved forskjellige oksydasjonshastigheter. Instabilt, u = 2 m/s, H = 100 m

Bakkekonsentrasjon av SO₂ (mg/m³). Stabilitet B, u = 2 m/s, H = 100 m

P	K	X = 316	422	502	750	1000	1334	1778	2371	3162	4217 m
2.0	10 ⁻⁴	0.72	3.64	6.93	7.76	6.22	4.22	2.62	1.50	0.83	0.44
3.2	10 ⁻⁴	0.71	3.60	6.84	7.67	6.15	4.17	2.58	1.48	0.82	0.44
4.4	10 ⁻⁴	0.70	3.55	6.76	7.57	6.07	4.11	2.55	1.46	0.81	0.43
2.0	10 ⁻⁵	0.73	3.71	7.11	8.03	6.51	4.48	2.83	1.67	0.95	0.54
3.2	10 ⁻⁵	0.72	3.66	7.02	7.93	6.43	4.42	2.80	1.65	0.94	0.53
4.4	10 ⁻⁵	0.71	3.62	6.93	7.83	6.35	4.37	2.76	1.63	0.93	0.52

Bakkekonsentrasjon av H₂SO₄ (mg/m³). Stabilitet B, u = 2 m/s, H = 100 m

P	K	X = 316	422	502	750	1000	1334	1778	2371	3162	4217 m
2.0	10 ⁻⁴	0.04	0.24	0.53	0.71	0.69	0.59	0.46	0.34	0.25	0.18
3.2	10 ⁻⁴	0.05	0.30	0.66	0.85	0.81	0.67	0.51	0.37	0.26	0.18
4.4	10 ⁻⁴	0.07	0.37	0.79	1.00	0.93	0.74	0.56	0.40	0.28	0.19
2.0	10 ⁻⁵	0.02	0.13	0.25	0.30	0.25	0.19	0.13	0.08	0.05	0.03
3.2	10 ⁻⁵	0.04	0.20	0.39	0.45	0.38	0.27	0.18	0.11	0.07	0.04
4.4	10 ⁻⁵	0.05	0.27	0.52	0.60	0.50	0.35	0.23	0.15	0.09	0.05

Tabell T4

Figur T5 og T6 samt tabell T4 er alle basert på en effektiv skorsteinshøyde $H = 100$ meter, men de samme forhold gjør seg gjeldende også for andre høyder.

Figur T7 og T8 illustrerer hvorledes bakkekonsentrasjonen av SO_2 varierer med den effektive skorsteinshøyde. Figurene er utarbeidet for $k = 10^{-5} s^{-1}$ for henholdsvis instabile forhold (B), $u = 2$ m/s og stabile forhold (E), $u = 4$ m/s.

I tabell T5 er det anslått maksimale bakkekonsentrasjoner av SO_2 og H_2SO_4 samt avstanden til maksimum ved forskjellige effektive skorsteinshøyder. Tabellen er utregnet for $u = 1$, 2 og 4 m/s for de tre stabilitetstyper. Et utdrag av denne tabell er angitt som tabell 6 i rapporten.

Stabilitet	H_{eff} , meter	$k = 10^{-4} s^{-1}$				$k = 10^{-5} s^{-1}$			
		SO_2		H_2SO_4		SO_2		H_2SO_4	
		C_{max}	X_{max}, km	C_{max}	X_{max}, km	C_{max}	X_{max}, km	C_{max}	X_{max}, km
Instabilt B	100	15.20	0.72	2.53	1.00	15.52	0.63	0.94	0.63
	150	7.60	1.00	1.54	1.30	7.63	1.00	0.52	1.20
	200	4.20	1.30	1.17	1.70	4.30	1.40	0.32	1.60
	250	2.80	1.58	0.87	2.10	2.95	1.65	0.23	1.75
	300	1.95	1.90	0.74	2.4	2.04	2.0	0.17	2.2
	350	1.50	2.2	0.62	2.6	1.60	2.4	0.14	2.5
	400	1.20	2.4	0.50	3.1	1.30	2.7	0.12	2.8
	450	0.90	2.6	0.46	3.8	0.98	3.0	0.10	3.2
	500	0.74	2.9	0.42	4.2	0.82	3.2	0.08	3.6
	550	0.62	3.2			0.72	3.4		
600	0.48	3.8			0.59	3.6			
Nøytralt C+D	100	11.05	1.58	4.11	2.5	12.74	1.6	1.00	2.0
	150	4.33	2.5	2.56	4.0	5.50	2.5	0.55	3.3
	200	2.10	3.5	1.80	5.5	3.00	4.0	0.36	4.5
	250	1.25	4.5	1.40	6.5	1.80	4.5	0.26	6.5
	300	0.75	5.5	1.10	8.0	1.30	6.0	0.21	8.0
	350	0.52	6.5	0.87	10.0	0.92	7.5	0.17	10.0
	400	0.22	7.5	0.75	11.5	0.65	9.0	0.14	12.0
	450	0.18	8.5	0.60	13.0	0.52	10.0	0.12	15.0
500	0.13	10.0	0.50	16.0	0.43	12.0	0.11	18.0	
Stabilt E	100	3.30	4.0	4.84	10	5.40	6.0	0.93	12
	150	0.70	7.0	2.20	15	1.58	10	0.54	26
	200	0.16	10.5	1.10	25	0.62	17	0.35	50
	250	0.04	15.0	0.58	35	0.27	28	0.23	56
	300	0.01	20	0.29	42	0.13	35	0.14	58
	350		28	0.15	50	0.06	45	0.08	60
	400		35	0.07	60	0.03	52	0.03	62

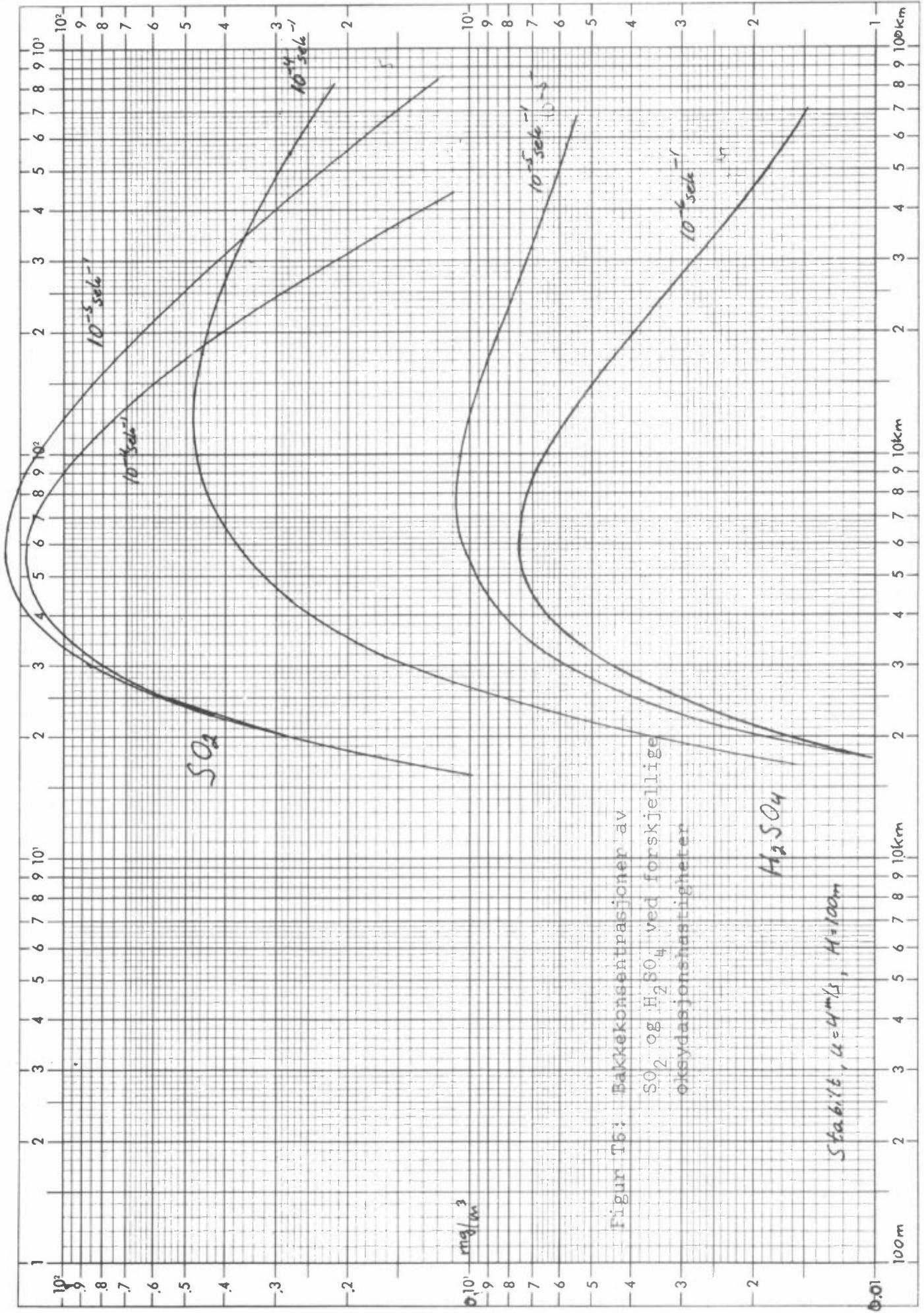
Tabell T5: Maksimale bakkekonsentrasjoner av SO_2 og H_2SO_4 , angitt i mg/m^3 , $u = 1$ m/s.

Stabilitet	H _{eff} , meter	k = 10 ⁻⁴ s ⁻¹				k = 10 ⁻⁵ s ⁻¹			
		SO ₂		H ₂ SO ₄		SO ₂		H ₂ SO ₄	
		C _{max}	X _{max} ,km	C _{max}	X _{max} ,km	C _{max}	X _{max} ,km	C _{max}	X _{max} ,km
Instabilt B	100	7.57	0.6	0.81	1.0	7.80	0.6	0.43	0.6
	150	3.66	1.0	0.50	1.2	3.84	1.0	0.22	1.0
	200	1.96	1.3	0.36	1.6	2.10	1.4	0.10	1.5
	250	1.40	1.6	0.27	1.9	1.50	1.6	0.10	1.7
	300	0.96	1.8	0.22	2.5	1.05	1.9	0.07	2.0
	350	0.84	2.2	0.19	2.8	0.78	2.3	0.06	2.5
	400	0.57	2.6	0.16	3.2	0.64	2.6	0.05	2.9
	450	0.45	2.8	0.14	3.5	0.50	2.9	0.04	3.2
	500	0.37	3.0	0.12	4.0	0.42	3.2	0.03	3.4
	550					0.36	3.5		
600					0.30	4.0			
Nøytralt C+D	100	6.00	1.6	1.22	2.5	6.45	1.6	0.42	1.6
	150	2.50	2.6	0.76	4.0	2.75	2.5	0.21	3.0
	200	1.27	3.4	0.55	5.7	1.52	4.0	0.13	4.0
	250	0.76	4.4	0.42	6.2	0.93	5.0	0.09	6.0
	300	0.51	5.5	0.34	8.0	0.65	6.0	0.07	8.0
	350	0.35	6.2	0.28	10.0	0.47	8.0	0.06	10.0
	400	0.25	7.5	0.24	12.0	0.34	9.5	0.05	12.0
	450	0.18	9.0	0.20	15.0	0.28	11.5	0.04	14.0
	500	0.14	11.0	0.17	17.0	0.22	13.5	0.03	16.0
Stabilt E	100	2.13	5.6	1.55	10.0	2.78	6.0	0.30	10.0
	150	0.53	10.0	0.80	22.0	0.85	11.0	0.16	24.0
	200	0.16	16.0	0.45	32.0	0.34	16.0	0.11	45.0
	250	0.05	20.0	0.25	40.0	0.16	29.0	0.07	50.0
	300	0.02	26.0	0.15	50.0	0.08	40.0	0.04	55.0
	350	0.01	34.0	0.07	55.0	0.04	55.0	0.02	60.0

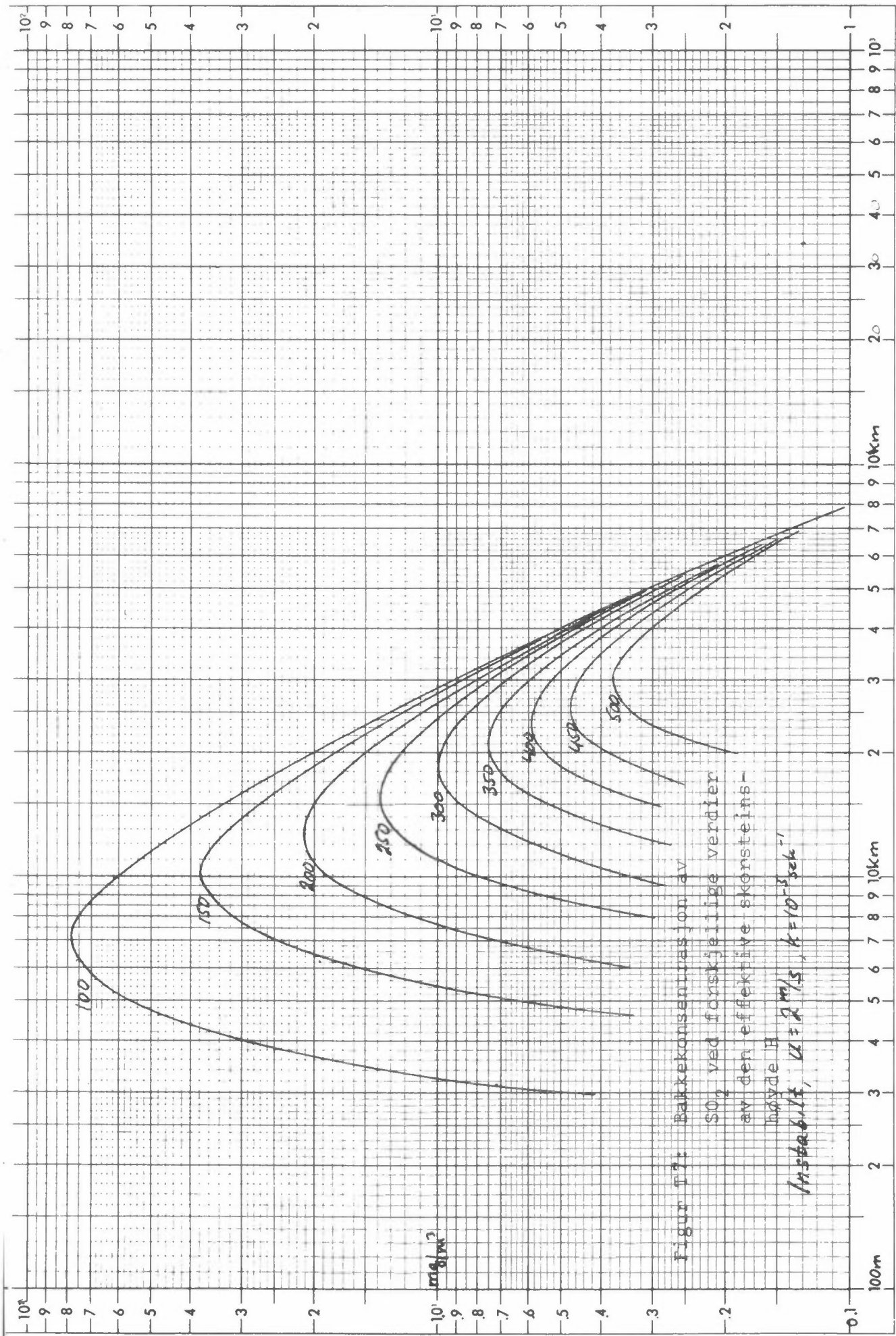
Tabell T5: Maksimale bakkekonsentrasjoner av SO₂ og H₂SO₄, angitt i mg/m³, u = 2 m/s.

	H _{eff} , meter	k = 10 ⁻⁴ s ⁻¹				k = 10 ⁻⁵ s ⁻¹			
		SO ₂		H ₂ SO ₄		SO ₂		H ₂ SO ₄	
		C _{max}	X _{max} , km	C _{max}	X _{max} , km	C _{max}	X _{max} , km	C _{max}	X _{max} , km
Instabilt B	100	3.85	0.6	0.29	0.9	3.90	0.6	0.21	0.6
	150	1.88	1.0	0.18	1.2	1.92	1.0	0.11	1.0
	200	1.02	1.4	0.12	1.6	1.06	1.4	0.06	1.4
	250	0.72	1.6	0.09	1.9	0.74	1.6	0.04	1.6
	300	0.50	1.8	0.07	2.5	0.52	1.8	0.03	1.8
	350	0.38	2.4	0.05	2.8	0.40	2.2	0.02	2.2
	400	0.30	2.7			0.32	2.5	0.02	2.7
	500	0.20	3.2			0.22	3.2		
Nøytralt C+D	100	3.12	1.6	0.38	2.3	3.23	1.6	0.18	1.6
	150	1.31	2.6	0.23	3.5	1.40	2.6	0.09	2.2
	200	0.71	3.6	0.16	5.5	0.77	4.0	0.05	3.6
	250	0.42	4.8	0.13	6.5	0.50	5.0	0.04	5.0
	300	0.30	5.8	0.10	8.5	0.33	6.0	0.03	6.5
	350	0.21	7.0	0.09	10.5	0.24	7.5	0.02	9.0
	400	0.14	8.5	0.07	12.0	0.18	9.0	0.02	11.0
	500	0.11	10.0	0.06	14.0	0.14	10.5	0.01	13.0
Stabilt E	100	1.23	5.6	0.47	12.0	1.40	6.0	0.11	8.0
	150	0.34	10.0	0.27	25.0	0.44	13.0	0.05	25.0
	200	0.12	16.0	0.17	40.0	0.18	20.0	0.03	50.0
	250	0.05	25.0	0.10	50.0	0.09	28.0	0.02	55.0
	300	0.02	32.0	0.06	55.0	0.04	37.0	0.01	60.0
	350	0.01	38.0	0.03	60.0	0.02	50.0	0.01	65.0

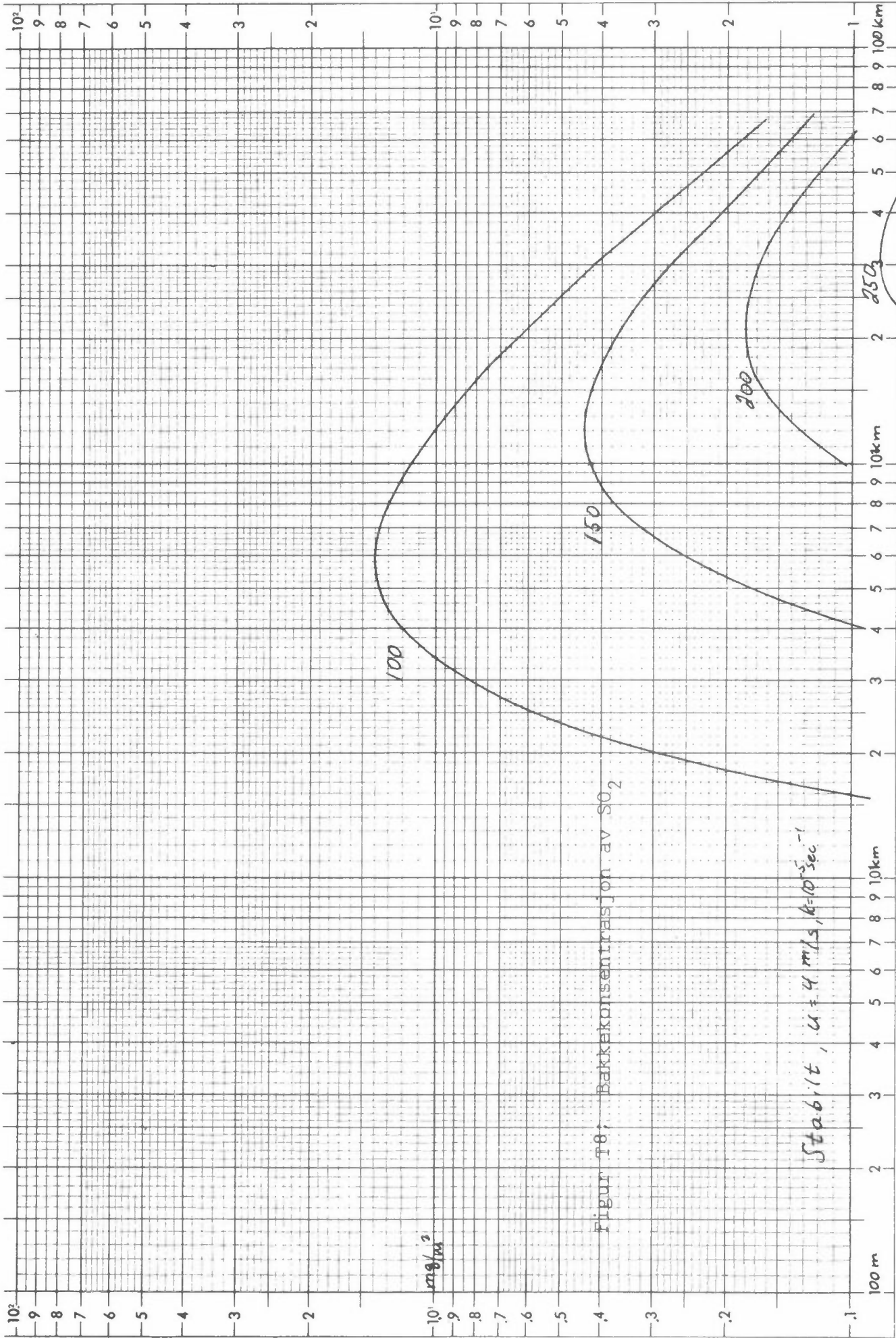
Tabell T5: Maksimale bakkenkonsentrasjoner av SO₂ og H₂SO₄, angitt i mg/m³, u = 4 m/s.



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 83,33 mm.



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 83.33 mm.



Figur T8: Bakkekonsentrasjon av SO₂

Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 83.33 mm.

T3 UTVASKING AV SO₂ OG H₂SO₄ VED NEDBØR

Gassformige eller partikulære forurensende stoffer som blir sluppet ut i atmosfæren vil etter en tid havne på bakken som følge av to prosesser, avsetning og utvasking. Avsetningen er behandlet under punkt 6.5 i rapporten, her skal utvaskingen behandles nærmere.

Utvaskingen skjer i forbindelse med nedbør, og kan foregå etter to prosesser kalt washout og rainout, det er vanskelig å finne tilsvarende norske, dekkende betegnelser.

Ved washout vaskes luften ved at forurensningene rives med av og løses i det fallende regnvann, ved rainout er forurensningene aktivt med ved dannelsen og utløsning av regn.

Beilke og Georgii (38) har ved eksperimenter og beregninger anslått betydningen av de to prosesser for SO₂ og sulfat-aerosoler for det totale sulfatinnhold i regnvann og kom til følgende tabell:

	SO ₂	Sulfat-aerosoler
Rainout	5%	20%
Washout	70%	5%

Washout er altså den dominerende faktoren når det gjelder utvasking av SO₂, mens mesteparten av sulfat-aerosolene finnes ved rainout.

T3.1 Washout

Beregningsmåter for washout er behandlet teoretisk av Guthrie og Nichols (39), og eksperimentelt av blant andre Beilke og Georgii (38).

Konsentrasjonen χ av et stoff i atmosfæren vil ved washout avta etter

$$\chi = \chi_0 e^{-\Lambda t} ,$$

der χ_0 er konsentrasjonen uten washout og Λ er en washout-koeffisient (benevning s^{-1}) som er avhengig av intensiteten I i regnet, midlere dråpestørrelse og den kjemiske sammensetning av regnvannet.

Under forutsetning av at regnet starter høyere enn der forurensningene er, kan utvaskingen ω tilnærmet beregnes etter

$$\omega = -\int_0^{\infty} \frac{d\chi}{dt} dz = \Lambda e^{-\Lambda t} \cdot \int_0^{\infty} \chi(x, y, z) dz, \quad \text{T VIII}$$

der $\chi(x, y, z)$ er konsentrasjoner i punktet (x, y, z) , kfr figur 7 og ligning IV.

Dette gir videre

$$\omega = \frac{\Lambda \cdot Q_0 e^{-\Lambda t}}{u \sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}, \quad \text{T IX}$$

som gir den største utvaskingen på røykfanens akse (altså i vindretningen).

$$\omega_{\max} = \frac{\Lambda Q_0 e^{-\Lambda t}}{u \sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y}. \quad \text{T X}$$

Anvendt på SO_2 fra forbrenning av olje må også oksydasjon av SO_2 tas i betraktning, og dette gir ved anvendelse av ligning VI

$$\omega_{\text{SO}_2} = \frac{Q_{\text{SO}_2} \cdot \Lambda(1-P)}{u \sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y} e^{-(\Lambda+k) \cdot \frac{x}{u}} \quad \text{T XI}$$

Tilsvarende fåes for H_2SO_4 :

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{Q_{\text{SO}_2} \cdot \frac{98}{64} \cdot \Lambda}{u \sqrt{2\pi} \cdot \sigma_y} e^{-\frac{\Lambda x}{u}} \left\{ 1 - (1-P)e^{-\frac{kx}{u}} \right\} \quad \text{T XII}$$

Dimensjonsanalyse av dette uttrykk gir for ω :

$$\omega = \frac{g \cdot s^{-1} \cdot s^{-1}}{m \cdot s^{-1} \cdot m} = g/m^2/s. \quad \text{T XIIIa}$$

Beilke og Georgii (38) angir følgende verdier for washout-koeffisienten bestemt for destillert vann:

I mm regn/time	\bar{r} mm	Λ s^{-1}	Halveringstid for washout i minutter
2	0.85	$0.5 \cdot 10^{-3}$	25.0
2	0.40	$1.0 \cdot 10^{-3}$	12.4
2	0.15	$1.6 \cdot 10^{-3}$	7.5
2	0.01 tåke	$6.5 \cdot 10^{-3}$	2.5

Tabell T6: Halveringstid og washout-hastighet for SO_2 ved varierende dråpestørrelse, fra kunstig regn med destillert vann.

Washout-hastigheten øker ved økende pH i regnet. Videre er hastigheten høyere for naturlig regn enn for kunstig regn med samme pH, delvis på grunn av katalytisk oksydasjon av SO_2 fra partikler som er oppløst i naturlig regn.

Washout-koeffisientens variasjon med regnintensiteten kan uttrykkes ved

$$\Lambda_I = \Lambda_2 \sqrt{\frac{2}{I}}, \quad \text{T XIII}$$

der Λ_2 tilsvarer verdiene i tabell T6 for $I = 2$ mm/time.

Undersøkelser over radioaktivitet i nedbør ved washout tyder på at sne har mindre rensende effekt enn regn (40), men her råder stor usikkerhet.

I tabell T7 er det ført opp beregnede verdier for washout av SO_2 og svovelsyre på grunnlag av utslippene fra varmekraftverket ($Q = 1080$ g SO_2/s) og oljeraffineriet ($Q = 250$ g SO_2/s). (Kfr tillegg 4). Tabellen er utarbeidet for nedbørssituasjoner med

WISLIPP 1080 G SO2/S														
Tos A X= 100 158 251 398 631 1000 1585 2512 3981 6310 10000 15849														
2M/S	3	4.0-003	99.16	58.26	31.97	15.73	6.52	2.05	0.42	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	54.79	34.14	20.55	11.71	6.12	2.79	1.02	0.27	0.04	0.00	0.00	0.00
	12	1.0-003	28.80	18.48	11.65	7.15	4.20	2.30	1.13	0.47	0.15	0.03	0.00	0.00
	25	5.0-004	14.77	9.61	6.20	3.95	2.46	1.48	0.84	0.44	0.20	0.07	0.02	0.00
4M/S	3	4.0-003	54.81	34.15	20.56	11.72	6.13	2.80	1.03	0.27	0.04	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	28.81	18.48	11.66	7.15	4.20	2.31	1.14	0.47	0.15	0.03	0.00	0.00
	12	1.0-003	14.77	9.61	6.21	3.95	2.46	1.48	0.84	0.44	0.20	0.07	0.02	0.00
	25	5.0-004	7.48	4.90	3.20	2.08	1.33	0.84	0.51	0.30	0.17	0.08	0.03	0.01
WISLIPP 250 G SO2/S														
Tos A X= 100 158 251 398 631 1000 1585 2512 3981 6310 10000 15849														
2M/S	3	4.0-003	23.03	13.53	7.42	3.95	1.51	0.48	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	12.73	7.93	4.77	2.72	1.42	0.65	0.24	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00
	12	1.0-003	6.69	4.29	2.71	1.66	0.97	0.53	0.26	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00
	25	5.0-004	3.43	2.23	1.44	0.92	0.57	0.34	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00
4M/S	3	4.0-003	12.73	7.93	4.77	2.72	1.42	0.65	0.24	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	6.69	4.29	2.71	1.66	0.98	0.54	0.26	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00
	12	1.0-003	3.43	2.23	1.44	0.92	0.57	0.34	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00
	25	5.0-004	1.74	1.14	0.74	0.48	0.31	0.19	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00
WISLIPP 1080 G SO2/S														
Tos A X= 100 158 251 398 631 1000 1585 2512 3981 6310 10000 15849														
2M/S	3	4.0-003	3.77	2.39	1.46	0.83	0.42	0.17	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	2.09	1.40	0.94	0.62	0.39	0.23	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
	12	1.0-003	1.10	0.76	0.53	0.38	0.27	0.19	0.12	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
	25	5.0-004	0.56	0.39	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00
4M/S	3	4.0-003	1.95	1.26	0.81	0.50	0.30	0.16	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	1.02	0.68	0.46	0.31	0.21	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00
	12	1.0-003	0.53	0.36	0.24	0.17	0.12	0.09	0.06	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00
	25	5.0-004	0.27	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
WISLIPP 250 G SO2/S														
Tos A X= 100 158 251 398 631 1000 1585 2512 3981 6310 10000 15849														
2M/S	3	4.0-003	0.88	0.55	0.34	0.19	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	0.48	0.32	0.22	0.14	0.09	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	12	1.0-003	0.25	0.18	0.12	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
	25	5.0-004	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
4M/S	3	4.0-003	0.45	0.29	0.19	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	2.0-003	0.24	0.16	0.11	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	12	1.0-003	0.12	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	25	5.0-004	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00

Tabell T7: Beregnede verdier for washout av SO₂ og H₂SO₄ fra Slagentangen i mg H₂SO₄/m²/s.

nøytral stabilitet, og gir bidraget i $\text{mg H}_2\text{SO}_4/\text{m}^2/\text{s}$.

Som det vil fremgå av ligning T XI og T XII inngår ikke skorsteins-
høyder i washout-uttrykkene. Det forutsettes at regnet starter
høyere enn røykfanen, og i beregningene er det regnet med at
regnet faller loddrett. Dette vil det selvfølgelig ikke gjøre i
praksis, man vil få en forskyvning av spredningsbildet, avhengig
av vindhastigheten og skorsteinshøyden.

Videre er beregningene basert på punkter midt på røykaksen. Utenfor
aksen må uttrykkene modifiseres med faktoren

$$e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}, \text{ kfr ligning T IX.}$$

Vindens retning vil variere innenfor visse grenser som er knyttet
sammen med stabilitetsklassene (kfr kapittel 6.1.5), dette gjør
at aktuelle konsentrasjoner fra washout vil bli mindre enn
beregninger tilsier.

I et normalt regnvær med vindstyrke 4 m/s, nedbørintensitet 2 mm
regn pr time og utvaskingskoeffisient $\Lambda = 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ (tilsvarende
en halveringstid for utvaskingen på ca 12 min) finnes fra
tabell T7 en utvasking på $3,95 \text{ mg H}_2\text{SO}_4/\text{m}^2/\text{s}$. I løpet av 10
minutter vil det i en avstand av 400 meter være utvasket ca
 $4 \text{ g H}_2\text{SO}_4/\text{m}^2$. 1600 meter fra utslippet vil mengden reduseres
til $0.5 \text{ g}/\text{m}^2$. Disse tallene kan virke høye så det kan være
nødvendig med et raskt overslag:

Regner man med at en slik utvaskingssituasjon varer i tre timer,
vil det på denne tiden slippes ut fra ett 250 MW-aggregat med et
utslipp på $1080 \text{ g SO}_2/\text{s}$

$$Q_{3t} = 1080 \text{ g SO}_2/\text{s} \cdot 10 \cdot 60 \cdot \text{s} = 650 \text{ kg SO}_2 \sim 970 \text{ kg H}_2\text{SO}_4.$$

Regner man videre med at halvparten av dette vil bli vasket ut
i løpet av 12 minutter, vil dette si at 450 kg svovelsyre skal
vaskes ut innen en sektor som ved $u = 4 \text{ m/s}$ er 2400 meter lang
og 500 meter bred. Bredden tilsvarer $2 \cdot \sigma_y$ for $x = 2.4 \text{ km}$
ved nøytral stabilitet. Dette gir et midlere utvaskingsbidrag
pr m^2 :

$$\omega = \frac{6.5 \times 10^5 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{\frac{500 \times 2400}{2} \text{ m}^2} = 1 \text{ g H}_2\text{SO}_4/\text{m}^2 \quad ,$$

som er i overensstemmelse med verdier fra tabell T7.

For å få foretatt en mer detaljert beregning av hvor meget svovelsyre som vil bli tilført bakken ved washout av SO₂ ville det være nødvendig med inngående kjennskap til hyppigheten av forskjellige slags nedbørssituasjoner på vindretning, vindstyrke, nedbørsintensitet etc. Av tabell T7 fremgår det at ved avstander over ca 4 km begynner utvaskingen å bli av mindre betydning. Fra figur 1 i Meteorologisk Institutt's rapport ser en at nedbørhyppigheten er størst ved vind fra sørlige retninger om sommeren, og fra nordlige retninger om vinteren. Mesteparten av den SO₂ og svovelsyre som vil vaskes ut, vil falle i verkets umiddelbare nærhet på Slagentangen, og ellers i Oslofjorden.

T3.2 Rainout

Aerosoler er av stor betydning i forbindelse med rainout, ved at de kan bidra til kondensasjon av vanndamp og vekst av vanndråper i skyene, for til slutt å utløse regnvær. Det er vesentlig aerosoler med partikkelstørrelse 1 - 10 μ som vil virke som kondensasjonskjerner. Etter Junge (41) kan konsentrasjon av fremmedstoffer i vanndråpene i en sky, k, uttrykkes ved

$$-k = \chi_0 \eta \frac{\rho}{L} \quad , \quad \text{T XIV}$$

der k er konsentrasjonen i skyvannet i mg/l.

χ_0 konsentrasjonen i luften omkring vanndråpene μg/m³.

ρ vannets tetthet g/cm³.

L vanninnholdet i skyene i g/m³.

η rainout-koeffisient 0 < η < 1.

Beilke og Georgii (38) angir for rainout av SO₂ η -verdier 0.01 - 0.1, mens for sulfat-aerosoler er η oppimot 1. De har beregnet et bidrag på 5.5 mg H₂SO₄/liter regnvann fra washout, mens de tilsvarende tall for rainout er ca 1-2 mg/liter. Det er ikke her utført beregninger over rainout fra Slagentangen.

T4 UTSLIPP AV SO₂ FRA ESSO-RAFFINERIEET PÅ SLAGENTANGEN

NILU har 20.10.1970 fått opplysninger fra Røykskaderådet om utslippene av SO₂ fra Esso-raffineriet.

De maksimalt tillatte utslipp er i dag:

Brenning av H ₂ S fra Hydrofiner	330 kg S/time
Brenning av gasser fra raffineriet	30 kg S/time
Fyring av tungolje	95 kg S/time
	<u>455 kg S/time</u>

Anlegget kan raffinere 4.2 millioner tonn råolje pr år. Det er 8 utslippssteder, konsentrert innen et område på ca 140 m x 120 m, den eksakte beliggenhet av hvert sted er ikke kjent. Utslippsdata er vist i tabell T8. Utslippet av SO₂ er fordelt på de forskjellige utslippssteder etter volumet av avgassene.

Anlegg	Pipe-høyde	Temp. avgass	10 ⁶ kcal/h	10 ³ m ³ /h	H		Utslipp SO ₂ g/s	Forbrenner
					u=2 m/s	u=4 m/s		
A Rørovn	46 m	420°C	50.0	73.0	320 m	180 m	102.8	Gass, H ₂ S, fyringsolje
B Rørovn	46 m	355°C	17.7	22.0	160 m	100 m	38.9	Gass, H ₂ S, fyringsolje
C 4 Reformervovner	4x46 m	370°C	31.0	39.0	110 m	76 m	78.0	Gass, H ₂ S
D Hydrofiner	24 m	410°C	1.9	2.4	55 m	40 m	4.5	Gass, H ₂ S
E 4 Dampkjeler	1x46 m	300°C	20.1	25.0	170 m	110 m	26.7	Fyringsolje

Tabell T8: Data for de forskjellige utslippssteder ved ESSO-raffineriet på Slagentangen

Det er videre opplyst at det nåværende utslipp i forbindelse med brenning av H₂S er fordelt på:

54 dager	291 kg S/time
154 dager	88 kg S/time
120 dager	50 kg S/time
37 dager	0 kg S/time
middel	97 kg S/time

Det største utslipp, 291 kg s/time er mindre enn det maksimalt tillatte, og pågår ikke mer enn under 2 måneder i året.

I tabell T9 er det ført opp beregnede bakkekonsentrasjoner av SO₂ og svovelsyre, summert for alle kilder, og basert på utslippsdata fra tabell T5, med $k = 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ for SO₂ og 10^{-4} s^{-1} for H₂SO₄.

SO ₂		398	631	1000	1.6	2.5	4.0	6.3	10	16	25	40 km
Stabilt	2 m/s	-	-	1	7	45	121	173	175	142	101	64
	4 m/s	-	1	33	198	424	503	436	321	215	134	79
Nøytralt	2 m/s	26	99	276	487	507	382	246	137	68	31	15
	4 m/s	79	278	569	610	483	306	167	82	38	17	9
Instabilt	2 m/s	212	583	671	485	276	128	53	21	14	9	6
	4 m/s	529	746	607	354	165	69	27	12	7	6	3
H ₂ SO ₄												
Stabilt	2 m/s	-	-	3	10	23	53	94	130	144	137	112
	4 m/s	-	-	2	12	35	59	75	84	86	78	67
Nøytralt	2 m/s	2	9	34	82	119	127	117	94	65	40	25
	4 m/s	6	21	51	68	70	61	46	33	21	14	10
Instabilt	2 m/s	17	58	85	83	66	43	26	15	12	11	9
	4 m/s	35	56	55	41	25	13	7	5	4	4	2

Tabell T9: Beregnede bakkekonsentrasjoner av SO₂ og svovelsyre i µg/m³ fra Esso-raffineriet.

REFERANSER

- (1) Pasquill, F The Estimation of the Dispersion of Windborne Material, Meteorol. Mag. 90, 33 (1961).
- (2) Turner, D B Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, U S Dep. of Health, Education and Welfare (1967).
- (3) Sivertsen, B Internt notat om beregning av skorsteins- høyder, NILU 1970.
- (4) Carson, J & Moses, H The Validity of Several Plume Rise Formulas. Journ. of Air Pollution Control Ass. 19 862 (1969).
- (5) Briggs, G Discussion of Comparative Consequences of Different Plume Rise Formulas. Atm. Envir. 2 218 (1968).
- (6) Bringfelt, B Plume Rise Measurements at Industrial Chimneys. Atm. Env. 2 575 (1968).
- (7) Thomas, F W, Carpenter, S B og Colbaugh, W C
 Plume Rise Estimates for Electric Generating Stations. Journ. of Air Pollution Control Ass. 20 170 (1970).
- (8) The calculation of atmospheric dispersion from a stack. Concawe 1966.
- (9) Riktlinjer för emissionsbegränsande åtgärder vid luftförorenande anläggningar. Statens Naturvårdsverk, Publikasjon 2, 1970.

- (10) Maximale Immisions-konzentrationen.
Schwefeldioxyd. VDI 2108, Verein.
Deutsche Ingenieure (1961).
- (11) Maximale Immisions-konzentrationen.
Nitrose Gase. VDI 2105, Verein. Deutsche
Ingenieure (1960).
- (12) Johansson, O On sulphur problems in Swedish agriculture,
Ann Royal Agr. Coll. Sweden 25 57 (1959).
- (13) Eriksson, E The yearly circulation of chloride and
sulfur in nature. Tellus 12 63 (1960).
- (14) Meteorology and atomic energy 1968, p 202.
US Atomic Energy Commission 1968.
- (15) Control Techniques for Nitrogen Oxide
Emissions from Stationary Sources, AP-67,
US Department of Health, Education and
Welfare (1970).
- (16) Air Quality Criteria for Particulate
Matter, p 26, AP-49, US Department of
Health, Education and Welfare (1969).
- (17) Air Quality Criteria for Sulfur Oxides,
AP-50, US Department of Health, Education
and Welfare (1969).
- (18) Stern, A C Air Pollution, 2 ed, Academic Press,
(1968).
- (19) Dahl, E og Skre, O En undersøkelse over virkningen av sur
nedbør på produktiviteten i landbruket.
Norges Landbrukshøgskole (1970).
- (20) Handbook of Chemistry and Physics, 48 ed,
The Chemical Rubber Co (1967-68).

- (21) Levy, A, Merryman, E L og Reid, W T
Mechanisms of Formation of Sulfur Oxides
in Combustion. *Envir. Sci & Technol.*
4 653 (1970).
- (22) Niepenberg, H J Fuel Heat Technol. 14 34 (1966).
- (23) Gerhard, E R og Johnstone, H F
Photochemical Oxidation of Sulfur
Dioxide in Air, *Ind. Eng. Chem.* 47 972
(1955).
- (24) Urone, P, Lutsep, H, Noyes, C M og Parcher, J F
Static Studies of Sulfur Dioxide
Reactions in Air, *Envir. Sci. Technol.*
2 611 (1968).
- (25) Doyle, G J Self-Nucleation in the Sulfuric
Acid-Water System, *Journ. Chem. Phys.*
35 795 (1961).
- Renzetti, N A og Doyle, G J
Photochemical Aerosol Formation in
Sulfur Dioxide-Hydrocarbon Systems,
Int. Journ. Air Pollution Control Ass.
2 327 (1960).
- (26) Bricard, J Personlig meddelelse 1970.
- (27) Junge, C E og Ryan, T Study of the SO₂ Oxidation in
Solution and its Role in Atmospheric
Chemistry, *Quart. Journ. Roy. Met.Soc.*
84 46 (1958).
- (28) Johnstone, H F og Coughanowr, D R
Absorption of Sulfur Dioxide from Air,
Ind. Eng. Chem. 50 1169 (1958).

- (29) Johnstone, H F og Moll, A J
Formation of Sulfuric Acid in Fogs,
Ind. Eng. Chem. 52 861 (1960).
- (30) Foster, P M
The Oxidation of Sulphur Dioxide in
Power Station Plumes, Atm. Envir. 3 157
(1969).
- (31) Bracewell, J M og Gall, D
The Catalytic Oxidation of
Sulphur Dioxide in Solution at
Concentrations Occurring in Fog Droplets,
Proceedings Symposium on the Physico-
chemical Transformation of Sulphur
Compounds in the Atmosphere and the
Formation of Acid Smogs, OECD Mainz (1967).
- (32) Coughanowr, D R og Krause, F E
The Reaction of SO₂ and O₂ in Aqueous
Solutions of MnSO₄, Ind. Eng. Chem. Fund.
4 61 (1965).
- (33) Gartrell, F E, Thomas, F W og Carpenter, S B
Atmospheric Oxidation of SO₂ in Coal-
Burning Power Plant Plumes, Journ. Am. Ind.
Hyg. Ass. 24 113 (1963).
- (34) Van den Heuvel, A P og Mason B J
The Formation of Ammonium Sulphate in
Water Droplets Exposed to Gaseous
Sulphur Dioxide and Ammonia, Quart. Journ.
Roy. Met. Soc. 89 271 (1963).
- (35) Katz, M
Photoelectric Determination of Atmos-
pheric Sulfur Dioxide, Employing Dilute
Starch-Iodine Solutions, Anal. Chem. 22
1040 (1950).
- (36) Turner, D B
A Diffusion Model for an Urban Area,
Journ. Appl. Met. 3 83 (1964).

- (37) Gifford, F A Use of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Dispersion, Nuclear Safety 2 47 (1961).
- (38) Beilke, S og Georgii H W Investigation on the incorporation of sulfur-dioxide into fog- and rain-droplets. Tellus 20 435 (1968).
- (39) Guthrie, C E og Nichols, J P Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in U^{233} and Pu^{239} Fuel Fabrication and Radioisotope Processing Plants. Oak Ridge National Laboratory ORNL-3441 (1964).
- (40) Engelmann, R J The Calculation of Precipitation Scavenging, in Meteorology and Atomic Energy p 208 (1968).
- (41) Junge, C Air Chemistry and Radioactivity. Academic Press, New York 1963.
- (42) Odén, D Nederbördens och luftens försurning - dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. Ekologikommittén, bull. nr 1 Statens naturvetenskapliga Forskningsråd, Stockholm (1968).