

Grunnlagsdokument - støv i norsk silisiumkarbidindustri

1. Stoffets identitet:

Partikulær forurensing (blandingsstøv) i arbeidsatmosfæren ved de tre norske silisiumkarbidverk. Dannes ved produksjon av silisiumkarbid med dagens teknologi (sammensmelting av kvarts og petrolkoks i åpne motstandsovn, med påfølgende knusing).

2. Grenseverdier:

Det har vært benyttet bransjespesifikke normer siden 1983. Disse har vært basert på støvets innhold av α -kvarts og kristobalitt, mens øvrige komponenter ble vurdert som "sjenerende støv", dvs. uten kjent biologisk effekt. For blandingsstøvet har man benyttet verdier basert på formelen $60/(Q+2K)$ mg/m³ der Q og K sto for prosentandel α -kvarts hhv. kristobalitt¹.

I 1980 ble det fastsatt administrative normer for α -kvarts og kristobalitt, for partikler med aerodynamisk diameter < 5 μ m (også betegnet som "finstøv") på 0,2 mg/m³ (α -kvarts) og 0,1 mg/m³ (kristobalitt). I 1984 kom det også normer for totalstøv, på 0,6 mg/m³ (α -kvarts) og 0,3 mg/m³ (kristobalitt).

I 1990 ble de administrative normer for totalstøv halvert til 0,3 mg/m³ (α -kvarts) og 0,15 mg/m³ (kristobalitt), og for respirabelt støv til 0,2 mg/m³ (α -kvarts) og 0,1 mg/m³ (kristobalitt). Respirabelt støv var definert som den fraksjonen som passerer en foravskiller med karakteristika som følger Johannesburg-konvensjonen². 1993 fikk normene anmerkningen K3 som betyr at stoffet kan være kreftfremkallende².

Arbeidstilsynet aksepterte i 1983 avdelingsspesifikke totalstøvgrenser for blandingsstøvet: for råvare- og ovnsavdelinger (4 mg/m³) og prosessavdelinger (6 mg/m³) (se under punkt 6). Etter påtrykk fra Arbeidstilsynet 6. distrikt reduserte to av verkene disse grensene da de administrative normer for α -kvarts og kristobalitt ble halvert i 1990, men de reduserte ikke grensene like mye. Verkene har derfor etter dette og fram til i dag operert med tre forskjellige sett av grenser (se også under punkt 6):

	<i>Norton Lillesand</i>	<i>Norton Arendal</i>	<i>Orkla Exolon</i>
Råvare- og ovnsavdelinger	2 mg/m ³	2 mg/m ³	4 mg/m ³
Prosessavdelinger	6 mg/m ³	6 mg/m ³	6 mg/m ³
Skillehus		3 mg/m ³	
Pakking (5.etg, mikroavdeling)		5 mg/m ³	
Kranoperatør (mekanisk verksted)		4 mg/m ³	

3. Fysikalske og kjemiske data

Kjente komponenter i støvet er koks, amorf silika, α -kvarts, kristobalitt og silisium-karbid, inkludert fiberformige silisiumkarbidpartikler. Gassformig CO, PAH og SO₂ forekommer samtidig, og PAH og SO₂ kan være bundet til partiklene.

4. Toksikologiske data og helseeffekter

4.1 Epidemiologiske studier

Bruusgaard beskriver i 1948 risiko for lungefibrose i den aktuelle industrien³. Andersen og Høy framla i 1988 en rapport om sykkelighet av kreft og årsaksspesifikk dødelighet i norsk silisiumkarbidindustri⁴. Undersøkelsen omfattet samtlige tre norske verk. To av verkene hadde kort driftstid og dermed kort observasjonstid for påvisning av eventuell kreftfare. Ved det tredje (eldste) verket ble det påvist overrisiko for kreft i leppe og lunge.

Infante-Rivard og medarbeidere har funnet overdødelighet av ikke-maligne lungesykdommer og lungekreft i tilsvarende industri i Kanada⁵. Risikoen økte med kumulativ eksponering for totalstøv.

En ny undersøkelse av ansatte ved de norske verkene har vist overhyppighet av kreft, spesielt av lungekreft, men også av kreft i mage, leppe og øvre luftveier⁶. Det er dessuten funnet overdødelighet av kronisk obstruktive lungesykdommer (astma, kronisk bronkitt, emfysem). Risikoen for kreft og lungesykdom økte med kumulativ eksponering for totalstøv⁷. Kumulative støvnivåer var lavere enn referert i det kanadiske arbeidet. Tabellen viser standardisert incidensratio sammenliknet med mannlig gjennomsnittsbefolkning, og basert på minst 20 års latenstid, etter kumulativt eksponeringsnivå:

<i>Eksponering</i> <i>mg/m³ * år</i>	<i>SIR</i> <i>(20 års lag)</i>
0	0,8
0,1-15	2,1
15-70	2,8
≥70-	2,8

De aritmetiske middelverdiene av kumulativ eksponering innenfor eksponeringsintervallene er angitt i tabellen nedenfor⁸:

Totalstøv:

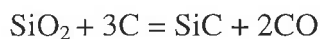
Kumulativ eksponeringsgruppe totalstøv (mg/m ³ ·år)	Aritmetisk middel totalstøv (mg/m ³ ·år)
0	0
0.1-14.9	6.3
15-69.9	33.6
70+	159.7

Nedre grense for det laveste eksponeringsintervallet er ikke basert på målinger. Tallet 0,1 markerer en verdi forskjellig fra null.

5. Bruk, forekomst, håndtering og teknologi

Silisiumkarbid (SiC) er et mineral som i sin vanligste form brukes som et slipe- og poleringsmiddel. Det har en hardhet som kun overgås av diamanter. Sluttproduktet fra silisiumkarbidindustrien brukes derfor i slipeskiver, samt i elektronikkindustrien til polering av silisiumskiver til kretskort. Dessuten brukes SiC som råvare innen produksjon av metallegeringer.

Silisiumkarbid (SiC) produseres i åpne motstandsovnner ved hjelp av reneste mulig kvarts, petrolkoks (koks fra olje) og elektrisk energi. Kjemisk reaksjon ved fremstillingen er:



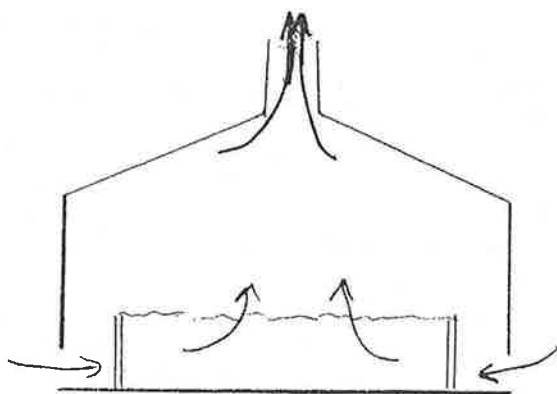
Råproduktet knuses og viderebehandles gjennom en omfattende klassifiseringsprosess der forskjellige korninger og kvaliteter fremstilles. Flere av prosesstrinnene, spesielt i ovnshus og skilleanlegg, er delvis åpne med stor grad av manuelt arbeid, noe som medfører eksponering for støv og gass.

Typiske arbeidsmiljøproblemer forbundet med produksjonen kan grupperes som følger:

- For hvert tonn SiC dannes ca. 1,4 tonn CO. På overflaten av ovnene brennes det meste av CO til CO₂. Eksponering for CO er et betydelig problem.
- I alle avdelinger under produksjonen forekommer eksponering for SiC-holdig støv. Det er også konstatert at fiberformig SiC dannes i ovnene.
- SiO₂ forekommer i mange krystallinske varianter og som amorf materiale. Ved produksjon av SiC er det funnet α -kvarts og kristobalitt i tillegg til amorf SiO₂.
- I ovnshus og i råstoffblanderiet kan arbeidstakerne også eksponeres for polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) (sannsynligvis fra petrolkoksen) og det vil, avhengig av svovelinholdet i petrolkoksen, forekomme SO₂-gass i ovnshusene.

Den norske industrien består av tre bedrifter, Orkla Exolon KS, Orkanger i Sør-Trøndelag, samt to bedrifter i Aust-Agder under samme eier, det franske konsernet Saint-Gobain. Det er Norton, Lillesand og Norton, Arendal (Arendal Smelteverk). Ifølge data fra virksomhetsregisteret har bedriftene henholdsvis 103, 170 og 233 tilsatte. Ifølge data hentet fra bedriften har de 75, 166 og 130 tilsatte i produksjonsavdelinger. Følgelig vil aktuelle eksponeringsforhold hovedsakelig berøre ca. 370 arbeidstakere. Tidligere var det betydelig flere ansatte i bransjen.

Hovedventilasjonen ved Arendal Smelteverk og Orkla Exolon har i hovedsak vært basert på "skorsteinsprinsippet" med naturlig oppdrift uten bruk av vifter. Norton Lillesand bygget tidlig på 80-tallet et ventilasjonsanlegg basert på innblåsing av luft sentralt nede ved gulvet og med utsugingsvifter montert på taket. Dimensjonerende var i hovedsak utvikling av CO. Etter påtrykk fra SFT er det startet ombygging/oppgradering av ovnshallventilasjonen ved Arendal Smelteverk og ved Norton Lillesand.



CO skal løftes opp slik at man får et skikt med frisk luft langs gulvet, og høyere CO-konsentrasjon under taket.

Ventilasjon i andre prosessavdelinger er basert på kjent og utprøvd teknologi; lukking av prosess med undertrykk (der prosessen foregår), punktavsug og allmennventilasjon. Sluttproduktet fra bedriftene har konsistens som pulver, og spredd i luft blir det støv. Det blir derfor et dilemma for bedriftene at teknologi som bedrer arbeidsmiljøet også vil virke som et masse transportsystem som tar bort deler av sluttproduktet.

Utover ventilasjon har bedriftene valgt to strategier for å beskytte ansatte mot støv- og gasseksponering; bruk av åndedrettsvern og å skille prosess og operatør. Det siste oppnås ved fjernstyring og automatisering samt ved å bygge operatørkabiner med kontrollert luftkvalitet på/ved maskiner. Åndedrettsvernet er for det meste støvfiltere, men i noen tilfeller frisklufttilførsel – fra trykkflasker eller gjennom slanger fra kompressor.

6. Måledokumentasjon

I samarbeid med Arbeidstilsynet og bransjeorganisasjonene ble det satt opp et program for støv- og gassmålinger i midten av 1980-årene. For støvdelen var programmet satt opp med den forutsetning at kvalitativ sammensetning var noenlunde konstant. For å undersøke det, ble det gjennomført en karakterisering av støv i silisiumkarbid-industrien i løpet av 1981-83. Det ble foreslått lokale totalstøvgrenser i forskjellige avdelinger i bedriftene basert på støvets sammensetning m.h.t. finfraksjon, α -kvarts og kristobalitt. Beregningene var basert på summasjonsformler som ga lavere grenser i ovnshuset der andel α -kvarts og kristobalitt var høy, og noe lavere grenser i påfølgende prosesstrinn (se også punkt 2).

Direktoratet for Arbeidstilsynet anmodet i 1985 EAF om å vurdere støvforholdene ved SiC-verkene nærmere og eventuelt fremme forslag om mer eksplisitte støvgrenser. Det ble nedsatt et utvalg, "Støvutvalget for SiC-industrien" på 12 personer fra bedriftene (ledelse og hovedverneombud), bransjeorganisasjoner (Elektrokjemisk Arbeidsgiverforening, EAF), Yrkeshygienisk Institutt (Jørgen Jahr) og Arbeidstilsynet (John Jacobsen). Rapporten fra utvalget, *Støvforhold og støvgrenser ved silisiumkarbidverk* forelå 7. mai 1986. Tabellen nedenfor (tabell 1) er tatt fra rapporten. Avsnitt 8.5 i rapporten omhandler "Vurdering av fiberkonsentrasjon ut fra totalstøveksponeringen" og lyder:

De resultatene som foreligger i tabell 1 er relativt usikre fordi totalstøv- og fibermålingene ikke ble gjort parallelt. Likevel tyder de på at fibereksposeringen vil kunne vurderes bra ut fra totalstøvmålinger når man får bedre underlagsmateriale. Det får man enten ved å ta parallelle prøver, eller ved å fordele (dispergere) totalstøvet i en væske og telle fibrene i en delprøve av dispersjonen. Den siste metoden er den enkleste og best egnet med tanke på statistisk bearbeiding av resultatene. Den er imidlertid ikke særlig brukbar for støv som er vesentlig grovere enn ca. 15 μm (aerodynamisk diameter).

44

TABELL 1

BEREGNING AV FIBERINNHOLDET I TOTALSTØVET

Her er bare tatt med de resultater fra 1983 - 1985 hvor målinger både av fiber og totalstøv for samme operatørkate I tabell 2 finnes alle resultatene for målingene av totals 1975, 1976 og 1983. I tabellen er n = antall prøver.

	Totalstøv, mg/m ³			Fiber, f/cm ³		10 ⁶ f/mg totalstøv (beregnet)	
	n	Middel	95% KG	n*	Middel	Middel	Fra - til (omtrent)
<u>Arendal Smelteverk A/S</u>							
Blander	5	0,9	0,4 - 1,9	6	1,2	1,3	0,6 - 2,2
Ovnshus A, div	9	2,2	1,6 - 3,2	23	0,5	0,2	0,2 - 0,3
(Ovnshus A ¹)				25	1,5	0,7	0,5 - 1,0
Ovnshus B/C ²	8	8,4	3,1 - 23	34	0,5	0,06	Usikker
Skiller, nytt anlegg	9	1,6	1,1 - 2,3	6	0,6	0,5	0,3 - 0,7
Skiller + knuser, gml.anl.	9	4,0	2,3 - 6,8	6	0,6	0,2	0,1 - 0,3
Mølle II, 3.et							
Canary	4	54**	Usikker	3	0,2	0,003	,001- ,02
<u>Orkla Exolon A/S & Co</u>							
Chargerer	5	5,9	3,7 - 9,4	14	0,4	0,06	,04 - 0,1
Ovnstømmer	5	10	5,5 - 19	12	1,2	0,1	,06 - 0,2
Sorterer ³	12	5,4	3,5 - 8,5	13	1,3	0,2	0,1 - 0,4
<u>Norton A/S</u>							
Mixavdeling ⁴	14	21	13 - 35	15	3,7	0,2	0,1 - 0,3
Ovnshusavd.	5	2,4	1,1 - 5,3	23	0,1	0,05	,02 - 0,1
Sortering	10	23	16 - 33	17	1,7	0,07	,05 - 0,1
Traktorkjøring	5	26	13 - 52	5	5,1	0,2	0,1
Raffineri	10	10	7,1 - 15	5	0,15	0,02	,01

¹ Inklusive to ekstremverdier.

² Totalstøv målt i hall C, mens fiber er målt både i B og C.

³ Med "Sentralt på rensestasjon" for totalstøv.

⁴ Med data for totalstøv fra 1975-76.

*Korttidsprøver tatt over to dager.

**En særlig høy prøve var neppe representativ.

Fiber er ikke systematisk kartlagt etter 1985, fram til 2000.

PAH ble kartlagt i forbindelse med utarbeidelsen av rapporten i 1983. De fleste målingene ble tatt ved pumpe hengende i kran over ovnene, altså ekstremforhold. Daværende norm var $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Bedrift	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<u>Orkla</u>	
Ovnshus (oppsop)	< 1
Ovnshus (kran)	9,4
<u>Arendal Smelteverk</u>	
Kokslager	< 2
Ovnshus A (kran)	7,7
<u>Norton Lillesand</u>	
Ovnshus (kran 1)	10,7
Ovnshus (kran 2)	26,1
Koksanlegg	< 2

Totalstøvmålinger for 1999 (for Orkla noen fra 1998) er gjengitt nedenfor (gjennomsnitt):

Målested	Støvgrense	Måleverdi, mg/m^3
<u>Norton Lillesand:</u>		
Ovnshus	2,0	
Kranmann		5,0
Renholder		9,45
Sorterer		15,27
Stasj.miksbygg		19,40
Raffineri	6,0	
Knusemann		8,98
Siktemann		3,57
Pakker		1,48
Fines	6,0	
Laminar/mikser		9,7
Jettemølle/fines		20,82
Operatør E297		3,47
Palla E277		4,47
FCP Pakking		11,70
Verksted Ovnshus	2,0	
Mekaniker		13,67
Verksted Raff/Fines	6,0	
Mekaniker		6,12

Arendal Smelteverk:

Mølle I	2,0	
Operatør		1,89
Ovnshus	2,0	
Operatør B		2,25
Renholder GM		10,63
Skillehus	3,0	
Skiller		2,59
Met.anlegg		2,39
Mølle II	6,0	
Operatør 3.etg		4,94
Operatør 1.etg		2,39
Mikro	6,0	
Pakkepl. 3.etg		9,10

Orkla Exolon:

Ovnshus	4,0	
SRS Rensebu		4,45
Vanlig SRS-jobb		4,98
Miksveier (1998)		0,8 – 1,6
Ovnstømmer (1998)		1,2 – 3,0
BB-pakking		3,7
Charerer		2,9
Mek. avdeling	4,0	
Mek.kontr.SRS (1998)		3,7
Kontr. JACEK (1998)		2,3
PRO	6,0	
Støvpakker makro		4,0
Blander (1998)		0,8 – 2,3
5-skift makro (1998)		1,1 – 1,8
Pakker våtmikro F800		5,0
Pakker våtmikro F1000 – stasjonær		1,7

Arbeidstilsynet mottok desember 2000 fra STAMI kopi av måleresultater for totalstøv, kvarts, fiber og PAH fra en av virksomhetene. Resultatene gjengis ikke her, i det enkelte av brevene er merket ”unntatt offentlighet”. Resultatene er imidlertid ikke av en slik art at de tilsier revurdering av konklusjonen i dette grunnlagsdokumentet.

7. Eventuelle erstatningsstoffer

Ikke relevant.

8. Konsekvensvurdering

Tilstrekkelig reduksjon av eksponeringsnivået til å normalisere dødelighet og sykkelighet kan neppe oppnås uten omlegging av produksjonsmåten.

9. Konklusjon med forslag om ny administrativ norm

Det er observert forhøyet risiko for lungekreft i tre av de fire eksponeringsintervall som er brukt i Kreftregisterets nyeste undersøkelse. Det laveste intervallet med forhøyet risiko er $0,1-15 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{år}$, med aritmetrisk middelvei $6 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{år}$. For å unngå at kumulert eksponering blir $6 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{år}$ eller mer i løpet av en yrkesaktiv periode på 40 år, må gjennomsnittseksponeringen være lavere enn $0,15 \text{ mg/m}^3$.

På dette grunnlaget foreslås en bransjespesifikk norm for totalstøv på $0,15 \text{ mg/m}^3$. Ved dette nivået er ikke overrisikoen for kreft eliminert, men redusert. Normen gis anmerkningen K for kreftframkallende.

¹ Bye E, Eduard W, Jacobsen J, Solvang S. Karakterisering av støv i silisiumkarbidindustrien. HD 897/84 Oslo 1984: Yrkeshygienisk institutt.

² Administrative normer 1996 . Arbeidstilsynet.

³ Bruusgaard A. Pneumoconiosis in silicon carbide workers. In The proceedings of the ninth international congress on industrial medicine. London 13-17.1948. Bristol 1949: John Wright & Sons Ltd, p.676-80.

⁴ Andersen A, Høy C. Rapport om sykkelighet av kreft og årsaksspesifikk dødelighet ved silisiumkarbidverk. Smelteverksindustriens helseutvalg dok 77/1988.

⁵ Infante-Rivard C, Dufresne A, Armstrong B, Bouchard P, Theriault G. Cohort study of silicon carbide production workers. Am J Epidem 1994; 140: 1009-15.

⁶ Romundstad P, Andersen A. Kreft og dødelighet i norsk silisiumkarbidindustri, delrapport 2: Kreftsykelighet. Kreftregisteret Oslo 2000.

⁷ Romundstad P, Andersen A. Kreft og dødelighet i norsk silisiumkarbidindustri. Resultater fra bedriftene.

Orientering til de ansatte, 17.11.99. Notat. Oslo 1999: Kreftregisteret, Institutt for epidemiologisk kreftforskning.

⁸ Brev av 24.11.00 til Direktoratet for arbeidstilsynet fra Pål Romundstad, Kreftregisteret