

NILU : OR 44/95  
REFERANSE : O-95055  
DATO : JUNI 1995  
ISBN : 82-425-0702-3

# **Avfallsforbrennings- anlegg i Bergen**

## **Rangering av lokaliserings- alternativ**

**Dag Tønnesen og Trond Bøhler**

---

## Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Rangering av alternativene.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Utslippsdata.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Spredningsberegninger .....</b>	<b>6</b>

## Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vestnorsk Plangruppe foretatt en gjennomgang og rangering av 10 alternative lokaliseringer for avfallsforbrenningsanlegg i Bergen.

Rangeringen av alternativene med hensyn til spredningsforhold og forurensningsbelastning er:

- 1) Drottningsvik
- 2) Rundetoppen, fjell
- 3) Rådalen
- 4) Haukeland, fjell
- 5) Solheimsviken, fjell
- 6) Gyldenpas, fjell
- 7) Nordrevågen
- 8) Raunedalen, fjell
- 9) Solheimsviken
- 10) Møllendal

Solheimsviken og Møllendal skiller seg ut som spesielt ugunstige plasseringer.

For to av alternativene, Rådalen og Haukeland, er det gjennomført foreløpige spredningsberegninger.

For alternativet Rådalen er det tidligere utført beregninger, og disse er i denne rapporten skalert til å gjelde nye utslippstall. For alternativet Haukeland er det gjennomført beregninger for å vurdere belastningsgraden med hensyn til Svartediket, som er drikkevannsforsyning for Bergen. Beregningene viser beskjedne luftkonsentrasjoner og avsetninger fra anlegget sammenlignet med eksisterende forurensningsnivå.

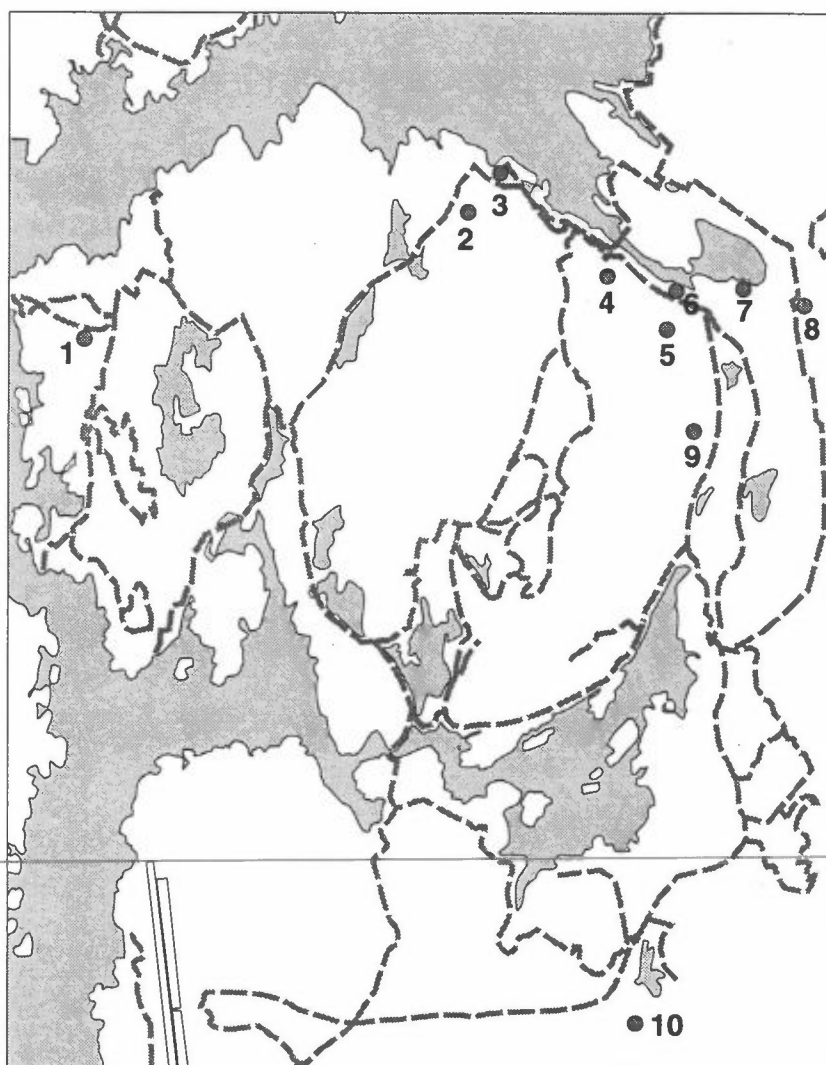
Beregnete maksimale årsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> for Rådalen er 0,3 µg/m<sup>3</sup> og 1 µg/m<sup>3</sup>, som er under 2% av anbefalte luftkvalitetskriterier for halvårsmiddelkonsentrasjoner. Beregnede maksimale årsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> for Haukeland er 4 µg/m<sup>3</sup> og 13,9 µg/m<sup>3</sup>, som er henholdsvis 10% og 28% av anbefalte luftkvalitetskriterier for halvårsmiddelkonsentrasjoner.

# Avfallsforbrennings-anlegg i Bergen

## Rangering av lokaliserings-alternativ

### 1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vestnorsk Plangruppe foretatt en gjennomgang av 10 alternative lokaliseringer for avfallsforbrenningsanlegg i Bergen, og rangert alternativene ut fra vurdering av spredningsforhold og forurensningsbelastning. For to av alternativene er det gjennomført foreløpige spredningsberegninger for belastningen fra anleggene (Haukeland og Rådalen). Beregningene for Haukeland er gjennomført for å fastslå graden av belastningen slik plassering vil medføre på den nærliggende drikkevannskilde Svartediket. For alternativet Rådalen forelå tidligere utførte spredningsberegninger som er skalert i forhold til nye utslippstall. Plasseringen av de ulike alternativene er vist i figur 1.



Figur 1: Plassering av ulike alternativer for avfallsforbrenningsanlegg i Bergen.

## 2. Rangering av alternativene

Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av hver lokalisering med vekt på spredningsforhold, fremherskende vindretninger og topografiske forhold i de vanligste transportretninger. Vurderingene er kun basert på kartstudier. Vurderingene forutsetter at fjellalternativene gis en tilstrekkelig skorsteinshøyde over bakken lokalt slik at høye konsentrasjoner i nærområdet ikke vil forekomme ved innslag på fjellsiden og drenasjevind nedover fjellsidene.

### *Drottningsvik:*

Lokaliseringen er frittliggende uten dominerende topografiske trekk i nærområdet. Spredningsforholdene vurderes som svært gode. Fremherskende vindretninger medfører at de høyeste bakkekonsentrasjonene trolig forekommer over hav.

### *Rådalen:*

Lokaliseringen er nokså frittliggende. En markert brattkant nord for lokaliseringen kompliserer spredningsforholdene, som imidlertid er gode. Fremherskende vindretninger medfører at de høyeste bakkekonsentrasjonene forekommer i område med spredt bebyggelse.

### *Nordrevågen:*

Lokaliseringen er åpen mot nord men med bebygget skråning på sørsiden. Spredningsforholdene vurderes som nokså gode. Fremherskende vind i vinterhalvåret vil medføre at de høyeste bakkekonsentrasjonene forekommer over hav. Fremherskende vindretning i sommerhalvåret vil medføre at de høyeste bakkekonsentrasjonene forekommer oppover i skråningen sørøst for lokaliseringen.

### *Rundetoppen, fjell*

Lokaliseringen er frittliggende. Terrenget hever seg noe mot sør. Spredningsforholdene vurderes som gode. Sterk vind fra øst, som forekommer svært sjelden, kan medføre at utslippene dras ned i en lesone vest for Rundetoppen. De høyeste bakkekonsentrasjonene vil forekomme over fjell.

### *Gyldenpris, fjell:*

Lokaliseringen er åpen mot nord. Terrenget ganske bratt mot sørøst og hever seg også noe mot sørvest der det er bebyggelse. Spredningsforholdene vurderes som ganske gode. De høyeste bakkekonsentrasjonene vil forekomme ved **Strandafjellets nordskråning**. Nordøstlig vind vil belaste bebyggelsen i Skaret mellom Damsgårdfjellet og Klauvsteinen.

**Solheimsviken:**

Lokaliseringen er innelukket på de fleste kanter. Spredningsforholdene er dårlige. Fremherskende vindretninger vil medføre at de høyeste bakkekonsentrasjonene forekommer over bebyggelsen i sentrum eller området Minde-Stadion-Haukeland.

**Solheimsviken, fjell:**

Lokaliseringen er åpen mot nordøst. Terrenget hever seg bratt mot sørvest. Spredningsforholdene er nokså gode. De høyeste bakkekonsentrasjonene vil forekomme langs Strandafjellets nordøstside over områder som ikke er bebygget.

**Møllendal:**

Lokaliseringen er innelukket. Spredningsforholdene er dårlige. Alle vindretninger vil medføre forurensningsbelastning over bebyggelse. De høyeste bakkekonsentrasjonene vil trolig forekomme ved Nygårdshøyden og Haukeland.

**Haukeland, fjell:**

Lokaliseringen er åpen mot vest og nordvest. Spredningsforholdene er gode. De høyeste bakkekonsentrasjonene vil forekomme langs vestskråningen av Ulriken. Størst belastning over bebygget område vil antagelig være langs sørskrenten av Fløyfjellet.

**Raunedalen, fjell:**

Lokaliseringen er relativt åpen mot øst, mens terrenget stiger bratt mot vest. Spredningsforholdene vil være nokså gode i vinterhalvåret. I sommerhalvåret kan konvektive luftstrømmer føre til at utslippene trekker ned langs dalsiden og belaster bebyggelsen ved Minde.

Alternativene er rangert innbyrdes på bakgrunn av spredningsforhold og belastningssituasjon med vekt på bebyggede områder. Alternativene med høyde over havet og rangeringen er vist i tabell 1. Rangeringen er gjennomført ved å bruke anslått nødvendig skorsteinshøyde som indikator (høy skorstein - ugunstig plassering), og deretter ytterligere å ta hensyn til topografiske effekter.

Tabell 1: *Alternative lokaliseringer, høyde over havet og rangering basert på spredningsforhold.*

Sted	Høyde over havet (m)	Rangering
Drottningsvik	60	1
Rundetoppen, fjell	180	2
Rådalen	50	3
Haukeland, fjell	225	4
Solheimsviken, fjell	150	5
Gyldenpris, fjell	130	6
Nordrevågen	10	7
Raunedalen, fjell	170	8
Solheimsviken	10	9 <sup>1</sup>
Møllendal	10	10 <sup>1</sup>

1 Spesielt ugunstige spredningsforhold.

### 3. Utslippsdata

Driftsdata for anlegget er oppgitt av Interconsult, og gjengitt i tabell 2 nedenfor for avfallsmengder i samsvar med gjeldende konsesjon..

Tabell 2: Driftsdata for avfallsforbrenningsanlegg.

Maksimal kapasitet	11 tonn/time
Årlig forbrenning	90 000 tonn
Midlere røykgassvolum	80 000 m <sup>3</sup> N/time
Gasstemperatur	60 °C
Utslippshastighet	15 m/s
Skorsteinsdiameter	1,5 m
Driftstid	8000 timer/år

Antatte driftsverdier for avgasskonsentrasjon og utslippsmengder av ulike stoffer er vist i tabell 3.

Tabell 3: Avgasskonsentrasjon og utslippsmengder for avfallsforbrenningsanlegg.

Parameter	Avgasskonsentrasjon	Utslippsmengde
SO <sub>2</sub>	100 mg/Nm <sup>3</sup>	2,2 g/s
Støv	10 "	0,22 g/s
HCl	3 "	0,067 g/s
CO	30 "	0,67 g/s
NO <sub>x</sub>	300 "	6,69 g/s
TOC	4 "	0,087 g/s
HF	0,3 "	6,7 mg/s
Hg	0,02 "	0,44 mg/s
Cd + Ti	0,01 "	0,22 mg/s
Tungmetaller	0,1 "	2,2 mg/s
PCB	deteksjonsgrense	-
PCDD/F	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>	2,2 ng/s

### 4. Spredningsberegninger

NILU har tidligere utført spredningsberegninger for avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen (NILU OR 32/89). Det nye planlagte anlegget innebærer en del tekniske forbedringer med hensyn til rensing av avgasser som gjør at utslippstallene er kraftig redusert i forhold til grunnlaget for de tidligere utførte spredningsberegningene. Resultatene vist her er en omregning av de tidligere utførte beregningene med de nye utslippstallene, og er tatt med for å illustrere konsentrasjonsnivået i bakkenivå som følge av utslipp fra anlegget..

For alternativet "Haukeland, Fjell", er det utført foreløpige beregninger av årsmiddelkonsentrasjoner og årlig avsetning for å vurdere størrelsen av belastningen fra denne alternative plasseringen, spesielt med hensyn til Svartediket, som er drikkevannskilde for Bergen.

Beregningene er utført med NILUs gaussiske spredningsmodell, der det er tatt hensyn til topografiske effekter. Som inngangsdata for fordeling av vindretning, vindstyrke og atmosfærisk stabilitet, er målinger utført av NILU på Skjold og Svartediket i 1983-84 benyttet.

Til beregningene for Rådalen er målingene på Skjold brukt, mens til beregningene for Haukeland er vindretning og vindstyrke fra Svartediket benyttet sammen med stabilitetsmålinger fra Skjold.

Atmosfærens stabilitet er et uttrykk for dens evne til å spre luftforurensninger.

Stabil atmosfærisk sjiktning forekommer oftest under klarvær om natten og om vinteren sammen med lave til moderate vindstyrker. Atmosfærens spredningsevne er liten, og luftforurensninger opptrer i relativt tynne luftsjikt med høye konsentrasjoner. Der disse sjiktene kommer i kontakt med bakken, blir bakkekonsentrasjonene høye.

Ustabil atmosfærisk sjiktning forekommer oftest under klarvær om dagen og om sommeren sammen med lave til moderate vindstyrker. Atmosfærens spredningsevne er stor, og luftforurensninger blir raskt blandet ut til lave konsentrasjoner. Høye konsentrasjoner kan imidlertid forekomme nær skorsteinsutslipp.

Nøytral atmosfærisk sjiktning forekommer under overskyet vær og ved moderat til sterk vind. Dette er den spredningstilstanden som oftest forekommer. Atmosfærens spredningsevne er relativt god.

Beregninger av avsetning er utført med en total avsetningshastighet på 1 m/s. Dette er en relativt høy verdi, særlig for gasser som ikke er spesielt vannløselige.

Årsmiddelkonsentrasjoner rundt anlegg plassert i Rådalen er vist i figur 2. Figuren viser konsentrasjoner for et enhetsutslipp på 10 g/s. Maksimal konsentrasjon og avsetning for de aktuelle utslippsmengdene er vist i tabell 4.

*Tabell 4: Beregnede maksimale årsmiddelverdier av konsentrasjon og avsetning ved utslipp til luft fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen. Skorsteinshøyde: 60 m.*

Komponent	Konsentrasjon	Avsetning
Støv	0,03 µg/m <sup>3</sup>	0,01 g/m <sup>2</sup> år
SO <sub>2</sub>	0,3 "	0,1 " "
HCl	0,01 "	3,0 mg/m <sup>2</sup> år
NO <sub>x</sub>	1,0 "	0,25 g/m <sup>2</sup> år
Hg	0,06 ng/m <sup>3</sup>	0,02 mg/m <sup>2</sup> år
Dioksiner	0,35 fg/m <sup>3</sup>	0,1 ng/m <sup>2</sup> år

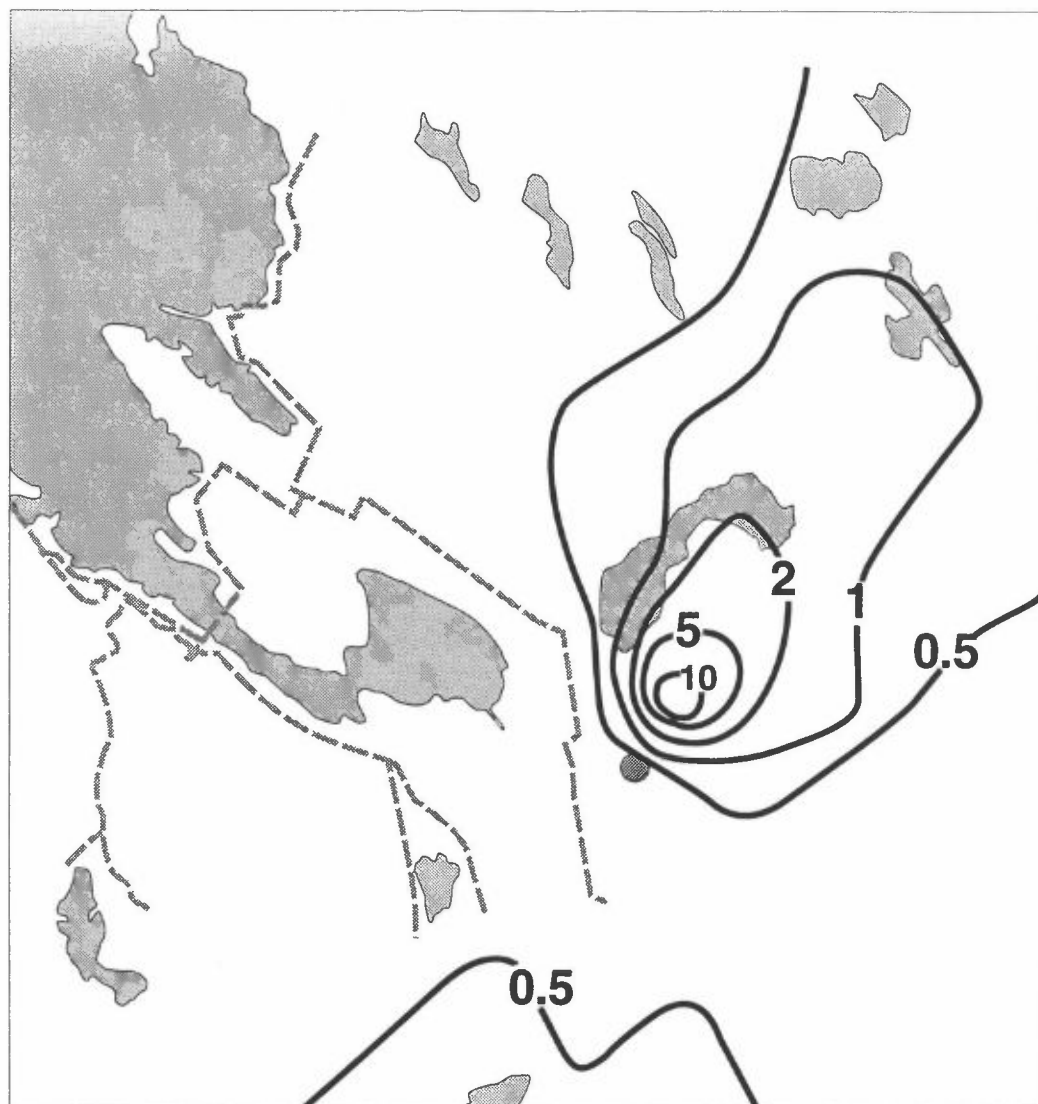


Bregnede årsmiddelkonsentrasjoner rundt anlegg plassert på Haukeland er vist i figur 3. Figuren viser årsmiddelkonsentrasjoner av NO<sub>x</sub>. Maksimal konsentrasjon og avsetning for andre stoffer er vist i tabell 5. Tabellen viser også årsmiddelkonsentrasjon og årlig avsetning ved Svartediket.

Tabell 5: Beregnede maksimale årsmiddelkonsentrasjoner og maksimal årlig avsetning. Årsmiddelkonsentrasjon og årlig avsetning ved Svartediket.

Komponent	Maksimal		Svartediket	
	Konsentrasjon	Avsetning	Konsentrasjon	Avsetning
Støv	0,46 µg/m <sup>3</sup>	0,147 g/m <sup>2</sup>	0,062 µg/m <sup>3</sup>	0,02 g/m <sup>2</sup>
SO <sub>2</sub>	4,06 "	1,47 "	0,62 "	0,2 "
HCl	0,139 "	0,044 "	0,019 "	0,006 "
CO	1,39 "	0,44 "	0,189 "	0,06 "
NO <sub>x</sub>	13,9 "	4,4 "	1,89 "	0,6 "
TOC	0,186 "	0,059 "	0,025 "	0,008 "
HF	0,014 "	0,0044 "	0,0019 "	0,0006 "
Hg	0,93 ng/m <sup>3</sup>	0,29 mg/m <sup>2</sup>	0,126 ng/m <sup>3</sup>	0,04 mg/m <sup>3</sup>
Cd + Ti	0,46 "	0,15 "	0,063 "	0,04 "
Tungmetaller	4,64 "	1,47 "	0,629 "	0,2 "
PDD/F	4,64 fg/m <sup>3</sup>	1,47 ng/m <sup>2</sup>	0,629 f/m <sup>3</sup>	0,2 ng/m <sup>2</sup>





*Figur 3: Årlige midlere bakkekonsentrasjoner av NO<sub>x</sub> i µg/m<sup>3</sup> for utslipp på 1,56 g/s gjennom en 30 m høy pipe med fotpunkt på kotehøyde 225 m.o.h, Haukeland.*

Det beregnede belastningsnivået for skorsteinsutslipp fra avfallsforbrenningsanlegget er beskjedent sammenlignet med eksisterende konsentrasjonsnivåer i Bergen, og lavt sammenlignet med anbefalte luftkvalitetskriterier. Statens forurensningstilsyn (SFT) har angitt følgende luftkvalitetskriterier for halvårsmiddelkonsentrasjoner (helsevirkning):

SO<sub>2</sub>: 40 µg/m<sup>3</sup>  
NO<sub>2</sub>: 50 µg/m<sup>3</sup>

De beregnede maksimale årsmiddelkonsentrasjonene for alternativet Rådalen utgjør under 1% av SFTs luftkvalitetskriterium for SO<sub>2</sub>, og ca. 2% av luftkvaliteteten for NO<sub>2</sub>.

For Haukeland utgjør bidraget fra anlegget maksimalt 10% av luftkvalitetskriteriet for SO<sub>2</sub> og 28% av luftkvalitetskriteriet for NO<sub>2</sub>.

Målinger utført av NILU i forbindelse med overvåking av luftkvalitet i norske byer viste for vinteren 1992/93 middelveier av NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og sot på henholdsvis 47 µg/m<sup>3</sup>, 6 µg/m<sup>3</sup> og 14 µg/m<sup>3</sup> for Bergen.

For å illustrere størrelsen av belastning av dioksiner fra anlegget, er typiske nivåer av dioksiner i norske byer 50-200 fg/m<sup>3</sup>, mens luft fra Nordsjøen inneholder konsentrasjoner på rundt 5 fg/m<sup>3</sup>.

Tabell 6 viser utdrag fra NO<sub>2</sub>-målinger for overvåking av luftkvalitet i norske byer vinteren 1993/94.

Tabell 7 viser vintermiddelkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub> i norske byer fra 1986 til 1994.

Målingene viser at middelbidraget fra avfallsforbrenningsanlegget er lavt sammenlignet med eksisterende forurensningsnivå for NO<sub>2</sub>.

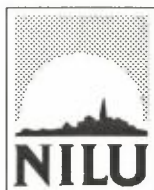
Tabell 6: Resultalter av  $NO_2$ -målingene i vinterhalvåret 1993/94 (oktober-mars) ( $\mu g/m^3$ ).

Målested	Stasjon	Middelverdi	Høyeste døgnmiddelverdi	Antall observasjoner		
				I alt	>75	>100
Halden	Rådhuset	27	67	84	0	0
Fredrikstad	Brochsgt.	52	105	162	20	1
Jeløya	Jeløy radio	17	53	89	0	0
Oslo	Nordahl Brunsgt.	53	118	146	17	6
Lillehammer	Fåberggt.	44	111	139	12	1
Drammen	Engene	75	134	175	80	22
Skien	Kongens gt.	58	105	178	29	1
Kristiansand	Festningsgt.	30	68	164	0	0
Stavanger	Handelens hus	63	146	171	45	6
Bergen	Chr. Mich. Inst.	63	204	178	51	16
Trondheim	Torget	61	135	178	38	9
Tromsø	Strandvn.	26	55	89	0	0

Tabell 7: Vintermiddelkonsentrasjoner av  $NO_2$  ( $\mu g/m^3$ ).

Målested	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94
Halden			40	31	36	34	30	(27) <sup>1</sup>
Fredrikstad	59	50	58	41	50	43	44	52
Moss				41	44			
Jeløya	19	17	15	15	20	14	14	(17) <sup>1</sup>
Oslo		64	71	62	59	50	51	53
Lillehammer			62	56	66	56	62	44
Drammen	73	67	74	64	73	65	65	75
Skien	62	55	57	55	60	51	54	58
Kristiansand	33	34	35	31	32	30	29	30
Stavanger	80	81	80	47	67	51	52	63
Bergen	50	48	44	48	59	49	47	63
Trondheim	45	46	46	45	62	49	53	61
Tromsø			29	27	26	21	25	(26) <sup>1</sup>
Middel	53	51	51	43	50	43	44	

1) Stasjonene ble nedlagt 1.1.94.



# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 44/95	ISBN-82-425-0702-3	
DATO 5/9-95	ANSV. SIGN. <i>P. B.</i>	ANT. SIDER 12	PRIS NOK 30,-
TITTEL Avfallsforbrennings-anlegg i Bergen Rangering av lokaliserings-alternativ		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-95055	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen og Trond Bøhler		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Vestnorsk Plangruppe A/S Postboks 1199 5001 BERGEN			
STIKKORD Avfallsforbrenning	Spredningsforhold	Spredningsberegninger	
REFERAT Ti alternative plasseringer av avfallsforbrenningsanlegg i Bergen er vurdert med hensyn på spredningsforhold. For to av plasseringene er det gjennomført spredningsberegninger som viser beskjedent belastningsnivå sammenlignet med eksisterende generelt forurensningsnivå. Den beste plasseringen er alternativet Drottningvik. Alternativene Solheimsviken og Møllendal skiller seg ut som klart dårligere enn de øvrige.			
TITLE			
ABSTRACT			

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