

NILU  
Oppdragsrapport nr 33/72  
Referanse:  
Dato: Februar 1972

STØVPROBLEMER OMKRING EN SEMENTFABRIKK

av

O F Skogvold

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
Postboks 15, 2007 Kjeller  
Norge

INNHOLDSFORTEGNELSE

		Side
1	<u>INNLEDNING</u> .....	1
2	<u>SEMENTPRODUKSJON</u> .....	1
	2.1 <u>Råmaterialbehandling</u> .....	2
	2.2 <u>Tørking og maling til råmel</u> .....	2
	2.3 <u>Klinkerfremstilling</u> .....	2
	2.4 <u>Kjøling</u> .....	3
3	<u>STØVUTSLIPP VED FREMSTILLING AV SEMENT</u> .....	3
	3.1 <u>Råmaterialbehandling</u> .....	3
	3.2 <u>Maling</u> .....	4
	3.3 <u>Klinkerfremstilling</u> .....	4
	3.4 <u>Kjøling</u> .....	5
	3.5 <u>Lager</u> .....	5
	3.6 <u>Sementmaling</u> .....	5
4	<u>STØY</u> .....	6
5	<u>SPREDNING AV PARTIKLER</u> .....	7
6	<u>TOPOGRAFI OG BEBYGGELSE</u> .....	7
7	<u>METEOROLOGI</u> .....	8
8	<u>FORURENSNINGER FRA EN SEMENTFABRIKK</u> .....	8
9	<u>KONKLUSJON</u> .....	10
10	<u>LITTERATURLISTE</u> .....	11
	Figur 1: Sement produksjon. Stedene for støvutslipp er merket A til L .....	12
	Figur 2: Oversiktskart .....	13
	Figur 3: Detaljkart over Visnesgrend .....	14
	Figur 4: Stolpene angir frekvens av vindretning i % .....	15
	Figur 5: Støvnedfallsbelastning som funksjon av avstanden. Beregnet for at vinden står på 1% av tiden i en 22,5° vinkel .....	16

## 1 INNLEDNING

Firmaet A/S Norcem har planer om i de kommende år å bygge ut sin kapasitet for fremstilling av sement i Norge. Et av de alternative byggesteder er ved Visnesgrend i Eide på Nord-Møre.

I denne forbindelse er Eide kommune interessert i å få en utredning om hva dette vil føre med seg av luftforurensninger i Visnesgrend.

Planene er foreløpig på et forberedende stadium. Det er derfor meget vanskelig å beregne forurensningsbelastningen på området omkring en eventuell sementfabrikk.

En regner i dag med at anlegget vil bli på ca 3000 tonn sement pr døgn eller ca 1 million tonn sement pr år. Dette er omtrent samme produksjon som på Slemmestad eller noe mindre enn det som nå er i Dalen ved Brevik. En regner med at omtrent halvparten av produksjonen vil bli transportert som sement og halvparten som klinker, altså ca  $\frac{1}{2}$  million tonn pr år av hver. De foreløpige planer er å ha bare én ovn som til gjengjeld da blir meget stor.

I denne rapport vil man se på erfaringer vunnet ved sementfabrikker i Sverige og sammenholde dette med målinger foretatt ved tilsvarende verk i Norge.

## 2 SEMENTPRODUKSJON (Fig 1)

Det vesentlige råmaterialet for tilvirkning av sement er kalkstein. For å få en riktig sammensetning før brenningen må man i alminnelighet tilsette mindre mengder av andre stoffer, såkalt korrigeringsmateriale ca 5 - 15%.

Fremstilling av sement innbefatter bryting og mekanisk bearbeiding i form av knusing og maling av store mengder råmateriale og klinker. Totalt må ca 2,5 tonn materiale finfordeles pr tonn produsert sement.

## 2.1 Råmaterialbehandling

Bryting av kalkstein skjer ved sprengning i dagbrudd eller gruve. Råmaterialet transporteres fra bruddet med store lastebiler ofte med en lastekapasitet på 20 - 50 tonn. I knuseriet knuses materialet ned til en størrelse på ca 25 mm.

Materialet transporteres så til råmateriallageret (steinlageret) som ofte er helt eller delvis innebygget; i noen tilfeller er det helt åpnet. Lageret har en kapasitet som tilsvarer 1 måneds drift eller mer.

## 2.2 Tørking og maling til råmel

Materialet fra råmateriallageret går til en mølle for maling til råmel som har en middel kornstørrelse på ca 50  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m} = 10^{-6}$  meter). Samtidig med malingen skjer det en tørking av materialet ved at varme røykgasser fra roterovnene eller fra separat oljefyringsanlegg føres gjennom kvernen. Ovgassen som ledes gjennom møllen fører med seg materialet til en vindsikt med etterfølgende støvfilter. Det ferdige råmelet transporteres til siloer som fungerer som mellomlager.

## 2.3 Klinkerfremstilling

Klinkeren lages i store roterovner med en diameter fra 3 - 6 meter og en lengde fra 50 - 100 meter. Ovnene har en helning på ca  $4^{\circ}$ .

Råmelet mates fra silo inn i roterovnenes øvre del og transporteres sakte gjennom ovnen på grunn av dens helning og rotasjon. Brensel og forbrenningsluft føres inn i ovns nedre del, den såkalte brennsonen. Forbrenningsgassene går opp gjennom ovnen og møter i motstrøm materialet og overfører det meste av sitt varmeinnhold til dette.

I roterovnene skjer hovedsakelig følgende prosesser:

- Oppvarming
- Kalsinering
- Sintring (Klinkerdannelse)

Råmelet møter i et system av sykloner, i motstrøm, de varme røykgassene fra rotérovnen. Røykgassene forlater syklonsystemet med en temperatur av 250-300°C og ledes dernest inn i elektrofilteret.

I syklonenes og ovnens øvre del oppvarmes materialet hurtig og man får en temperatur på ca 550°C. Ved denne temperatur begynner kalsineringen. Når kalsineringen er ferdig har en oppnådd en temperatur på ca 1000°C.

Sluttfasen i prosessen er klinkerdannelsen som vesentlig skjer i brennsonen. Temperaturen herfra er ca 1400-1450°C.

#### 2.4 Kjøling

Etter rotérovnen blir klinkeren hurtig avkjølet. Den kjøles ned til en temperatur av 100-150°C. Fra klinkerkjøleren transporteres klinkeren til det såkalte klinkerlageret. Klinkerlagerne er som regel meget store. Fra klinkerlageret eller direkte fra klinkerkjøleren transporteres klinkeren til en mølle for maling.

Etter malingen føres sementen til store sementsiloer. Fra sementsiloene transporteres sementen til et pakkeri for pakking i sekker eller for utlastning som løssement i spesialbygde lastebiler.

### 3 STØVUTSLIPP VED FREMSTILLING AV SEMENT

Råstoffet til sementfremstilling taes som tidligere nevnt, fra brudd. Råmaterialet blir senere mekanisk bearbeidet i form av knusing og maling i rørmøller. Ved en rekke steder i produksjonskjeden vil det oppstå støvproblemer.

#### 3.1 Råmaterialbehandling

Ved knusing vil materialet bli redusert til en størrelse på ca 25 mm. Ved dette utvikles det støv (fig 1 punkt B) og alt etter renseanleggets beskaffenhet vil den totale emitterte støvmengde variere fra 30 - 250 tonn pr år og anlegg (3).

Det er spesielt partikler større enn 15-20  $\mu\text{m}$  som blir fjernet ved rensing. Støvutslippet skjer som regel i lav høyde og derfor vil det meste av rest-støvet falle innenfor fabrikkområdet.

Det vil også frigjøres en del støv ved sprengning i steinbruddet (punkt 4), men det vil sjelden være til plage utenfor sprengningsområdet. Noe støvutslipp vil det bli fra transporten mellom steinbruddet og fabrikkområdet (punkt C), likeledes fra veibaner og fabrikkområde hvor det skjer transport og lasting og lossing av bruddstein. Dette kan bli en plage ved vind under tørre værforhold.

### 3.2 Maling

Fra steinlageret går materialet til råmelsavdelingen (punktene D, E). Her blir råmaterialet finmalt. Denne del er en av de større kildene til støvutslipp fra en sementfabrikk. Ved den tørre prosessen føres varme gasser fra ovnene gjennom møllen for tørking av materialene. Disse inneholder betydelige mengder støv og må således filteres.

Ved denne del i produksjonen nyttes sykkloner, posefilter eller elektrofiltere. Disse filterne renses gassen meget effektivt, men på tross av dette vil det totale støvutslipp fra råmelsavdelingen være betydelig. Det er oppgitt fra de svenske sementfabrikkene at utslippet varierer fra 35 - 2000 tonn pr år og fabrikk. Støvet fra denne del av produksjonen skjer ofte på relativt stor høyde over marken. De svenske anleggene har en utslippshøyde på mellom 17 - 90 meter over bakken.

### 3.3 Klinkerfremstilling

Etter malingen brennes råmelet til klinker i en rotérovn. Når råmelet passerer sykklonene foran rotérovnen vil den fineste støvfraksjon bli anriket vesentlig (punkt G). Støvkonsentrasjonen i røykgassene er derfor høy og partikkelstørrelsen liten. Støvkonsentrasjon og kornstørrelse er i meget stor grad avhengig av sykklonenes type og belastning. Ved alle svenske anlegg nyttes kun elektrofilter som støvavskillere for røykgassene. Konsentrasjonen i den rensede gass fra elektrofilteret beror i meget stor grad av dimensjoneringen og tilstanden til filteret.

Ved de svenske anlegg har man et støvutslipp på 65 - 780 tonn pr år og ovn. Støvutslippet skjer på en høyde av 50 - 90 meter over bakken. Det er viktig å merke seg at støvutslippet ved oppstartning av ovnen vil bli vesentlig større da elekrofilteret ikke kan innkobles umiddelbart. Vanligvis tar det fra 10 - 20 timer før filteret kan kobles inn. I denne tiden vil hele støvmengden gå ut i luften. Dette kan endres ved at filteret forvarmes slik at det kan tilkobles straks. Normalt vil en ovn måtte stoppes og startes minst en gang pr år.

De foretatte immisjonsmålinger i Sverige viser at støvutslipp i forbindelse med ovnstart er vesentlig for støvsituasjonen i sementfabrikkens omgivelser. I tillegg til støvutslipp har en utslipp av gassformige komponenter i røykgassene fra rotérovnene. Dette er hovedsakelig nitrogen, karbondioksyd, oksygen, vandamp samt mindre mengder av svoveloksyder og nitrogenoksyder.

#### 3.4 Kjøling

Etter brenningen i rotérovnene blir klinkeren avkjølt. Kjøleluften vil bli tilført støv (punkt H). Ved de svenske fabrikkene beregnes støvutslippet til mellom 20 - 550 tonn pr år og klinkerkjøler. Utslippshøyden varierer mellom 17 - 35 meter over marken.

#### 3.5 Lager

Etter at klinkeren er avkjølet transporteres den enten direkte til sementmøllene eller til klinkerlageret. Klinkerlageret kan i visse tilfelle utgjøre en relativt stor støvkilde (punkt I).

#### 3.6 Sementmaling

Klinkeren blir senere malt til sement og her har man fire støvemisjonskilder:

- 1) innmatningsarrangement til sementmøllene (punkt J)
- 2) mølle (punkt K)
- 3) vindsikt (punkt K)
- 4) transportanordninger

Som støvavskiller i sementmølleri anvendes posefilter eller elektrofilter. Fra svenske anlegg beregnes det totale støvutslipp på mellom 6 - 20 tonn pr år og sementmølle.

Det siste avsnitt hvor man kan få en del støvdannelse er transport fra møllen til lagringssiloene (punkt L) og videre transport fra siloene. Fra disse stedene er det vanskelig å måle og det er av den grunn vanskelig å gi noen tall for dette.

Tabell 1 gir en sammenstilling av de minste og største utslipps-tall fra de svenske fabrikkene (t/år).

	Minimum	Maksimum
Råmaterialbehandling	30 t/år	250 t/år
Maling	35 "	2000 "
Rotérovn	65 "	780 "
Kjølere	20 "	550 "
Sementmaling	6 "	20 "
	156 t/år	3600 t/år

4

#### STØY

Ved produksjon av sement vil en også få steder hvor støy kan være til sjenanse. Dette gjelder ikke bare på selve arbeidsplassen, men også for nærliggende bebyggelse.

De steder en kan regne med støy fra er følgende:

- 1) transport til og fra fabrikk
- 2) Knuseri
- 3) kjøleluftvifter til klinkerkjøleren
- 4) røykgassvifter etter rotérovner
- 5) kompressorsentral
- 6) møller
- 7) sementovner



5

## SPREDNING AV PARTIKLER

Spredning av partikler er avhengig av partiklenes dimensjon og form. Partikler større enn 20  $\mu\text{m}$  vil ha en fallhastighet som gjør at de største partiklene vil falle ut nær utslippsstedet, mens de mindre partiklene faller ut lengre unna. Partikler som er mindre enn ca 10-20  $\mu\text{m}$  vil mer eller mindre følge luftstrømmene. De minste partiklene spres på samme måte som en gass.

Spredningen er avhengig av utslippets plassering, stedets topografi, vegetasjon, størrelse og form av bygninger etc. Dessuten er spredningen avhengig av en rekke meteorologiske parametre slik som vindretning og styrke, temperatur og temperaturens endring med høyden.

Især for de små partiklene vil de nevnte parametrene ha vesentlig betydning for konsentrasjonene som når bakken. Fra en høy pipe vil en få en bedre innblanding av frisk luft i partikkelmassen før denne når bakken slik at konsentrasjonen blir lavere.

Ved større vindstyrker vil også innblandingen av frisk luft bli bedre og konsentrasjonen mindre. Vindretningen vil være bestemmende for hvor partiklene føres hen. Vindvariabiliteten, luftens turbulens, er avgjørende for spredningen av partiklene. Turbulensen er ofte knyttet til temperaturendringen oppover i atmosfæren.

6

## TOPOGRAFI OG BEBYGGELSE

Det påtenkte fabrikkområdet (se figur 2 og 3) ligger i et relativt flatt område hvor en liten topp på 125 meter stikker opp i det sør-østlige hjørnet av området. Selve fabrikkområdet er tenkt plassert i ca 60 - 70 meters høyde over havet.

Området strekker seg fra Nosvatnet i sør og til Kornstadfjorden i nord. Sørøst for fabrikkområdet er et fjellparti som når opp i vel 600 meter. I sørvest til vest er det høyder på ca 600 - 700 meter. Rundt det påtenkte fabrikkområdet er det meget spredt bebyggelse fra vest over nord til øst. I sektoren vest til nord nord-øst er det planlagt et større boligområde i avstand 400 - 700 meter fra verket. I retning nordvest er det planlagt et annet boligområde i avstand ca 1 - 1,5 km.

## METEOROLOGI

De meteorologiske stasjonene som ligger nærmest Visnesgrend er Hustad, Ona og Kristiansund. På grunn av avstanden og den spesielle topografien i området er det vanskelig å bruke noen av disse direkte. En har her valgt å ta utgangspunkt i stasjonen Ona da denne ligger fritt eksponert og sannsynligvis er den som er minst influert av lokal topografi.

Av figur 4 ser en at det i vintermåneden januar er fremherskende vinder fra sektoren sør sør-øst til sør-vest. Ca 60% av vinden kommer fra denne kant. På grunn av den lokale topografi er det rimelig å anta at vinden fra sør til sør-vest ofte vil komme inn som vind fra sektoren sør til sør sør-vest ved Visnesgrend. Også i høstmåneden oktober har vi dominerende vind i denne sektoren. I sommermåneden juli har vi vind fra nord-østlig kant. Den lokale topografi vil neppe endre denne retningen nevneverdig. Fra nevnte retning blåser det ca 40% av tiden. I vårmåneden april er vinden noe varierende, men det meste av vinden på Ona kommer fra sør-vest og nord-øst.

En kjenner ikke til at det er foretatt målinger av atmosfærens stabilitet over dette området og det er derfor vanskelig å foreta teoretiske beregninger. For slike beregninger er det også helt nødvendig med vindmålinger på stedet.

Nedbør vasker meget effektivt ut forurensninger fra atmosfæren. Den nærmeste nedbørstasjon i området ligger ved tettstedet Eide. Inspeksjonsberetningen fra dette sted angir at mest nedbør faller med vind fra sør-vest om sommeren, men om vinteren får en mest fra nord-vest. En får minst nedbør i sektoren fra sør til øst. Værstasjonen Hustad angir at det meste av nedbøren kommer med vinder mellom vest og nord nord-øst.

## FORURENSNINGER FRA EN SEMENTFABRIKK

Den vesentligste forurensning fra sementfabrikker er som nevnt støv. Enkelte steder kan også  $SO_2$ -mengden være betydelig. Vi vil her ikke komme inn på  $SO_2$  da vi ikke kjenner råmaterialets sammensetning, noe som er av vesentlig betydning for svoveldioksydutslipppet.

En har tidligere ment at støv fra sementfabrikker var uskadelig, men enkelte nyere undersøkelser indikerer risiko for helseskade ved stor støvbelastning (1 og 2).

Som nevnt tidligere er planene med en ny sementfabrikk på et meget forberedende stadium slik at vi vet for lite om denne til å kunne gjøre spredningsberegninger. Det vi vet er at det sannsynligvis vil bli én rotérovn av meget stor størrelse. Produksjonen på fabrikk vil være ca 3000 tonn pr døgn eller ca 1 million tonn pr år.

I Sverige er det foretatt omfattende immisjonsmålinger rundt tre av de svenske fabrikkene (3). Resultatene av immisjonsmålingene fra disse fabrikkene er gjengitt (stiplet) i figur 5. Av disse er Fabrikk 2 den største og Fabrikk 3 den minste, men Fabrikk 2 har meget bedre renseutstyr. På figuren er abscissen avstanden fra fabrikk i meter og ordinaten støvnedfallet gitt i gram pr  $m^2$  og måned. Kurvene i figuren er beregnet for det tilfellet at vinden står på i 1% av tiden fra en  $22,5^\circ$  sektor. Ved en helt jevn vindfordeling er prosenttallet ca 6% av tiden for hver  $22,5^\circ$  sektor, dvs at de avleste tall på figuren må multipliseres med 6, for 30% multipliseres med 30.

Vi har fått utlånt data fra en norsk sementfabrikk, fra firmaet A/S Norcem. Dataene er omregnet slik at de er gitt i samme enheter som for de tre svenske fabrikkene. Kurven er trukket med hel strek inn på samme figur. Som vi ser ligger kurven for den norske fabrikk ganske nær kurven for Fabrikk 3. Kurven merket "norsk fabrikk 6%" er for helt jevn vindfordeling i alle sektorer. Det er rimelig å anta at en ny fabrikk vil få vesentlig lavere utslipp enn de som er beregnet nedenfor.

Vi har tidligere sett på vindfordelingen fra Ona Fyr og nevnt den mulige kanalisering vi vil få av vinden på grunn av stedets topografi. Blåser f eks vinden 30% av tiden i en retning, vil belastningen 1 km borte bli:

Etter norsk kurve :  $30 \cdot 3 = 90 \text{ g/m}^2$  og måned  
Etter Fabrikk 1 (svensk) :  $30 \cdot 0,5 = 15$  " " "

For å sette tallene i relieff skal vi se litt på foreslåtte retningslinjer for støvnedfall. Et svensk forslag til klassifisering er følgende:

2 - 3 gram pr m <sup>2</sup> og måned	regnes som bakgrunnsverdier.
5 - 8 " " " " "	er tilfredsstillende for boligstrøk.
10-15 " " " " "	er urent og større enn
>15 " " " " "	er meget urent og ikke tilfredsstillende for boliger.

I Finland nytter man omtrent de samme tallene.

Canada (Ontario)	Boligstrøk	7 g/m <sup>2</sup> og måned
	Industriestrøk	14 " " "
Vest-Tyskland (Bergerhoff-metoden)	Generelt	19,5 " " "
	Industri	39 " " "

## 9 KONKLUSJON

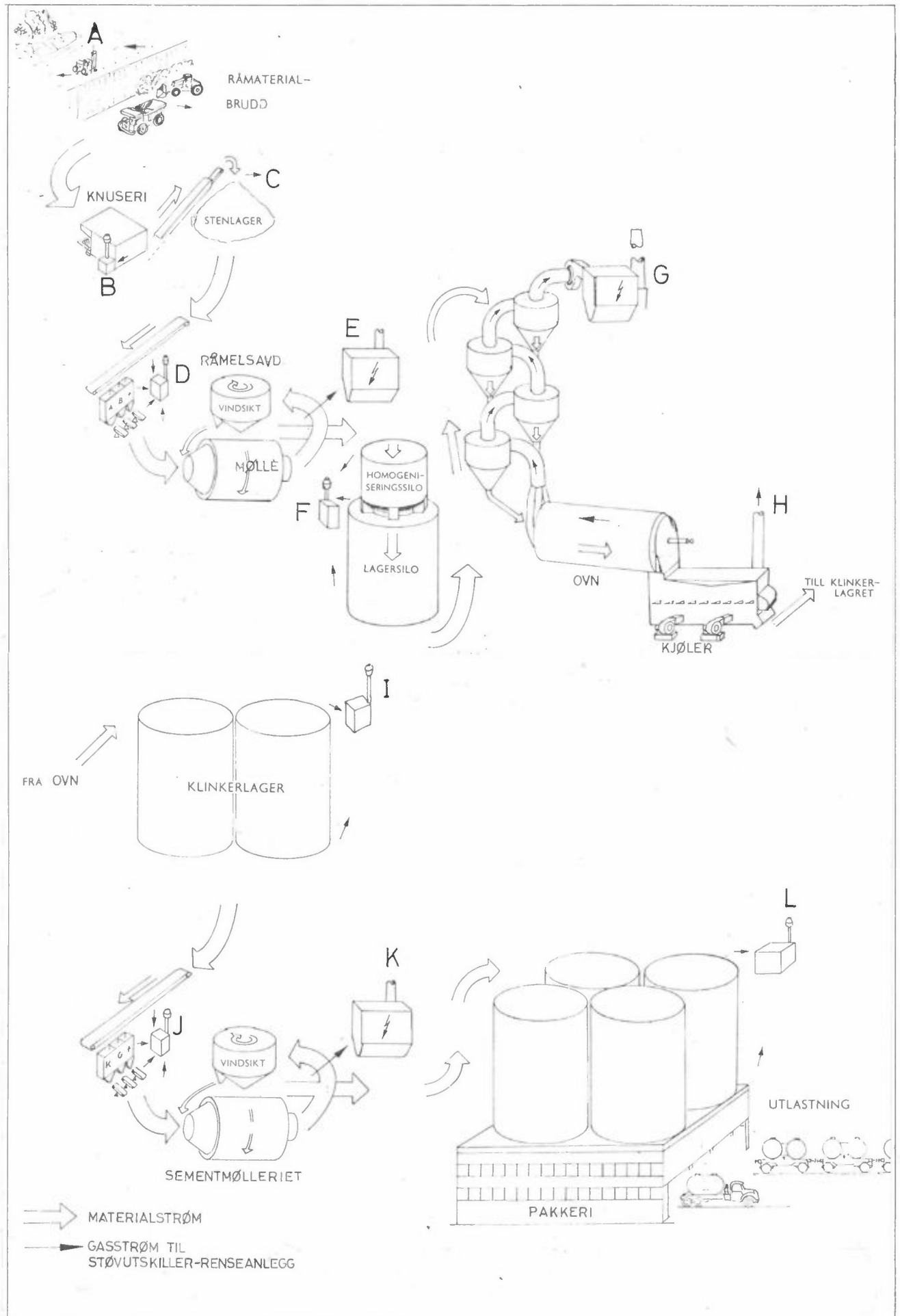
Går vi ut fra at tallene fra de svenske fabrikkene og også de vi har fra en norsk fabrikk kan nyttes i vårt tilfelle, er det klart at det påtenkte boligområdet i en avstand fra 400 - 700 meter vil bli sterkt belastet med støvnedfall. Det er også sannsynlig at det planlagte boligfelt ca 1 km borte ikke vil kunne klare å tilfredsstille det svenske forslag til retningslinjer. Det må også tillegges at ved ekstreme korttidsutslipp som følger f eks ved driftsforstyrrelser, ovnstart etc, vil gi et ytterligere bidrag til støvnedfallet som er 5 - 15 ganger større enn de normale. Disse tall er hentet fra en publikasjon fra Statens Naturvårdsverk i Sverige (3).

Det går tydelig frem av tabell 1 at variasjonene fra en fabrikk til en annen er meget stor. Meget av variasjonene skyldes forskjell i renseutstyr. De meteorologiske forhold på stedet er av meget stor betydning når det gjelder spredning av luftforurensninger. Det vil derfor være viktig at slike målinger blir startet så snart som mulig.

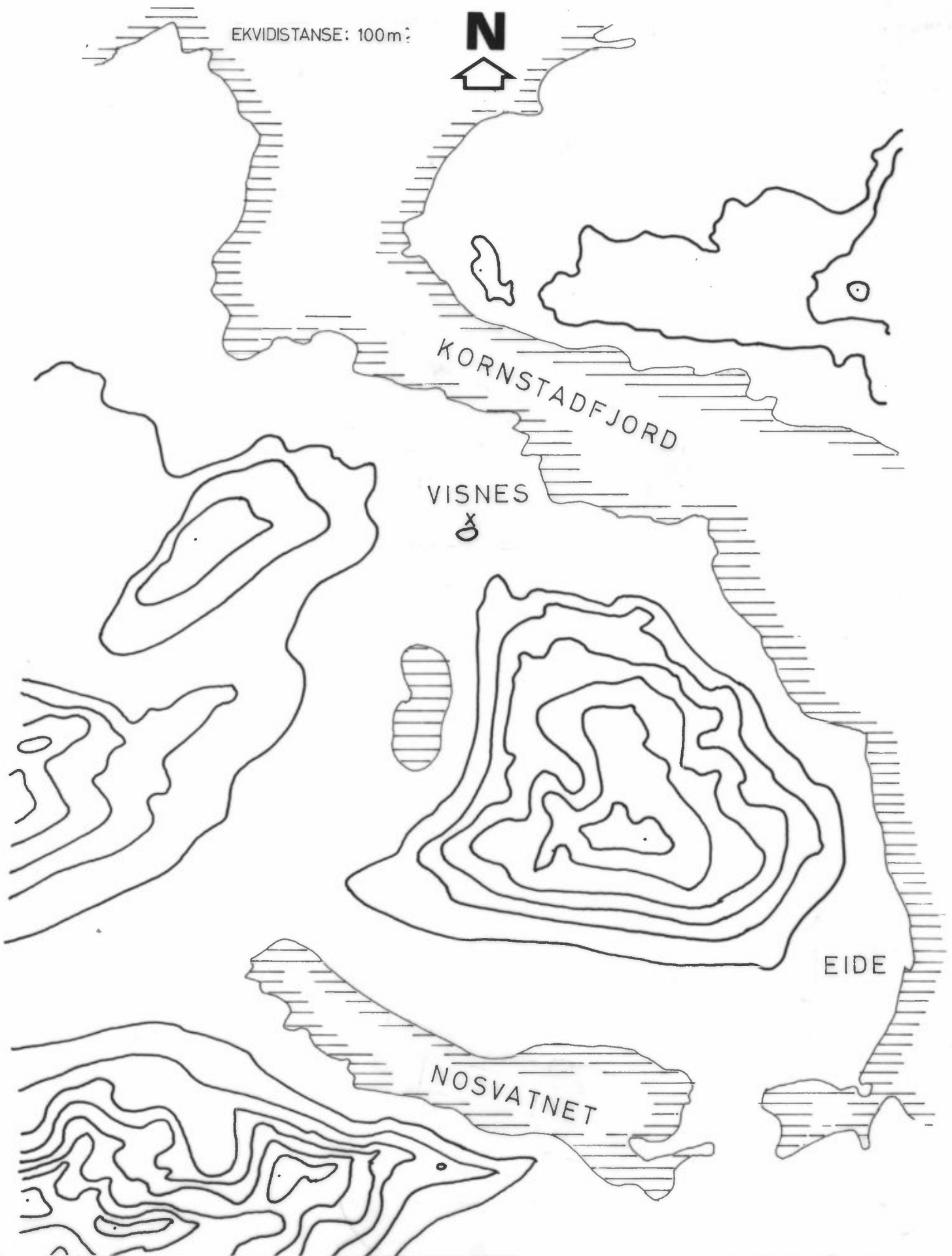
Ved å gjennomgå de siste årenes immisjonsdata fra norske verk har man sett at tallene er blitt redusert vesentlig fra år til år. Det er naturlig å regne med at en ny fabrikk vil få det beste renseutstyr som finnes på markedet og at en kan regne med ytterligere reduksjon av utslippene i de kommende år. Ved å måle de meteorologiske parametre på stedet og samtidig få nøyaktige data for det renseutstyr som velges, med oppgave over utslippshøyder, vil en kunne beregne støvbelastningen i området.

10 LITTERATURLISTE

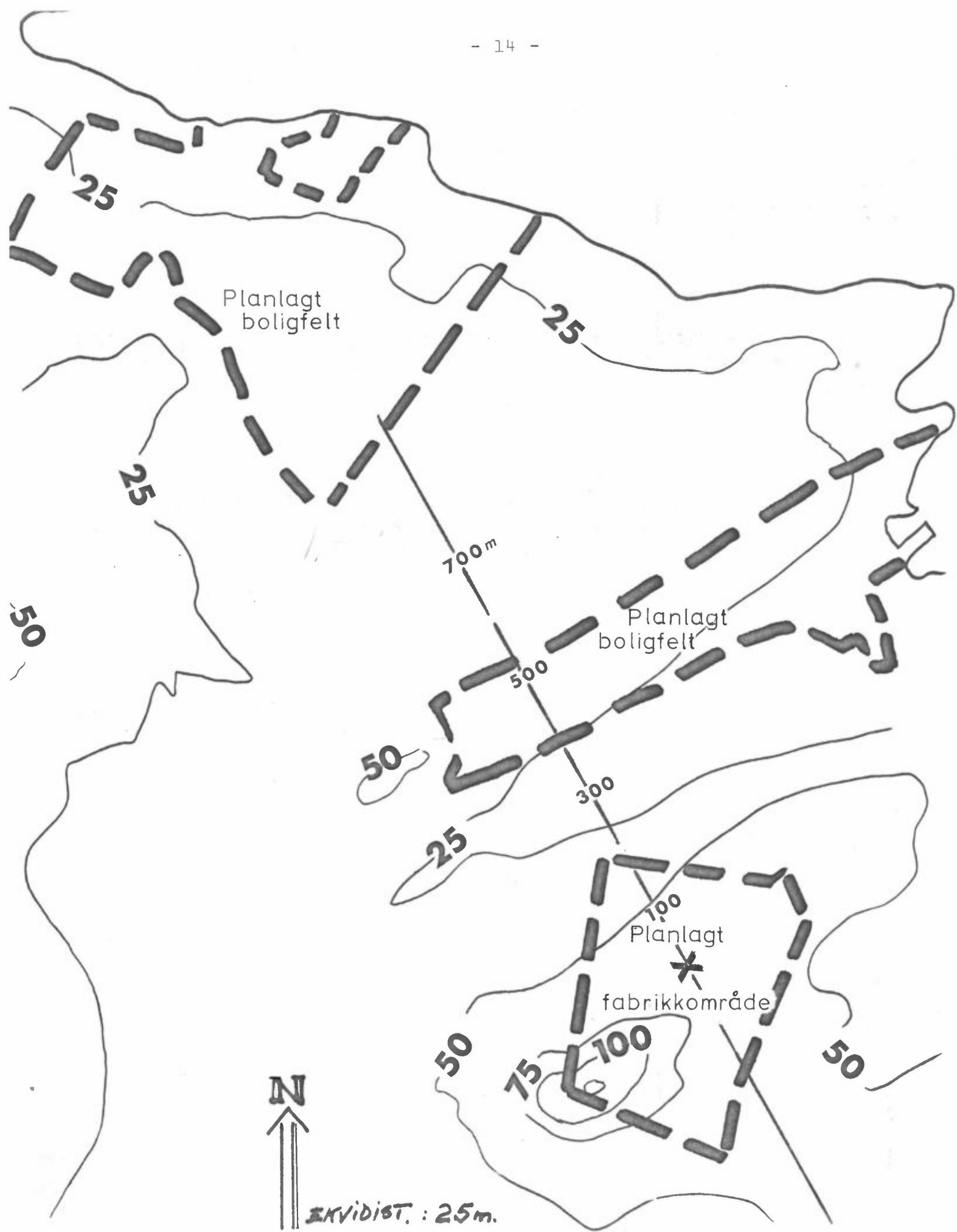
- (1) Strømsøe, S Skadevirkninger og grenseverdier for ulike typer støv.  
NILU, teknisk notat nr 7/71.
- (2) Air Quality Criteria for Particulate Matter.  
U.S. Department of Health, Education and Welfare. Washington D.C., Jan 1969.
- (3) Luftvårdsproblem vid framställning av cement, kalk, lättbetong, krita och gipsprodukter.  
Statens Naturvårdsverk, Publ. 9, 1971.
- (4) Strømsøe, S Grenser for støvfall.  
NILU, teknisk notat nr 1/71.



Figur 1 Sement produksjon. Stedene for støvutlipp er merket A til L



Figur 2 Oversiktskart

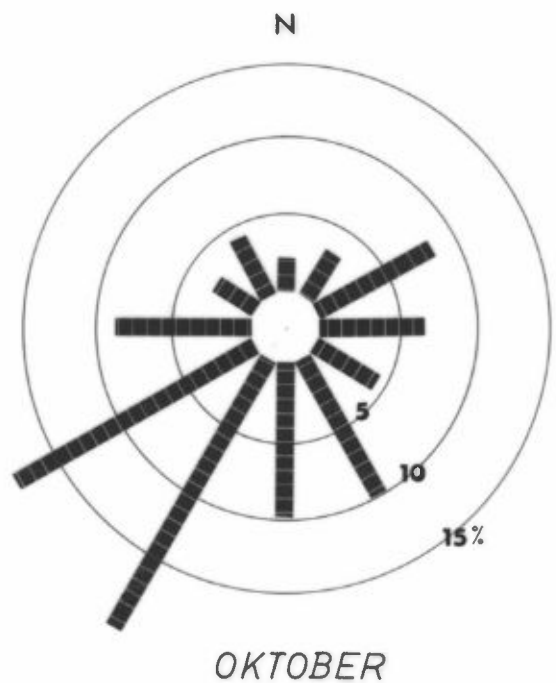
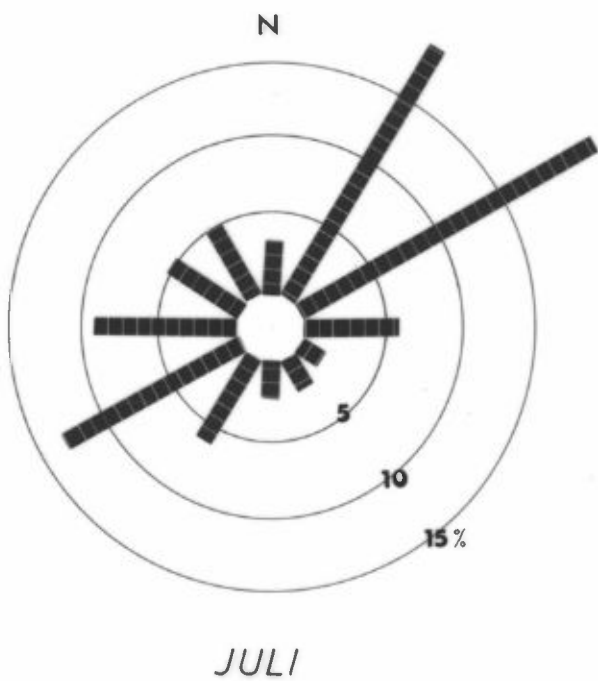
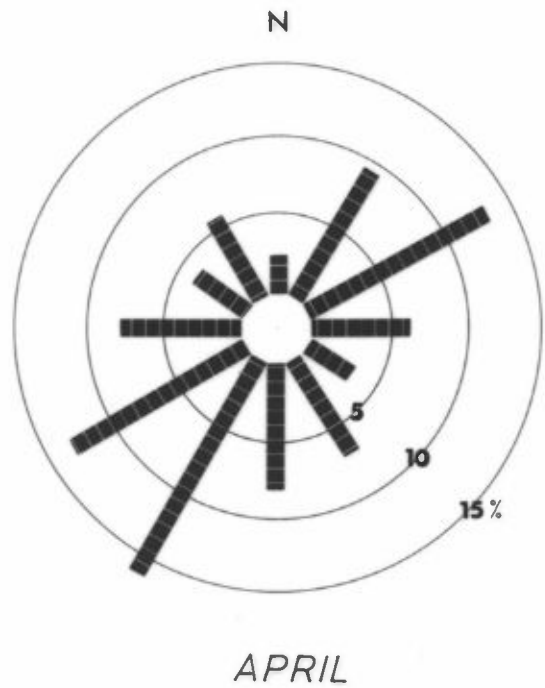
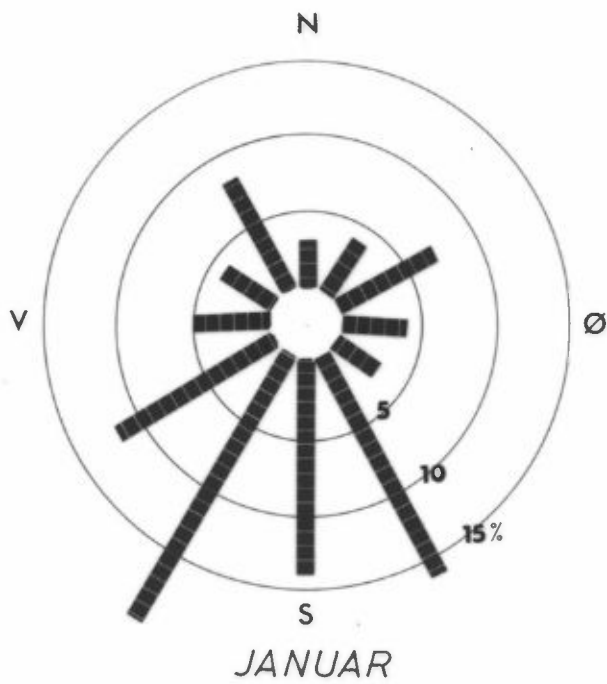


Figur 3 Detaljkart over Visnesgrend

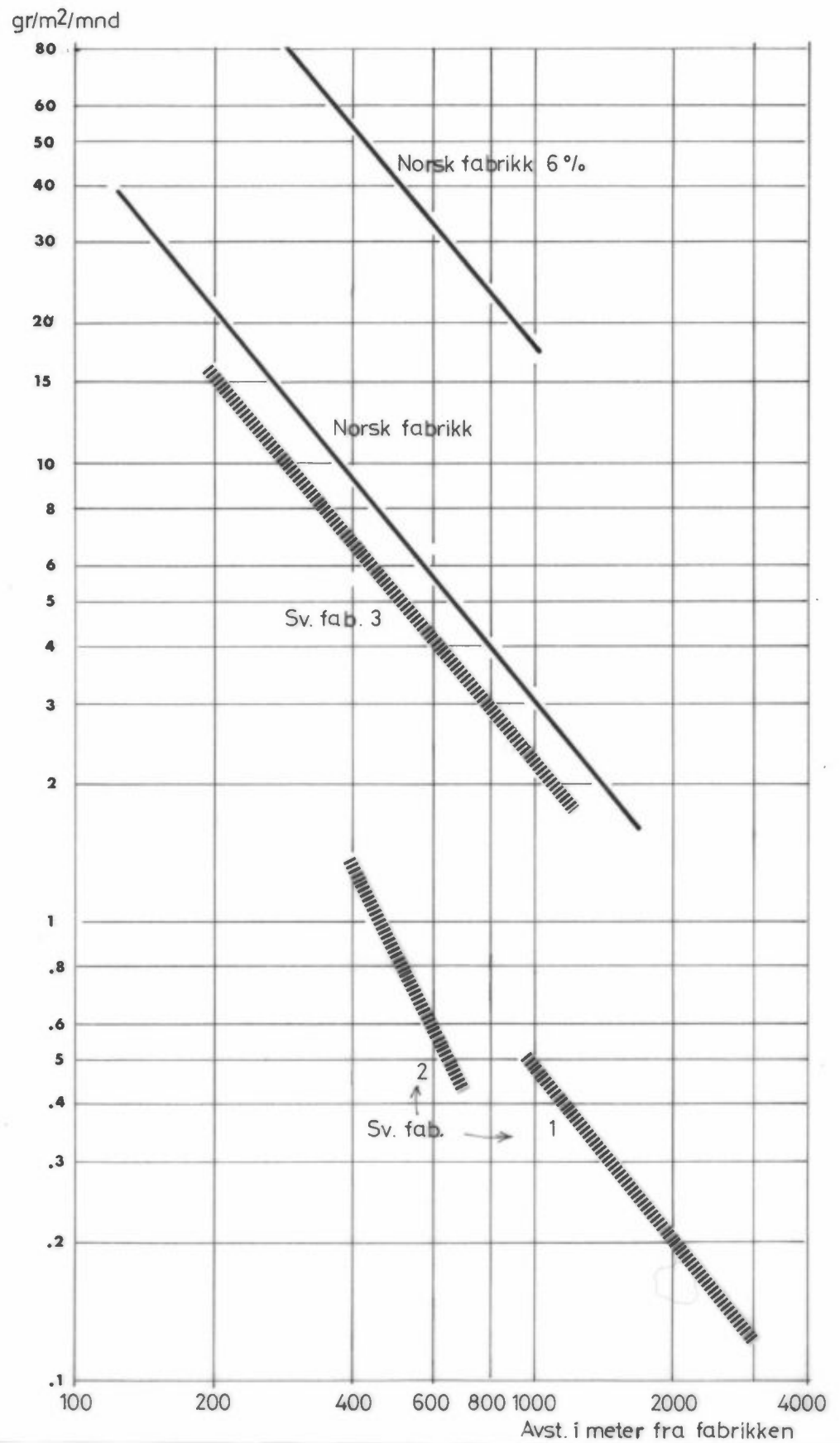


# Stasjon: ONA

1956-65



Figur 4 Stolpene angir frekvens av vindretning i %



Figur 5 Støvnedsfallsbelastning som funksjon av avstanden. Beregnet for at vinden står på 1% av tiden i en  $22,5^\circ$  vinkel.