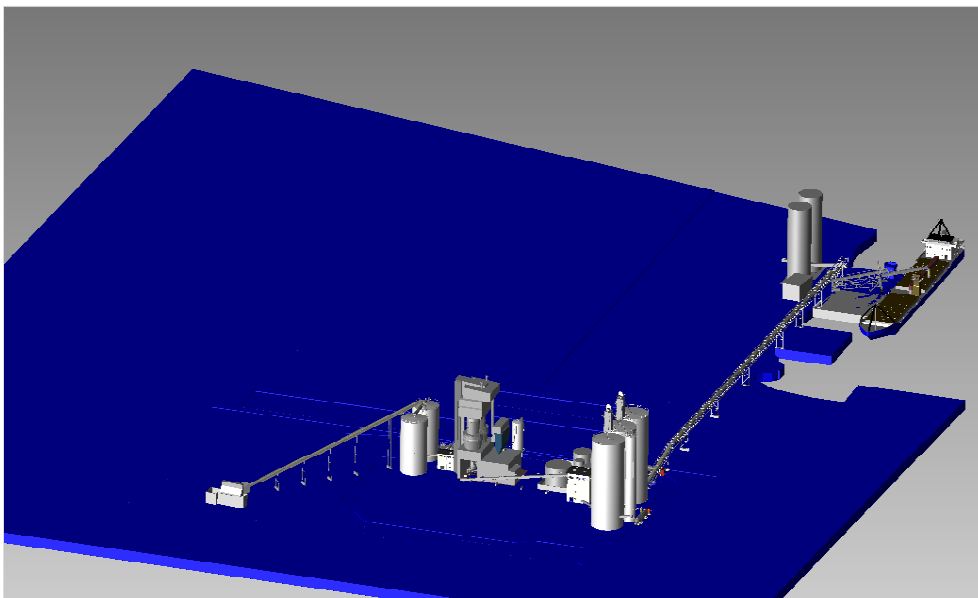


Spredningsberegninger for utslipp til luft fra kalkovn ved NorFraKalk, Verdal

Dag Tønnesen



Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag og konklusjon	2
1 Innledning	3
2 Utslippsdata	4
3 Meteorologi	5
4 Spredningsberegninger	6
4.1 Maksimale timeverdier.....	6
4.2 Maksimale årsverdier	8
5 Konklusjon.....	9
6 Referanser	10
Vedlegg A Vindstatistikk	11

Sammendrag og konklusjon

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra NorFraKalk utført spredningsberegninger for utslipp til luft fra en planlagt kalkovn på Øra industriområde, Verdal. Vi har foretatt beregninger av både kort- og langtidsmidlete konsentrasjoner for utlippene.

Det er utført spredningsberegninger ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX (kortid-timemiddelverdier) og CONDEP (langtid-årsmiddelverdier). I disse modellene antas det at konsentrasjonsfordelingen i avgassen er normalfordelt horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen.

Oppdragsgiver har oppgitt utslippsmengder for de enkelte aktuelle parametre i avgassen. For timemiddelkonsentrasjoner er det utlippene av NO_x som kan medføre overskridelse av luftkvalitetskriteriene. Krav til nye anlegg som korttidsmiddel (timemidlet) er at bidraget til forurensning ikke skal være mer enn halvparten av forskjellene mellom luftkvalitetskriteriet (100 µg NO₂/m³) og "bakgrunnsbelastningen" i området (17 µg NO₂/m³). Tillatt maksimalbidrag fra anlegget er derfor 41,5 µg NO₂/m³ i bakkenivå. For årsmiddelkonsentrasjoner er det utslipp av kadmium som er det høyeste i forhold til grenseverdier for luftkvalitet.

Konklusjon

Med det foreslåtte anleggets pipehøyde på 45 m og de forventede utslippskonsentrasjonene vil bidrag til forurensningskonsentrasjoner i bakkenivå bli lavere enn, og tildels svært mye lavere enn grenseverdier for luftkvalitet. Maksimalt bidrag til timemidlet NO₂ –konsentrasjon blir 40,9 µg/m³ (i avstand 200 m fra skorsteinen) under de mest ugunstige forholdene (stiv kuling fra skorsteinen mot lagersiloene). Sum av bidrag fra anlegget og bakgrunnsbidrag fra andre kilder kan da utgjøre 57 % av anbefalt luftkvalitetskriteriet, og 29 % av grenseverdien. Maksimal årsmiddelverdi av Kadmium er beregnet til 0,028 ng/m³, mens grenseverdien er 1-5 ng/m³. Bidraget fra anlegget til forurensning av kvikksølv er på 0,0042 % av grenseverdien. Anleggets utslipp av dioksiner bidrar med under 0,00001 % av tolerabelt daglig inntak angitt av verdens helseorganisasjon.

Basert på at luftkvalitetskriterier og grenseverdier er fastsatt på et nivå som skal beskytte befolkningen mot helsefare kan det konkluderes med at utlippene fra anlegget gir bidrag som er så lavt i forhold til grensene at de ikke utgjør noen helsefare.

Spredningsberegninger for utslipp til luft fra kalkovn ved NorFraKalk, Verdal

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra NorFraKalk utført spredningsberegninger for utslipp til luft fra en planlagt kalkovn på Øra industriområde, Verdal.

Det er utført beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner i nærområdet ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX, og maksimale årsmiddelkonsentrasjoner ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP.

Grunnlaget for krav til minimum skorsteinshøyde er at bakkekonsentrasjonene (inkludert bakgrunnskonsentrasjonene) av enhver forurensende komponent skal være lavere enn de anbefalte luftkvalitetskriteriene gitt av SFT og WHO (World Health Organisation) (Tabell 1).

Tabell 1: Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for luftkvalitet for de respektive komponentene gitt av henholdsvis SFT og WHO, samt foreslåtte EU-direktiver.

Komponent	Enhet	Virknings- område	Midlingstid			
			1 time	24 timer	6 mnd.	1 år
NO ₂	µg/m ³	Helse Vegetasjon	100 ^{d)}		50 ^{d)}	40 ^{c)} 30 ^{d)}
SO ₂	µg/m ³	Helse Vegetasjon	350 ^{c)} 150 ^{d)}	125 ^{c)}		50 ^{b)} 20 ^{d)}
CO	mg/m ³	Helse	25 ^{d)}			
Svevestøv ^{a)}	µg/m ³	Helse		35 ^{e)} (50 ^{c)})		30 ^{c)}
Hg ^{f)}	µg/m ³	Helse				1 ^{b)}
Cd	ng/m ³	Helse				1 - 5 ^{d)}
Fluorid (HF)	µg/m ³	Helse Vegetasjon		25	10 0,3	
Bly	µg/m ³	Helse				0,5
Arsen ^{g)}	ng/m ³	Helse				6
Kadmium ^{g)}	ng/m ³	Helse				5
Nikkel ^{g)}	ng/m ³	Helse				20

a) Partikler med diameter < 10 µm (PM₁₀).

b) Anbefalt grenseverdi WHO (1987). Gjelder kvikksølv i partikler og i gasser.

c) EU-direktiv, 1998.

d) Anbefalte luftkvalitetskriterier SFT, 1992.

e) Anbefalt luftkvalitetskriterium SFT/Folkehelse, 1998.

f) Atmosfærens totale Hg-konsentrasjon (partikler og gasser)

g) Forslag til utvidelse av forurensningsforskriften

For dioksiner er det ikke angitt noen luftkvalitetsgrense. WHO angir et tolerabelt daglig inntak på 1-4 g pr. kg kroppsvekt, og estimerer pusting til å utgjøre under 5 % av det daglige inntaket.

SFT krever videre at bidraget fra enkeltanlegg ikke skal utgjøre mer enn maksimum 50 % av forskjellen mellom luftkvalitetskriteriet ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for NO_2) og NO_2 -forurensningene i området før det planlagte anlegget tas i bruk. Fra bakgrunnsatlas for programmet VLUFT angis generell NO_2 -bakgrunn for bymessig område i Nord Trøndelag til å være $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Denne verdien er brukt som bakgrunnsverdi.

Basert på dette grunnlaget bør ikke maksimal bakkekonsentrasjon på nedvindsiden av pipa være større enn $(100-17)/2 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3 = 41,5 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$.

2 Utslippsdata

Tekniske data er gitt av oppdragsgiver (Tabell 2). Utslippshastigheten i tabell 2b er beregnet av NILU.

Tabell 2a: Utslippsdata. Forventede driftsverdier og krav til utslipp til luft. Om ikke annet er angitt er alle tall angitt som mg/Nm^3 og relatert til tørr gass ved 10 % O_2 .

Parameter	Forventede driftsverdier (mg/m^3 hvis enhet ikke er angitt)	Krav i Forskrift (mg/m^3 hvis enhet ikke er angitt)
Totalt støv	10	30
Organiske forbindelser i gass eller dampform (TOC)	5	10
Hydrogenklorid (HCl)	3	10
Hydrogenfluorid (HF)	0,4	1
Svoveldioksid (SO_2)	5	50
NO_x	250	500
Kadmium (Cd) og thallium (Tl)	0,01	Totalt 0,05
Kvikksølv (hg)	0,015	0,05
Antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), krom (Cr), kobolt (Co), kobber (Cu), mangan (Mn), nikkel (Ni) og vanadium (V)	0,1	Totalt 0,5
Av gruppen over:		
Arsen	0,0005	
Kadmium	0,001	
Nikkel	0,005	
Bly	0,02	
Dioksiner og furaner	$0,025 \text{ ng}/\text{m}^3$	$0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$

Tabell 2b: Anleggsdata –utslipp.

Røykgassmengde	$53\,400 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Røykgasstemperatur	$110 \text{ }^\circ\text{C}$
Skorsteinsdiameter	1,6 m
Utslippshastighet	10,4 m/s

3 Meteorologi

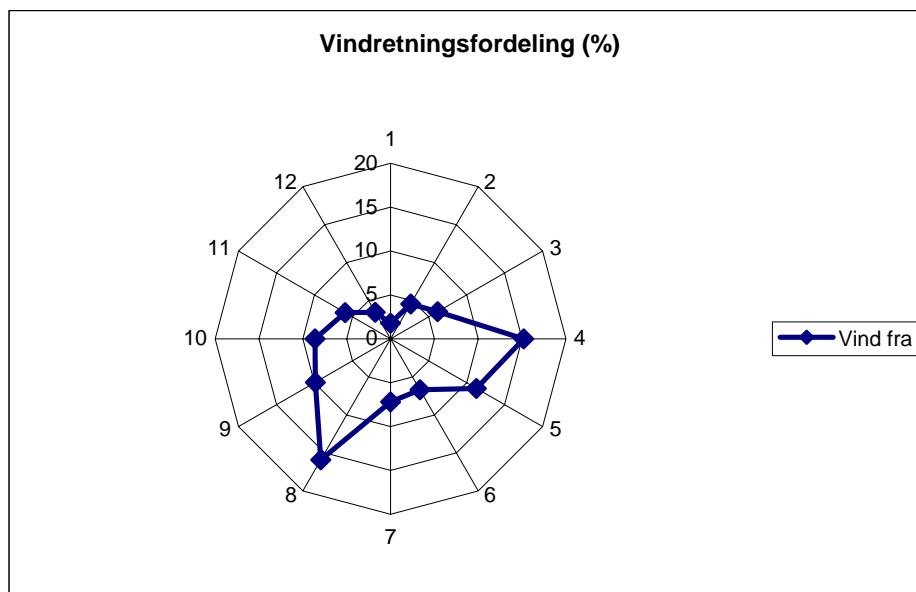
De meteorologiske forholdene er kritiske for spredning av utslipp til luft. Spredningsforholdene kan klassifiseres i tre klasser; ustabile (U), nøytrale (N) og stabile/lett stabile (S/Ls) atmosfæriske forhold. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av stabilitetsklassene.

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

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

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

Ved beregning av langtidsmiddelkonsentrasjoner er det benyttet meteorologiske data fra Fiborgtangen i Skogn (Knudsen et. al, 2002), se vedlegg A. Dataene er vurdert som representative for gjennomsnittlige årlige spredningsforhold i Skogn. Vurdert fra de lokale topografiske forholdene bør målingene også være representative for Verdalsøra, men det kan være en lokal dreining av vind fra øst-sørøst mot øst ved Verdalsøra i forhold til Fiborgtangen. Vindretningsfordeling, vist som prosent av vind fra 12 sektorer er vist i Figur 1.



Figur 1: Vindretningsfordeling ved Fiborgtangen vist som % av tiden vinden blåser fra gitt sektor.

4 Spredningsberegninger

Det er utført spredningsberegninger ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX og CONDEP, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i avgassen er normalfordelt horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for ustabile (U), nøytrale (N), lett stabile (Ls) og stabile (S) atmosfæriske forhold.

Spredningsberegningene er gjennomført med utslipp pr. tidsenhet beregnet fra tallene i Tabell 2, og konsentrasjoner i omgivelsene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Spredningsmodellene beregner maksimale timemiddelkonsentrasjoner (CONCX) og maksimale årsmiddelkonsentrasjoner (CONDEP).

4.1 Maksimale timeverdier

Den av de oppgitte komponentene for utslipp som først vil gi bidrag over grenseverdier for luftkvalitet er NO_2 . Krav til nye anlegg er at bidraget til forurensning ikke skal være mer enn halvparten av forskjellen mellom luftkvalitetskriteriet ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og "bakgrunnsbelastning" i området ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

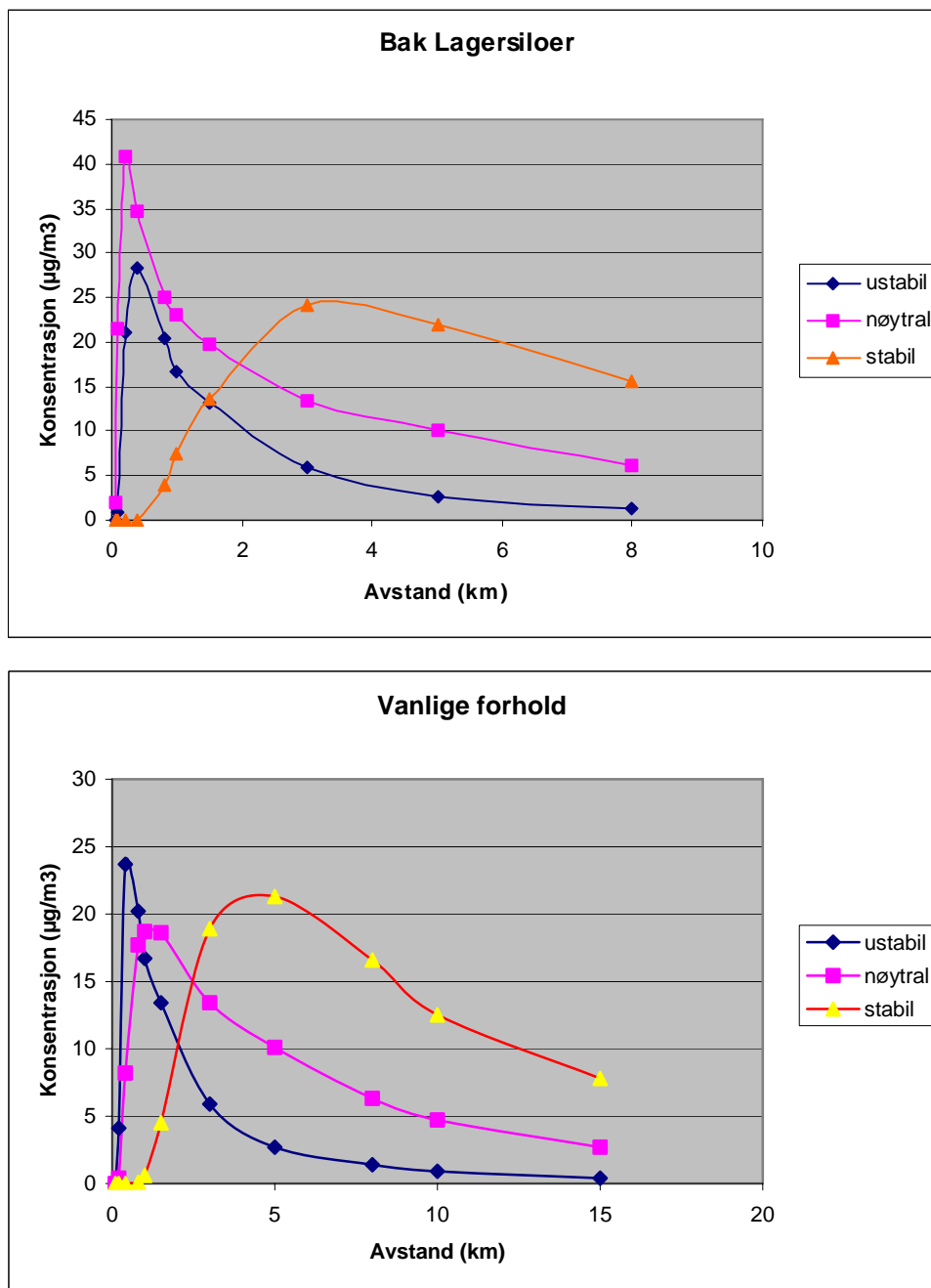
Tillatt maksimalbidrag fra anlegget blir dermed $41,5 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ i bakkenivå.

Utslippskonsentrasjonene er oppgitt som NO_x (sum av NO og NO_2). Det er, i tråd med etablert praksis, regnet som om all NO_x forekommer som NO_2 . Dette gir et **overestimert** for de beregnede bakkekonsentrasjonene.

En 45 m høy pipe er tilstrekkelig for å unngå uakseptable bidrag fra anlegget i bakkenivå. Maksimalt bidrag for NO_2 blir $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (i avstand 400 m ved ustabile atmosfæriske forhold) for alle vindretninger utenom sørvest. Ved sørvestlig vind kan utslippene virvles ned mot bakken i le av lagersiloene nordvest for kalkovnen.

Maksimal bakkekonsentrasjon vil da kunne bli $40,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (i avstand 200 m ved nøytrale atmosfæriske forhold) Denne konsentrasjonen vil bare kunne inntreffe ved stiv kuling. Maksimal bakkekonsentrasjon av NO_2 som funksjon av avstand fra utslippet er vist i Figur 2. Situasjonene for "vanlige" forhold og for vindretning fra skorstein mot lagersiloer er vist separat.

De viste konsentrasjonen vil forekomme på nedvindsiden av skorsteinen i den vindretningen som dominerer for den aktuelle timen. Hvor ofte dette forekommer er reflektert i fordelingen av vind og stabilitet gitt i vedlegg A.

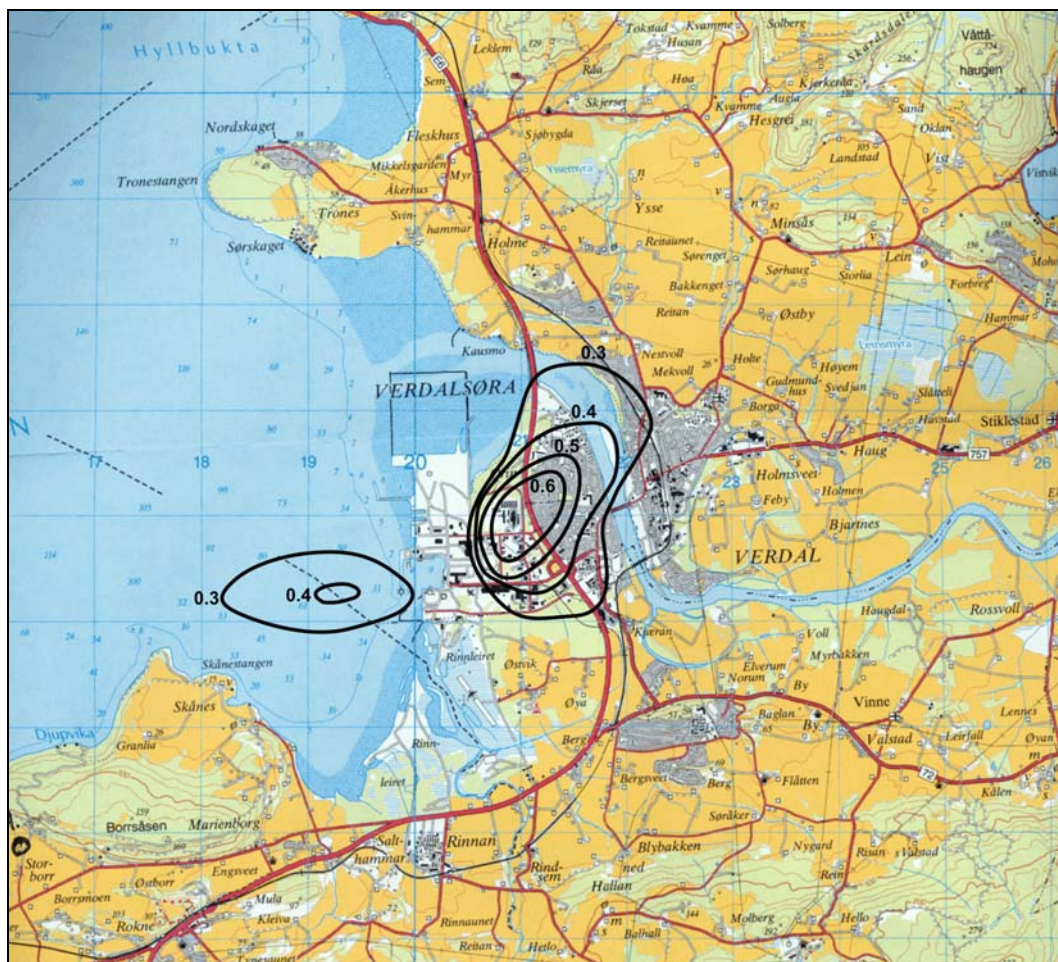


Figur 2: NO_2 -bidrag til bakkekonsentrasjon. Konsentrasjon som funksjon av avstand for verste transportretning og for øvrige retninger.

4.2 Maksimale årsverdier

Beregningene av langtidsmiddelkonsentrasjoner viser lave bidrag fra anlegget til årsmiddelkonsentrasjoner i områdene omkring. Maksimale bidrag fra anlegget er beregnet til $0,7 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ca 500 m nordøst for utslippet. For alle de øvrige komponentene blir konsentrasjonene lavere.

Figur 3 viser anleggets bidrag til bakkekonsentrasjon av årsmiddel NO_2 .



Figur 3: NO_2 -bidrag til årsmiddelverdi, bakkekonsentrasjon.

Det vil være proporsjonalitet mellom utslippskonsentrasjonen, angitt i Tabell 2, og årsmiddelkonsentrasjonen. Tabell 3 viser maksimal årsmiddelkonsentrasjon i bakkenivå for bidraget fra kalkovnen for de enkelte komponenter angitt i Tabell 2.

Tabell 3: Maksimalt bidrag fra anlegget for de enkelte komponenter. ($\mu\text{g}=10^{-6}$ g, $\text{ng}=10^{-9}$ g, $\text{fg}=10^{-15}$ g). Hvor mye maksimalverdien utgjør i forhold til grenseverdi for luftkvalitet, der grense finnes, er også vist.

Parameter	Maksimal bakkekonsentrasjon	Prosent av grenseverdi
Totalt støv	0,028 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1
Organiske forbindelser i gass eller dampform (TOC)	0,014 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Hydrogenklorid (HCl)	0,008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Hydrogenfluorid (HF)	1,12 ng/m^3	0,4
Svoveldioksid (SO_2)	0,014 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,03
NO_x	0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	1,8
Kadmium (Cd) og thallium (Tl)	0,028 ng/m^3	2,8
Kvikksølv (Hg)	0,042 ng/m^3	0,0042
Antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), krom (Cr), kobolt (Co), kobber (Cu), mangan (Mn), nikkel (Ni) og vanadium (V)	0,28 ng/m^3	-
Av gruppen ovenfor:		
Arsen	0,0014 ng/m^3	0,02
Kadmium	0,0028 ng/m^3	0,06
Nikkel	0,014 ng/m^3	0,07
Bly	0,056 ng/m^3	0,01
Dioksiner og furaner	0,07 fg/m^3	< 0,00001 **

* regnet som NO_2

** Basert på maksimalt "tillatt" 5 % av daglig inntak via innånding og et tolerabelt daglig inntak på 1 pg pr. kg kroppsvekt, og et døgnmiddel på 10 X årsmiddelverdien.

5 Konklusjon

Med det foreslåtte anleggets pipehøyde på 45 m og de forventede utslippskonsentrasjonene vil bidrag til forurensningskonsentrasjoner i bakkenivå bli lavere enn, og til dels svært mye lavere enn grenseverdier for luftkvalitet. Maksimalt bidrag til timemidlet NO_2 –konsentrasjon blir 40,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (i avstand 200 m fra skorsteinen) under de mest ugunstige forholdene (stiv kuling fra skorsteinen mot lagersiloene). Sum av bidrag fra anlegget og bakgrunnsbidrag fra andre kilder kan da utgjøre 57 % av anbefalt luftkvalitetskriterium. Maksimal årsmiddelverdi av Kadmium er beregnet til 0,028 ng/m^3 , mens grenseverdien er 1-5 ng/m^3 . Bidraget fra anlegget til forurensning av kvikksølv er på 0,0042 % av grenseverdien. Anleggets utslipp av dioksiner bidrar med under 0,00001 % av tolerabelt daglig inntak angitt av verdens helseorganisasjon.

Basert på at luftkvalitetskriterier og grenseverdier er fastsatt på et nivå som skal beskytte befolkningen mot helsefare kan det konkluderes med at utslippene fra anlegget gir bidrag som er så lavt i forhold til grensene at de ikke utgjør noen helsefare.

6 Referanser

Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

Knudsen, S., Aarrestad, P.A., McInnes, H., Reitan, O. og Skjelkvåle, B.L. (2002) Konsekvenser av utslipp av nitrogenforbindelser til luft fra kraftvarmeverk, Fiborgtangen, Skogn. Kjeller (NILU OR 42/2002).

Vedlegg A Vindstatistikk

Tabell C 3: Vind- og stabilitetsfordeling for Tangen for perioden oktober 1997–september 1998 fordelt på tolv vindsektorer, fire vindstyrkeklasser og fire stabilitetsklasser. Vindstyrke $\leq 0,5$ m/s er definert som vindstille.

Vindretning	0,0–2,0 m/s				2,0–4,0 m/s				4,0–6,0 m/s				over 6,0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0,6	0,6	0,2	0,1	1,2	1,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	4,6
60	0,4	1,2	0,5	0,3	0,4	1,6	0,5	0,2	0,1	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
90	0,3	2,1	1,9	2,2	0,3	1,8	2,9	1,4	0,2	1,0	1,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	15,2
120	0,0	1,9	2,6	4,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	11,3
150	0,0	0,8	1,4	2,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	6,7
180	0,1	1,3	0,8	0,4	0,2	1,7	0,7	0,1	0,2	1,0	0,1	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	7,2
210	0,2	1,1	0,5	0,1	0,6	5,0	1,5	0,1	0,2	3,6	1,1	0,1	0,0	1,3	0,4	0,0	15,9
240	0,4	0,7	0,3	0,1	0,4	1,7	0,5	0,0	0,2	2,0	0,3	0,0	0,1	3,0	0,2	0,0	9,9
270	0,4	1,3	0,2	0,0	0,5	1,5	0,1	0,0	0,5	1,4	0,2	0,0	0,2	2,1	0,2	0,0	8,6
300	0,1	1,9	0,3	0,0	0,2	1,5	0,2	0,0	0,2	1,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	6,0
330	0,5	1,3	0,1	0,0	0,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
360	0,3	0,6	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
Stille	0,1	1,3	1,0	0,6													3,0
Total	3,5	15,9	9,9	10,1	4,6	18,0	7,5	3,1	2,1	12,0	3,4	0,2	0,8	7,8	1,1	0,0	100,0
Forekomst	39,4%				33,1%				17,8%				9,7%				
	Fordeling på stabilitetsklasser																
	Klasse I				Klasse II				Klasse III				Klasse IV				
Forekomst	11,0%				53,7%				21,9%				13,4%				100,0%



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 17/2007	ISBN 978-82-425-1869-9 (t) 978-82-425-1870-5 (e) ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 12	PRIS NOK 150,-
TITTEL Spredningsberegninger for utslipp til luft fra kalkovn ved NorFraKalk, Verdal		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-104020	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Gunnar Nilsen	
OPPDRAKSGIVER NorFraKalk Postboks 53 1309 RUD			
STIKKORD Utslipp	Spredningsberegninger	Nitrogendioksid	
REFERAT Det er utført spredningsberegninger for utslipp fra en planlagt kalkovn i Verdal. Maksimale bakkekonsentrasjoner for både korttidsmiddel og langtidsmiddel vil ligge under anbefalt retningslinje ved planlagt pipedimensjon.			
TITLE Dispersion calculations of emissions from a lime kiln in Verdal			
ABSTRACT Dispersion calculations have been carried out for emissions. Contribution to concentrations from the facility will be acceptable with planned stack dimensions.			

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