

NILU
TEKNISK NOTAT NR. 9/78
REFERANSE: 22178
DATO: 12.7.78

NEDSLAGET AV FORURENSNINGER I TURBULENS-
OMRADET BAK EN ALUMINIUMHALL.

EN UNDERSØKELSE VED HJELP AV SPORSTOFF.

AV

B.K. LAMB OG O.F. SKOGVOLD

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

FORORD

Dette tekniske notat er et norsk sammendrag av oppdragsrapport 26/78 "A TRACER INVESTIGATION OF THE WAKE DOWNWIND OF AN ALUMINIUM SMELTER HALL". Undersøkelsen ble utført av NILU i samarbeid med A. Milde, O. Rørvik og H. Sanden fra Å.S.V., Høyanger i april 1978 på oppdrag fra Årdal og Sunndal verk A/S.

NEDSLAGET AV FORURENSNINGER I TURBULENSOMRÅDET BAK EN
ALUMINIUMHALL. EN UNDERSØKELSE VED HJELP AV SPORSTOFF.

av

B.K. Lamb og O.F. Skogvold

I tiden 10.-14. april 1978 ble det foretatt 8 forsøk for å undersøke spredningen av hallgassen fra hall C ved Årdal og Sunndal verk A/S, Høyanger.

1. FORMÅL

Hensikten med forsøkene var å undersøke i hvilken grad forurenset luft fra hallen ble ført tilbake til hallen igjen sammen med friskluften. Likeledes ville en studere betydningen en eventuell skorstein ville ha på spredningen av hallgassen.

2. SPORSTOFFET SF₆ OG PRØVETAKINGEN

Svovelhexafluorid (SF₆) ble brukt som sporstoff. SF₆ er en inert, ikke giftig gass. En kan detektere konsentrasjoner ned til 10⁻¹¹ deler SF₆ pr. del luft (10 ppt, "parts pr. trillion")

SF₆ ble sloppet ut i forskjellige høyder over taket (figur 1). Utslippshøydene varierte fra 1 meter over tak til 11 meter langs en 11 meter høy mast som ble reist på le-siden av lanterninene. Tabell 1 gir gassmengde, høyde, tid og sted for sporstoffutslippene.

Luftprøver ble samlet i 20 cm³ sprøyter av plast. Det ble tatt både øyeblikksprøver og prøver med 15 minutters midlingstid. Prøvene ble tatt inne i hall C, på taket ved utslippsventilene og på en rekke steder langs le-siden av hallen. Figur 2 viser et typisk oppsett med vind fra sør. Figur 3 viser tilsvarende oppsett for vind fra nord.

3. METEOROLOGISKE MÅLINGER

De meteorologiske data som ble brukt er tatt fra de to meteorologiske stasjonene som er i gang i Høyanger. Ved den ene

er det plassert følere for vind og temperatur i en 25-meter mast. Ved den andre registreres vind på toppen av en 10-meter mast (figur 4). Det ble også foretatt observasjoner av vindretning og vindstyrke manuelt mens forsøkene pågikk (tabell 2).

4. FORSØK 1-6, VIND FRA SØRLIG KANT

Det ble foretatt 6 sporstoff-forsøk med vind fra sørlig kant. Vindstyrken var mellom 1 og 3 m/s. Været var skyet, tildels med nedbør.

Andre undersøkelser har vist at når vinden kommer inn på tvers av en bygning, vil det dannes et turbulent område på le-siden (figur 5). Dette ble også funnet i samtlige av våre forsøk.

Strømningsmønstret var stort sett det samme i alle forsøkene. Straks etter at sporstoffet ble sloppet ble det funnet igjen langs utsiden av hallen på le-siden. En fant også en markert forskyvning av SF_6 -konsentrasjonene mot vest. Dette stemte godt med at det nær hallen på le-siden blåste fra østlig kant. Et typisk bilde av SF_6 -konsentrasjonene henholdsvis 2 m, 50 m og 200 m nord for hall C er vist i figur 6.

Fordelingen av SF_6 -konsentrasjonene nær friskluftinntaket utenfor hallen stemte godt med den fordelingen en fant inne i hallen og i hallgassutslippene på taket. Figur 7 viser data som er typiske for samtlige forsøk. Sporstoffet kunne registreres inne i hallen og i hallgassutslippet innen 5 til 7 minutter etter at utslippet startet. Konsentrasjonen nådde en likevekt-tilstand mens utslippet pågikk og avtok så når utslippet stoppet. Tiden det tok før konsentrasjonen avtok til $1/e$ (til 36% av opprinnelig konsentrasjon som er karakteristisk "decay time", τ_e var mellom 3 og 5 minutter for alle forsøkene.

5. FORSØK 7-8, VIND FRA NØRDLIG KANT

Det ble foretatt 2 forsøk med vind fra nordlig kant. Værforholdene var stort sett de samme som under forsøkene 1-6. Under forsøk 7 var det imidlertid lett snøfall, mens det under forsøk 8 var pent vær.

En fikk også under disse forsøkene dannet turbulensområder i le av hallen. Nedslaget i le av hallen syntes å være mer utpreget med vind fra nord enn med vind fra sør.

Spredningsmønstret av SF_6 under begge forsøkene var det samme som under forsøkene 1-6. Konsentrasjonene var imidlertid meget større under forsøkene 7 og 8. Figur 8 viser fordelingen av SF_6 -konsentrasjonene (forsøk 7) henholdsvis 2 m, 50 m og 130 m sør for hall C. Under forsøk 8 ble det også tatt et vertikalsnitt av SF_6 -konsentrasjonene (figur 9). Dette viste at en vesentlig del av " SF_6 -skyen" ble ført ned til bakken før den var kommet 130 m sør for hallen.

6. KONKLUSJON

De 8 sporstoff-forsøkene som er blitt foretatt har foregått over bare 5 dager. I dette ligger den usikkerheten at en bare har fått dekket noen få meteorologiske situasjoner. En må også regne med at spredningsforholdene vil kunne bli noe anderledes etter at en ny hall er bygget. Det meste av den forurensete luften som slippes ut over tak vil bli ført med vinden. Sporstoffundersøkelsen viser imidlertid klart at en får forurenset luft fra takutslippet brakt ned bak bygningen på le-siden, og at en del av denne forurensete luften blir sugd inn igjen gjennom friskluftventilene.

Mengden av SF_6 som ble ført tilbake inn i hallen ved sørlig vind, var ca. 1% av det som ble sloppet ut. Når vinden var fra nordlig kant ble mellom 5% og 11% ført inn i hallen igjen.

Ved de forhold som undersøkelsen ble foretatt under, fant en ingen entydig virkning av utslippshøyden. Når vinden var fra nordlig kant fant en at mengden av forurenset luft som kom inn i hallen igjen var ca. dobbelt så stor når utslippshøyden var 2.5 meter som når den var 11 meter. Når vinden derimot var fra sørlig kant fant en ingen virkning av endret utslippshøyde. Det er vanskelig å gi noen entydig grunn for dette, men det 11 m høye utslippet syntes ikke å være høyt nok til å simulere en frittstående skorstein.

I 5 av de 8 forsøkene fant en maksimum verdier av SF_6 i en avstand av ca. 50 m på le-siden av hallen. I de 3 resterende forsøkene ble maksimumsverdiene observert ved hallveggen. Disse dataene indikerer at sporstoffet ble brakt ned til bakken nær hallen. I figur 10 har en satt opp de midlere maksimumskonsentrasjonene i de 8 forsøkene.

I figur 11 har en antydnet hvordan sporstoffet fordeler seg i luften nær ved og i bygningen ved de 2 forsøkene som ble foretatt med vind fra nordlig kant. Den samme fordelingen hadde en også med vind fra sør, men bakkekonsentrasjonene var da ca. en størrelsesorden lavere.

Dersom den nye hall A blir bygget på noenlunde samme måten som den nåværende hall C, vil man kunne tenke seg at gass fra den hallen som ligger på opp-vind siden vil kunne komme inn i neste hall gjennom inntaksventilene på denne. Forurenset luft fra begge hallene vil også kunne komme inn i friskluftinntaket på le side av den hallen som ligger ned-vind. Hvis derimot utslippet av hallgassen fra hall A og C begge får tilstrekkelig høyde, vil innsuging av forurenset luft bli vesentlig redusert eller helt unngått. Data fra vindtunneler og likeledes de forsøkene som har vært gjort i Høyanger i den senere tid indikerer at en minst må 1.5 ganger bygningens høyde over bakken for at en skal få infiltrasjonen vesentlig redusert. For å få til dette må en endre utslippsforholdene på taket vesentlig. En må bruke skorsteiner med en god luftgjennomstrømning og temperaturen på gassen må ligge godt over den omgivende lufts temperatur.

TABELL 1

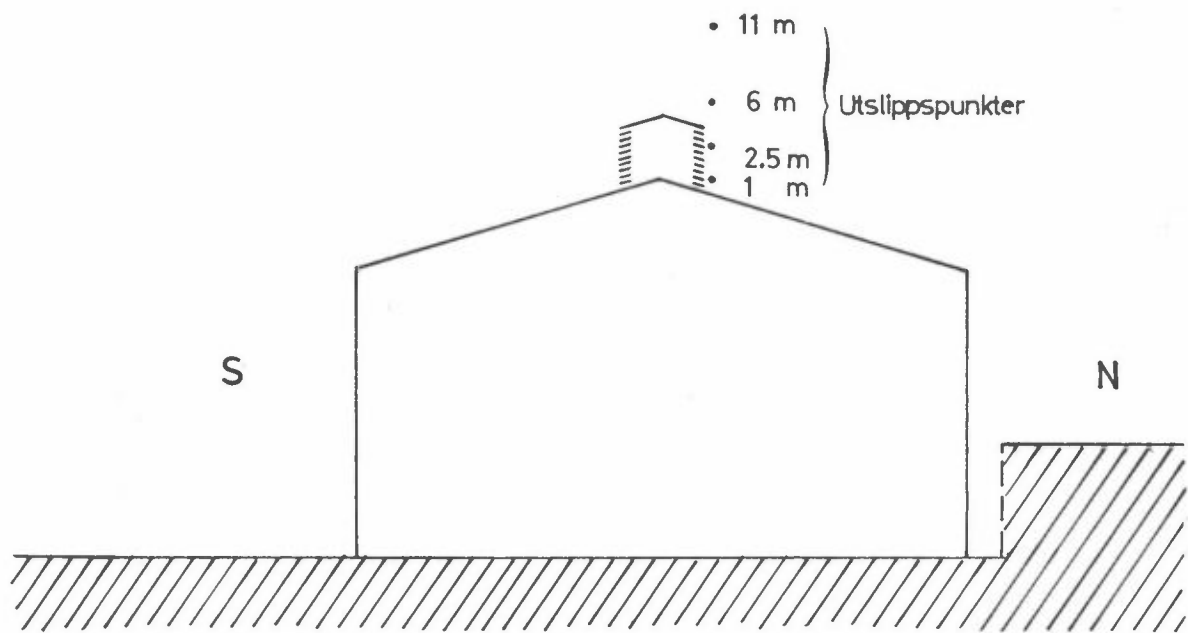
UTSLIPPSDATA FOR SPORSTOFFET SF₆

Dato	Tid	Sted	Høyde*	Utslipp
10-4-78	1430-1450	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket.	1 m over taket	265 cm ³ /min (1.7 g/min)
11-4-78	1230-1305	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket.	11 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
11-4-78	1345-1405	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket.	6 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
11-4-78	1445-1505	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket.	2.5 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
12-4-78	1215-1235	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket	11 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
12-4-78	1330-1350	85 m fra østenden av hall C, nord for utslippsventilene på taket.	2.5 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
13-4-78	0830-0850	120 m fra østenden av hall C, sør for utslippsventilene på taket.	2.5 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)
14-4-78	0830-0850	120 m fra østenden av hall C, sør for utslippsventilene på taket.	11 m over taket	480 cm ³ /min (3.1 g/min)

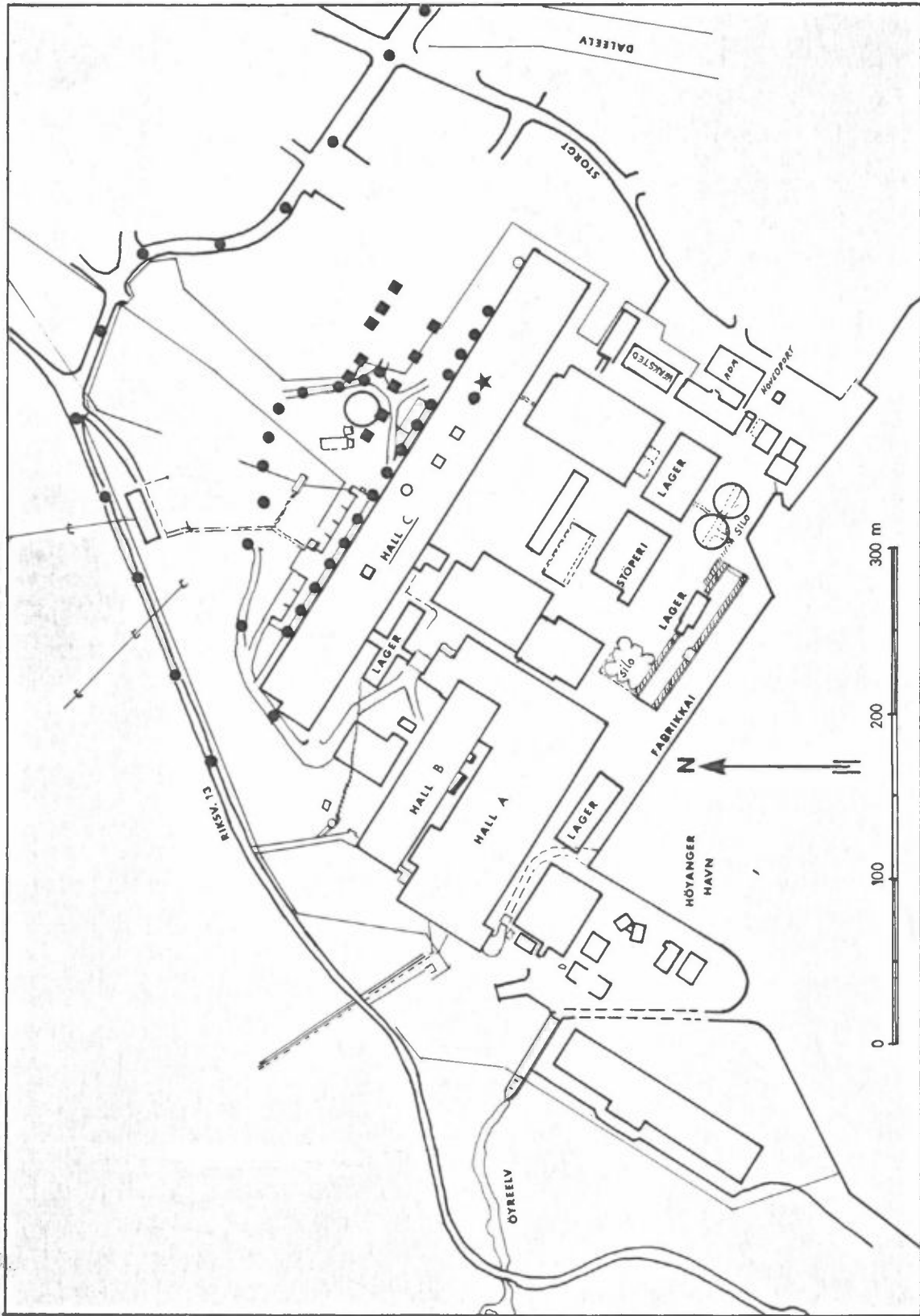
*Utslippshøyden ble målt fra toppen av halltaket. Lanterninene som er ca. 3 m høye, går langs toppen av taket i omtrent hele takets lengde. En utslippshøyde angitt til 11 meter, er således ca. 8 m over lanterninene.

TABELL 2

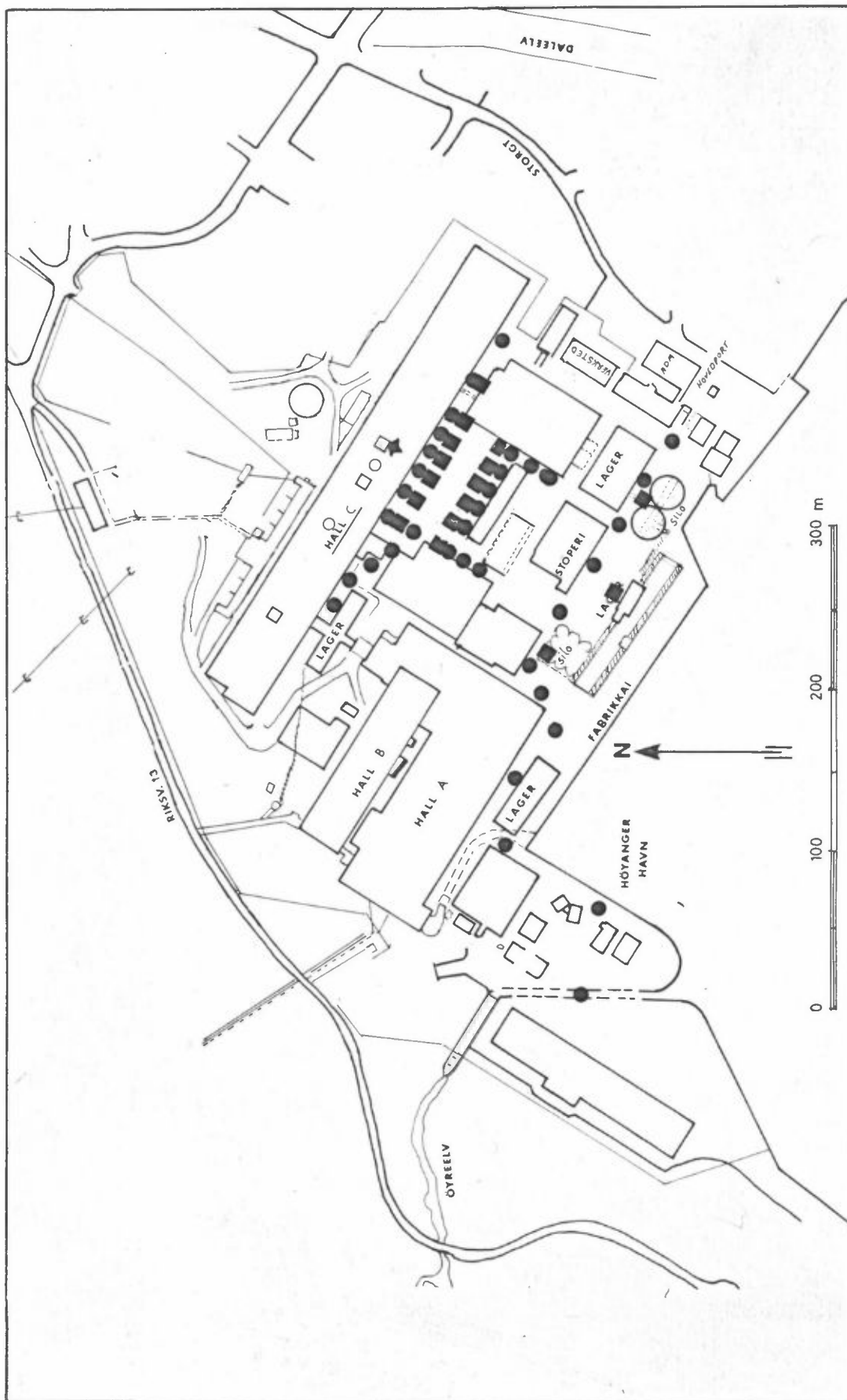
Dato	Test Tid	VINDDATA NER HALL C		DATA FRA 10m MAST		DATA FRA 25m MAST		Temp. (°C)	ΔT °C/15m	Stabilitet
		Vindstyrke (m/s)	Vindretning (grader)	Vindstyrke (m/s)	Vindretning (grader)	Vindstyrke (m/s)	Vindretning (grader)			
10.4.78	1 1430-1450	1-3	S	1.7	210	1.9	180	2.5	-.56	Ustabilit
11.4.78	2 1230-1305	2-4	S	3.1	220	6.5	190	2.3	-.31	"
11.4.78	3 1345-1405	2-4	S	3.2	220	7.0	190	2.3	-.30	Nøytralt
11.4.78	4 1445-1505	2-4	S	3.5	220	7.1	180	2.2	-.15	"
12.4.78	5 1215-1235	2	S-SE	2.2	200	6.1	200	1.3	-.32	Ustabilit
12.4.78	6 1330-1350	2	S-SE	1.5	210	2.6	190	2.2	-.81	"
13.4.78	7 0830-0850	1-2	N	1.0	60	1.4	30	0.1	-.19	Nøytralt
14.4.78	8 0830-0850	0.5-1.5	N	1.1	60	1.8	40	0.4	.06	Lett stabil



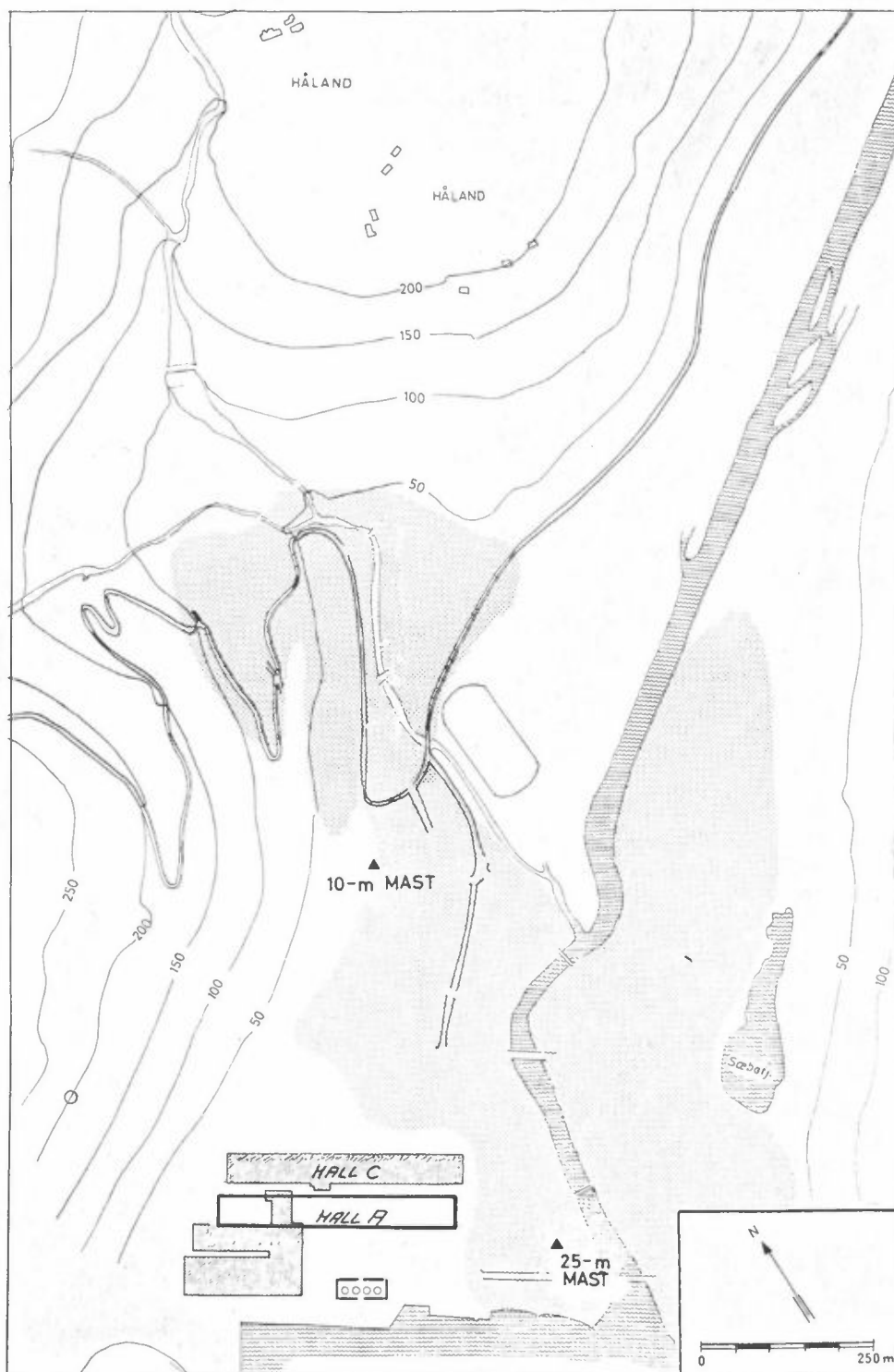
Figur 1. Utslippspunkter over tak på hall C.



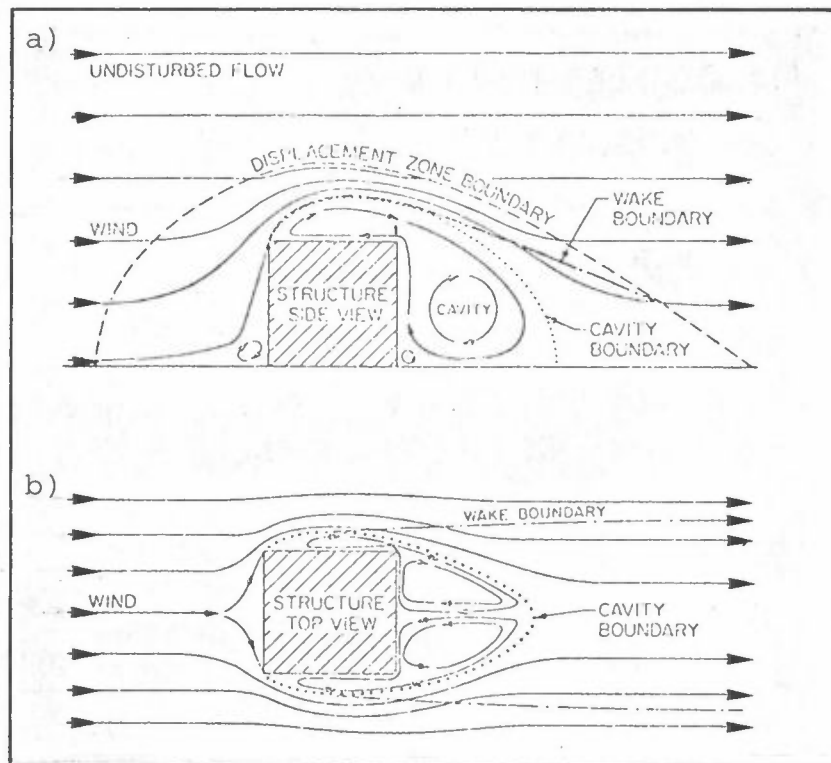
Figur 2: Utslippspunkt ★ og prøvetakingspunkter for øyeblikks- ● og 15-min. middelveier ■ for forsøk 1-6 og prøvetakingspunkter for øyeblikks- ○ og 15-min. middelveier □ tatt inne i hallen.



Figur 3: Utslippspunkt ★ og prøvetakingspunkter for øyeblikks- ● og 15-min. middelværdier ○ for forsøk 7-8 og prøvetakingspunkter for øyeblikks- ○ og 15-min. middelværdier □ tatt inne i hallen.



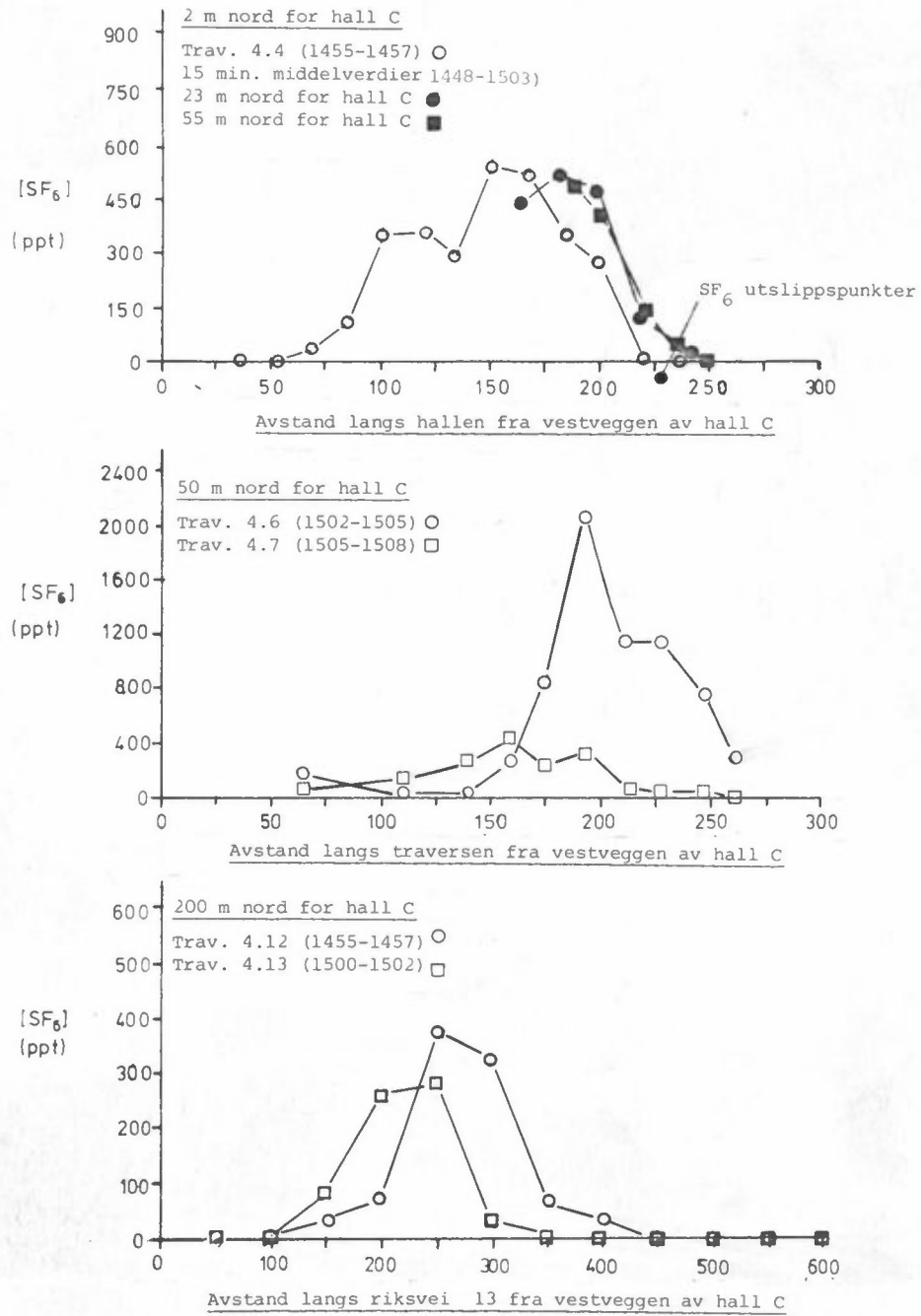
Figur 4: Plassering av de to meteorologiske stasjonene (▲) og beliggenheten av hall C og den påtenkte, nye hall A.



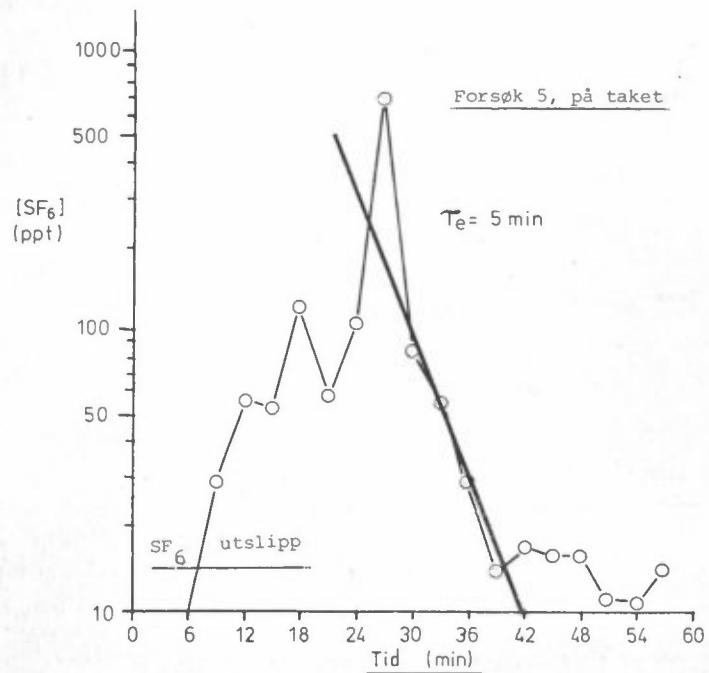
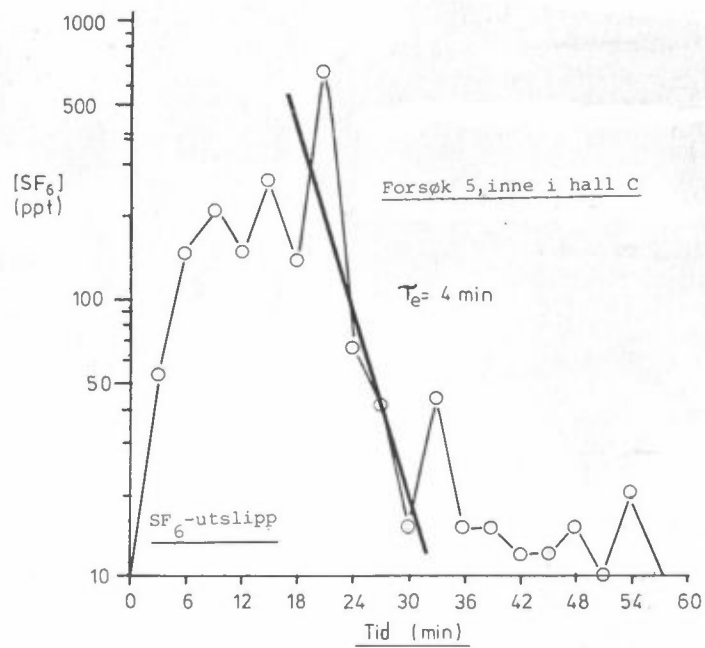
Figur 5: Skisse av strømningsbildet rundt en bygning (Halitsky, 1963).

a) Sett fra siden.

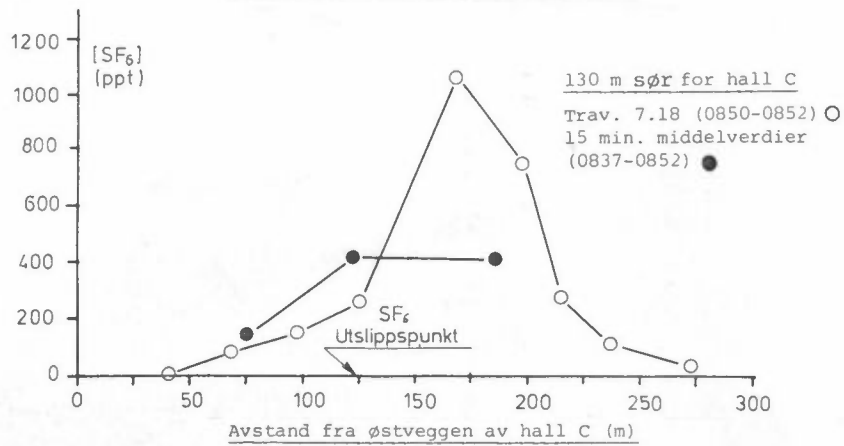
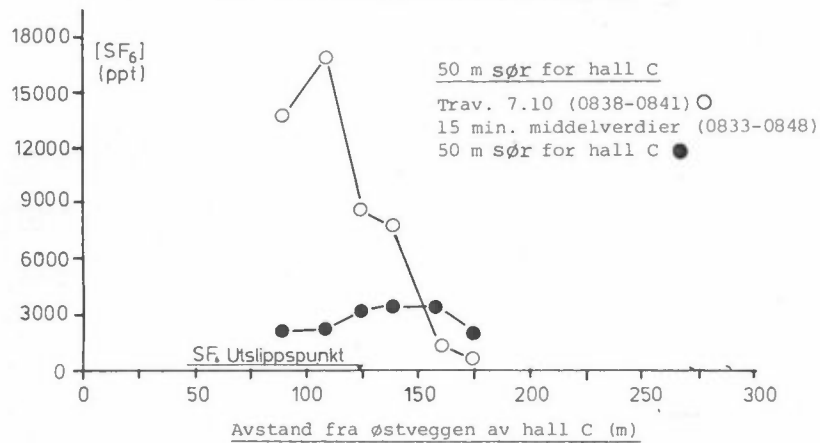
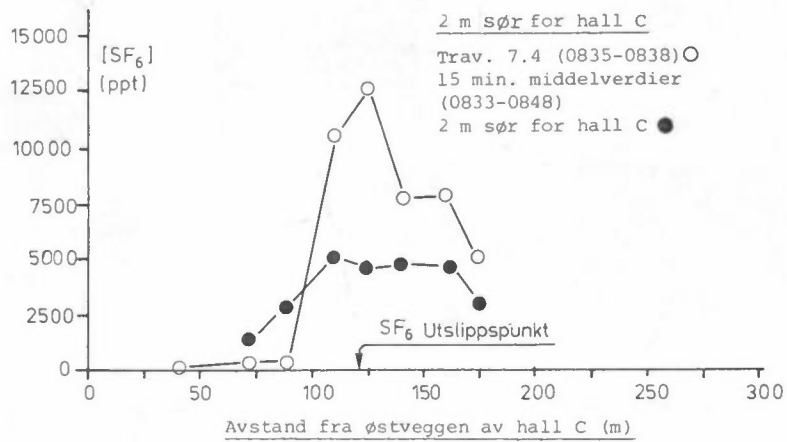
b) Sett ovenfra.



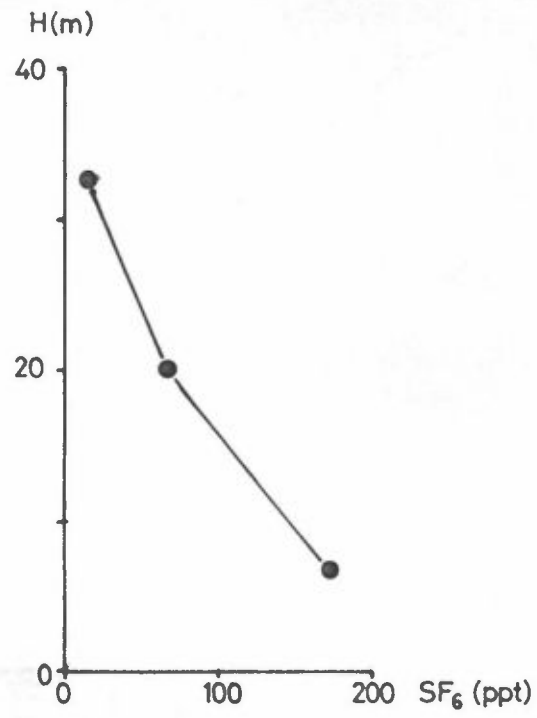
Figur 6: SF₆-data fra forsøk 4. SF₆ ble sloppet fra 2.5 m over taket på hall C. Tallene i parentesene angir tiden når prøvene ble tatt.



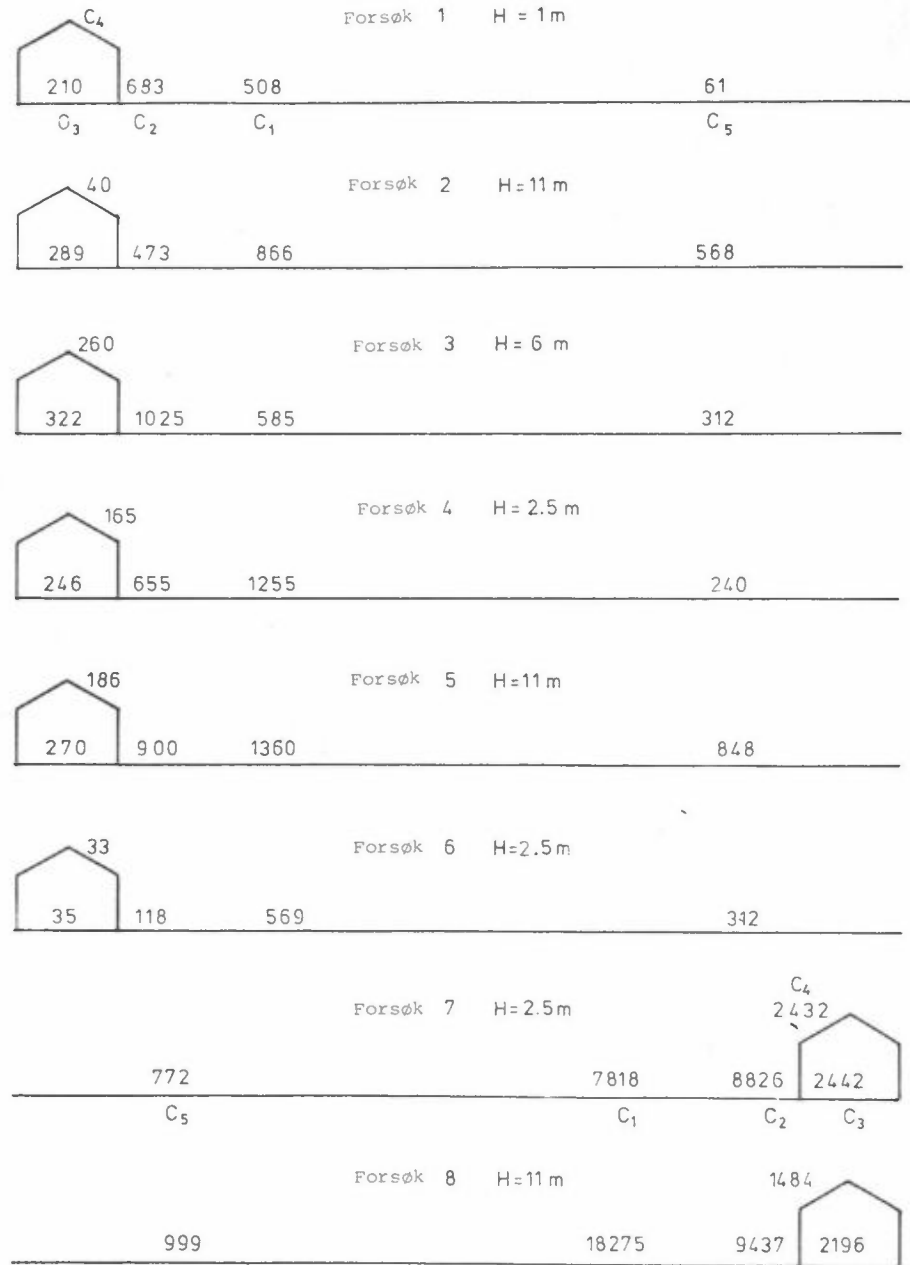
Figur 7: a) Øyeblikksverdier av SF_6 -konsentrasjonen, tatt inne i hall C, 148 m fra vestveggen.
 b) Øyeblikksverdier av SF_6 -konsentrasjonen av hallgassen, tatt i utslippsventilene på taket, 10 m vest for SF_6 -utslippet, 219 m fra vestveggen.



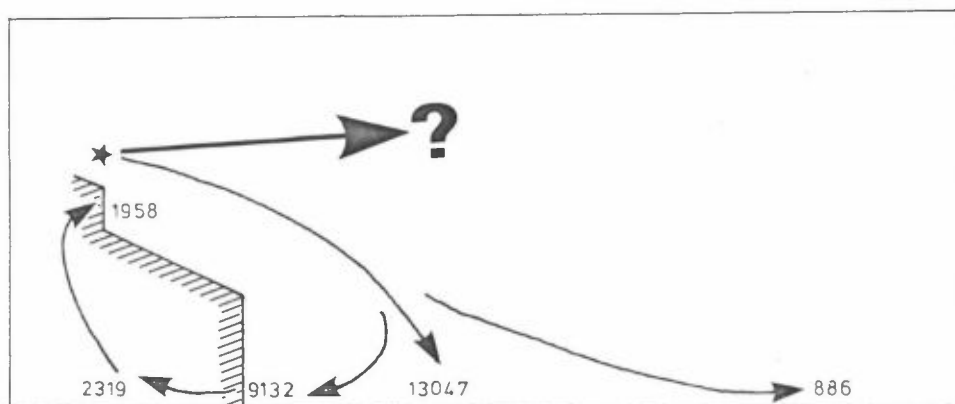
Figur 8: SF₆-data fra forsøk 7. SF₆ ble sloppet 2.5 m over taket. Tallene i parentes er tiden når prøvene ble tatt.



Figur 9: Vertikalsnittet viser SF₆-konsentrasjonenes variasjon med høyden



Figur 10: Midlere maksimumsverdier av SF₆-konsentrasjoner (ppt) ved de forskjellige målestedene.



Figur 11: Snitt som viser sannsynlige luftstrømmer og midlere maks. konsentrasjoner av SF₆ (ppt) ved hvert målested fra forsøkene 7 og 8.