

Teknisk notat nr 25/72
Dato: Mars 1972

MÅLETEKNIKK OG INSTRUMENTERING -

LUFTFORURENSNING

Meteorologiens innvirkning på
spredningsforholdene. Hvorfor,
hva og hvordan bør en måle.

Foreleser Bjarne Sivertsen

MÅLETEKNIKK OG INSTRUMENTERING -
LUFTFORURENSNING

Meteorologiens innvirkning på spredningsforholdene.
Hvorf, hva og hvordan bør en måle

Ettertrykk kun etter skriftlig tillatelse fra N.I.F. og forfatteren.

Foreleser:
Forsker Bjarne Sivertsen
NILU

METEOROLOGIENS INNVIRKNING PÅ SPREDNINGSFORHOLDENE

Hvorfor, hva og hvordan bør en måle?

1 INNLEDNING

En skal i det følgende se litt på hvilke meteorologiske faktorer som influerer på de konsentrasjonene av forurensning en måler i luften.

Vi skal komme inn på hvilke fysiske prosesser som har betydning for konsentrasjonsfordelingen i et område.

Vi skal se på hvilken betydning terrenget har, og i denne forbindelse se på hvordan beliggenheten i forhold til land og hav påvirker røykspredningen.

Til slutt skal vi kort skissere hvilke hensyn en må ta ved forsøksplanlegging, og hvordan data på en enkel måte kan nyttes til å vurdere forurensningssituasjonen.

Den konsentrasjon av forurensning en måler på et sted er naturligvis avhengig av mengden forurensning som slippes ut i det luftvolum en måler i. Konsentrasjonene er imidlertid også avhengig av luftens evne til å spre og fortynne denne forurensning. Den er også avhengig av hvor i luftvolumet forurensningen slippes ut (hvilken høyde over bakken) og den er avhengig av forurensningens sammensetning (gass, store partikler).

Værforholdene spiller en avgjørende rolle for spredningen av forurensninger som slippes ut. Den vei forurensningen tar er bestemt av vindens retning. Fortynningen avhenger av vindens styrke og luftmassens blanding underveis. Disse faktorer influeres igjen av topografien som kanalisierer vinden, og som skaper bedre eller dårligere blanding alt etter strålingsforhold og de ytre vindforhold.

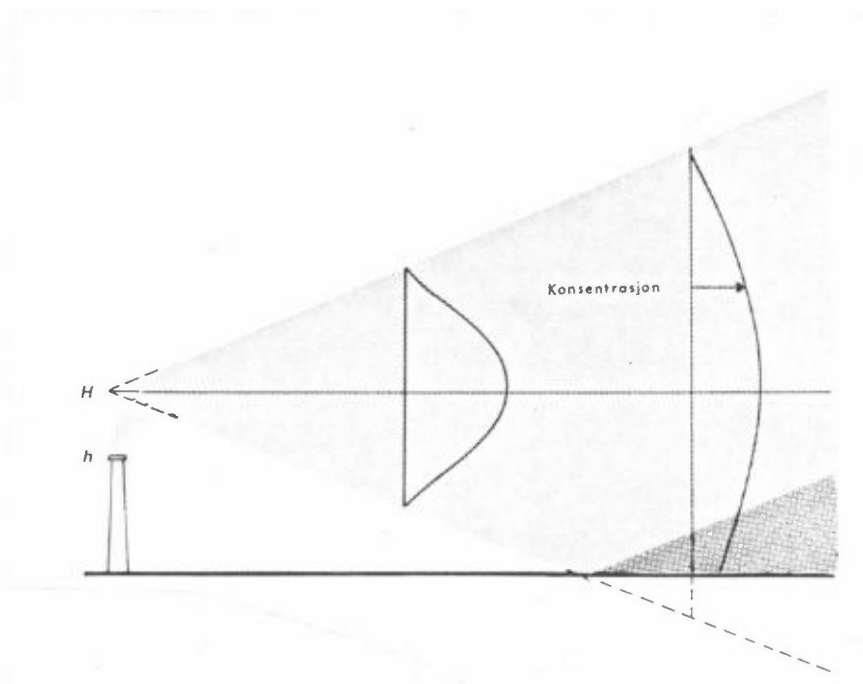
Når en ser på røykspredningen fra et av våre større aluminiumsverk i to forskjellige situasjoner, er det innlysende at spredningsmekanismen er forskjellig i de to situasjoner. Blandingseffektiviteten synes å være best i det første tilfellet, og en har en viss følelse av at konsentrasjonene er større i den situasjon hvor røyken ligger flatt over landskapet enn i den situasjon hvor røyken påvirkes av uordnede luftbobler som hele tiden dannes og forsvinner.

Vi skal i det følgende se litt nærmere på hvilke meteorologiske størrelser som påvirker luftens blandingsevne eller turbulens.

2 SPREDNING I FLATT, ENSARTET TERRENG

Som det enkleste tilfellet tenker vi oss en kilde, f. eks. en skorstein, plassert midt på en uendelig stor slette. Det blåser en konstant vind med gitt retning og hastighet, og fra skorsteinen flyter en jevn strøm av røyk. Vindens hastighet antas å være den samme i alle høyder over bakken. Hvorledes skjer fortynningen under disse enkle omstendigheter?

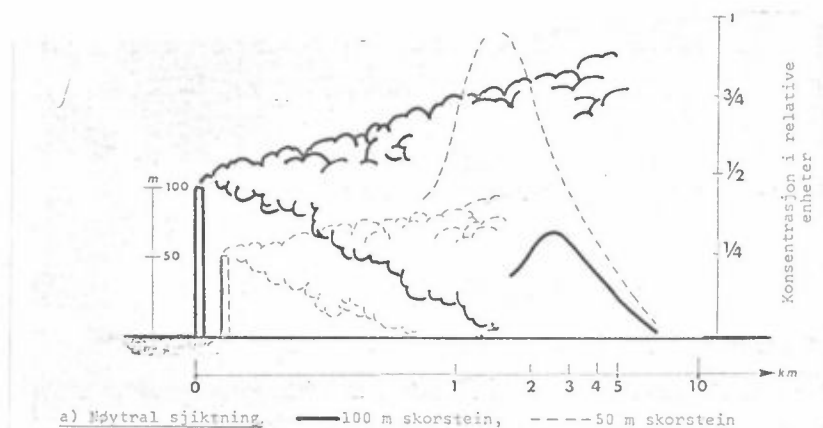
Vi får en tilnærmet kjegleformet røykfane som sprer seg til sidene som vist i figur 1. Konsentrasjonen er størst langs kjeglens akse og avtar utover mot kjegleflaten.



Figur 1 Skjematisk spredningsmønster fra skorstein

Langs en snittlinje gjennom kjeglens akse finner vi en fordeling som vist i figur 1, denne fordelingen kan med god tilnærmelse tilpasses en avkortet Gauss-fordelingskurve eller en normalfordeling. Jeg har her sett bort fra det forhold at røykgassene ofte er varme og derfor stiger før røykfanen utvikler seg. Dette forholdet korrigeres for ved å benytte en tilleggshøyde på skorsteinen avhengig av røykens utslippshastighet og temperatur.

Som en ser av figuren treffer røykfanen bakken et stykke vekk fra skorsteinen. Hvor langt vekk avhenger åpenbart av skorsteinens høyde og av kjeglens åpningsvinkel. Med samme åpningsvinkel vil den maksimale bakkekonsentrasjonen være mindre og forekomme lengere borte fra kilden fra en høy skorstein enn fra en lav skorstein.



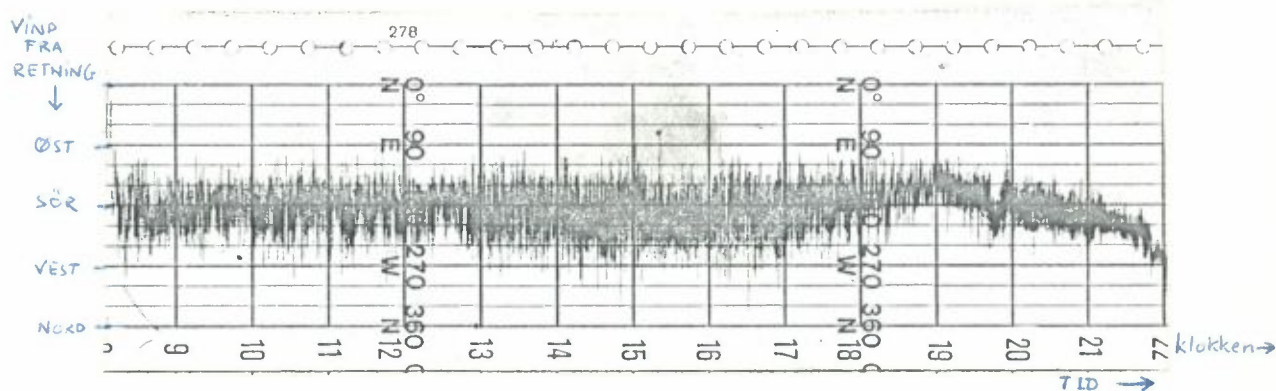
Figur 2 Skorstøinshøydens innvirkning på bakkekonsentrasjon av forurensning

En ser av figur 2 at maksimalkonsentrasjonen ved bakken fra en 50 m høy skorstein er nesten 4 ganger større enn den fra en 100 m høy skorstein for denne bestemte åpningsvinkelen.

2.1 Turbulens

Røykfanens åpningsvinkel er avhengig av det vi før har kalt blandingssevne eller turbulens. Det finnes vel i dag neppe en fullt ut akseptert definisjon på turbulens, men empirisk kan den beskrives som en tilfeldig tredimensjonal strøm. Inflytelsen av alle værssystem på alle skalaer resulterer ved et gitt observasjonspunkt i en tredimensjonal variasjon av vindretning og styrke.

Hvis en ser på utskriften fra en kontinuerlig-registrerende vindskriver vil vanligvis ikke retningen avtegnes som en tynn strek i den retning det blåser fra, men som en mer eller mindre bred trace avhengig av hvor kraftig fluktuasjonene er. I figur 3 har en vist registreringen av den horisontale variasjon av vindretning og styrke over 12 timer.



Figur 3 Horisontal vindretningstracé fra en kontinuerlig-registrerende vindskriver

Den fluktuerende vind kan deles opp i en middelbevegelse som er pålagt fluktuasjoner langs middelvindretningen, horisontalt og vertikalt vinkelrett på middelvindretningen. Fluktuasjoner mindre enn dimensjonen på den gassky som spres betegnes som turbulente fluktuasjoner. Det er disse fluktuasjoner som bevirker spredningen av røyken på tvers av vindens midlere retning i figur 1.

Turbulensen er avhengig av følgende tre faktorer:

- 1) Den vertikale temperaturstruktur i atmosfæren
- 2) Økningen av vindstyrken med høyden
- 3) Den mekaniske effekt av gjenstander som står i luftstrømmen avhengig av bakkens ujevnheter

2.2 Den vertikale temperaturstruktur (luftens stabilitet)

Hvis luften i nærheten av bakken blir oppvarmet slik at luften nederst er varmere enn den over, vil det dannes en termisk gradient, slik at en partikkel som beveges oppover vil inneholde mer varmeenergi enn en partikkel fra de øvre nivåer. Jo større denne gradienten er, dess større blir vertikal-transporten eller blandingen. Når temperaturen avtar sterkt med høyden sier en at atmosfæren er instabil. Det vil da oppstå termisk turbulens og konveksjonsstrømmer som øker sterkt i intensitet når instabiliteten øker. Enten vinden er sterk eller svak vil den vertikale spredning være god.

Hvis derimot kald luft ligger under varmere luft sies temperatur-sjiktningen å være stabil. Et luftsjikt hvor temperaturen øker med høyden blir kalt en inversjon. Den turbulens som dannes i en slik situasjon er rent mekanisk betinget, avhengig av vindstyrken. Den stabile sjiktning vil motvirke turbulensdannelse.

Ved svak vind vil turbulenstilstanden avhenge kritisk av den statiske (termisk) stabilitet. Er denne sterk vil turbulensen undertrykkes.

Ved middels eller sterk vind (7 m/s eller mer) vil den mekanisk betingede turbulens, dannet på grunn av vindvariasjon med høyden og underlagets ujevnheter, være så sterkt utviklet at den ikke vil bli undertrykt av den statiske stabiliteten. Tvertimot vil den sterke blandingen i det nærmeste bakkesjiktet jevne ut temperaturgradienten slik at temperatursjiktningen blir nøytral. Temperaturen avtar da med høyden med ca 1 grad pr 100 m i tørr luft, 0.6 grad pr 100 m i fuktig luft. Av disse betraktninger ser en at en kan få et godt bilde av den vertikale turbulente diffusjon ved å registrere temperaturvariasjon med høyden og vindstyrken.

2.3 Horisontal diffusjon og spredning

Minst like viktig er imidlertid undersøkelsen av den horisontale turbulente diffusjon. I praksis kan denne representeres ved tidsvariasjon av den horisontale vindretning.

Nå består det imidlertid en brukbar relasjon også mellom denne parameteren og den termiske stabiliteten slik at en står tilbake med et enkelt verktøy for å vurdere spredningen av forurensning. En må kjenne følgende parametre:

Temperaturvariasjonen med høyden (stabiliteten)

Vindstyrken, og

middelvindretningen (det vil si transportretningen)

Vi skal nå se litt nærmere på hvordan disse parametrene påvirker røykspredningen. Vi tar først for oss flatt, homogent (ensartet) terreng.

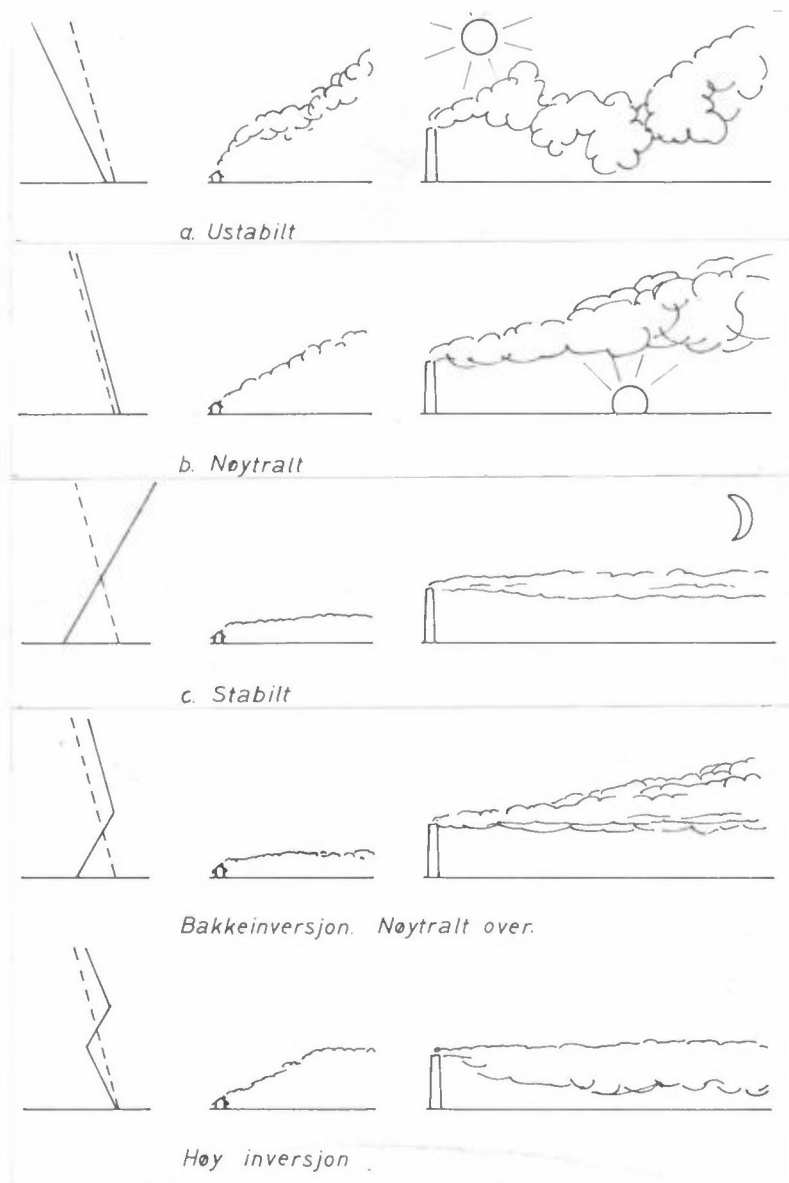
2.4 Røykspredning under forskjellige stabilitetsforhold

På figur 4 har en tatt for seg røykens utseende under forskjellige stabilitetsforhold. Under instabile forhold finner en den beste spredningen av røyken. Instabilitet (figur 4 a) opptrer som nevnt før, når bakken oppvarmes på grunn av solstråling om dagen. Den kan også bli dannet når relativ kjølig luft fra innlandet transporteres over en varmere sjøflate, eller når kald havluft transporteres innover oppvarmet land. Dette skal vi imidlertid komme tilbake til når vi snakker om sjø/landbris.

Nøytral temperatursjiktning (figur 4 b) opptrer helst i overskyet vær med vind. Spredningen er alltid relativ god.

Under stabile forhold (figur 4 c) er spredningen dårlig. Vindfluktuasjonene undertrykkes av den termiske stabilitet og røyk-kjeglens åpningsvinkel er liten. I inversjonsforhold dannes det ofte et røykteppe.

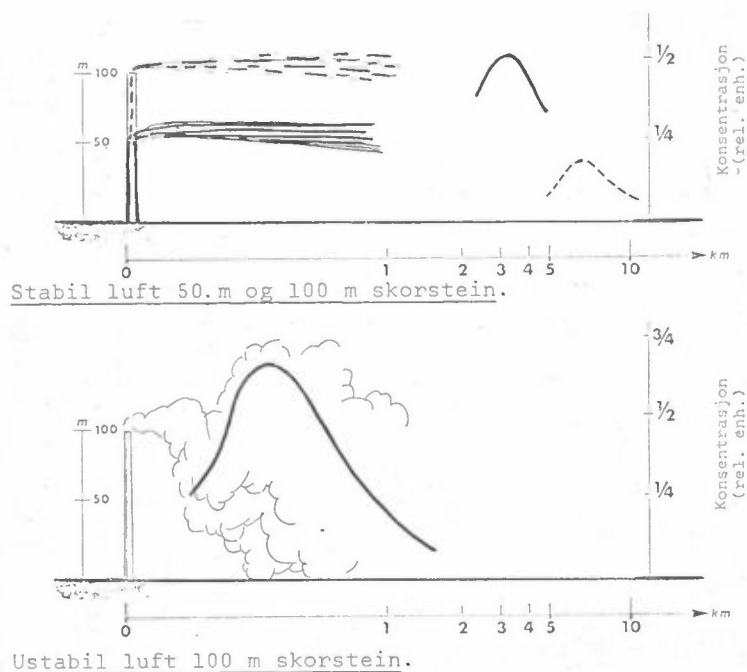
I klare mørke netter har vi ingen innstråling fra solen, og vi får en ensidig utstråling av varme fra bakken. Overflatetemperaturen synker og luften i kontakt med bakken vil bli avkjølt. På denne måten bygges det opp en bakkeinversjon som om sommeren kan nå opp i 20 - 50 m, om vinteren noen 100 meter.



Figur 4 Stabilitetens virkning på røykspredningen.

Når dagen kommer og innstrålingen begynner, brytes inversjonen opp nedenfra. På et visst stadium forekommer situasjonen nederst på fig.4 . En får røyknedslag eller det som i engelske terminologi kalles " fumigation ".

I det vi fortsatt holder oss til spredning over flatt, homogent landskap skal vi se litt på stabilitetens innvirkning på konsentrasjons-fordelingen av forurensning ved bakken. Når en antar at forurensningen slippes ut fra en skorstein hevet over bakken, innser en lett ut fra røykens utseende i fig 4 at de maksimale bakkekonsentrasjonene vil forekomme nærmere kilden i instabil luft enn i stabil luft. Dette betyr at over flatt ensartet terreng vil et mye større område forurenses i stabile situasjoner enn i instabile.



Figur 5. Stabilitetens innvirkning på bakkekonsentrasjonen av forurensning i flatt ensartet terreng.

Dette viser også figur 5 som indikerer at maksimal bakkekonsentrasjon av gass som slippes ut 100 m over en ideell flat bakke forekommer ca 6 km vekk fra utslippet i stabil luft, bare 5-600 m fra utslippet i instabil luft.

2.5 Spredningsberegninger

For flatt og ensartet terreng finnes det empiriske formler som gjør det mulig å beregne konsentrasjon av forurensning i hvilket som helst punkt i rommet.

For å kunne beregne bakkekonsentrasjonen av røyk fra en skorstein må en også kjenne utslippet effektive høyde. Med den effektive høyden mener en da skorsteinens fysiske byggehøyde pluss et tillegg røykgassen får på grunn av varme-overskudd og utslippshastighet.

Når en ser på en røyk-kilde under rolige vindforhold skjønner en at overhøyden kan bli betydelig og være avgjørende for de bakkekonsentrasjoner en beregner. En innser også lett at overhøyden må være avhengig av vindstyrken. Ved sterkere vind vil røykfanen flate ut.

Det finnes over 30 forskjellige formler til beregning av denne overhøyden. Vi skal ikke komme nærmere inn på disse her men bare presisere at valget av hvilken som skal benyttes må vurderes i hvert enkelt tilfelle, og baseres på utslippets dimensjon og art.

Det vi hittil har snakket om er spredning i flatt og ensartet terreng. Dette representerer en veldig forenkling av problemene men som nevnt før gjelder de sprednings-beregninger en kan foreta ut fra klassiske spredningsformler kun under disse forutsetninger. Slike enkle spredningsberegninger gir imidlertid meget brukbare estimat for forurensning fra enkeltkilde, hvis en ikke fjerner seg for langt fra kilden. Hvis derimot topografien får betydning for selve røykspredningsmekanismen gjelder ikke spredningsformlene.

3 TOPOGRAFIENS INNVIRKNING PÅ SPREDNINGSFORHOLDENE

Betingelsen om flatt homogent terreng er sjelden oppfylt i Norge. Spredningsområdet er som regel både kupert og inhomogent. Utslipet ligger ofte i bunnen av en dal, i et område med bebyggelse av samme dimensjon som utslippshøyden eller i grenseområdet mellom sjø og land. Alle disse forhold virker modifierende på røykspredningen, og virkningen av disse effekter må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Vi skal i det følgende se kort på noen av de effektene det her er snakk om.

Det lokale strømnings-bilde vil ofte være svært forskjellig fra det regionale. Generelt vil fordelingen av daler og åser virke førende på vinden. En snakker om at vinden kanaliseres. I en trang dal kan disse førings-effektene resultere i at vinden nesten alltid blåser enten opp eller ned dalen.

3.1 Fjellyvind

Om natten når bakken avkjøles på grunn av utstråling til atmosfæren, vil den kalde, tunge luften som dannes nærmest bakken komme i sig, renne nedover skråninger, samles opp i dalbunnen og flyte utover dalen som en elv. Dette fenomen kalles fjellyvind og den når i våre østlandsdalfører opp i en vindstyrke på 2-4 m/s.



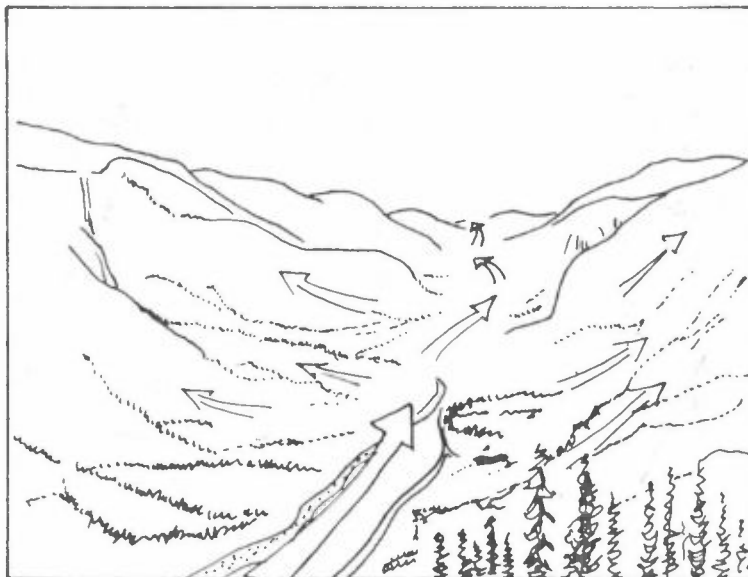
Figur 6 Fjellvind

3.2 Kaldluftsjø

Hvis luftstrømmen bremses opp på grunn av hindringer i terrenget eller på grunn av at dalen flater ut oppstår det en kaldluftsjø i bunnen. En slik kaldluftsjø er av særlig interesse i forurensningsstudier. Utviklingen av en slik kaldluftsjø resulterer i at temperaturen i dalbunnen ofte synker langt under det normale. Dette resulterer blandt annet i økt stabilitet, økt fyring og dermed økt forurensning. En slik kaldluftsjø kan om vinteren ligge i flere døgn. Som et eksempel kan nevnes at det på Østlandet er målt -32°C i bunnen, mens det over kaldlufta blåste friskt med temperatur -8°C . Det er viktig å få kjennskap til høyden av inversjonen i en slik kaldluftsjø. Hvis det viser seg at denne er grunn, kan en minske forurensningen i dalen ved å bygge piper som stikker over den midlere høyde av kaldluftsjøen.

3.3 Dalvind

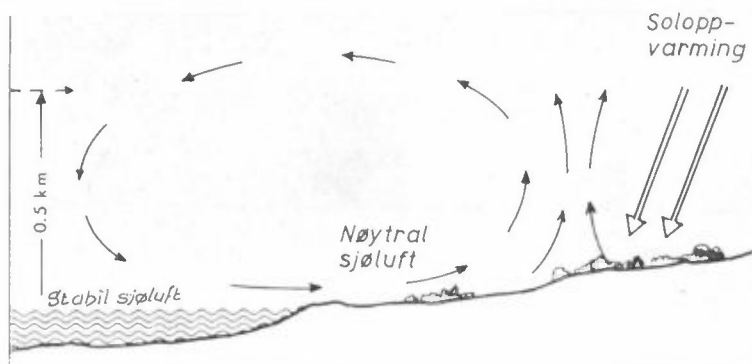
Den omvendte effekt av fjellvinden finner en om dagen under sterk innstråling. Soloppvarmingen og instabilisering i bakkesjiktet vil få luften til å bevege seg oppover der terrenget heller. Resultatet er en vind opp dalene om dagen, den såkalte dalvind.



Figur 7 Dalvind

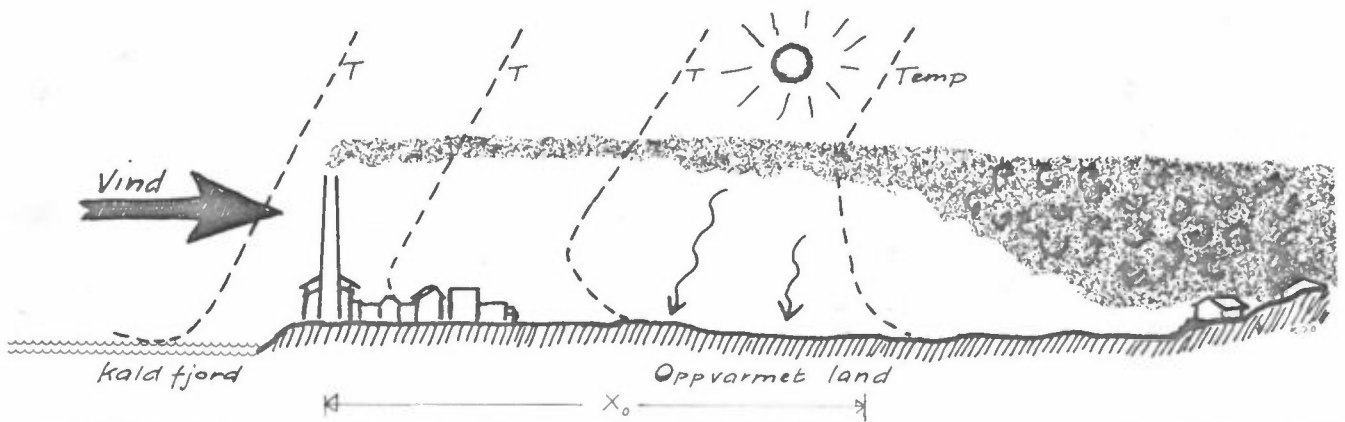
Kombinerte effekter av de foran nevnte kan oppstå hvis den ene dalsiden varmes opp av solen, mens den andre ligger i skyggen. Det kan da dannes lukkede sirkulasjonsceller på tvers av dalen. Slike fenomener forandrer imidlertid raskt karakter alt etter solens stilling i forhold til dalaksen.

3.4 Sjø/landbris.



Figur 8 Sjøbris en solrik sommerdag

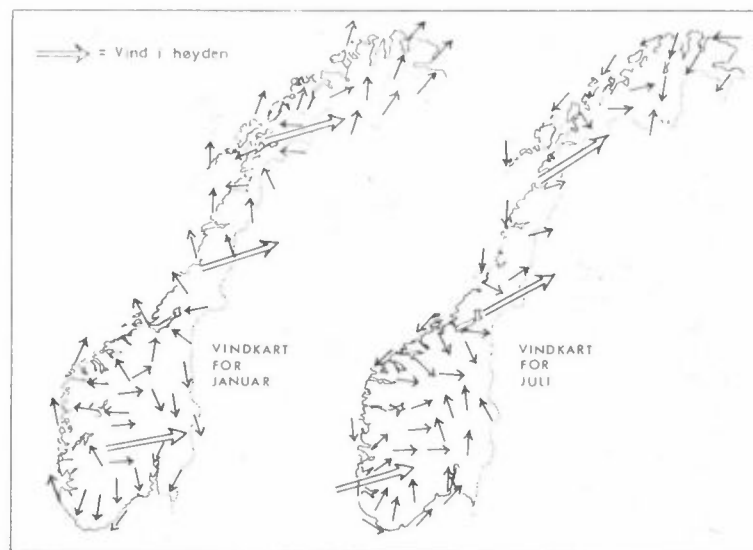
Et annet eksempel på lokale vinder som avviker fra de storstilte vindsystemene er sjø-landbrisen. Den oppstår fordi oppvarmingen og avkjølingen ved kysten skjer raskere over land enn over sjø. Dette resulterer om dagen i en strøm fra sjøen innover land (sjøbris) som vist i figur 8. Om natten får vi en motsatt kaldluft strøm fra land og utover sjøen, landbrisen. Sjøbrisen om dagen når opp i en høyde av 5-600 m, mens dybden på landsbrisen er av størrelsesorden 100 m.



Figur 9. Røyknedslag p g a instabilisering av stabil sjøbris ved transport over oppvarmet land.

Ved å se nærmere på stabilitets-forholdene i situasjoner med sjøbris (fig9) innser en lett at disse situasjoner kan være kritiske for vurdering av forurensningen fra en høy kilde som ligger ved kysten . Spesielt på forsommeren transporterer den stabile sjøbrisen røyken langt av sted uten særlig vertikal spredning. Den stabile lufta instabiliseres nedenfra p g a soloppvarming ettersom den transporteres innover land. I en viss avstand fra utslippet når det instabile sjiktet opp til røykens høyde og forårsaker røyknedslag (fumigation).

3.5 Midlere vindforhold



Figur 10 De hyppigste vindretningene i Norge for januar og juli.

Som vi har sett hittil avviker de lokale vindene fra de storstilte vindforhold vesentlig på grunn av kanalisering, strålingsbalanse og overflate-friksjon. Disse effektene påvirker også årstids-variasjon av vind på større skala. Om sommeren vil landet i middel være varmere enn havet og dagen (med sjøbris og dalvind) varer lengre enn natten. Dette resulterer i et middelvindbilde over Norge som vist i figur 10.

Som en skjønner vil forurensning som slippes løs ute ved kysten om sommeren generelt transporteres innover land og oppover dalene. I vinterhalvåret har en den omvendte effekt. Dette er viktig å merke seg for utslipp som er sesongbetonte.

3.6 Andre effekter som påvirker spredningsforholdene

Før vi forlater vindens, værforholdenes og topografiens innvirkning på spredning av forurensning skal en være oppmerksom på at det finnes et utall av kompliserende faktorer i ulendt terreng. En kan her nevne røyknedslag bak en ås, røyknedslag bak bygninger, variasjon i spredning ved transport over underlag med forskjellig ruhet, spredning i byområder, utvasking av forurensning i nedbør og røykteppe-dannelse mot åssider.

4. FORSØKSPLANLEGGING

Hvordan skal en så legge opp en undersøkelse av luftforurensningen på et sted? Som en har sett av det jeg har snakket om hittil, spiller meteorologi, topografi og beliggenhet en vesentlig rolle for forurensningens fordeling i området.

Det finnes aldri en enkel løsning ved sprednings-undersøkelser i et aktuelt område, det en derfor må søke etter er de generelle hovedtrekk for det aktuelle området, og så i tillegg forsøke å gi en oversikt over hvor ofte de forskjellige spesielle situasjoner forekommer.

For å få kjennskap til hvor stor grad av forurensning en har, er de fristende å bare sette ut en rekke instrumenter til registrering av disse søkte konsentrasjoner. Vi skal se litt på hva slike målinger gir.

En vil sitte inne med informasjon om konsentrasjoner i en rekke punkter. Disse varierer sterkt i tiden uten at en er i stand til å si noe om årsaken til denne variasjonen. En kan gi informasjon om den høyest oppnådde verdi og en kan si noe om middelverdier over døgn, uker, måneder eller år i hvert punkt.

Dataer på denne formen egner seg imidlertid ikke til videre planlegging. En er ikke istand til å vurdere årsaken til de konsentrasjoner en måler. En vet ikke noe om hvilke situasjoner som forårsaker de høyeste konsentrasjonene. En er ikke i stand til å vurdere hva som kan gjøres for eventuelt å forbedre situasjonen og en kan ikke forutsi virkningen av nye kilder, gunstigste beliggenhet av nye boligstrøk osv.

Til en planmessig og fremtidsrettet forurensningsundersøkelse kreves også meteorologiske spredningsdata. Vi skal bare kort skissere hvordan en kan tenke seg å forberede en slik undersøkelse.

4.1 Terrenganalyse

Utgangspunktet er et godt topografisk kart over det området som skal undersøkes. Ut fra dette analyseres terrenget, først i grove trekk ved å finne framherskende dalakser, høyde på åser og fjell og fordeling av land og sjø. Deretter kartlegges fordelingen av vegetasjonstyper; skog, dyrket mark, myrområder og bergknatter. Dette vil hjelpe en til å finne de fornuftigste plasserings-punkter for instrumentene.

4.2 Bebyggelse og forurensningskilder

Videre må en analysere grad og type bebyggelse i området, kartlegge byområder, industriområder og mer spredt bebyggelse. Når dette er gjort går en mere i detalj for å finne beliggenhet av store forurensningskilder. En bør skaffe seg en kjennskap til de utslipp av forurensninger som finnes i området. En må kjenne utslippenes mengde, art, utslippshøyde, periodisitet, tekniske data om dimensjon av skorsteiner, røykgasstemperatur og utslippshastighet. En må vite om det for fabrikkers vedkommende er muligheter for utslipp andre steder enn gjennom skorsteinen.

4.3 Forundersøkelse

En bør også på forhånd sette seg litt inn i områdets dominerende vindretninger. Av erfaring vet vi at gårdbrukere vanligvis har et forbløffende godt kjennskap til det en på forhånd bør vite om vindforholdene. En bør også undersøke litt om hvor i området eventuelle klager på forurensning foreligger. Vanligvis har en et begrenset antall instrumenter til disposisjon og en slik forundersøkelse kan bidra til å få maksimalt utbytte av instrumenteringen.

4.4 Problemanalyse

Det er nå tid til å analysere problemstillingen og hva en ønsker å oppnå av de data en skal samle. En bør legge undersøkelsen opp slik at den i størst mulig utstrekning gir svar på de spørsmålene en stiller seg med hensyn til luftforurensningen i området. Er problemet en enkelt kilde, kompleks av kilder på et sted, et stort byområde, forurensning fra transportmidler eller hva? En bør vite å begrense problemstillingen. Den blir snart komplisert nok.

Med dette i tankene skal vi se litt på plasseringen av instrumentene. Vi har tidligere kommet til at minstekravet til meteorologiske målinger er vind og stabilitets undersøkelser.

4.5 Instrumentplassering

Vindmåleren må plasseres slik at den er representativ for det området en ønsker å studere. Helt lokale effekter i den aller nærmeste omkrets rundt måleren (rundt hushjørner, bak treklynger etc) er en sjelden interessert i.

Temperaturmåleren bør nyttes slik at en ved siden å få kjennskap til temperaturen på stedet også får et visst bilde av luftens statiske stabilitet. Dette gjøres ved å plassere temperaturmålere i forskjellige høyder over havet helst med mer enn 100 m høydeforskjell men med minst mulig horisontal avstand mellom dem. Temperaturmålerne er imidlertid kun egnet til å estimere stabilitet hvis de står fritt eksponert og det er fri luftgjennomgang forbi følerne. Hvis den ene står i tett skog mens den andre står på en åpen fjellknatt, er de helt lokale effekter rundt hver av

målerne så forskjellige at de ikke egner seg til stabilitets-undersøkelse. Generelt sett må en likevel være forsiktig med å bruke målinger langs terrenget til å estimere vertikale variasjoner. Egentlig bør en bruke en radiosonde. Med den kan en ved hjelp av en ballong måle temperaturvariasjon med høyden.

Hvis det er en enkel kilde en ønsker å undersøke bør konsentrasjonsmålerne plasseres i de vindretninger røyken oftest blåser og i de avstander hvor en må vente store konsentrasjoner fra kilden. Her lønner det seg alltid å foreta en enkel konsentrasjons-beregning først basert på kjente spredningsformler for flatt terreng. Dette gir oss alltid en viss peiling.

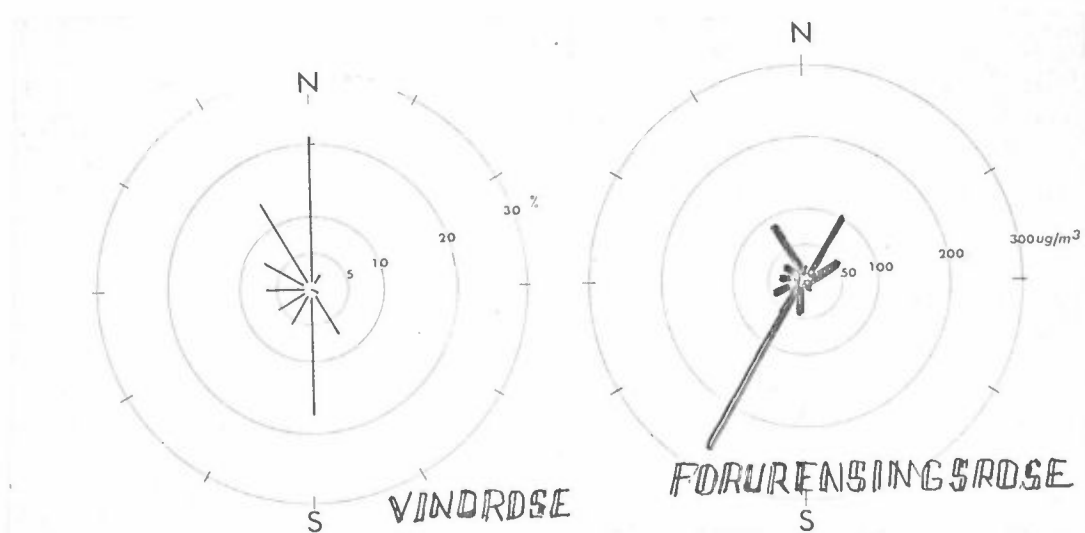
I et byområde bør konsentrasjonsmålerne plasseres slik at en både får tak i de områder som har de høyeste konsentrasjonene og endringen utover fra disse områdene til områder med såkalt bakgrunnsforurensning. Bakgrunnsforurensningen er da representativ for et mye større område enn det byen dekker. Det er viktig å være oppmerksom på den skala en er interessert i når det gjelder slike undersøkelser. Avstanden mellom måleinstrumentene og antallet av disse må tilpasses denne skala. En er i byundersøkelser som regel ikke interessert i små lokale enkeltkilders innvirkning på måleapparatene. Hvis man måler SO_2 verdier på et hustak i en by og røyken fra en liten skorstein på dette taket tilfeldigvis slår rett inn på vår måleapparat, ville dette resultere i en høy konsentrasjon som egentlig ikke sier oss noe om forurensningssituasjon i byen. Plassering av vindmålere i byområder er også svært vanskelig. Her må plasseringen vurderes i hvert enkelt tilfelle avhengig av hva man er ute etter å måle.

5. PRESENTASJON AV DATA PÅ ENKEL FORM

Til slutt skal vi som et eksempel se på hvordan data fra et enkelt forsøk i sin enkleste form kan gi informasjon om forurensningen.

5.1. Vindrose

Vinddata presenteres i form av en vindrose. En vindrose gir informasjon om hvor ofte det blåser fra de forskjellige vindretninger. Figur 11 viser at det i vel 20% av tiden blåser fra nord i 15% av tiden fra sør. Disse vindretningene er de hyppigste. Ut fra kart over området vil en se at dette ikke var uventet idet en fjordarm kommer inn fra nord og forlenges i en dal mot sør. Vindroser presenteres vanligvis for hver måned eller årstid og for året totalt.



5.2 Konsentrasjonsrose

Konsentrasjonsmålinger kan presenteres på lignende måte i form av en konsentrasjonsrose. Den gir middelkonsentrasjon i et punkt under vind fra de forskjellige retninger. Figur 12 viser at de største konsentrasjonene i dette målepunktet forekommer når det blåser fra sør- sørvest. Middelkonsentrasjonen er da 270 microgram pr m^3 .

Samlet viser vind og konsentrasjonsrosen at det i mesteparten av tiden, det vil si når det blåser fra nord eller sør, er relativt liten forurensning ved målepunktet. De relativt få gangene (6% av tiden) det blåser fra sør- sørvest får en betydelige konsentrasjoner. De opp i mot 100 microgram pr m^3 som i middel forekommer ved vind fra nord-nord-vest opptrer oftere (i nesten 15% av tiden). Hvis en ville beregne belastningen (konsentrasjon x. tid) ville en finne at den ved målepunktet ville være omtrent det samme for de to vindretninger.

5.3 Frekvenstabell for spredningsklasser

Stabilitets-data deles inn i klasser. En kan presentere de forskjellige klasser av stabilitet fordelt over vindstyrke-klasser.

Det beste ville imidlertid være å slå sammen vind og stabilitets-data til en frekvensfordelingstabell av typen vist i figur 13. Her er vindstyrken delt i 4 klasser (<2 m/s, 2-4 m/s osv). Stabilitetsforholdene er delt i 4 klasser (1-4 (4 er stabil) og vindretning i 36 sektorer hver på 10 grader. Som eks. på bruk av tabellen kan nevnes at vind mindre enn 2m/s fra retning 2 (mellom nord-nordøst og nord) og stabil temperatur-sjiktning forekommer ved 3,3% av disse observasjonene.

På samme måte kan en også presentere konsentrasjonsdata. Eksempel på dette er vist i figur 14. Her er tallene for frekvens av de forskjellige klasser erstattet med målt middelkonsentrasjon av forurensning i de forskjellige klasser. Tabellen viser at den største konsentrasjon forekommer ved vind fra 80^0 (det vil si nesten øst) stabilitet 2, i vindstyrke 2-4 m/s. Vindrosen og forurensningsrosen kan en finne ut fra disse tabellene ved å summere over alle styrke-og stabilitets-klasser. Resultatet av dette finnes til høyre i tabellene. Slike tabeller vil være et meget godt hjelpemiddel til senere bruk i framtidig planlegging av industri og boligområder og vil danne et godt grunnlag

TORSBERG - KNAR

STASJON: TORSBERG - KNAR
PERIODE: 1/5-69 - 31/5-69. Antall obs.: 639

Vindstyrke stabilitet	UNDER - 2.0 M/S				2.0- 4.0 M/S				4.0- 6.0 M/S				OVER - 6.0				ROSE
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	0.4	1.5	0.9	1.3	1.1	2.6	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7
2	0.0	1.8	0.0	1.3	0.9	2.2	0.0	0.0	0.5	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	13.3
3	0.2	0.9	0.9	1.6	0.4	2.6	0.2	0.0	0.9	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	11.2
4	0.2	0.9	0.4	1.3	0.9	1.3	0.0	0.0	0.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
5	0.0	1.6	0.2	0.0	0.7	1.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
6	0.4	1.3	0.5	0.0	0.5	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
7	0.0	0.7	0.5	0.0	0.2	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
10	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
11	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
12	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
13	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
14	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
15	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
16	0.0	0.4	0.0	0.0	1.0	1.3	0.9	0.7	0.0	1.1	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
17	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.7	0.5	0.0	0.2	0.4	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
18	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
19	0.4	0.7	0.2	0.0	1.0	0.2	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
20	0.2	1.8	0.2	0.0	0.2	0.7	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
21	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.5	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
22	0.0	2.9	0.5	0.0	0.0	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
23	0.0	0.7	0.2	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
24	0.2	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0
25	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.3
26	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
27	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
28	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
31	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
33	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
34	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
35	0.4	0.2	0.4	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
36	0.2	0.7	0.0	0.4	0.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
37	2.6	22.9	7.3	8.6	5.9	21.9	7.1	1.6	2.9	10.4	3.7	2.6	0.0	2.6	0.0	0.0	547.0

Figur 13 Frekvanstabell for spredningsklasser

KNAR

STASJON: KNAR (SO₂-konsentrasjon i ppm)
PERIODE: 1/5-69 - 31/5-69. Antall obs.: 347

Vindstyrke stabilitet	UNDER - 2.0 M/S				2.0- 4.0 M/S				4.0- 6.0 M/S				OVER - 6.0				ROSE
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
10	1.7	1.7	1.8	3.4	1.9	1.5	1.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
20	0.0	3.7	4.0	2.6	1.6	0.9	0.0	0.0	1.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.9
30	2.2	5.2	2.6	2.7	2.1	1.2	0.6	0.0	1.2	0.6	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.7
40	1.6	1.8	2.7	3.3	1.6	1.3	0.0	0.0	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
50	0.0	2.9	6.3	0.0	1.6	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
60	1.9	4.7	3.5	0.0	2.3	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
70	0.0	2.8	4.8	0.0	2.5	5.7	3.2	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
80	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
90	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
100	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
110	0.0	2.5	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
120	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
130	0.0	2.3	2.7	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
140	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
150	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	3.3	2.5	0.0	0.0	5.1	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
160	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	3.0	2.3	2.6	0.0	2.5	2.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
170	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	3.2	2.6	2.3	0.0	1.2	1.4	1.8	2.2	0.0	0.0	0.0	2.0
180	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.4	0.9	2.5	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
190	1.6	2.3	2.7	0.0	0.0	4.8	1.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
200	1.9	2.6	2.4	3.0	0.9	2.5	1.5	1.8	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
210	0.0	2.1	1.2	0.0	0.0	1.6	1.9	0.9	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
220	0.0	2.8	1.1	0.0	0.0	1.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
230	0.0	2.7	2.5	1.7	0.0	7.1	11.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
240	5.5	4.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
250	0.0	1.7	0.0	2.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
260	0.0	0.0	0.0	2.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
270	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
280	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
290	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
310	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
330	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
340	0.0	2.3	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
350	1.3	2.7	2.1	0.0	1.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
360	1.9	2.1	0.0	4.5	1.6	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
37	2.1	2.9	2.7	2.9	1.7	2.4	2.0	0.5	1.3	1.3	2.4	2.4	0.0	2.3	0.0	0.0	547.0

Figur 14 Middelskonsentrasjoner i forskjellige spredningsklasser

for beregning av framtidig forurensningsbelastning i området.

For enkeltsituasjoner med særlig høy forurensning bør disse studeres spesielt. En bør ta for seg rådata og analysere situasjonen godt. Til slutt må en også kunne si noe om sannsynligheten for at nettopp denne situasjon skal forekomme, basert på samtlige data fra observasjonsperioden.

6 Avslutning

Jeg har her forsøkt å skissere hvilke data en bør skaffe seg i en forurensningsundersøkelse, hvordan disse bør samles og hvorfor. Vi har så vidt nevnt skalaen for den undersøkelsen en foretar. Jeg vil til slutt presisere at det er viktig å sjekke at den skala en måler på, både i rom og tid er representativ for de problemstillinger en har. Hvordan dette gjøres vil Nørdø komme nærmere tilbake senere.

Jeg håper at jeg ved denne korte innføringen har vist at en undersøkelse av forurensningssituasjonen krever noe mer enn bare det å stikke et lakmuspapir ut gjennom vinduet, vente til det blir rødt og deretter uttale seg skråsikkert om hvem som er synderen.

GRUPPEARBEID

1. Innledning

I Udal ved enden av Byfjorden ligger en middelstor norsk by (Dalby). Ca 3 km nord for Dalby ligger en fabrikk som har søkt konsesjon om utvidelse av produksjonen. I forbindelse med denne utvidelsen ønsker kommunen å få satt igang en undersøkelse av luftforurensningen i og omkring Dalby.

2. Arbeidsgrunnlag

Som grunnlag for løsning av denne oppgaven benyttes tilgjengelig kursmateriell, forelesninger, fagbøker etc. Dessuten vedlegges diverse bilag : kart over Udal, brev fra fyrmesteren på sentralvarmeanlegget for østsiden, konsesjons-søknad om utvidelse av fabrikk, normer for tillatt bakkekonsentrasjon av SO_2 og nomogram for beregning av maksimalkonsentrasjon av gass og avstand til denne. Til slutt vedlegges også resultat av målinger som er foretatt.

3. Byen

Dalby er på størrelse med en middels stor norsk by. I byen finnes de vanlige kildene til luftforurensninger: boligoppvarming, trafikk, sentralvarmeanlegg og en fabrikk. Byen ligger i en dal ca 5m o h . Nordvest for byen går åsen opp i en høyde av 165m o h . I sørvest ligger Byfjorden som er isfri det meste av vinteren. Kystlinjen ligger ca 1 mil sør for Dalby. Byen er utsatt for dominerende sør til sørvestlige vinder i sommerhalvåret, nord til nordøstlige vinder i vinterhalvåret. Forurensningsproblemene er således forskjellige sommer og vinter. Forurensningen er dog størst om vinteren og vi skal konsentrere vår oppmerksomhet om vintersituasjonen.

4. Kildene

Ved siden av boligoppvarmingen i Dalby, hvor kildene antas jevnt fordelt over hele byen, har en to større kilder som er av interesse

SENTRALVARMEANLEGGET ØSTSIDEN (I)

Sentralvarmeanlegget ligger ca 2,5 km sør for sentrum i Dalby. Dette bruker fyringsolje med 2% svovel, avgassene slippes ut fra en 20 meter høy skorstein. På grunnlag av temperaturoverskudd og utslippshastighet på avgassene, er det anslått en tilleggs-høyde (ΔH) på røyken, som er omvendt proporsjonal med vindstyrken, U (i meter pr sek) og gitt som $\Delta H = 25/U$.
Se forøvrig bilag 2.

FABRIKKEN (II)

Fabrikken ligger ca 4 km nord for sentrum i Dalby. Det vesentlige av avgassene slippes ut gjennom en 50 meter høy skorstein, med indre diameter 1 meter.

I fyrkjelene forbrukes det 1,8 tonn olje pr time. Svovelprosenten i oljen er 2,5 hvilket tilsvarer et utslipp av SO_2 på 25 g/sek. Dessuten resulterer produksjonen i et støvutslipp på 10 kg støv/time hvorav endel består av partikler $>>10\mu m$.

Fra Fabrikken oppgis at luftmengden er av størrelsesorden $30000 \text{ Nm}^3/\text{time}$ og har en temperatur på 280°C . Se forøvrig bilag 3.

5 OPPGAVER

1) Forutsatt at middelvindstyrken er ca 2 m/s og at temperatursjiktningen er nøytral, i hvilke avstander fra Sentralvarmeanlegget på østsiden kan en vente de største forurensningskonsentrasjonene av SO_2 ved bakken? Hvor stor er bakkekonsentrasjonen på disse avstandene?

2) Med sikte på en utvidelse av Fabrikken, foreta en vurdering av hvilke immisjonsmålinger og meteorologiske undersøkelser som bør foretas for å kartlegge forurensningsnivået i og omkring Dalby.

Til rådighet har en maksimalt:

- 3 registrerende apparater til måling av SO_2 i lufta (basert på halvtimesmidlele verdier).
- 3 støvnedfallsmålere
- 2 temperaturskrivere
- 1 registrerende vindmåler

Gi en kort redegjørelse for hvordan apparaturen skal nyttes (merk av på kartet).

3) Ved hjelp av en SO_2 -måler har en ved skolesentret (øst for Dalby) målt halvtimesmidlete SO_2 -konsentrasjoner gjennom vinterhalvåret. I tabell 1 bilag 6 har en gjengitt et representativt utvalg av disse målingene sammen med vindmålinger samme sted.

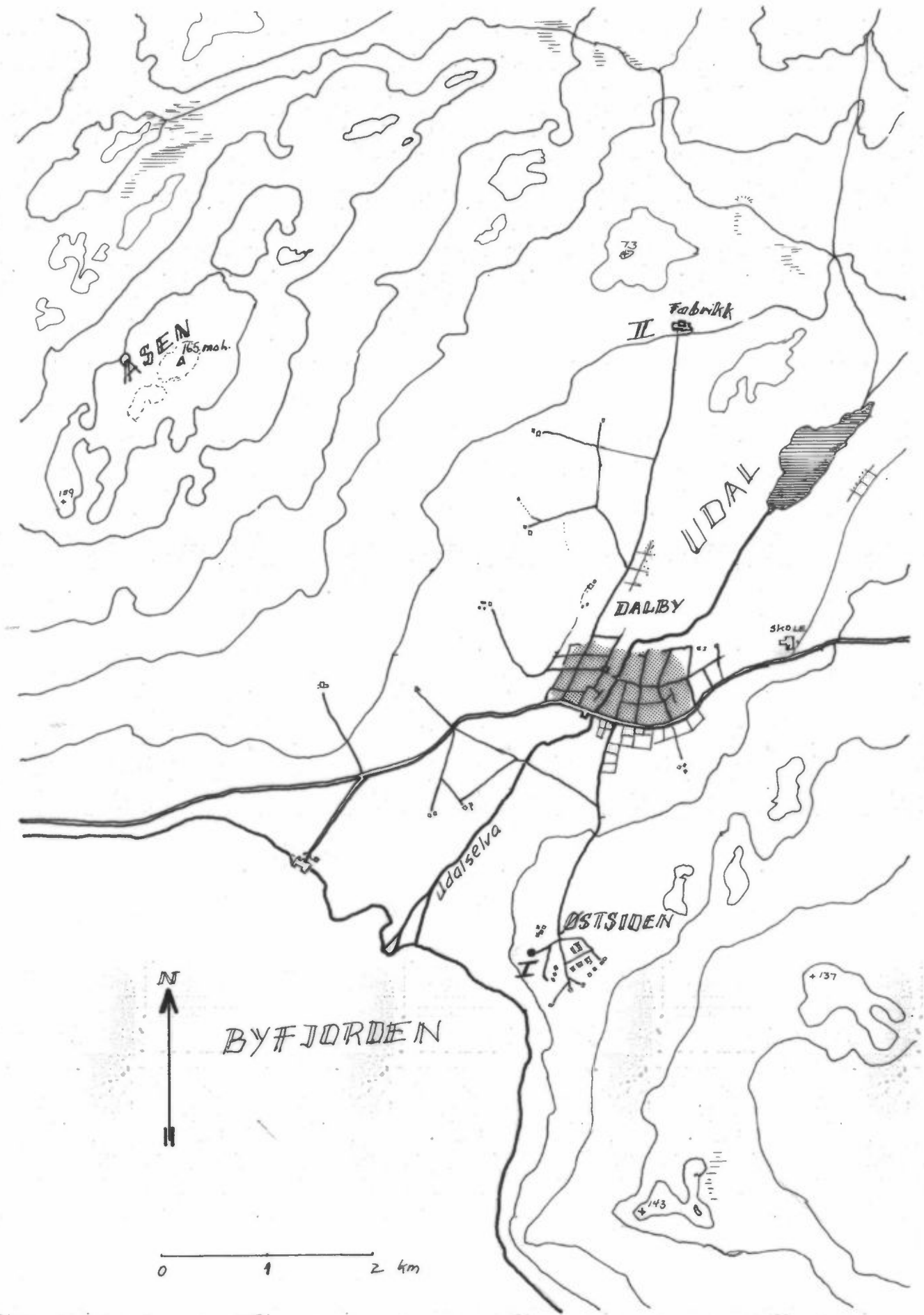
Basert på tabell 1 (bilag 6) gi en kort kommentar av forurensningssituasjonen ved skolesentret. (legg vindrose og forurensningsrose til grunn for diskusjonen).

4) Fabrikken har søkt konsesjon for utvidelse. (se bilag 3) I konsesjonssøknaden framgår det at oljeforbruket i fyrkjelene økes fra 1,8 til 3,0 tonn olje pr time. Svovelprosenten i oljen er den samme som før: 2,5 %

Problemstillingen etter utvidelsen er da:

a) Hvor stor vil bakkekonsentrasjonen av SO_2 som resultat av Fabrikken være over byen etter utvidelsen forutsatt en vindstyrke på $2^m/s$ i lett stabil temperatursjiktning

b) En antar at denne konsentrasjonen sammen med forurensningen fra utslippene i byen representerer den verst tenkte situasjonen. Hvor ofte kan en vente at denne forekommer i vinterhalvåret ?



Udal Kommune
Udal

1 september 1971

REGISTRERING AV OLJEFORBRUK VED SENTRALVARMEANLEGGET ØSTSIDEN

Sentralvarmeanlegget ligger 200 m vest for boligbebyggelsen Østsidan, 2-3 km sør for Dalby.

Forbrenningen skjer i to kjeler i ett fyrhus. Skorsteinshøyden er 20 meter.

Hele oljeforbruket går til oppvarming, og fordeler seg på 200 kg olje pr time i vinterhalvåret, 50 kg olje pr time i sommerhalvåret. Fyringen går jevnt hele døgnet i fyringsperioden, og det brukes olje inneholdende 2% svovel.

Fyrmesteren
Østsidan.

Røykskaderådet
Oslo

Dalby, 3 september 1971

Ansøknning om konsesjon etter lov av 16 juni 1961 nr 15
for utvidelsen av produksjonen ved Fabrikken i Dalby.

Under henvisning til § 1 pkt 2 i forskrifter gitt ved Kgl
resolusjon av 22 desember 1961 i henhold til naboloven av
16 juni 1961 tillater vi oss på vegne av selskapet

Fabrikken A/S, Dalby.

å søke konsesjon til utvidelse av produksjonen. Med den på-
tenkte utvidelse vil fabrikkens kapasitet øke fra 5000 tonn
til 10000 tonn i året ved drift på 3 skift.

Utvidelsen av produksjonen vil resultere i at oljeforbruket
øker fra 1800 kg/time til 3000 kg/time. Det ønskes benyttet
samme oljetype som før, med 2,5 % svovel.

Produksjonen resulterer også i et støvutslipp på ca 10 kg
støv/time hvorav 20 % består av partikler $>10\mu$. Ved produksjons-
utvidelsen vil det installeres støvfilter, slik at støvutslippet
ikke vil øke ved utvidelsen.

Det vesentlige av avgassene slippes ut gjennom en 50 meter høy
skorstein. Denne er dimensjonert til å tåle utvidelsen av
produksjonen til 10000 tonn pr år. Skorsteinens diameter er 1m.
Røykgasstemperaturen er 280°C og vil ikke bli forandret ved utvi-
delsen. Luftgassmengden vil øke fra $30000 \text{ Nm}^3/\text{time}$ til $50000 \text{ Nm}^3/\text{time}$.

Vi står til tjeneste ved ytterligere opplysninger som
måtte ønskes.

Med hilsen

Effektiv skorsteinshøyde

Se kap 1 "Forurensning fra enkeltkilde "

Etter en vurdering av størrelsen på utslippene ved fabrikken har en valgt en formel for røykens tilleggshøyde (Δh) gitt av Stümke i Staub 24 (1964)

$$\Delta h = \frac{1}{U} (1.5 \cdot W \cdot d + 65 d^{3/2} (\frac{\Delta T}{T_i})^{1/4})$$

der U = vindstyrken (m/s)

W = røykens utslippshastighet (m/s)

d = pipens diameter (m)

$\Delta T = T_v - T_i$ der T_v = røykgasstemperatur ($^{\circ}K$)

T_i = lufttemperatur ($^{\circ}K$)

Som en ser tar ikke Stümkes formel hensyn til luftens stabilitet, men en skal være oppmerksom på i vurderingene at Δh egentlig minker med økt stabilitet.

Normer for SO_2

2.1.1 Utslipp av svavedioxid

Svavedioxid är det enda ämne för vilket riktvärden för tolerabel halt i utomhusluft föreligger. Dessa innebär att svavedioxidhalten mätt som medelvärde över

1 månad inte bör överstiga 0,14 mg/m^3 (0,05 ppm)

1 dygn inte bör överstiga 0,29 mg/m^3 (0,10 ppm) mer än högst 1 gång per månad

30 minuter inte bör överstiga 0,72 mg/m^3 (0,25 ppm) mer än högst 15 gånger (1 % av tiden) per månad.

Det senare värdet blir bestämmande vid beräkning av skorstenshöjd vid den enskilda anläggningen. Hänsyn måste därvid tas till övriga källor i omgivningen och i större tätorter kan en enskild anläggning endast i undantagsfall tillåtas bidra med mer än halva koncentrationen, d. v. s. 0,36 mg/m^3 .

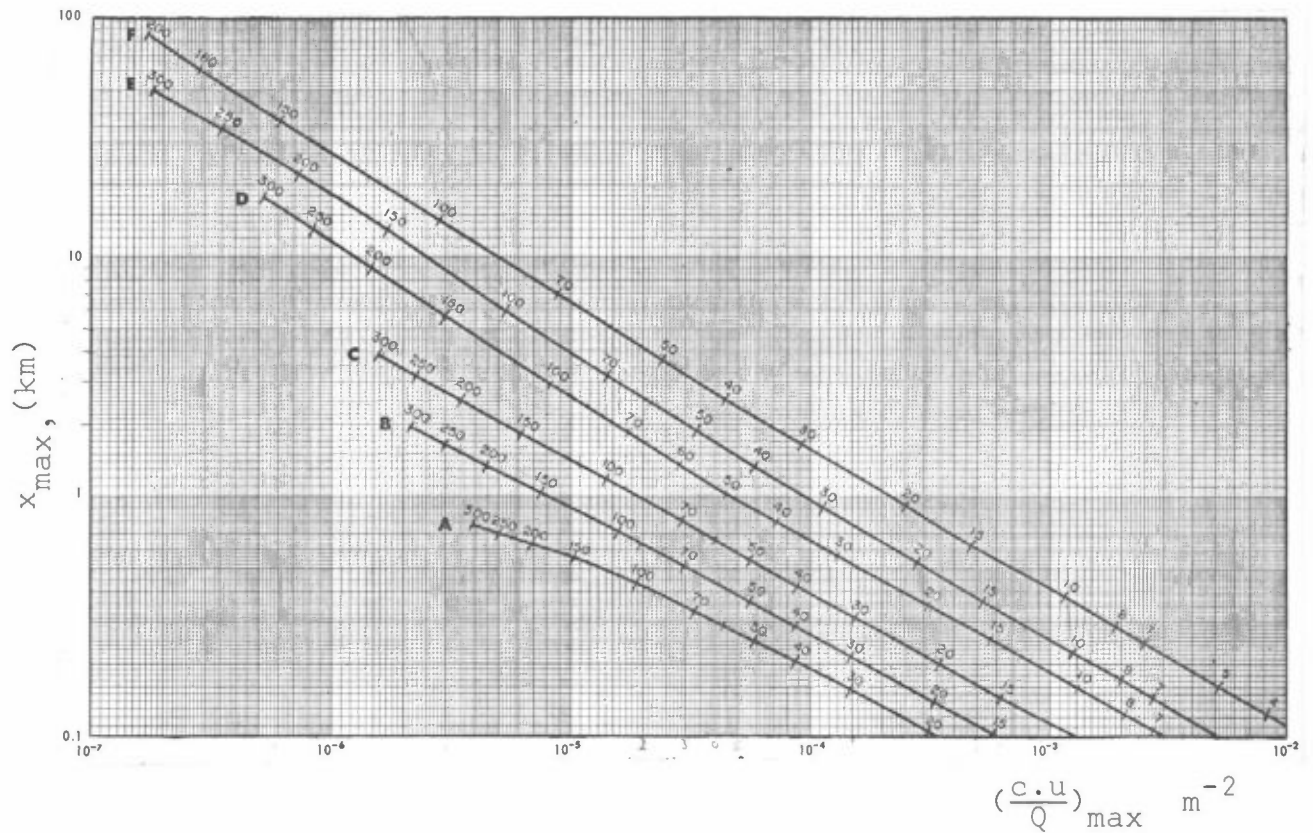


Fig. 1 Avstand til maksimal bakkekonsentrasjon (ordinat) og verdien av denne (abscisse) gitt som $\left(\frac{c \cdot u}{Q}\right)_{\max}$, for forskjellige stabiliteter (A-F) og forskjellige effektive skorsteinshøyder i meter. (tall)

c = Bakkekonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (halvtimesmidler)

u = vindstyrke i m/s

Q = utslippsmengde i ($\mu\text{g}/\text{sek}$)

1 gram = 10^6 microgram (μg)

Bokstavene A til F betegner luftens statiske stabilitet, inndelt i klasser etter Pasquill :

A = svært instabilt

B = instabilt

C = lett instabilt mot nøytralt

D = nøytral temperatursjiktning

E = lett stabilt

F = svært stabilt

Se kap 2 og fig 3 i "Forurensning fra enkeltkilde"

vind		SO ₂ kons µg/m ³	vind		SO ₂ kons µg/m ³
Retn	Styrke m/s		Retn	Styrke m/s	
N	2	80	N	1	160
NW	3	200	NW	2	300
NW	3	320	NW	4	180
N	3	80	NW	1	320
NE	4	30	E	2	40
NE	5	20	SE	3	20
NE	2	30	S	2	50
N	1	100	S	5	20
NW	4	180	SW	6	60
NW	4	200	S	5	30
W	3	300	S	4	40
W	7	180	S	4	20
SW	9	30	SE	3	30
SW	11	20	NE	4	40
SW	3	60	NE	5	20
E	2	20	NE	4	60
S	3	30	N	3	120
E	2	20	N	2	180
NE	4	30	NW	3	300
NE	2	40	NE	3	80
N	3	70	NE	4	20
N	2	80	N	2	100
N	3	90	W	3	360
N	2	150	W	4	280
			SW	5	180
			SW	6	160

Tabell 1 : Resultat av vind og SO₂ målinger ved skolesentret
SO₂ konsentrasjonene representerer halvtimesmidler gitt i µg/m³

Temp.sjikt	U		
	<2m/s	2-4	>4
stabilt	50	25	5
nøytralt	30	50	80
instabilt	20	25	15

Tabell 2 : Resultat av stabilitetsmålinger.

Frekvens (%) av stabil, nøytral og instabil temperatursjiktning for tre vindstyrkeklasser.