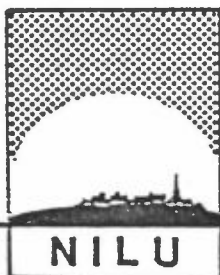


NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR. 5/82
REFERANSE: 25180
DATO: JANUAR 1982

FORELØPIGE BEREGNINGER AV
LUFTFORURENSNING FRA ET AVFALLS-
FORBRENNINGSANLEGG I
TRONDHEIM KOMMUNE

AV
JØRGEN SCHJOLDAGER



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

POSTBOKS 130.- 2001 LILLESTRØM

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR. 5/82
REFERANSE: 25180
DATO: JANUAR 1982

FORELØPIGE BEREGNINGER AV
LUFTFORURENSNING FRA ET AVFALLS-
FORBRENNINGSANLEGG I
TRONDHEIM KOMMUNE

AV
JØRGEN SCHJOLDAGER

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN 82-7247-291-0

SAMMENDRAG

SINTEF, Avd. for teknisk kjemi, er i ferd med å utvikle og teste metodikk for gjennomføring av en "økokonsekvensanalyse", som har til formål å klargjøre effektene på det biologiske miljø av et inngrep i naturen.

Metodikken blir testet i forbindelse med planlegging og bygging av et avfallsforbrenningsanlegg i Trondheim kommune. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har deltatt i SINTEF-prosjektet ved å gjøre spredningsberegninger for luftforurensninger fra et slikt anlegg. To byggesteder har vært aktuelle, nemlig Ranheim og Heimdal.

Beregningene er gjort på grunnlag av utslippsdata fra SINTEF og delvis fra NILU. Data for vind er hentet fra Meteorologisk institutts værstasjon på Tyholt. Data for atmosfærisk stabilitet er anslått på grunnlag av data fra Levanger. Beregningene må karakteriseres som grove.

Konsentrasjoner av forurensninger er gitt som isokonsentrasjonskart på halvårsbasis (sommer) og årsbasis. Det er videre gitt anslag for tørravsetning av de aktuelle stoffene.

Det er angitt hvilke undersøkelser som er nødvendige for å forbedre datagrunnlaget. Slike undersøkelser bør som et minimum omfatte kontinuerlige målinger av vind og stabilitet i et år, samt bestemmelse av det nåværende forurensningsnivå i luft og nedbør.

INNHOOLD

Side:

SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	4
2 DATAGRUNNLAG	6
2.1 Utslippsdata	6
2.2 Meteorologiske data	8
3 BEREGNING AV SPREDNING OG AVSETNING	10
4 DISKUSJON	16
4.1 Vind	16
4.2 Stabilitet	17
4.3 Topografi	17
4.4 Avsetning	18
5 KONKLUSJON	18
6 REFERANSER	19
VEDLEGG A	21
VEDLEGG B	24

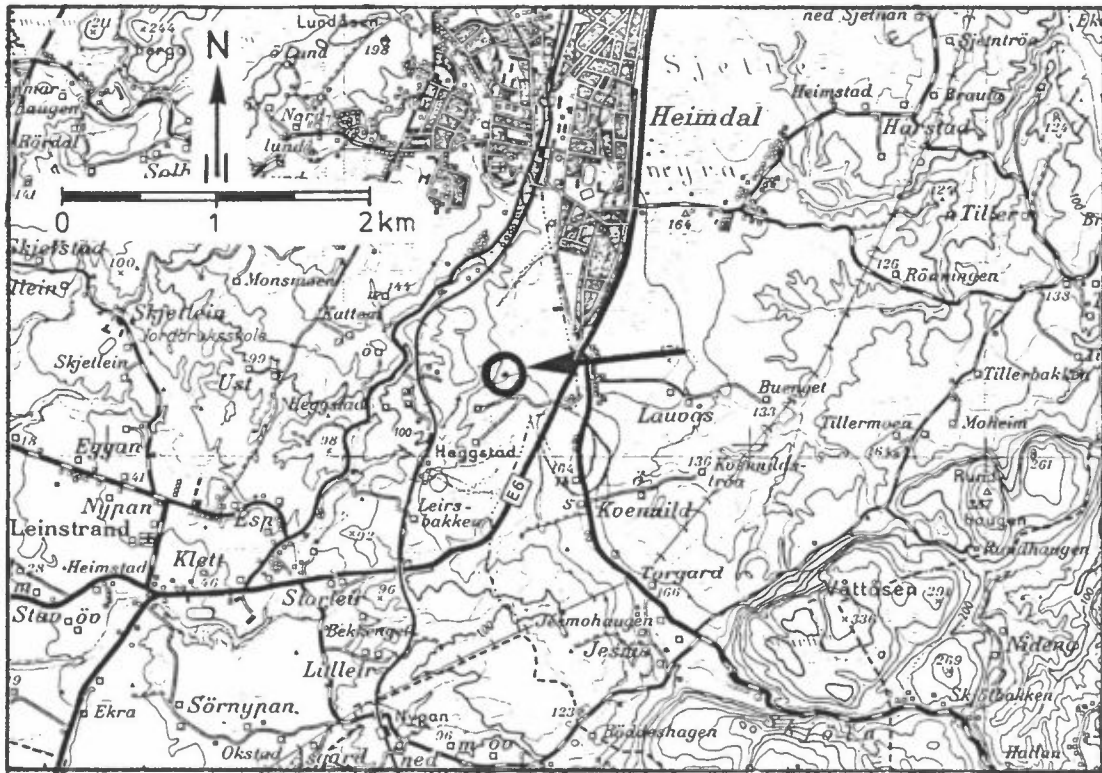
FORELØPIGE BEREGNINGER AV LUFTFORURENSNING FRA ET AVFALLS-
FORBRENNINGSANLEGG I TRONDHEIM KOMMUNE

1 INNLEDNING

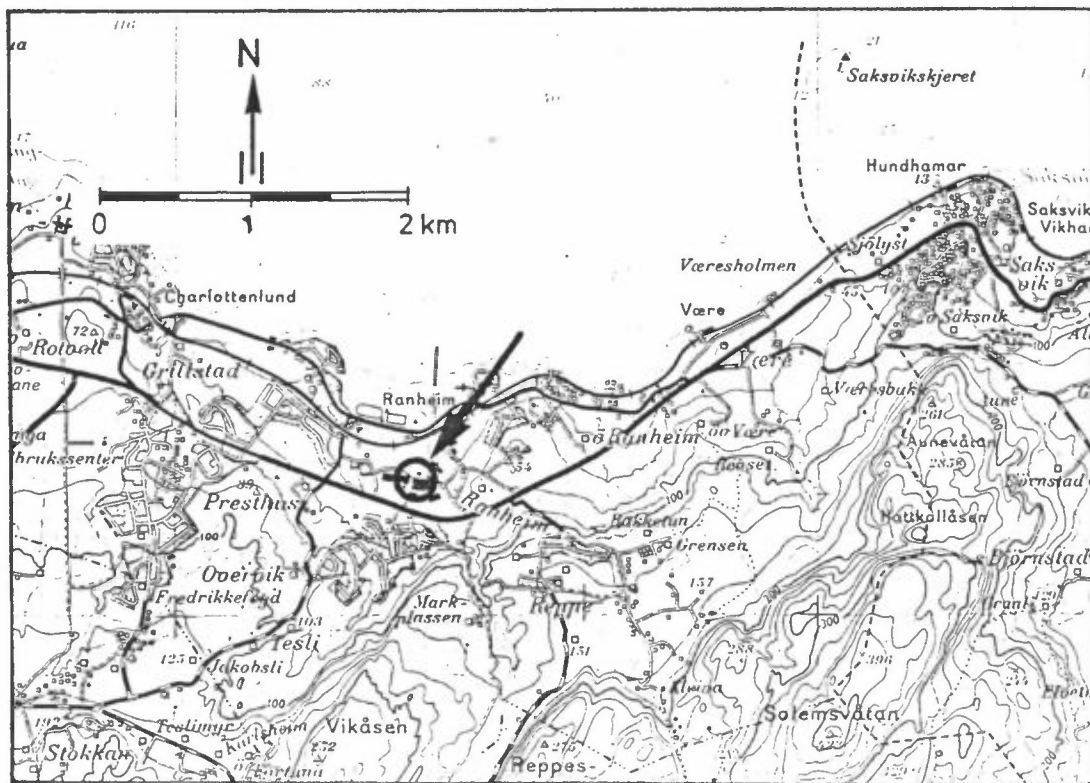
SINTEF, Avd. for teknisk kjemi, er i ferd med å utvikle og teste metodikk for gjennomføring av en "økokonsekvensanalyse" (økologisk konsekvensanalyse). En økokonsekvensanalyse har som mål å klargjøre effektene på det biologiske miljø av et inngrep i naturen.

Som et "pilotprosjekt" er det valgt å utføre en økokonsekvensanalyse ved etablering av et avfallsforbrenningsanlegg i Trondheim kommune (1). Som et ledd i dette prosjektet er Norsk institutt for luftforskning (NILU) gitt i oppdrag å utføre spredningsberegninger for luftforurensninger fra et slikt anlegg. Beregningene skulle utføres på grunnlag av allerede eksisterende meteorologiske data, samt utslippsdata bestemt av SINTEF og NILU i fellesskap. Denne rapporten inneholder resultatene fra disse beregningene.

To mulige steder for forbrenningsanlegget er valgt ut, et på Heimdal og et i Ranheim. De to stedene er vist i figur 1 og 2.



Figur 1: Kart over Heimdal med mulig sted for forbrenningsanlegget.

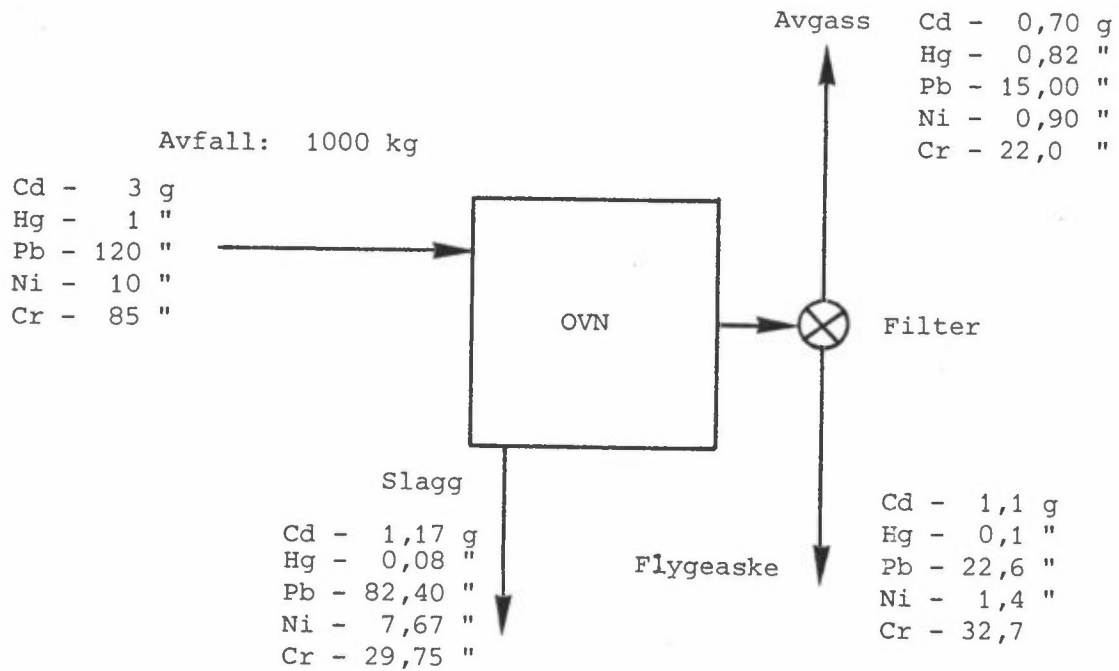


Figur 2: Kart over Ranheim med mulig sted for forbrenningsanlegget.

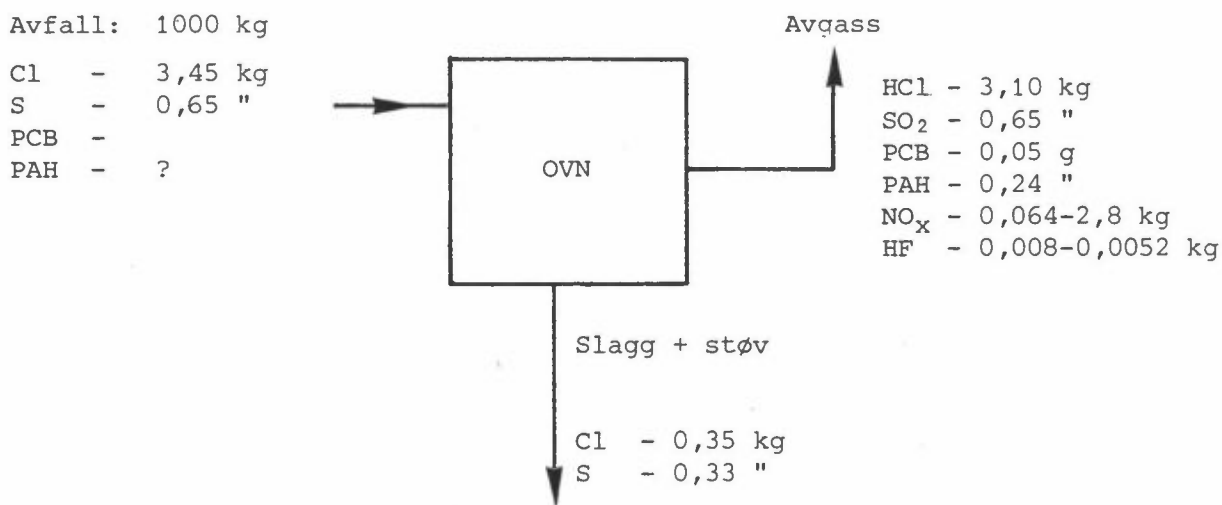
2 DATAGRUNNLAG

2.1 Utslippsdata

Figur 3 og 4 gir materialbalanser over en forbrenningsovn med hensyn til tungmetaller, andre uorganiske forbindelser og organiske mikroforurensninger (1). Materialbalansen er basert på forbrenning av 1000 kg avfall og gir middeltall for utslipp til luft i partikkel- og gassfase, samt mengder av slagg og flygeaske.



Figur 3: Materialbalanse over en forbrenningsovn med hensyn på tungmetaller (1).



Figur 4: Materialbalanse over en forbrenningsovn med hensyn på uorganiske stoffer og organiske mikroforurensninger (1).

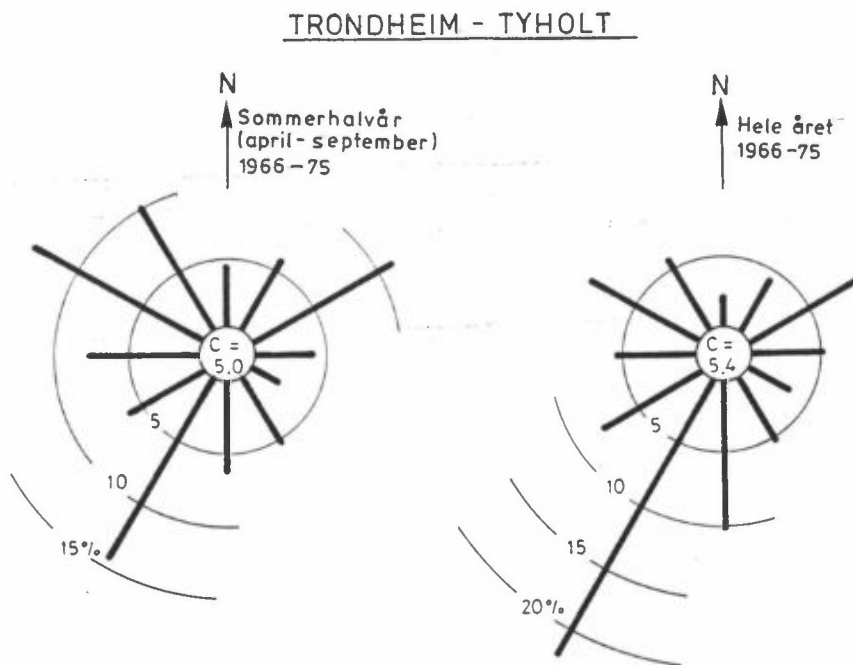
Videre er følgende utslippsdata blitt fastsatt:

Avfallsmengde	:	70 000 t/a
Røykgassmengde	:	5 500 Nm ³ /t
Røykgasstemperatur:		210°C
Skorsteinshøyde	:	50 m
Røykgasshastighet	:	15 m/s

Disse forutsetningene gir øvre skorsteinsdiameter på 1.4 m.

2.2 Meteorologiske data

Data for vindstyrke og -retning fins fra Meteorologisk institutts værstasjon på Tyholt (2). I figur 5 er det gitt vindretningsfordeling som gjennomsnitt for åra 1966-75 for sommerhalvåret (april-september) og hele året.



Figur 5: Vindretningsfordeling (%) på Tyholt for april-september og hele året. C betyr vindstille, dvs. vindstyrke mindre enn ca 1 m/s (2).

I perioden januar - juli 1978 målte NILU vindstyrke og -retning på Bakklandet i Trondheim, som et ledd i undersøkelse av trafikkforurensninger (3). I vedlegg A er det gitt månedsvise vindretningsfordelinger for denne stasjonen.

De foreliggende vinddata indikerer tre hovedvindretninger i Trondheim, nemlig vind fra nord/nordøstlig, sørlig og nordvestlig kant. Av disse er sørlig vind (sør og sørøst på Bakklandet og sør-sørvest på Tyholt) mest typisk for vinteren, mens nordvest er mest typisk for sommeren. Også nordlig og nordøstlig vind forekommer ofte om sommeren.

Midlere vindstyrke for de ulike vindretningene på Tyholt er gitt i tabell 1. De høyeste vindstyrkene forekommer i gjennomsnitt ved vind fra vest og sør-vest.

Tabell 1: Midlere vindstyrke (m/s) for ulike vindretninger på Tyholt 1966-75 (2).

Vindretning (grader)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	330	360
Sommerhalvåret	2.2	2.3	2.3	3.5	3.6	3.3	2.5	3.3	3.5	2.5	1.7
Hele året	2.2	2.3	2.5	3.3	4.0	3.5	2.8	3.5	4.3	2.6	2.2

En kjenner ikke til at det foreligger data for atmosfærens stabilitet (vertikal blandingssevne) for Trondheimsområdet. Det nærmeste stedet NILU har foretatt målinger, er Borgsåsen ved Levanger (4). Ved å sammenlikne vindretningsfrekvensene for Tyholt og Borgåsen i de ulike årstidene, har en på grunnlag av stabilitetsdata fra Borgsåsen anslått stabilitetsforholdene ved Tyholt. I vedlegg B er de anslåtte data gitt for sommerhalvåret og hele året, fordelt på de fire stabilitetsklassene

Instabil

Nøytral

Lett stabil

Stabil

Disse stabilitetsklassene er nærmere beskrevet i andre NILU-rapporter, og danner grunnlaget for beregninger med Gaussiske spredningsmodeller (5).

3 BEREGNING AV SPREDNING OG AVSETNING

En har gjort beregninger for sommerhalvåret og hele året på grunnlag av vindretningsfordelingen for Tyholt (figur 5) og stabilitetsdata gitt i vedlegg B. En kort vurdering av vindmålingenes representativitet for Heimdal og Ranheim er gitt i kapittel 4.

Beregningene er basert på NILUs spredningsmodeller for Gaussisk spredning (5). For gitte skorsteinsdata (dvs. skorsteinshøyde og -diameter, gassvolum og temperatur) blir konsentrasjonen i bakkenivå, gitt som masse pr volumenhet, proporsjonal med utslippets størrelse, gitt som masse pr. tidsenhet. I figur 3 og 4 er det i alt gitt 11 stoffer som slippes ut til lufta. For disse vil konsentrasjonsnivåene være forskjellige, men den relative fordeling i ulike retninger og avstander fra utslippet vil være den samme.

En har i figur 6-9 vist konsentrasjonsfordelingen for et "enhetsutslipp". Konsentrasjonsfordelingen for et aktuelt stoff kan da finnes ved å multiplisere med forholdstallet mellom utslippet av det aktuelle stoffet og enhetsutslippet. Som enhetsutslipp har en valgt tallet 100 med dimensjon masse pr. tidsenhet. Hvis benevningen av utslippet er g/s, får figurene konsentrasjonsbenevning $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hvis benevningen av utslippet er mg/s, får figurene benevningen ng/m^3 .

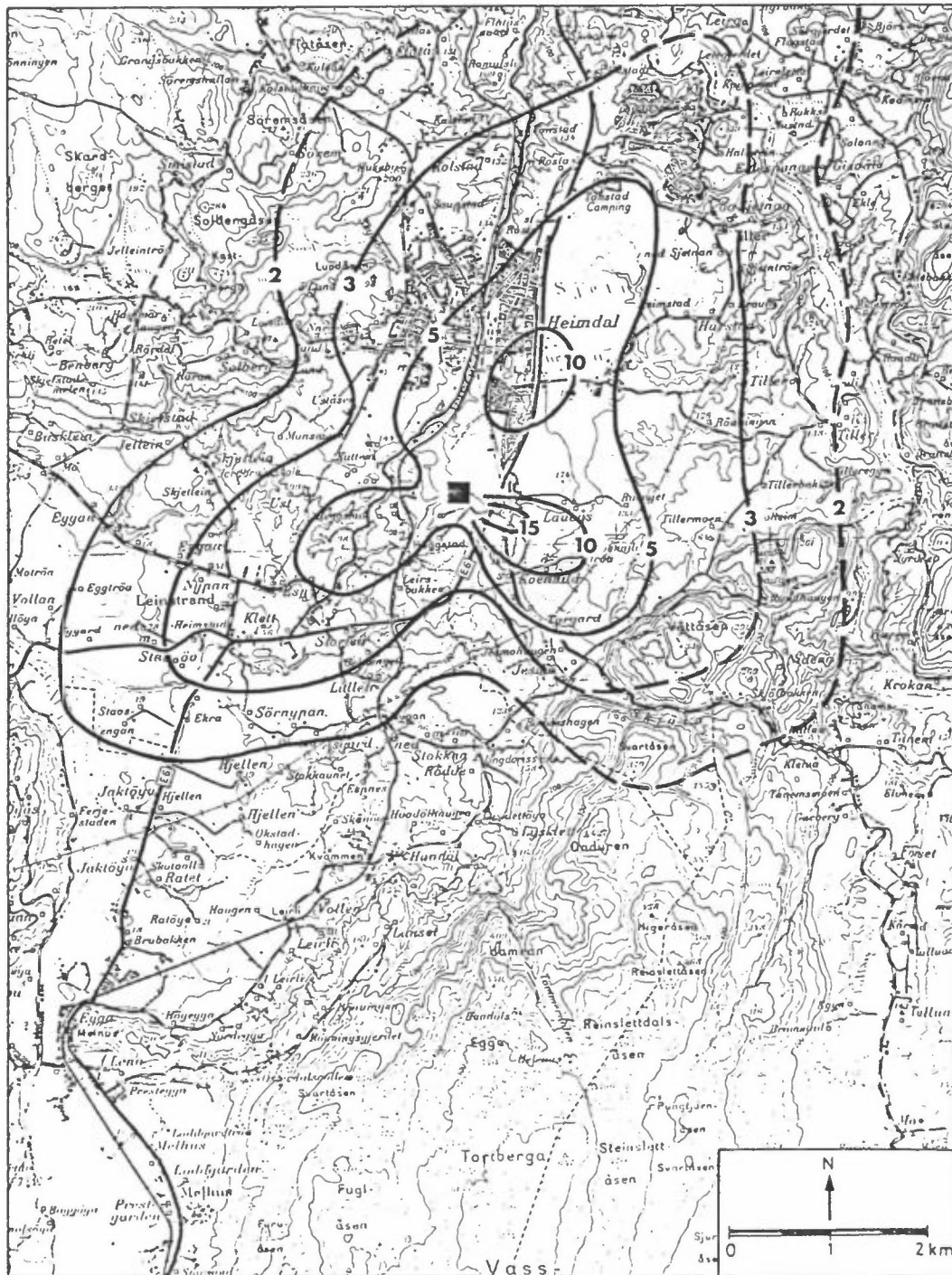
Basert på utslippsdata fra pkt. 2.1, får en utslipp pr. tidsenhet som gitt i tabell 2.

Tabell 2: Utslipp pr. tidsenhet.

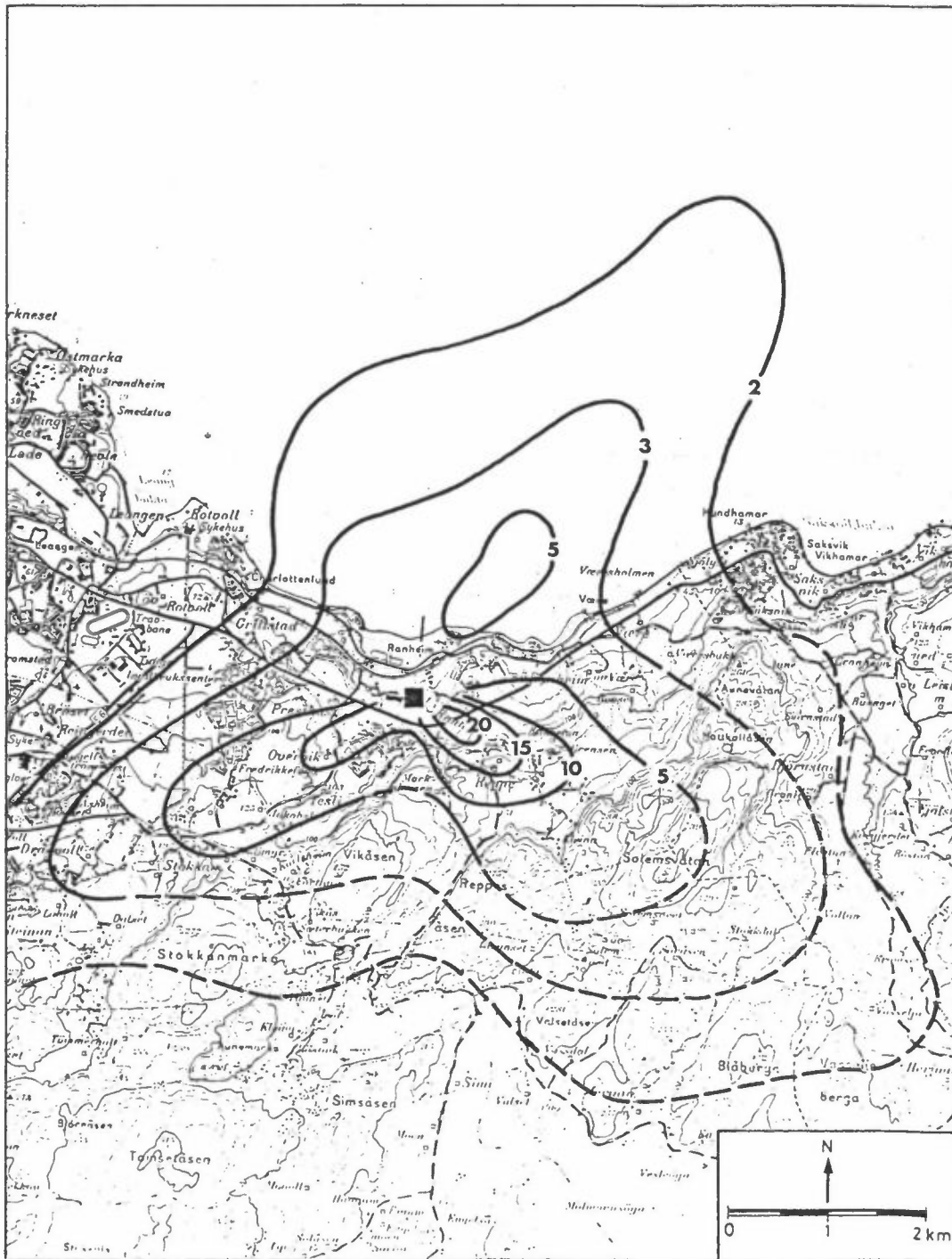
<u>Komponent</u>	<u>Utslipp</u>
Cd	1.6 mg/s
Hg	1.8 "
Pb	33 "
Ni	2.0 "
Cr	49 "
HCl	6.9 g/s
SO ₂	1.4 "
PCB	0.11 mg/s
PAH	0.53 "
NO _x	0.14-6.2 g/s
HF	1.8-12 mg/s



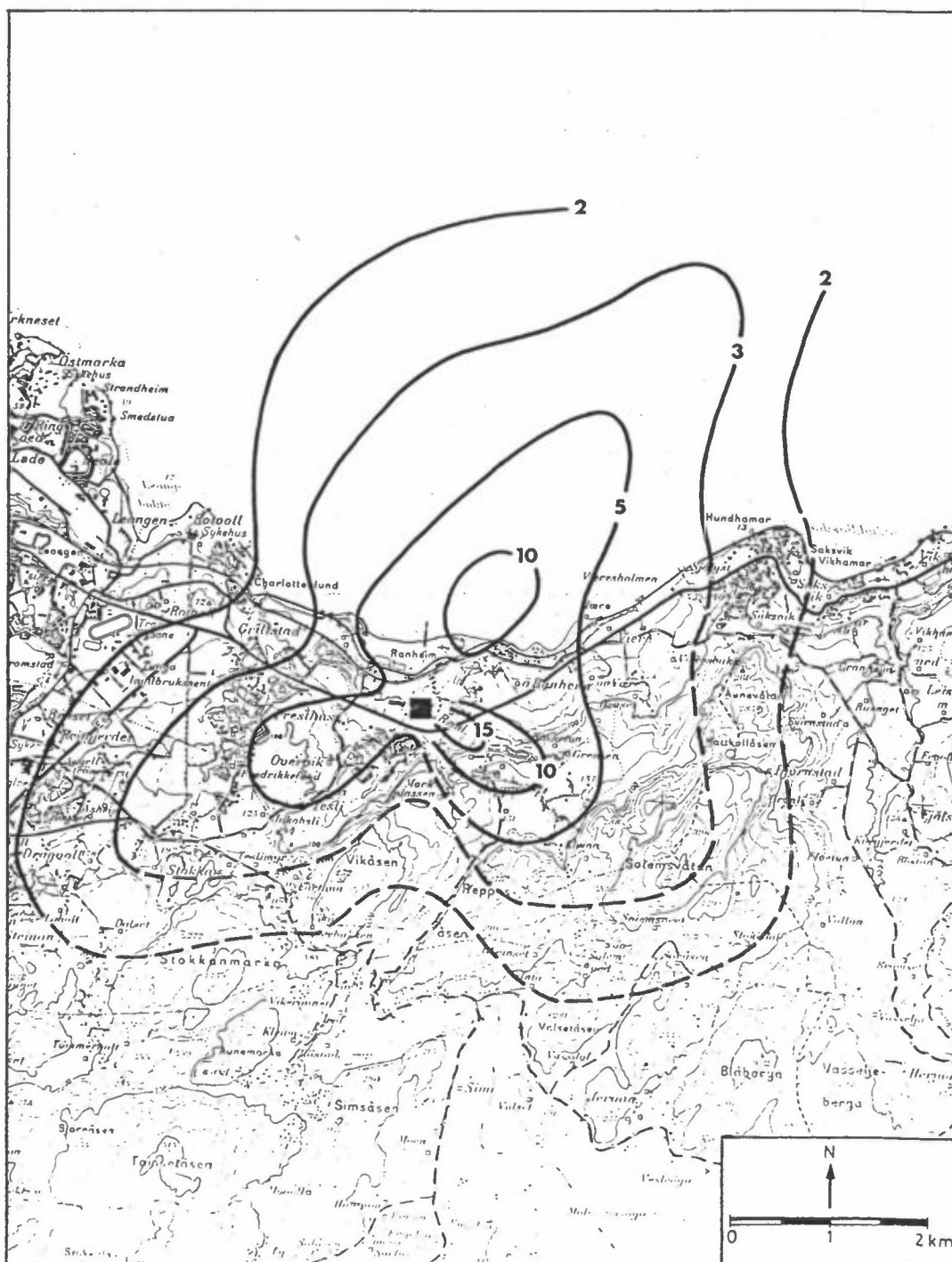
Figur 6: Konsentrasjonsfordeling for sommerhalvåret for byggested Heimdal. Benevning $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (eller ng/m^3) for et utslipp på 100 g/s (eller (100 mg/s).



Figur 7: Konsentrasjonsfordeling for hele året for byggested Heimdal. Benevning $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (eller ng/m^3) for et utslipp på 100 g/s (eller 100 mg/s).



Figur 8: Konsentrasjonsfordeling for sommerhalvåret for byggested Ranheim. Benevning $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (eller ng/m^3) for et utslipp på 100 g/s (eller 100 mg/s).



Figur 9: Konsentrasjonsfordeling for hele året for byggested Ranheim. Betygning $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (eller ng/m^3) for et utslipp på 100 g/s (eller 100 mg/s).

Beregningene er basert på flatt terreng, dvs. at en ikke har tatt hensyn til topografien omkring byggestedene på Heimdal og i Ranheim. Det er videre antatt at stoffene ikke reagerer kjemisk. Årsaken til disse forenklingene er at beregningene er svært usikre i alle fall, fordi en ikke har hatt vind- og stabilitetsdata fra noen av byggestedene. Der isokonsentrasjonskurvene er stiplet i figur 6-9, må beregningene antas å være særlig usikre.

For beregning av avsetning bruker en følgende enkle formel :

$$D = c \cdot v_d$$

Her er D lik avsetningsfluksen (masse pr. tids- og flateenhet), c er konsentrasjonen i bakkenivå (masse pr. volumenhet) og v_d er en empirisk bestemt avsetningshastighet (lengde pr. tidsenhet). En regner altså avsetningen proporsjonal med konsentrasjonen i bakkenivå. Avsetningshastigheten v_d har oftest benevnningen cm/s og er avhengig av stoffets, atmosfærens og underlagets egenskaper. For partikler varierer avsetningshastigheten sterkt med partikkelstørrelsen.

For større områder og lange midlingstider brukes ofte gjennomsnittsverdier for v_d . I tabell 3 er avsetningshastigheten anslått for de stoffene som er gitt i tabell 2 (6,7).

Tabell 3: Estimert av midlere avsetningshastighet.

Komponent	Avsetningshastighet (cm/s)
Cd	0.2
Hg	0.1-0.5 (usikker)
Pb	0.2
Ni	0.2
Cr	0.2
HCl	0.5-2 (usikker)
SO ₂	0.8
PCB	0.2-1 (usikker)
PAH	0.2-1 (usikker)
NO _x	0.5
HF	0.8-2 (usikker)

For et gitt stoff vil den relative fordelingen av avsetning være den samme som konsentrasjonsfordelingen i bakkenivå. Dette er tilfellet fordi en antar at den avsatte mengden i de nærmeste km fra utslippet er så liten at påvirkningen på den vertikale konsentrasjonsfordelingen er neglisjerbar. Avsetningen av de enkelte stoffene kan derfor beregnes på grunnlag av figur 6-9 og tabell 3.

4 DISKUSJON

Det må understrekes at beregningene som er gjort i denne rapporten er svært grove. Det er mest korrekt å bruke betegnelsen "regneeksempler", som en illustrasjon av hvordan mer detaljerte beregninger kan bli utført.

Usikkerheter i beregningene er særlig knyttet til følgende faktorer:

Vind
Stabilitet
Topografi
Avsetning

En vil her diskutere hver av disse faktorene for seg og kort spesifisere hvilke undersøkelser som anses nødvendige for å forbedre datagrunnlaget.

4.1 Vind

Data for vindstyrke og vindretning er basert på observasjoner tre ganger pr døgn, kl 07, kl 13 og kl 19, på Tyholt. Slike data egner seg generelt dårlig til spredningsberegninger. Særlig om sommeren er det systematiske vindretningsvariasjoner over døgnet med pålandsvind om dagen og fralandsvind om natta. Av de to stedene, Heimdal og Ranheim, er Tyholt-observasjonene mest representative for Ranheim. Byggestedet på Heimdal ligger nær skråningen mot sørvest i retning av Klett og Gaulosen. Ved svak sørvestlig vind på Tyholt, som ofte forekommer om vinteren (fralandsvind), er det usikkert om det er sørvestlig vind også på byggestedet på Heimdal,

eller om det er nordøstlig eller østlig trekk i retning mot fjorden.

På et framtidig byggested bør en som et minimum ha kontinuerlige vindmålinger fra en 10 m-mast i ett år. Helst bør målingene foretas i en mast 30-40 m over bakken.

4.2 Stabilitet

Som tidligere nevnt er beregningene gjort på grunnlag av en modifikasjon av stabilitetsdata fra Levanger. På grunn av avstanden fra kysten anses disse stabilitetsdata noe mer representative for Ranheim enn for Heimdal, men generelt må stabilitetsverdiene betraktes som svært usikre.

For et framtidig byggested bør en som et minimum måle temperaturdifferansen kontinuerlig mellom to høydenivåer, for eksempel ved foten og på toppen av en ås, med høydeforskjell på minst 100 m mellom målestedene og med minst mulig horisontal avstand. Helst bør en måle vertikal temperaturdifferanse kontinuerlig i en mast, f.eks. mellom 10 m og 36 m, samt måle kontinuerlige fluktuasjoner i horisontal vind. Måleperioden bør være ett år.

4.3 Topografi

Byggestedet Heimdal har bratte åser i avstand 2-3 km mot sørøst, mens byggestedet Ranheim har bratte åser i avstand 1-4 km mot sør og sørøst. Disse åsene vil kanalisere vinden og gjøre spredningsberegningene usikre. For begge byggestedene ligger de bratte åsene i en av hovedvindretningene (målt på Tyholt).

Det synes å være atskillig bebyggelse i skråningen sør og sørvest for byggestedet Ranheim. I følge figur 8 og 9 ligger disse bebygde områdene svært nær maksimumssonen for bakkekonsentrasjoner. Disse områdene vil kunne bli utsatt for røyknedslag ved pålandsvind på varme sommerdager.

4.4 Avsetning

Avsetningshastigheter for gasser varierer med inntil en faktor på 10 avhengig av underlagets ruhet (gras, skog, snø, vann) og de atmosfæriske forholdene (vind og turbulens). For partikler kan variasjonen være enda større (6,7). Avsetningshastighetene som er gitt i tabell 3 kan derfor minst variere med en faktor på 2-3 i begge retninger.

Verdiene i tabell 3 gjelder bare for tørravsetning, dvs. direkte avsetning av gasser og partikler på mark, vegetasjon og vann. I tillegg kommer våtavsetning, dvs. utvasking av nedbør. Hvilken av de to prosessene som er viktigst, vil kunne variere, avhengig av nedbørmengde og -frekvens og konsentrasjonen av forurensninger i atmosfæren. Ved å måle konsentrasjoner i luft og nedbør vil en kunne bestemme prosessenes relative betydning, samtidig som en kan få en oppfatning om hvor stort tilskudd til det nåværende forureningsnivå et avfallsforbrenningsanlegg vil gi.

I en liknende undersøkelse i Finnmark i 1979 fant en at for kadmium og bly var våtavsetningen langt viktigere enn tørravsetningen, mens det motsatte syntes å være tilfellet for svoveloksyder (8). Videre fant en at på årsbasis var forventet maksimal konsentrasjon av metaller fra et eventuelt kullfyrt kraftverk (900 GWh) vesentlig lavere enn det nåværende konsentrasjonsnivå i Finnmark.

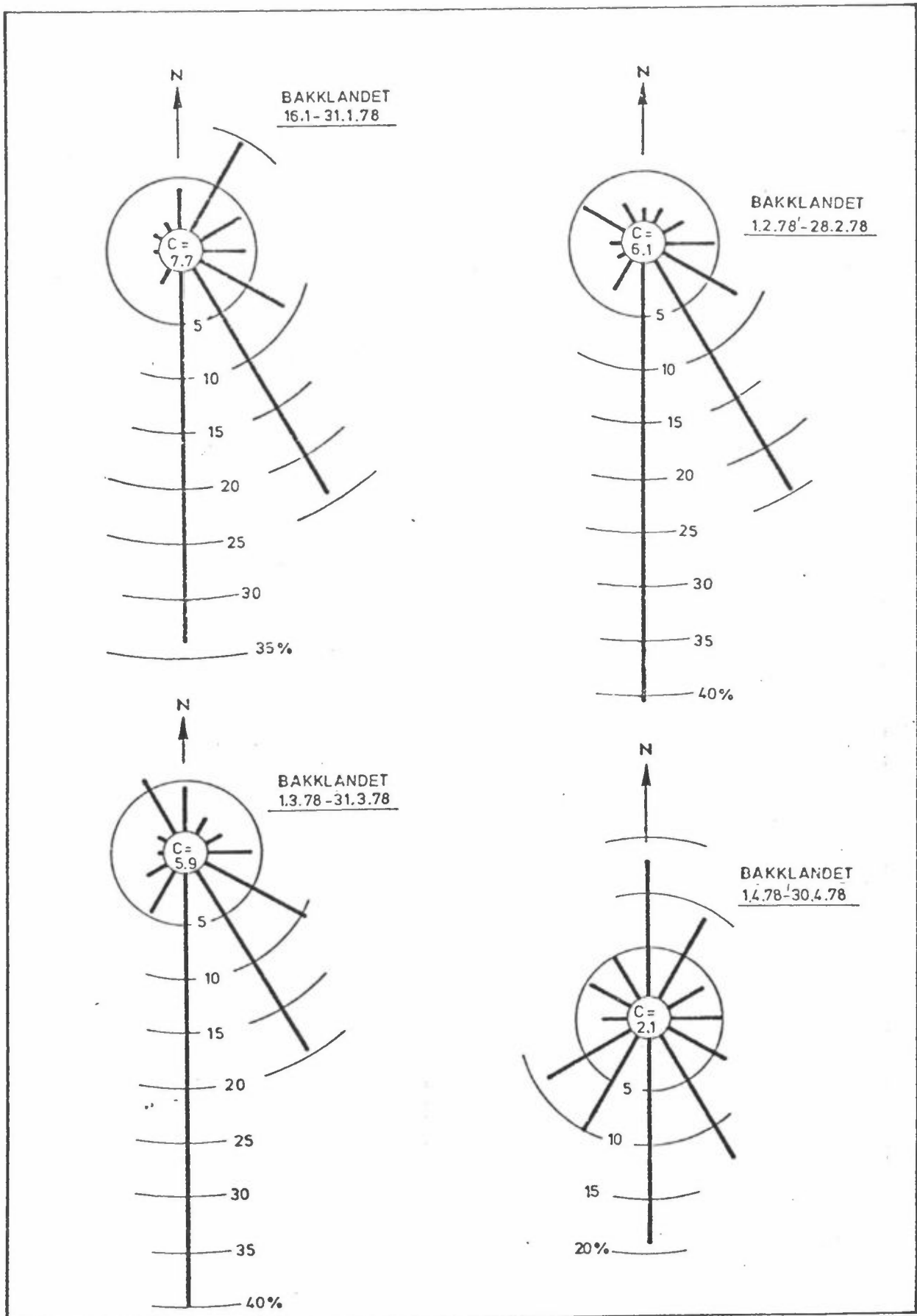
5 KONKLUSJON

Det er foretatt foreløpige spredningsberegninger for et planlagt avfallsforbrenningsanlegg i Trondheim kommune. To byggesteder er aktuelle, nemlig Heimdal og Ranheim. Beregningene er gjort på grunnlag av utslippsdata fra SINTEF og delvis fra NILU, samt eksisterende meteorologiske data. Vinddata er hentet fra Meteorologisk institutts værstasjon på Tyholt. Data for atmosfærisk stabilitet er anslått på grunnlag av data fra Levanger. Beregningene må karakteriseres som grove.

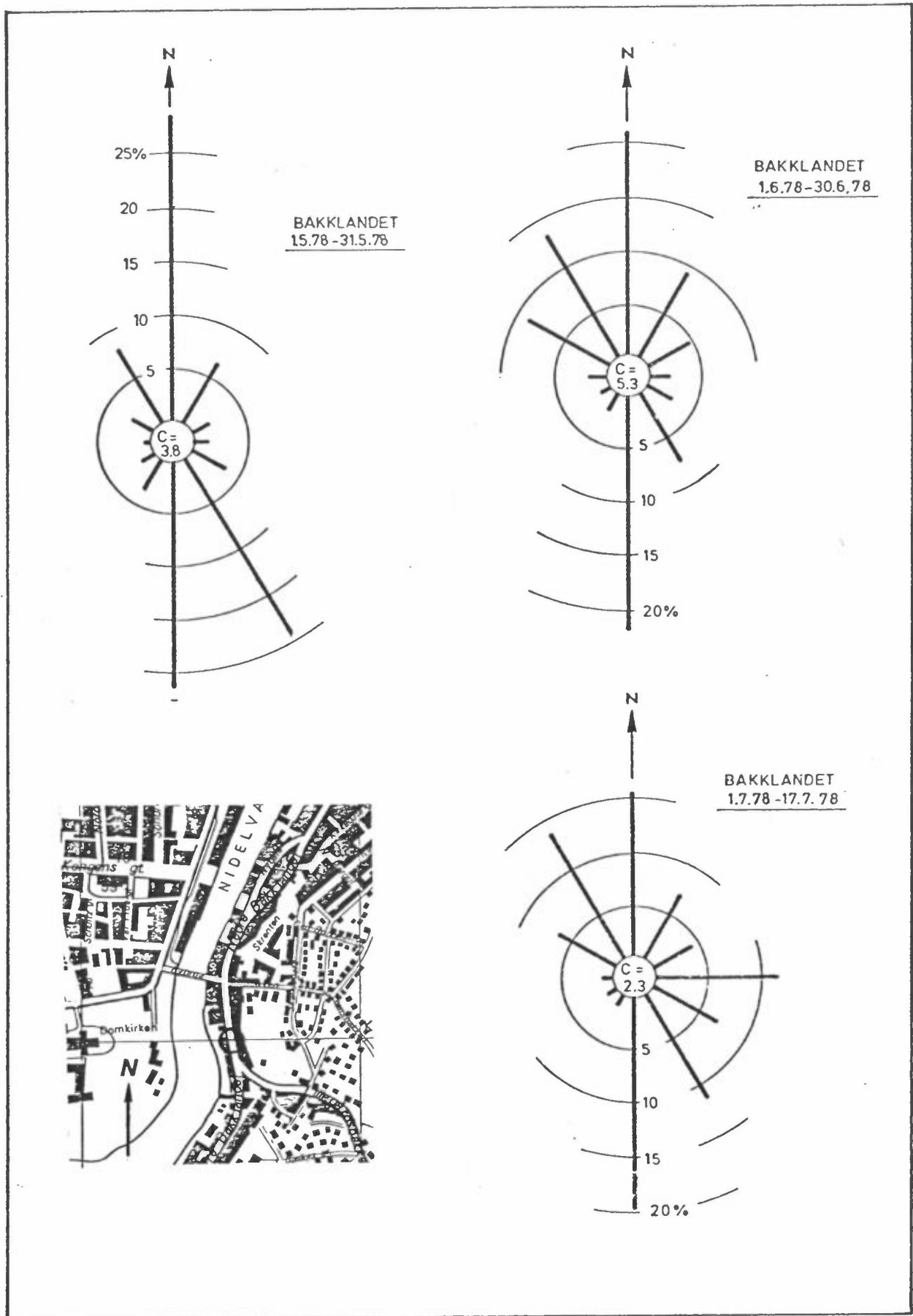
- (4) Sivertsen, B. Spredningsforhold og luftkvalitet i Verdal/Levanger 1977/78. (Oppsummerende rapport). Lillestrøm 1978. (NILU OR 56/78.)
- (5) Sivertsen, B. The application of Gaussian dispersion models at NILU. Lillestrøm 1980. (NILU TN 11/80.)
- (6) McMahon, T.A.
Denison, P.J. Empirical atmospheric deposition parameters. - A survey. *Atmos. Environ.*, 13, 571-585 (1979).
- (7) Sehmel, G.A. Particle and gas dry deposition: A review. *Atmos. Environ.*, 14, 983-1011 (1980).
- (8) Schjoldager, J. Luftforurensninger fra et kullfyrt kraftverk i indre Varangerfjord. Lillestrøm 1980. (NILU OR 43/79.)

VEDLEGG A

VINDRETNINGSFORDELING (%) FOR BAKKLANDET,
TRONDHEIM, JANUAR - JULI 1978 (3).



Figur A1: Vindroser (månedvis) for Øvre Bakklandet, (januar-juli 1978). Figuren viser hyppighet av vind fra angitte retninger (3).



Figur A1 forts.

VEDLEGG B

ANSLÅTT STABILITETSFORDELING FOR
TYHOLT, TRONDHEIM, FOR KLASSENE

INSTABILT

NØYTRALT

LETT STABILT

STABILT.

Tabell B1: Stabilitetsfordeling (%) for Tyholt 1966-75 (sommerhalvår)
anslått på grunnlag av data fra Borgsåsen, Levanger.

Vindretning (grader)	Instabilt	Nøytralt	Lett stabilt	Stabilt	SUM
30	1.7	3.0	1.0	1.0	6.7
60	3.0	6.0	1.9	1.0	11.9
90	0.5	3.0	0.6	0	4.1
120	0.5	1.5	0.3	0	2.3
150	0.5	2.0	2.0	1.0	5.5
180	0	2.5	2.5	2.1	7.1
210	0.5	4.5	4.0	5.1	14.1
240	0.5	2.5	2.0	1.8	6.8
270	1.0	4.0	2.0	0.7	7.7
300	5.0	6.0	2.6	0	13.6
330	4.0	5.0	1.6	0.3	10.9
360	2.0	2.0	0.7	0	4.7
Vindstille	2.0	0.5	0	2.5	5.0
SUM	21.2	42.5	21.2	15.5	100.4

Tabell B2: Stabilitetsfordeling (%) for Tyholt 1966-75 (hele året),
Anslått på grunnlag av data fra Borgsåsen, Levanger.

Vindretning (grader)	Instabilt	Nøytralt	Lett stabilt	Stabilt	SUM
30	1.0	3.0	0.4	0	4.4
60	2.0	4.0	2.0	0.8	8.8
90	0.5	3.4	1.0	0.5	5.4
120	0.1	2.0	0.5	0.5	3.1
150	0.5	2.5	1.5	1.0	5.5
180	0.5	4.0	3.5	3.3	11.3
210	1.4	8.0	6.0	8.0	23.4
240	1.0	4.0	2.0	0.9	7.9
270	1.0	3.5	1.5	0.6	6.6
300	4.4	3.5	1.0	0	8.9
330	3.0	2.5	1.0	0	6.5
360	1.0	1.5	0.3	0	2.8
Vindstille	2.0	1.0	1.0	1.4	5.4
SUM	18.4	42.9	21.7	17.0	100.0

