

NILU OR: 62/90

NILU OR : 62/90
REFERANSE : O-8873
DATO : AUGUST 1990
ISBN : 82-425-0191-2

Spredningsundersøkelse med sporstoff ved Vålerengatunnelen

H.G. Peterson og D.Tønnesen

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens Vegvesen v/Veisjefen i Oslo og Vegdirektoratets Planavdeling og Driftsavdeling utført 18 spredningsforsøk med sporstoff ved Vålerengatunnelen i Oslo.

Forsøkene ble utført for å kartlegge spredningen rundt nordre tunnelmunning og for å teste spredningsmodellen brukt i planleggingen av tunnelen. Forsøkene ble utført vinteren 1988/89, og vinteren 1989/90 under sørvestlige og nord-nordvestlige vindforhold på forskjellige tider av døgnet. Sporstoffprøvene ble tatt fra 0 til 400 m fra tunnelmunningen.

Forsøkene viser:

- Forholdet mellom konsentrasjoner beregnet ved spredningsmodellen og målte sporstoffkonsentrasjoner var i gjennomsnitt 1,12. Modellen overestimerte konsentrasjonene i 61,2% av tilfellene. For 73% av overestimatene var forholdet mellom observert og beregnet verdi lavere enn 1,5. For 95% av underestimatene var forholdet mellom estimert og målt verdi over 0,5.
- Spredningen over tunneltverrsnittet var svært god, slik at konsentrasjoner av bilavgass vil være jevnt fordelt over tunnelåpningen.
- På avstander mellom 60 og 150 m fra tunnelen var sporstoffkonsentrasjonene falt til ca. 10% av konsentrasjonen i munningen.
- Jetfasen i spredningen hadde en lengde på ca. 40 m.
- Luftstrømmen gjennom tunnelen varierte fra 156 m³/s til 404 m³/s, og transportiden for luften gjennom tunnelen varierte fra 130 sekunder til 335 sekunder.

INNHold

	Side
SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	5
2 FORSØKSOPPLEGG	5
3 RESULTATER OG DISKUSJON	10
3.1 Luftstrøm i tunnelen	10
3.2 Øyeblikksprøver, test 1B, 2B og 3A	14
3.3 Gjennomsnittlige spredningsforhold, test 1A-98B	19
3.3.1 Stasjonær kilde	20
3.3.2 Mobile kilder	30
3.4 Test av spredningsmodell	37
4 KONKLUSJON	46
5 REFERANSER.....	49
VEDLEGG A: Sporstoffdata fra stasjonær kilde	51
VEDLEGG B: Sporstoffdata fra mobile kilder	63
VEDLEGG C: Modellberegning, tunnelmodellen	71

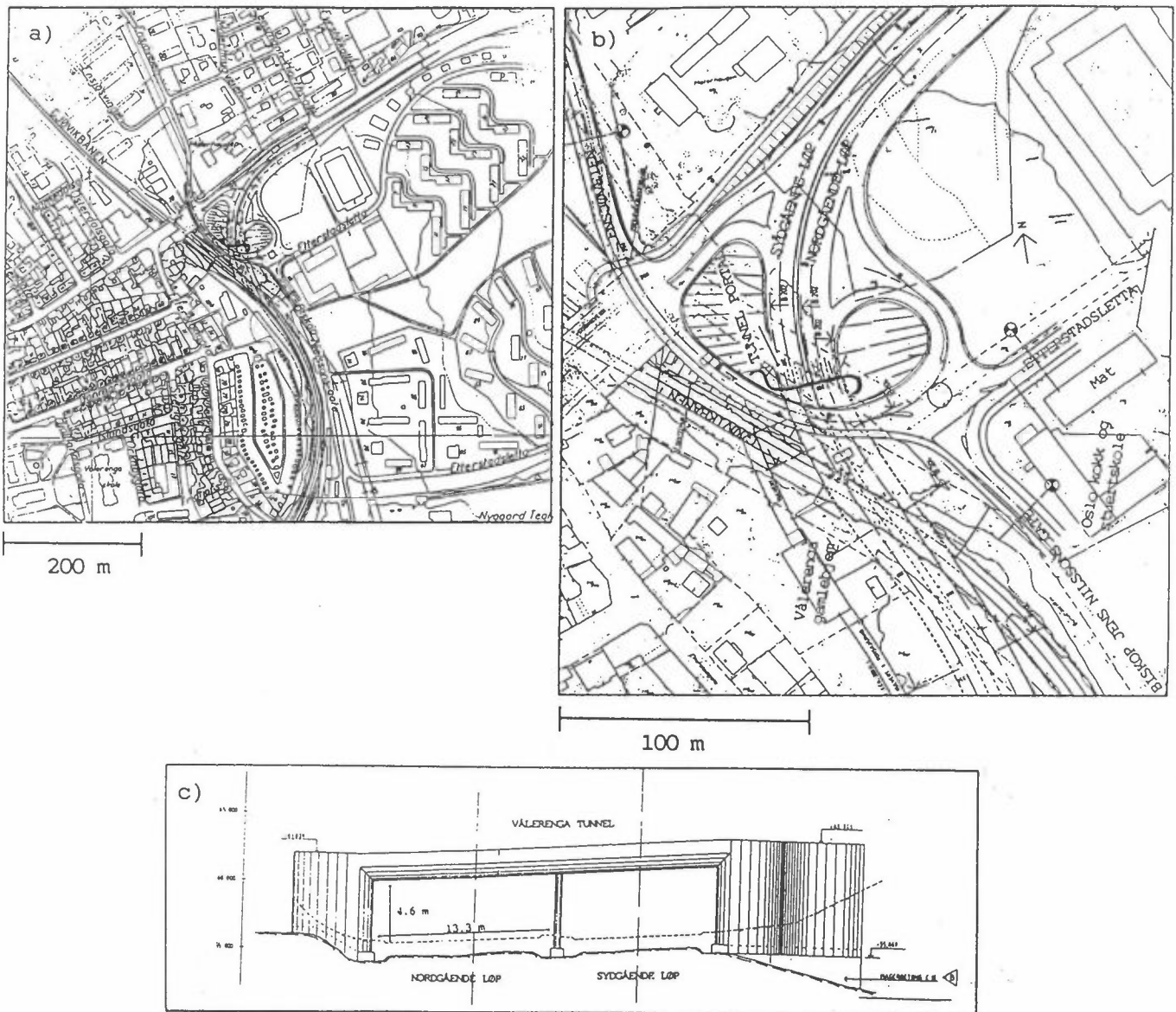
SPREDNINGSUNDERSØKELSE MED SPORSTOFF VED VÅLERENGATUNNELEN

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen v/Veisjefen i Oslo og Vegdirektoratets Planavdeling og Driftsavdeling utført spredningsforsøk med sporstoff ved Vålerengatunnelen i Oslo. Figur 1 viser området ved tunnelens nordre munning. To viktige kilder til lokal luftforurensning i dette området er utslipp fra tunnelen og utslipp fra biltrafikk på veiene i området. Spredningen av luftforurensning er påvirket av topografien og bygningene i området, og blir derfor komplisert og vanskelig å beskrive. For å undersøke spredningen i og ved det nordgående løpet av Vålerengatunnelen gjennomførte NILU i 1989 og 1990 en rekke spredningsforsøk. Resultatene av spredningsforsøkene er brukt til å teste spredningsmodellen som ble anvendt under planleggingen av tunnelen.

FORSØKSOPPLEGG

Vålerengatunnelen er ca. 840 m lang med separate løp for nordgående og sydgående trafikk. Gjennomsnittlig døgntrafikk for nordgående løp er ca. 14 100 kjt/dag, mens trafikken i maksimalt trafikkerte timer er omtrent 1 400 kjt/h. Kjørehastigheten i nordgående løp er ca. 40 km/h. Tabell 1 viser meteorologiske forhold, og utslippsdata for de 18 forsøkene utført ved Vålerengatunnelen i 1989 og 1990. To sporstoff ble brukt i samtlige forsøk, svovelhexafluorid (SF_6) og bromtrifluormetan (CBrF_3). Ett av sporstoffene ble sluppet fra et fast punkt i sørenden av det nordgående tunnellopet. Det andre sporstoffet



Figur 1: a) Boligområdene rundt Vålerengatunnelens nordre munning.
 b) Forstørret utsnitt av området ved munningen.
 c) Skjematisk framstilling av nordre munning.

ble sluppet fra en eller tre biler som fulgte trafikken gjennom tunnelen.

Tabell 1: Tidspunkt, vindforhold og utslipp for sporstoffforsøkene.

TEST	DATO	TIDSPUNKT	WD	WS (m/s)	Q _s (g/min)	Q _m (g/min)			
						Bil ₁	Bil ₂	Bil ₃	Snitt
1A	17.01.89	1515-1530	SW	3,0	0,884 ¹	2,331	-	-	-
1B	17.01.89	1530-1545	SW	3,0	0,884 ¹	2,331	-	-	-
2A	17.01.89	1720-1735	SW	2,7	0,632 ¹	2,344	-	-	-
2B	17.01.89	1735-1750	SW	2,7	0,632 ¹	2,344	-	-	-
3A	17.01.89	1955-2010	SW	2,4	0,853 ¹	0,731	-	-	-
3B	17.01.89	2010-2025	SW	2,4	0,853 ¹	0,731	-	-	-
4A	14.03.89	1440-1455	SW	2,0	0,562 ²	0,303	0,314	0,336	0,318
4B	14.03.89	1455-1510	SW	2,0	0,562 ²	0,303	0,314	0,336	0,318
5A	14.03.89	1710-1725	SW	3,0	0,506 ²	0,329	0,294	0,357	0,327
5B	14.03.89	1725-1740	SW	3,0	0,506 ²	0,329	0,294	0,357	0,327
6A	14.03.89	1850-1905	SW	1,5	0,537 ²	0,337	0,278	0,334	0,316
6B	14.03.89	1905-1920	SW	1,5	0,537 ²	0,337	0,278	0,334	0,316
7A	27.11.89	1630-1645	NW	4,5	1,387 ²	0,526	0,684	0,625	0,612
7B	27.11.89	1645-1700	NW	4,5	1,387 ²	0,526	0,684	0,625	0,612
97A	02.03.90	0940-0955	NNW	1,1	1,419 ²	0,519	0,682	0,765	0,655
97B	02.03.90	0955-1010	NNW	1,1	1,419 ²	0,519	0,682	0,765	0,655
98A	02.03.90	1150-1205	NNW	1,8	1,544 ²	0,400	0,692	0,769	0,620
98B	02.03.90	1205-1220	NNW	1,8	1,544 ²	0,400	0,692	0,769	0,620

where:

WD = Vindretning

WS = Vindstyrke

Q_s = Utslippsrate for fast punkt

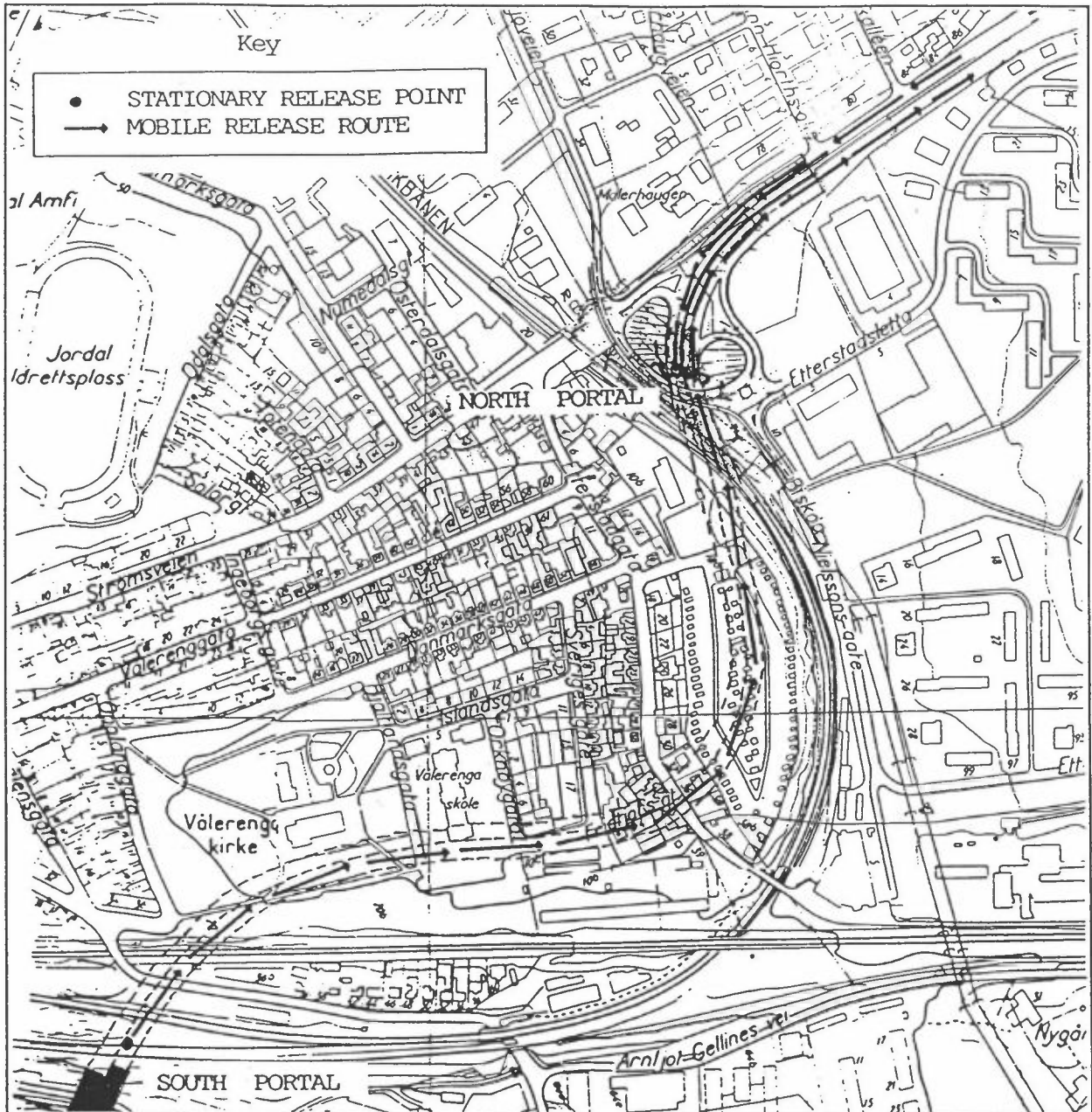
Q_m = Utslippsrate for bilene

1 = SF₆ i fast punkt, CPrF₃ fra bil

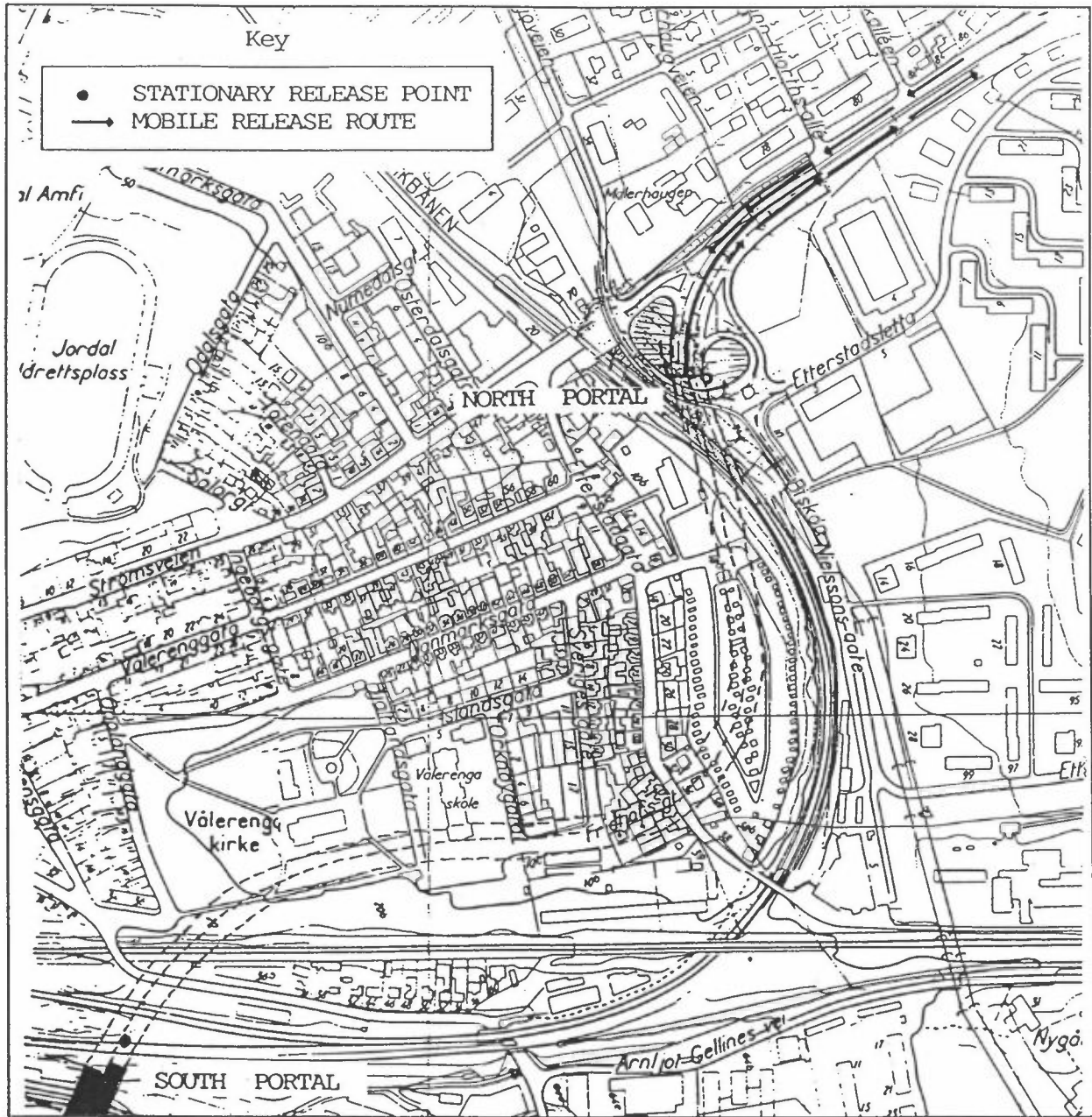
2 = CBrF₃ i fast punkt, SF₆ fra biler

I forsøk 1A til 3B ble SF₆ sluppet fra sørenden av tunnelen, mens CBrF₃ ble sluppet fra bil i det nordgående tunneløpet. I forsøk 4A til 98B ble CBrF₃ sluppet fra sørenden av tunnelen, mens SF₆ ble sluppet fra biler langs kjøreruter som vist i figur 2 og 3.

Under forsøkene ble det tatt luftprøver i fra 24 til 40 utvalgte punkter i avstand opp til 400 m fra munningen. Prøvene ble tatt i 20 ml plastsprøyter, og midlingstiden for prøvene var 15 minutter. I test 1, 2 og 3 ble det tatt øyeblikksprøver av sporstoffkonsentrasjonen ca. 10 m fra nordre munning inne i



Figur 2: Utslipp av sporstoff fra biler i test 4A-7B. Pilene viser langs hvilken del av veien /tunnelen utslippet fant sted.



Figur 3: Utslipp av sporstoff fra biler i test 97A-98B. Pilene viser langs hvilken del av veien/tunnelen utslippet fant sted.

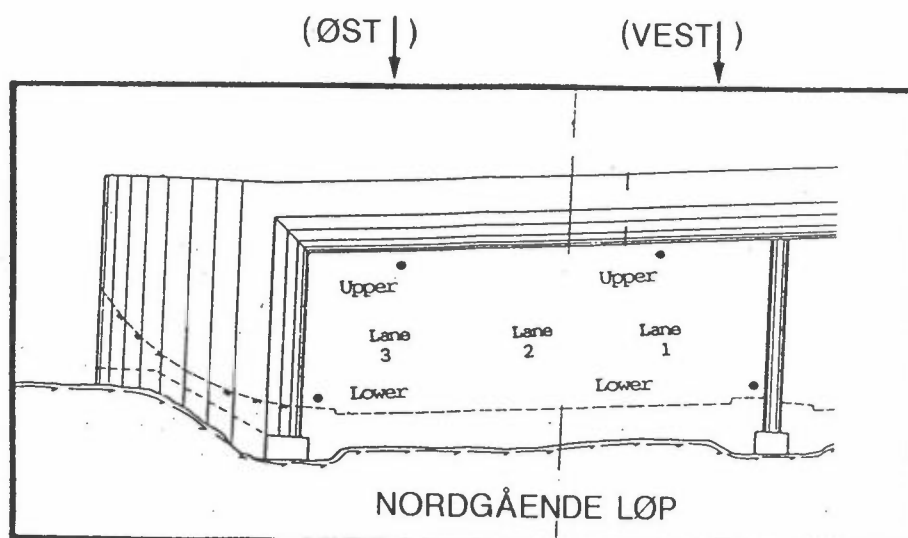
nordgående tunnellop. Alle prøvene ble analysert ved hjelp av gasskromatografi. Sportstoffteknikken er beskrevet i detalj av Heggen og Sivertsen (1983).

3 RESULTATER OG DISKUSJON

Målinger utført i tunnelmunningen viser blandingsforhold i tunnelen og luftstrøm gjennom tunnelen. Disse resultatene er framlagt i kapittel 3.1. I 3 forsøk ble det tatt tidsserier bestående av øyeblikkskonsentrasjoner som skyldes utslipp fra ett kjøretøy. Resultatene av disse målingene er framlagt i kapittel 3.2. Fordelingene av sporstoffkonsentrasjoner i området utenfor tunnelen er framlagt i kapittel 3.3.

3.1 LUFTSTRØM I TUNNELEN

I forsøk 1A-6B ble konsentrasjoner inne i tunnelmunningen målt. I test 1A-3B ble konsentrasjonen målt i 4 punkter i hvert "hjørne" av munningen. I test 4A-6B ble konsentrasjonen målt ved den vestlige tunnelveggen. Figur 4 viser målepunktene i tunnelmunningen.



Figur 4: Målepunkter i nordre munning.

Ved hjelp av sporstoffkonsentrasjonene i munningen kan luft-hastigheten og volumstrømmene ut av tunnelen, og luftas oppholdstid i tunnelen beregnes. Resultatet av disse beregningene er vist i tabell 2 og 3. I tillegg er munningskonsentrasjonen normalisert med hensyn til utslippet som er vist. Ved å normalisere konsentrasjonene med utslippet kan spredningsforholdene

Tabell 2: Konsentrasjoner og ventilasjonsforhold i tunnelmunningen, test 1A-3B.

	TEST					
	1A	1B	2A	2B	3A	3B
C (ppt)						
nede, vest	5000	5500	8700	9000	-	-
nede, øst	5000	5000	8400	9000	9280	8900
oppe, øst	6000	6500	8200	8100	9152	7900
oppe, vest	7400	14000	8200	8264	9168	9200
C _n (µg m ⁻³ /g min ⁻¹)						
nede, vest	36,85	43,53	89,68	92,77	-	-
nede, øst	36,85	36,85	86,59	92,77	70,87	67,97
oppe, øst	44,22	47,90	84,53	83,49	69,90	60,34
oppe, vest	54,53	103,17	84,53	85,19	70,02	70,26
C _n gjennomsnitt	43,11	41,76*	86,33	88,55	70,26	66,19
Standard avvik	8,37	5,63	2,43	4,92	0,53	5,19
Q (m ³ /s)						
nede, vest	452,3	411,2	185,8	179,7	-	-
nede, øst	452,3	452,3	192,5	179,7	235,2	245,2
oppe, øst	376,9	347,9	197,2	199,6	238,4	276,2
oppe, vest	305,6	161,5	197,2	195,7	238,0	237,2
Q gjennomsnitt	396,8	403,8*	193,2	188,7	237,2	252,9
Standard avvik	70,4	52,6	5,4	10,5	1,7	20,6
V (m/s)						
nede, vest	7,4	6,7	3,0	2,9	-	-
nede, øst	7,4	7,4	3,2	2,9	3,9	4,0
oppe, øst	6,2	5,7	3,2	3,3	3,9	4,5
oppe, vest	5,0	2,6	3,2	3,2	3,9	3,9
V gjennomsnitt	6,5	6,5*	3,2	3,1	3,9	4,1
Standard avvik	1,1	0,7	0,1	0,2	0,0	0,3
T (s)						
nede, vest	114	125	280	290	-	-
nede, øst	114	114	263	290	215	210
oppe, øst	135	147	263	255	215	187
oppe, vest	168	323	263	263	215	215
T gjennomsnitt	133	129*	267	275	215	204
Standard avvik	26	17	9	18	0	15

C = SF₆ konsentrasjon
C_n = Normalisert konsentrasjon
Q = Estimert volumstrøm
V = Estimert ventilasjonshastighet
T = Estimert oppholdstid for luft i tunnelen
* = Gjennomsnittene er beregnet uten verdien fra øvre, øst

i ulike tester med forskjellig utslippsrate av sporstoff sammenlignes direkte.

Tabell 3: Konsentrasjoner og ventilasjonsforhold i tunnelmunningen, test 4A-6B.

	TEST					
	4A	4B	5A	5B	6A	6B
C (ppt)						
nede, vest	5890	6399	6230	6721	7610	8642
C_n ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$)						
nede, vest	69,64	75,66	81,81	88,26	94,16	106,93
Q (m^3/s)						
nede, vest	239,3	220,3	203,7	188,8	177,0	155,9
V (m/s)						
nede, vest	3,9	3,6	3,3	3,1	2,9	2,5
T (s)						
nede, vest	215	233	255	271	290	336

C = SF_6 konsentrasjon

C_n = Normalisert konsentrasjon

Q = Estimert volumstrøm

V = Estimert ventilasjonshastighet

T = Estimert oppholdstid for luft i tunnelen

Størrelsen av munningskonsentrasjonene er et mål på tunnelens evne til å spre forurensningene. Det innbyrdes størrelsesforholdet mellom konsentrasjonene viser hvor god blandingen er i den lufta som strømmer gjennom tunnelen. En av de fire prøvetagerene sviktet i test 3. Konsentrasjonen i punkt "oppe vest" i test 1B er sannsynligvis feil. Tabell 2 og 3 viser at ventilasjonen av tunnelen varierte betydelig fra test til test, sannsynlig som følge av varierende trafikk gjennom tunnelen. Mellom test 1A og test 3B er det en tidsforskjell på fem timer, og de normaliserte konsentrasjonene fra test 2 og 3 er henholdsvis 2, og 1,5 ganger større enn for test 1.

Fordelingen av konsentrasjoner over munningsarealet (test 1A-3B) viser at konsentrasjonene ved vestlig tunnelvegg var større enn eller like store som konsentrasjonene ved østlig tunnelvegg. Med unntak av test 1B var imidlertid variasjonen over tunneltversnittet liten.

Forskjellen mellom østlig og vestlig side av tunnelen kan forklares ved fordelingen av trafikken i tunnelen fordi det gjennomgående er større trafikkmengde i det midterste og vestlige kjørefeltet enn i det østlige, som er avkjøringsfelt fra Strømsveien ved Etterstad.

Luftstrømmen gjennom tunnelen drives hovedsaklig av biltrafikken. De viktigste faktorene er antall kjøretøyer, andelen av større kjøretøy, og hvor jevnt trafikken går. Maksimal timetraffikk inntreffer i tidsrommet 1530-1630, og gjennomsnittlig kjørehastighet avviker lite fra 60 km/h (Larssen, 1990). Luftstrømmen gjennom tunnelen burde altså være størst i dette tidsrommet, og siden kjøretøyene driver luftstrømmen burde lufthastigheten være større ved bakken enn ved tunneltaket.

Test 1A og 1B ble utført i rushtiden, mellom 1515 og 1545, mens test 2A-3B ble utført senere på ettermiddagen. Den estimerte lufthastigheten er høyere i test 1A-1B (gjennomsnitt 6,5 m/s) enn i test 2A-2B (3,1 m/s) og test 3A-3B (4 m/s). I test 1A-1B var lufthastigheten ved veibanen ca. 2,5 m/s større enn ved tunneltaket. I test 2 og 3 var lufthastigheten større ved tunneltaket enn ved veibanen, men forskjellen var liten, mindre enn 0,4 m/s.

I testene 4-6 avtok lufthastigheten i tunnelen fra 3,9 m/s til 2,5 m/s. Dette er i overensstemmelse med at trafikkmengden avtar fra ettermiddagen til kvelden. De estimerte lufthastighetene gir oppholdstid for luft i tunnelen fra 130 sekunder i test 1 til 336 sekunder i test 6.

3.2 ØYEBLIKKSPRØVER, TEST 1B, 2B OG 3A

For å studere fordeling og utlufting av utslipp fra en enkelt bil under vanlige trafikkforhold, ble det i test 1B, 2B og 3A tatt serier av sporstoffprøver med midlingstid på 1,5 sekunder. Bilen som slapp ut sporstoffet kjørte gjennom tunnelen i det midterste kjørefeltet, og fulgte trafikken fra Konowsgate opp gjennom tunnelen. Utslipet ble startet da bilen kjørte inn i tunnelen, og stoppet da den kom ut. Øyeblikksprøvene ble tatt på begge sider av tunnelløpet inne i nordre tunnelåpning.

Øyeblikksprøvene ble tatt med intervall på 5 sekunder de første 90 sekundene, og siden med intervall på 10 sekunder. Prøveserien ble startet i det sporstoffbilen passerte prøvetagingspunktene i tunnelen. Seriene var totalt 260 sekunder lange.

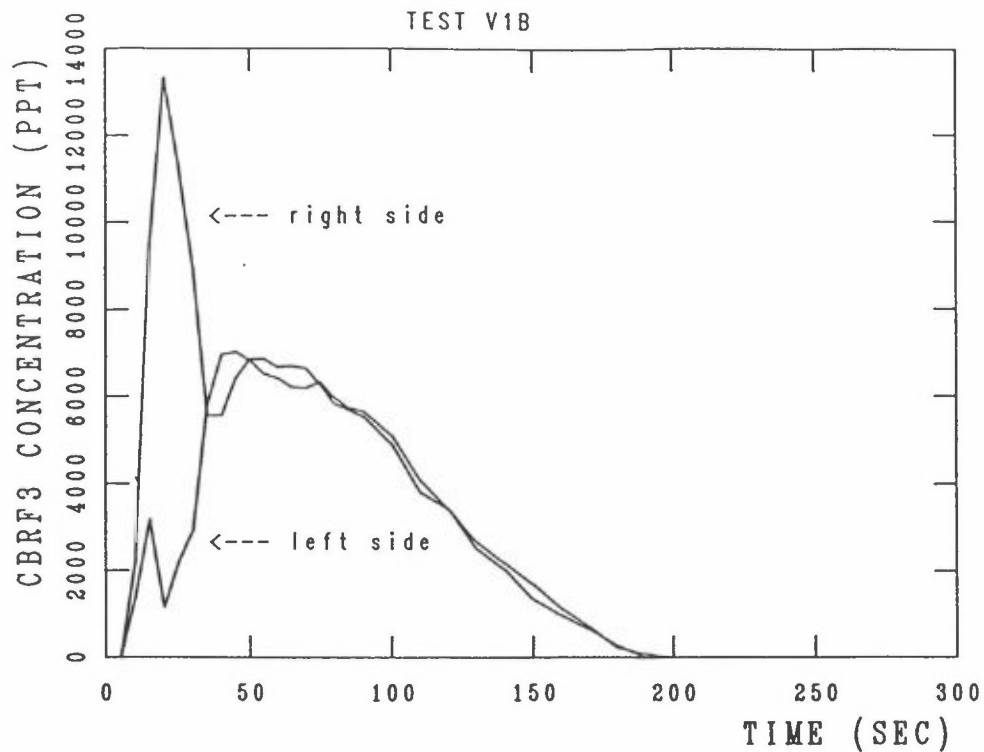
Tabell 4 viser øyeblikkskonsentrasjoner av CBrF_3 fra test 1-3, og tabell 5 viser en statistisk bearbeidelse av øyeblikkskonsentrasjonene. Variasjonen av konsentrasjonene med tiden er vist i figur 5 til 7.

Figur 5-7 viser at ved tunnelens østside (høyre side) inntraff maksimalkonsentrasjonen 20-25 sekunder etter at utslippsbilen passerte. Konsentrasjonene avtok til 1% av maksimumskonsentrasjonen etter ca. 190 sekunder i test 1, 260 sekunder i test 2 og litt over 260 sekunder i test 3. Ved tunnelens vestside (venstre side) inntraff maksimalkonsentrasjonene fra 45 til 60 sekunder etter at utslippsbilen passerte, og avtok til 1% av maksimalkonsentrasjonen etter 200 sekunder i test 1 og etter litt over 260 sekunder i test 2 og 3.

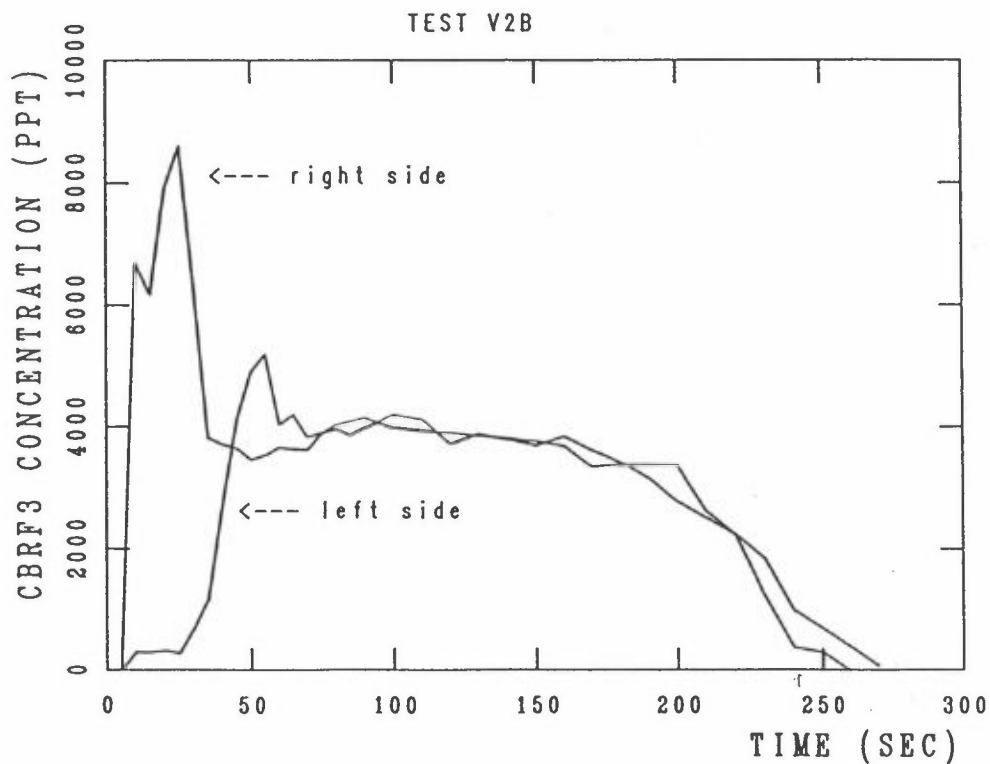
Tabell 4: Øyeblikkskonsentrasjoner av sporstoff i test 1-3.

Tid (s) *	CBRF ₃ concentrations (ppt)					
	TEST: 1B		2B		3A	
	Øst	Vest	Øst	Vest	Øst	Vest
0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
10	2211	1380	6690	315	1971	1405
15	9500	3203	6184	314	2098	273
20	13351	1172	7915	335	4451	872
25	11336	2223	8612	292	2757	2225
30	8949	2966	6272	702	2952	1522
35	5567	5848	3813	1177	2111	1012
40	5570	6980	3708	2724	1179	1223
45	6440	7038	3640	4124	1492	1033
50	6858	6836	3462	4911	1062	1355
55	6865	6537	3534	5197	1389	1769
60	6680	6433	3658	4043	1409	2254
65	6698	6232	3634	4196	1539	2000
70	6650	6206	3621	3839	1579	2129
75	6284	6345	3885	3903	1249	2035
80	5840	5988	4025	3858	1517	1982
85	-	5756	-	3867	1481	1702
90	5552	5680	4137	3981	1447	-
100	4920	5126	3982	4198	1602	1621
110	3801	4082	-	4123	1552	1738
120	3426	3420	-	3720	1452	1715
130	2516	2672	-	3886	1688	1650
140	2039	2184	3805	3796	-	1638
150	1349	1696	3759	3694	1953	1754
160	979	1139	3679	3846	-	1724
170	659	718	3328	3610	2001	1926
180	291	234	3381	3417	1865	1833
190	0	90	-	3167	1788	1858
200	0	0	3367	2780	-	1779
210	0	0	2618	2513	2045	1847
220	0	0	2249	2245	2066	1790
230	0	0	1232	1851	1989	1781
240	0	0	380	990	1770	1696
250	0	0	300	401	1457	1541
260	0	0	0	90	897	617

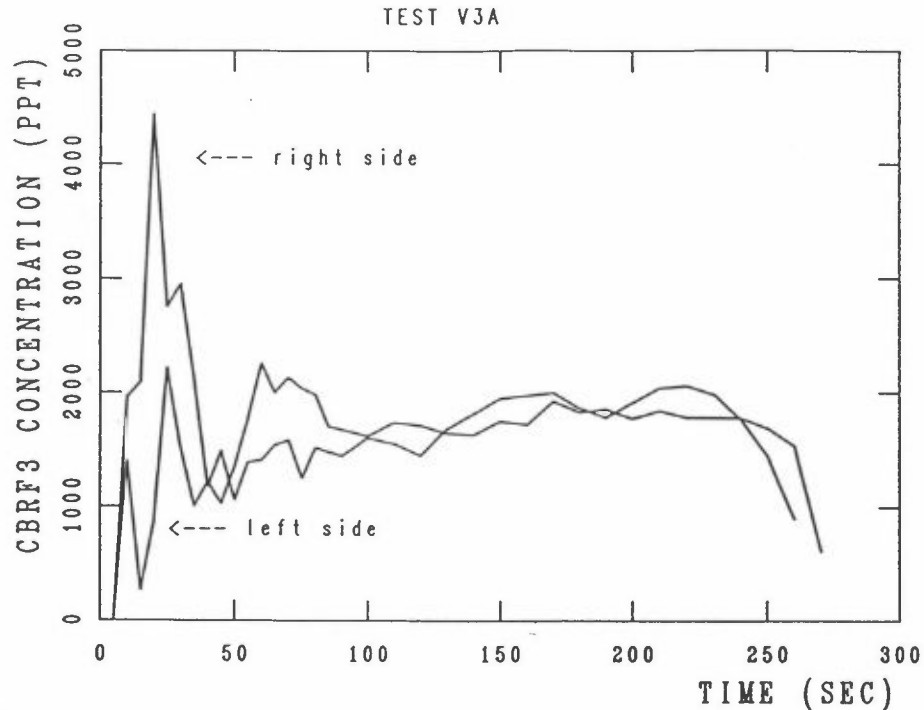
* Tid fra bilen passerte målepunktene.



Figur 5: Tidsforløp av sporstoffkonsentrasjoner på høyre og venstre side av tunnelen (sett i kjøreretningen) i test 1B.



Figur 6: Tidsforløp av sporstoffkonsentrasjoner på høyre og venstre side av tunnelen (sett i kjøreretningen) i test 2B.



Figur 7: Tidsforløp av sporstoffkonsentrasjoner på høyre og venstre side av tunnelen (sett i kjøreretningen) i test 3A.

Tabell 5: Statistisk bearbeidelse av øyeblikksprøvene, test 1-3.

	1B		2B		3A	
	Øst	Vest	Øst	Vest	Øst	Vest
N	35	36	31	36	33	35
C_{avg} [$\mu\text{g m}^{-3}$ / g min^{-1}]	10,94	8,57	9,96	7,57	15,37	13,84
σ_c	10,56	7,70	6,05	4,69	7,02	5,22
C_{max}	38,06	20,06	24,41	14,73	40,46	20,22
σ_c/C_{avg}	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	0,4
C_{max}/C_{avg}	3,5	2,3	2,5	1,9	2,6	1,5
$C_{avg}(\text{øst})/C_{avg}(\text{vest})$	1,3	-	1,3	-	1,1	-
$C_{max}(\text{øst})/C_{max}(\text{vest})$	1,9	-	1,7	-	2,0	-

- N = Antall prøver på 260 sekunders periode
 C_{avg} = Gjennomsnittskonsentrasjonen for N prøver normalisert med utslippsratene.
 σ_c = Standardavvik for N prøver.
 C_{max} = Høyeste normaliserte konsentrasjon.
 σ_c/C_{avg} = Forholdet mellom standardavvik og middelerdi.
 C_{max}/C_{avg} = Forholdet mellom maksimalverdi og middelerdi.
 $C_{avg}(\text{øst})/C_{avg}(\text{vest})$ = Forholdet mellom middelerdiene på østsiden og vestsiden av tunnelen.
 $C_{max}(\text{øst})/C_{max}(\text{vest})$ = Forholdet mellom maksimalverdi på østsiden og vestsiden av tunnelen.

I de tre testene var maksimalkonsentrasjonene ved østsiden ca. dobbelt så store som maksimalkonsentrasjonene ved vestsiden, men etter litt over ett minutt etter at utslippsbilen passerte var konsentrasjonsforløpet på begge sider av tunnelen tilnærmet likt.

I utgangspunktet er konsentrasjonen null på begge sider av tunnelen fordi utslippsbilen kjørte i det midterste kjørefeltet, slik at sporgassen må transporteres ut til sidene av tunnelen før den blir registrert. At maksimalkonsentrasjonen først blir detektert på tunnelens høyre side kan være på grunn av at utslippet var montert på høyre side av bilen, slik at avstanden til prøvetakeren blir mindre. Dersom turbulensen inne i tunnelen er uniformt fordelt, forklarer også den kortere avstanden hvorfor maksimalkonsentrasjonene er høyere på høyre side av tunnelen. Mindre trafikk i tunnelens høyre kjørefelt enn i tunnelens venstre kjørefelt kan medføre at de individuelle luftvirvlene blir større i høyere del av tunneltverrsnittet. Dette vil medføre dårlig fortykning i starten av spredningsprosessen. Tiden fra passasjen av utslippsbilen til den første prøven som viser konsentrasjon forskjellig fra null er 10 sekunder på begge sider av tunnelen. Dette gir en diffusjonshastighet på tvers av tunnelen på ca. 0,8 m/s. Diffusjonshastigheten tvers over tunnelen for "luftpakken" med høyest konsentrasjon er fra 0,14 m/s til 0,25 m/s.

Når sporstoffet fra utslippsbilen er godt blandet med tunnelufta blir det liten variasjon i konsentrasjonsnivået i munnlingen før lufta blandet med sporstoff forsvinner helt fra tunnelen, og sporstoffkonsentrasjonen faller til null. Variasjoner i konsentrasjonene i denne fasen kan ha sammenheng med at trafikk tettheten varierer i løpet av den tiden det tar for sporstoffet å forlate tunnelen. Den tiden det tar fra sporstoffkonsentrasjonen begynner å falle, til den igjen har blitt null er også en følge av trafikk tettheten. Dersom det er mye trafikk dannes mer turbulens i luftstrømmen gjennom tunnelen, og "halen" på sporstofffordelingen forlenges (som i test 1B). Dersom det er lite trafikk avtar turbulensen, og sporstoffet

transporteres mer som en pakke, slik at "halen" på fordelingen blir kortere (som i test 3A).

Transporttiden for sporstoffet gjennom tunnelen kan grovt estimeres ved å addere 50 sekunder (den tiden utslippsbilen brukte til å kjøre gjennom tunnelen) til den tiden det gikk før sporstoffkonsentrasjonene begynte å falle mot null. Dette gir 125 sekunder for test 1B, 250 sekunder for test 2B og 275 sekunder for test 3A. Tilsvarende transporttid estimert fra 15 minutters middelkonsentrasjon av SF₆ (tabell 2) var 129 sekunder i test 1B, 275 sekunder i test 2B og 215 sekunder i test 3A. I og med at trafikken hadde mer av en puljevis karakter i test 2B og 3A enn i test 1B, er det rimelig overenstemmelse mellom transporttidene estimert ved 15 minutters middel og ved øyeblikksprøvene.

3.3 GJENNOMSNITTLIGE SPREDNINGSFORHOLD, TEST 1A-98B

Spredningsforsøkene ble også brukt til å kartlegge transport og fortykning av tunnelutslippet i området rundt nordre munning. Spredningsforholdene varierte under forsøkene. Under forsøk utført på formiddagen eller tidlig på ettermiddagen var den atmosfæriske sjiktningen nøytral, mens i forsøk utført sent på ettermiddagen eller kvelden var den atmosfæriske sjiktningen lett stabil. Spredningsforhold under sterk stabil sjiktning ble ikke undersøkt. Slike forhold forekom uvanlig sjelden i løpet av de to vintrene forsøkene ble utført.

Sporstoffkonsentrasjonene fra alle forsøkene (normalisert med hensyn til utslippet) er gjengitt i vedlegg A og vedlegg B. Konsentrasjoner som skyldes utslipp fra den stasjonære kilden i tunnelen er vist i vedlegg A og i figur 8-16. Disse konsentrasjonene viser belastningen fra tunnelen alene. Konsentrasjoner som skyldes utslipp fra mobile kilder er vist i vedlegg B og i figur 17-22. Disse konsentrasjonene viser dels samlet belastning fra veg og tunnel, og dels belastning fra vegen (Strømsveien) alene.

3.3.1 Stasjonær kilde

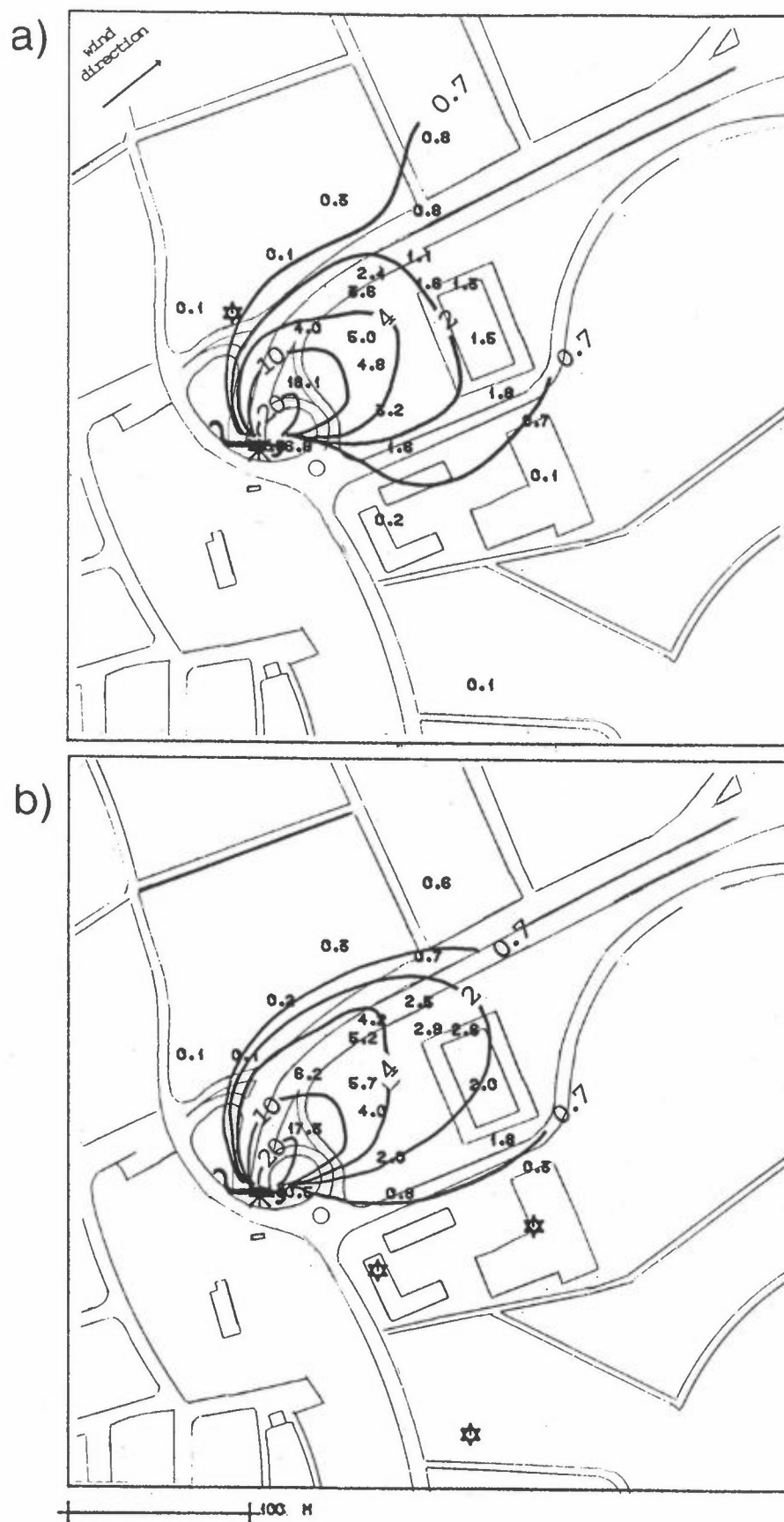
Testene 1-6 ble gjennomført under sørvestlig vindretning med vindstyrker fra 1,5-3 m/s. Av figurene 8-13 framgår det at munningsutslippet ble transportert mot nordøst i alle de 12 tilfellene. Konsentrasjonsfeltene kan beskrives ved en jetfase inntil 40 m fra munningen, og en røykskyfase fra jetfasens slutt. De høyeste konsentrasjonene utenfor tunnelen ble målt på trafikk-øya ca. 35 m fra munningen. Konsentrasjonene her var fra 1/2 til 1/4 av munningskonsentrasjonen.

Maksimalkonsentrasjonene langs røykfanen var redusert til ca. 10% av munningskonsentrasjonen i avstander fra 60 m til 150 m fra tunnelen.

Testene 7-98 ble gjennomført under nord til nordvestlig vindretning. Konsentrasjonsfordelingene er vist på figur 14-16. Konsentrasjonen i tunnelmunningen ble ikke målt i disse testene, men i test 7 framgår utstrekningen av tunneljeten sannsynligvis av isolinjen med størrelse 10. Spredningsmønsteret ved nordlig-nordvestlig vindretning er mer komplisert enn ved tilfeller med sørvestlig vind. Bygningene i området fører til kanalisering av luftstrømmen i bakkenivå. Kanaliseringen medfører at spredningen blir dårligere. Konsentrasjonsnivået avtar dermed mindre med avstanden fra tunnelen.

I test 7A, 7B, 97B og 98A var kanalisering langs Biskop Nielsens gate tydelig, og fortynningen av sporstoffkonsentrasjon med avstanden var liten. Test 97A viser en deling av sporstoffskyen. Under test 98 skiftet vindforholdene under prøvetakingen, slik at prøvetakernettet ikke dekket sporstofftransporten. Vindstyrken var også såpass svak at mye av sporgassen antagelig er ført med kjøretøystrømmen nordover Strømsveien.

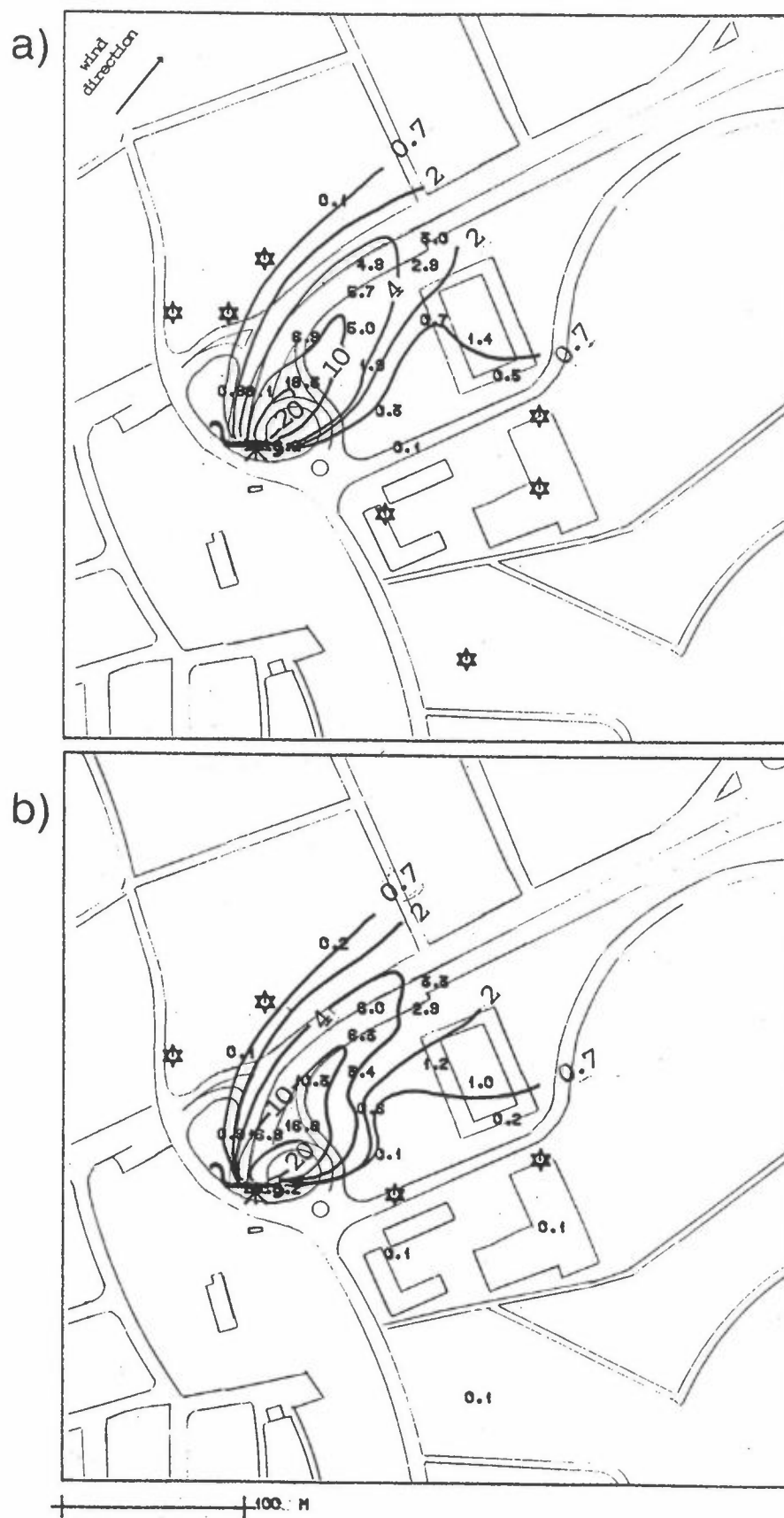
I test 97 og test 98 er det ingen målepunkter som er representative for tunneljeten, men ut fra de normaliserte konsentrasjonene i test 1-7 ser det ut som ytterkanten av jetstrømmen



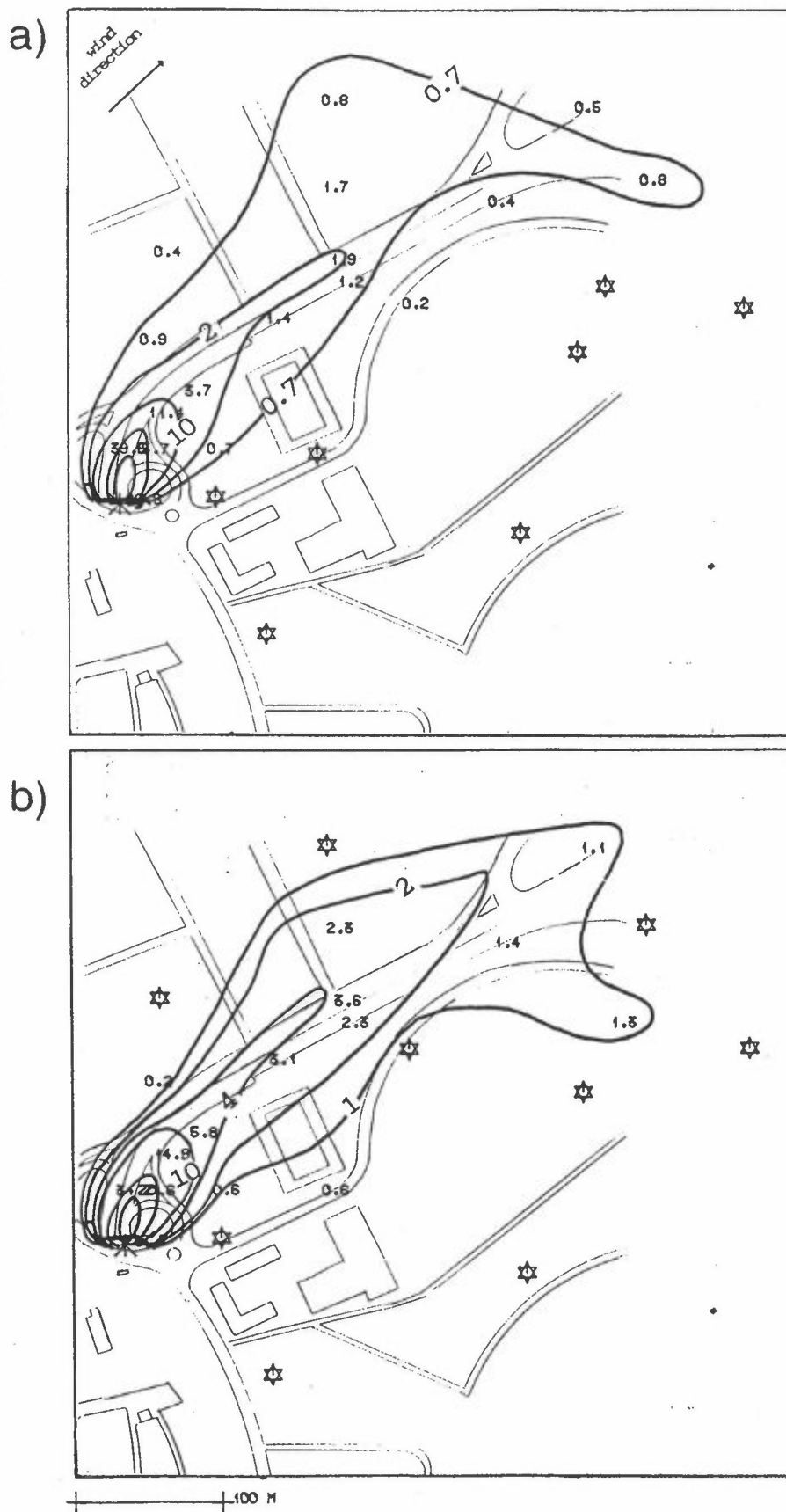
Figur 8: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 1A (øverst) og 1B (nederst).



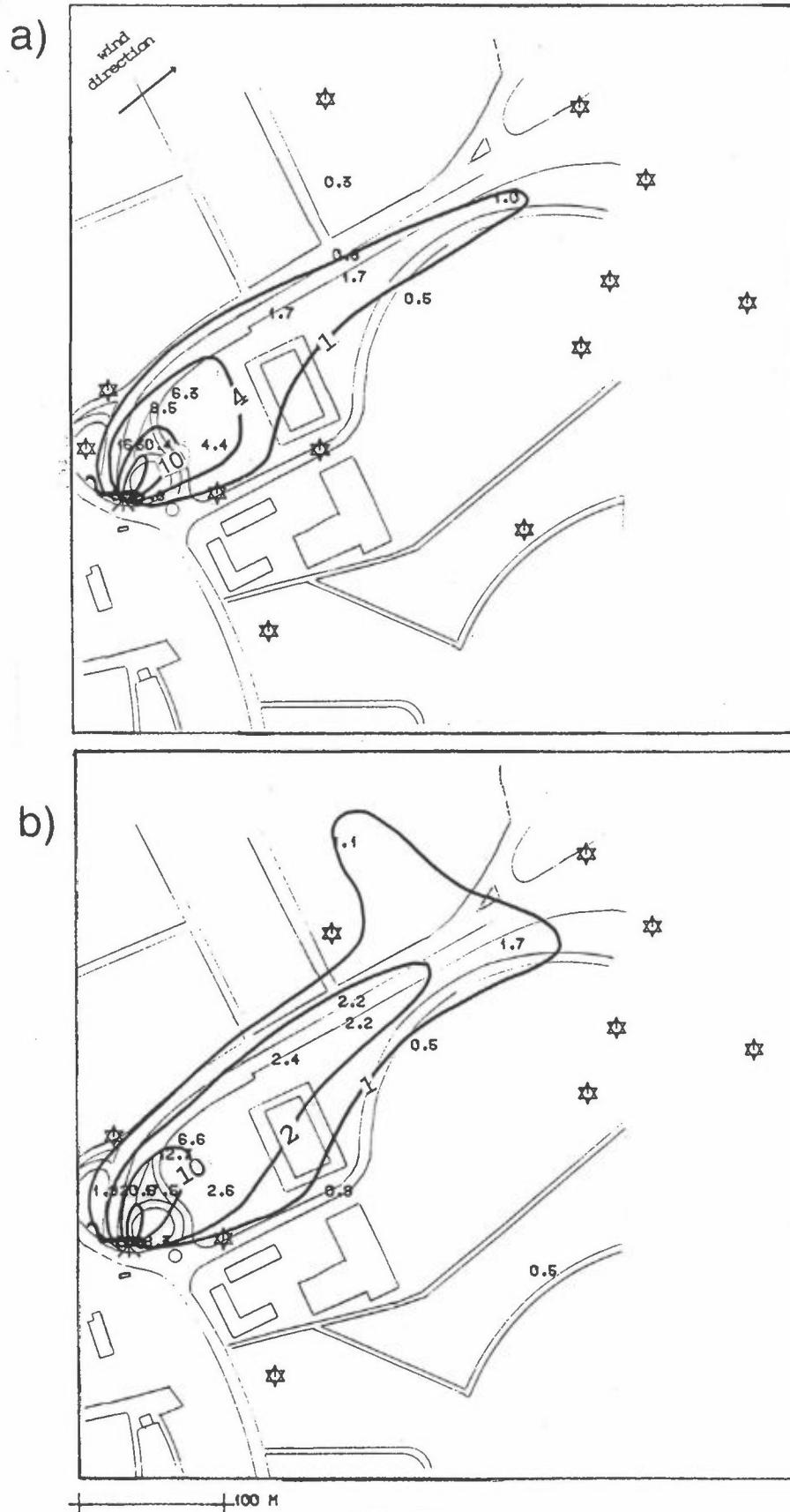
Figur 9: Isolinjer for normalisert SF₆-konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3} / \text{g min}^{-1}$) i test 2A (øverst) og 2B (nederst).



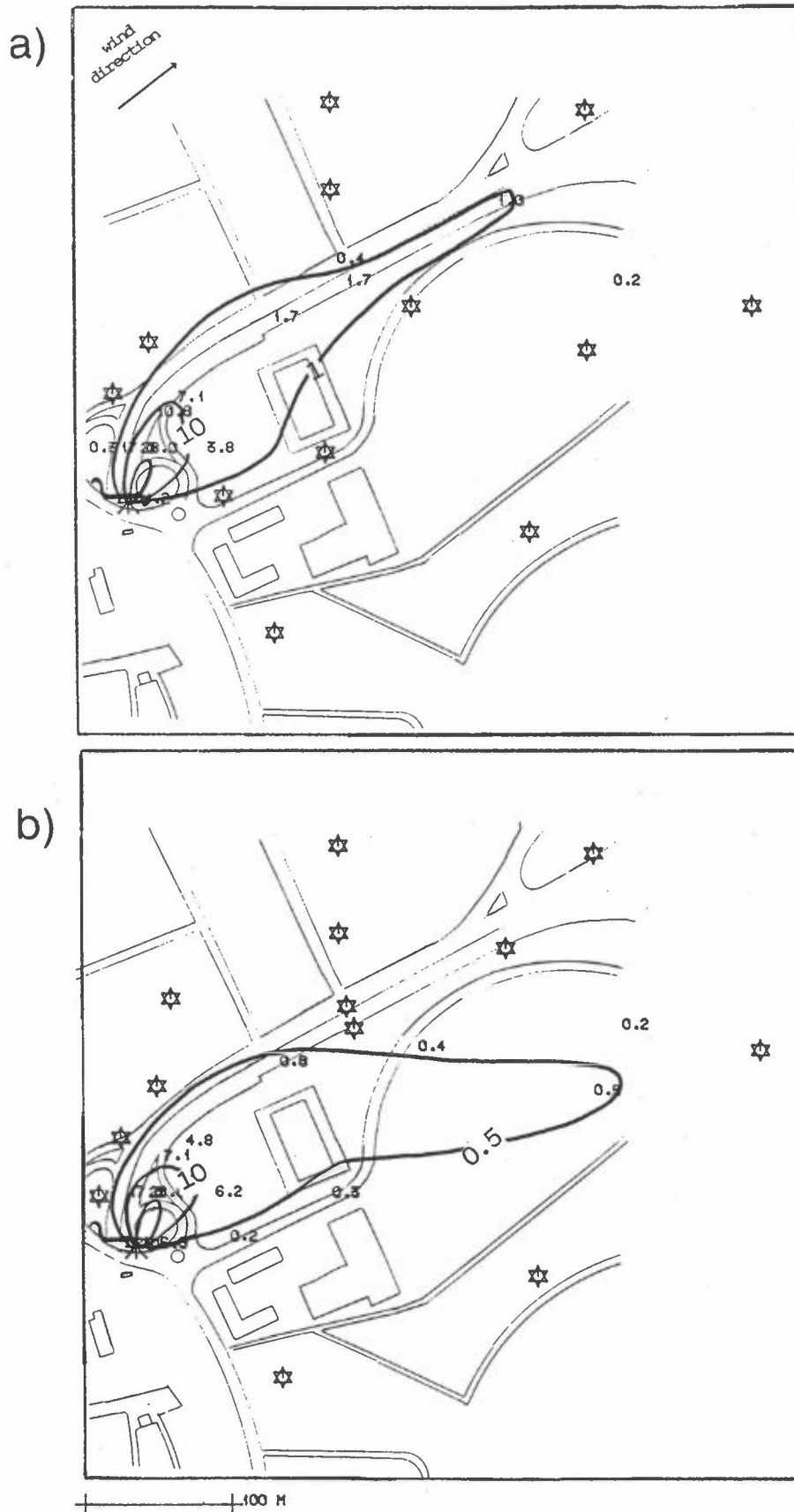
Figur 10: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 3A (øverst) og 3B (nederst).



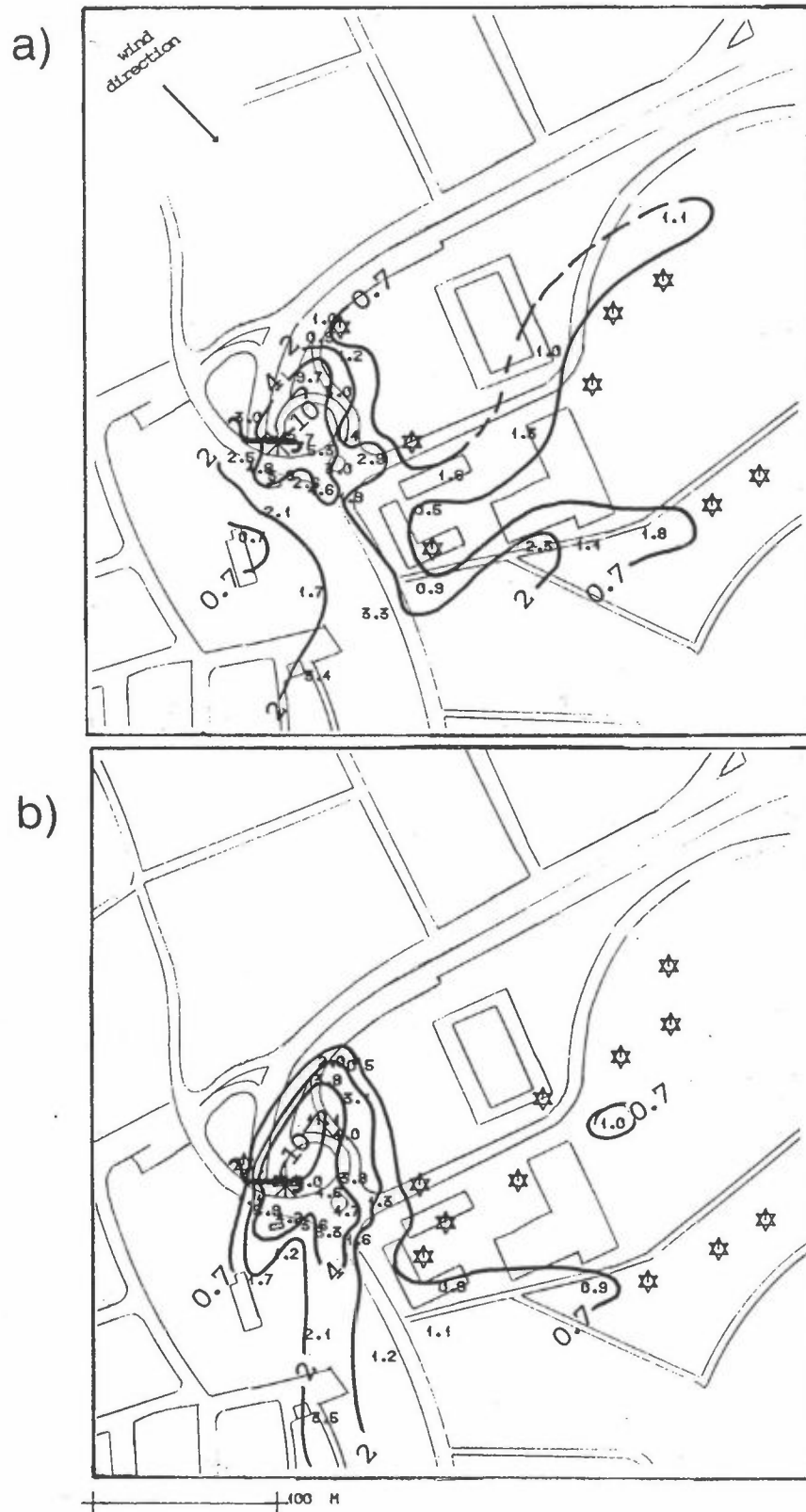
Figur 11: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 4A (øverst) og 4B (nederst).



Figur 12: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 5A (øverst) og 5B (nederst).

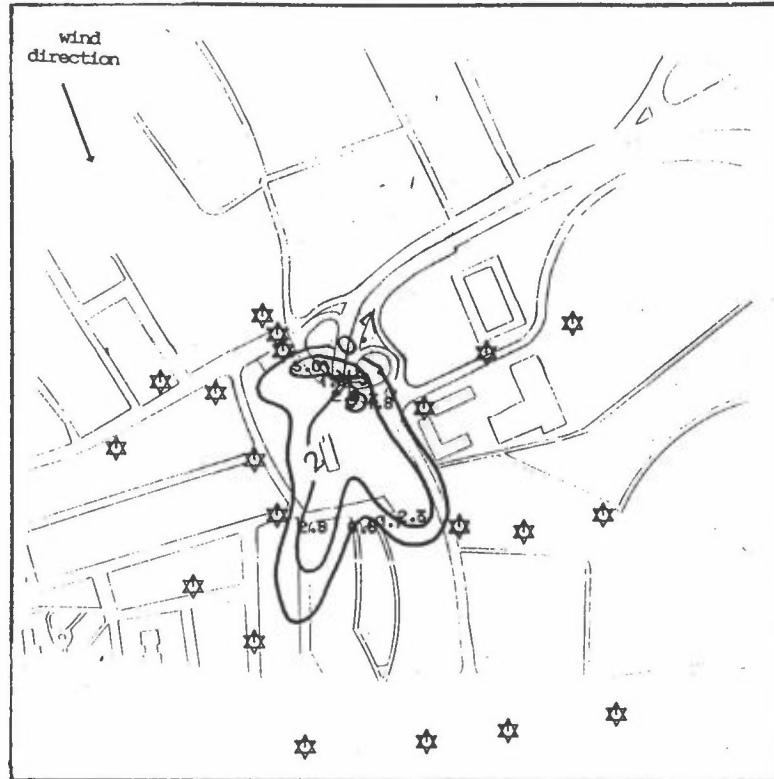


Figur 13: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 6A (øverst) og 6B (nederst).

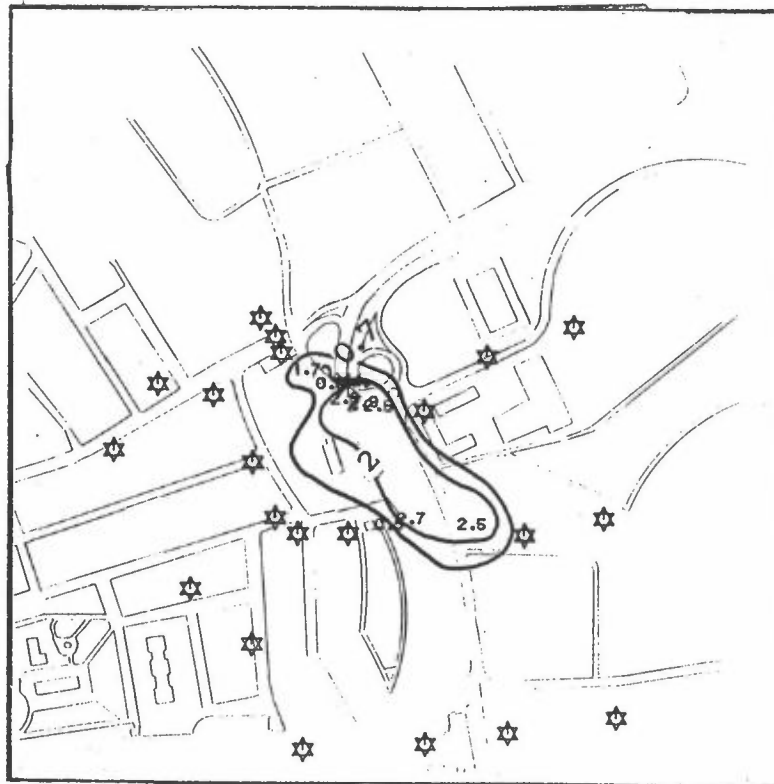


Figur 14: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 7A (øverst) og 7B (nederst).

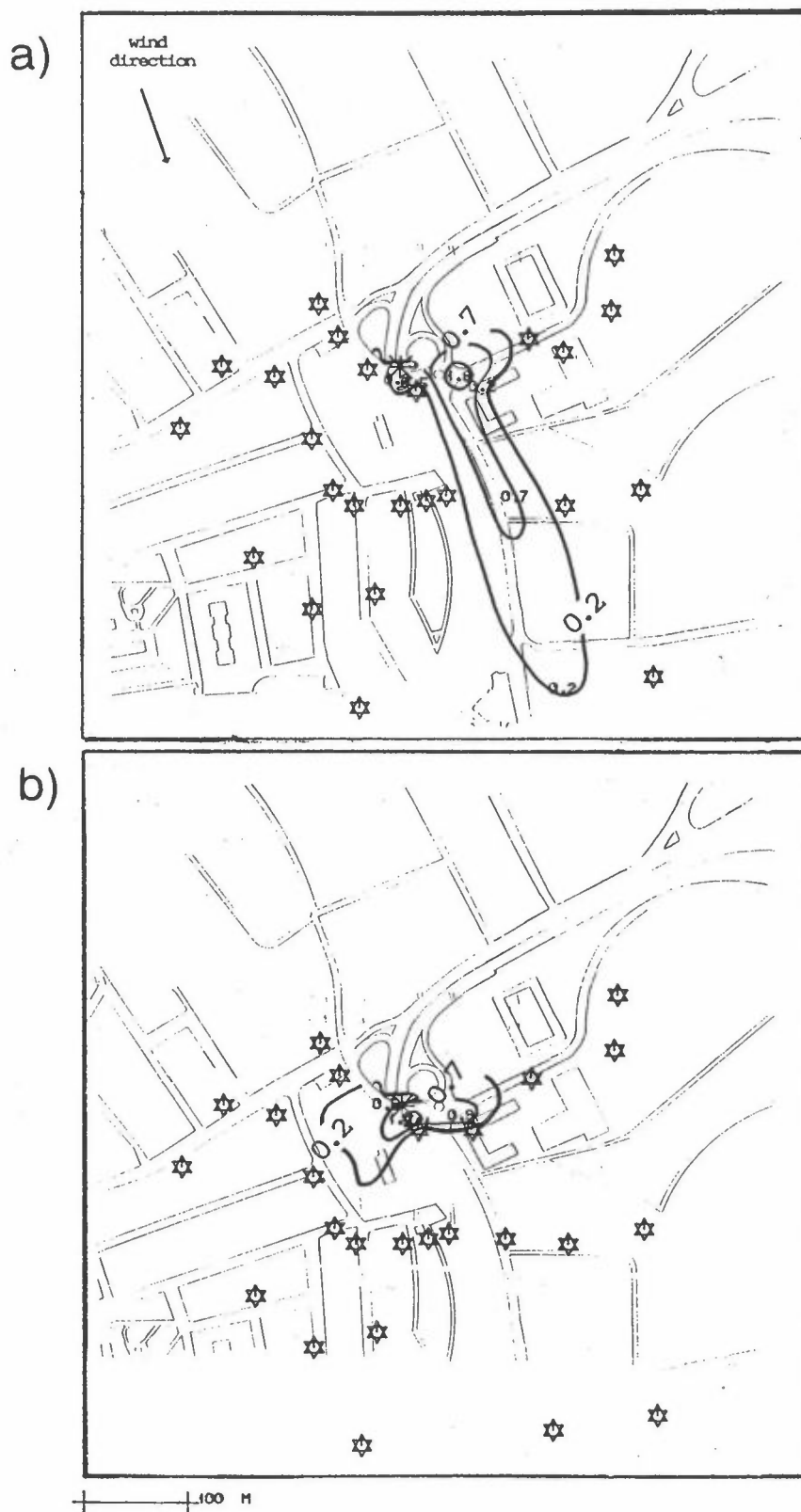
a)



b)



Figur 15: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 97A (øverst) og 97B (nederst).



Figur 16: Isolinjer for normalisert CBrF_3 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 98A (øverst) og 98B (nederst).

har en normalisert konsentrasjon på 10. I test 97 er konsentrasjonene 1/5 av dette etter ca. 100 m, mens i de svake og variable vindforholdene under test 98 er de målte konsentrasjonene på sørsiden av tunnelen under 10% av den forventede konsentrasjonen i jetfasen. Når vinden blåser mot jetfasens retning tyder forsøkene på at "avrivningen" av sporstoff fra jetfasen er begrenset. Spredningsforholdene under transport sørover fra munningen er imidlertid dårlige.

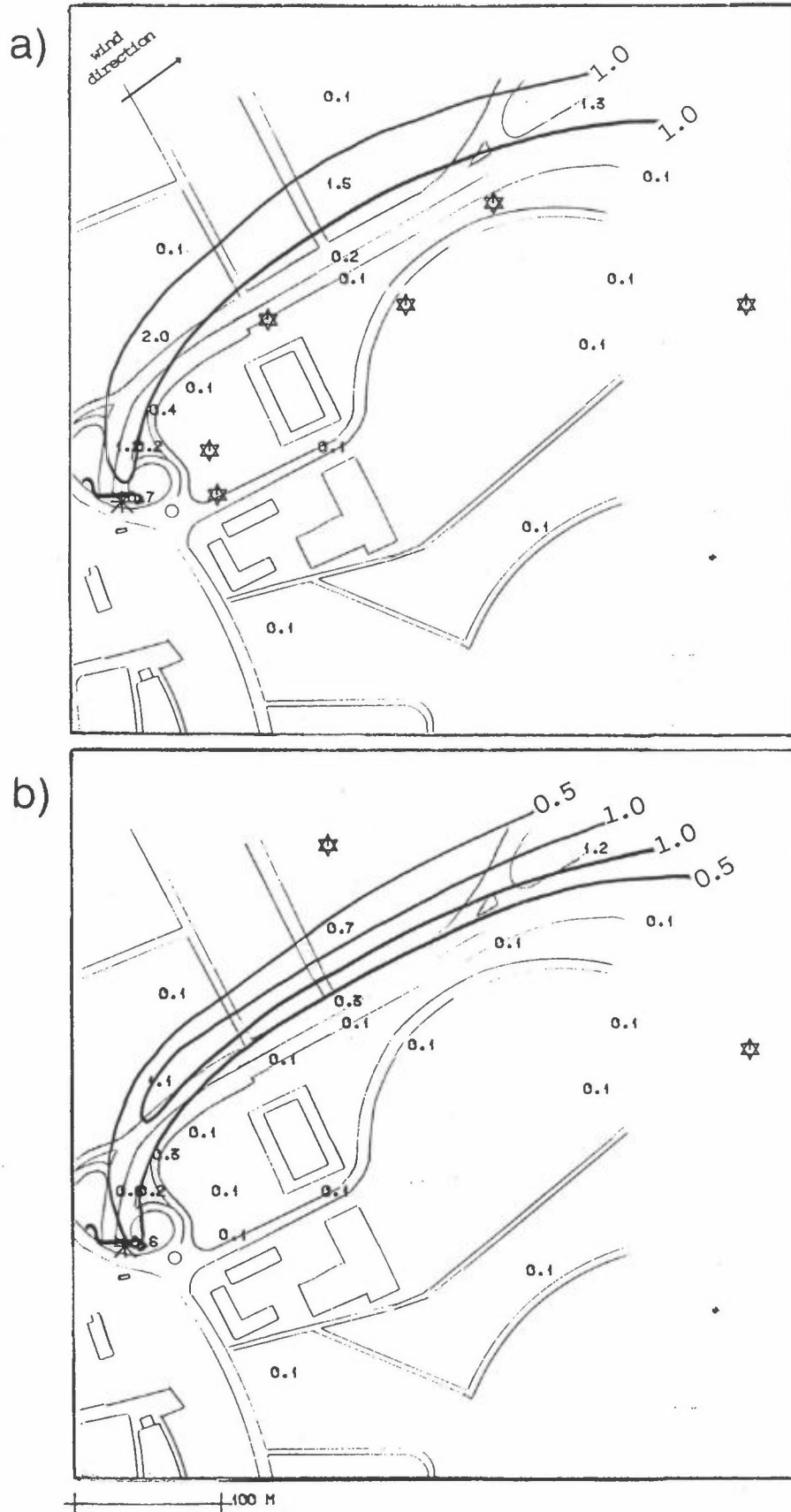
3.3.2 Mobile kilder

I test 4-98 ble SF₆-sporgass sluppet fra tre biler som fulgte med trafikkstrømmen langs veiene vist i figur 2-3. Kjørehastigheten varierte noe, men trafikkavviklingen var stort sett god, slik at langs de strekningene SF₆ ble sluppet var hastigheten ca. 60 km/h. I test 4-7 ble sporgass sluppet fra bilene inne i tunnelen og langs veien, mens i test 97-98 ble sporgassen sluppet bare langs veien. Konsentrasjonsfordelingene fra forsøkene er vist i figur 17-22.

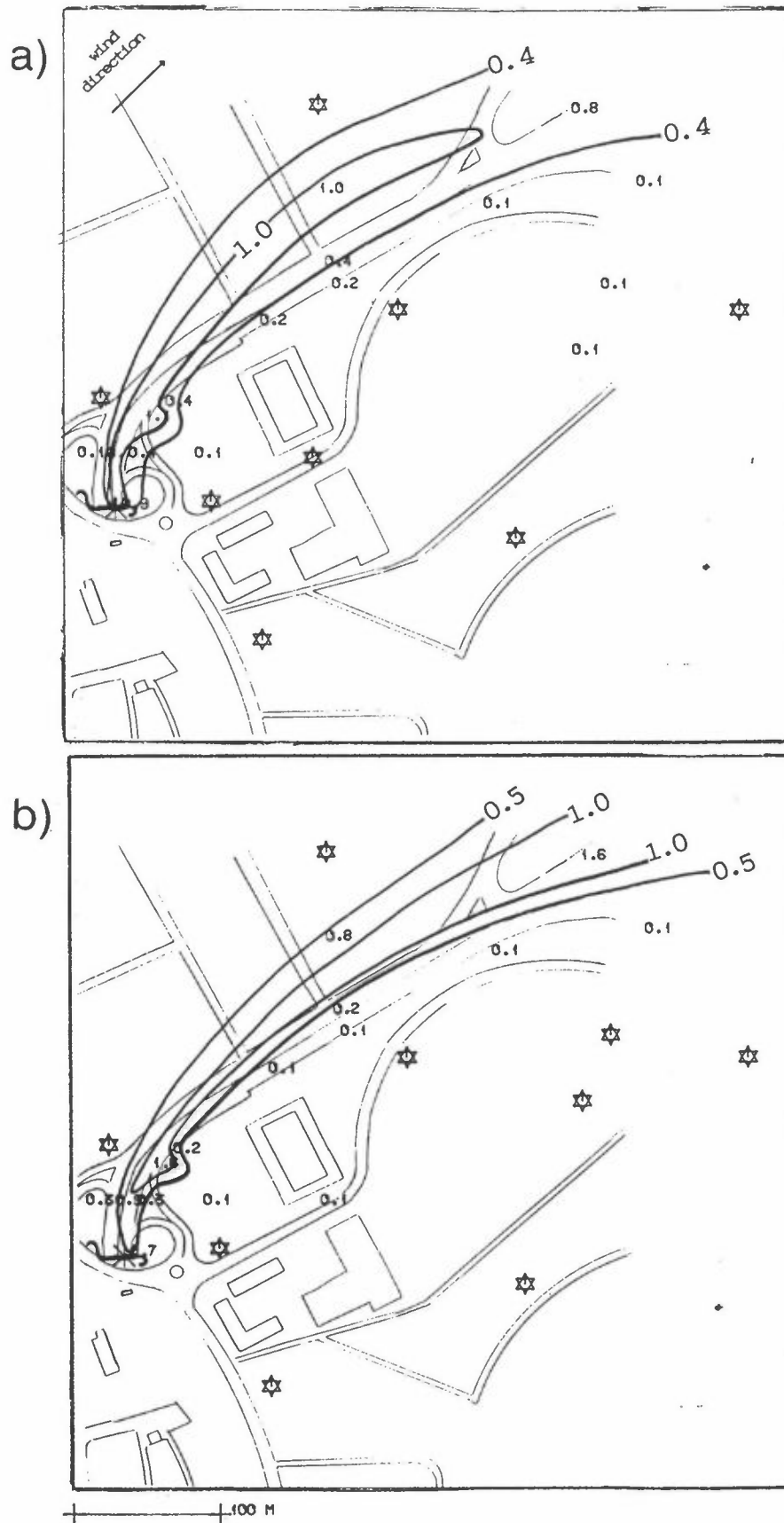
I test 4-6 var vindretningen fra sørvest, og sporstofftransporten foregikk i vegens lengderetning. Sporstoffkonsentrasjonene var redusert til ca. 10% av konsentrasjonen ved veikanten i avstand 40-60 m fra veien.

I test 7 var vindretningen fra nordvest. Konsentrasjonene fra tunnelutslippet viser det samme spredningsmønsteret som fra den stasjonære kilden. Konsentrasjonene fra utslippet på veien nord for tunnelen later til å ha avtatt med en faktor 10 i avstand 100-200 m fra veien. Isokonsentrasjonskurvene er stort sett parallelle med veien, bortsett fra i nærheten av store bygninger.

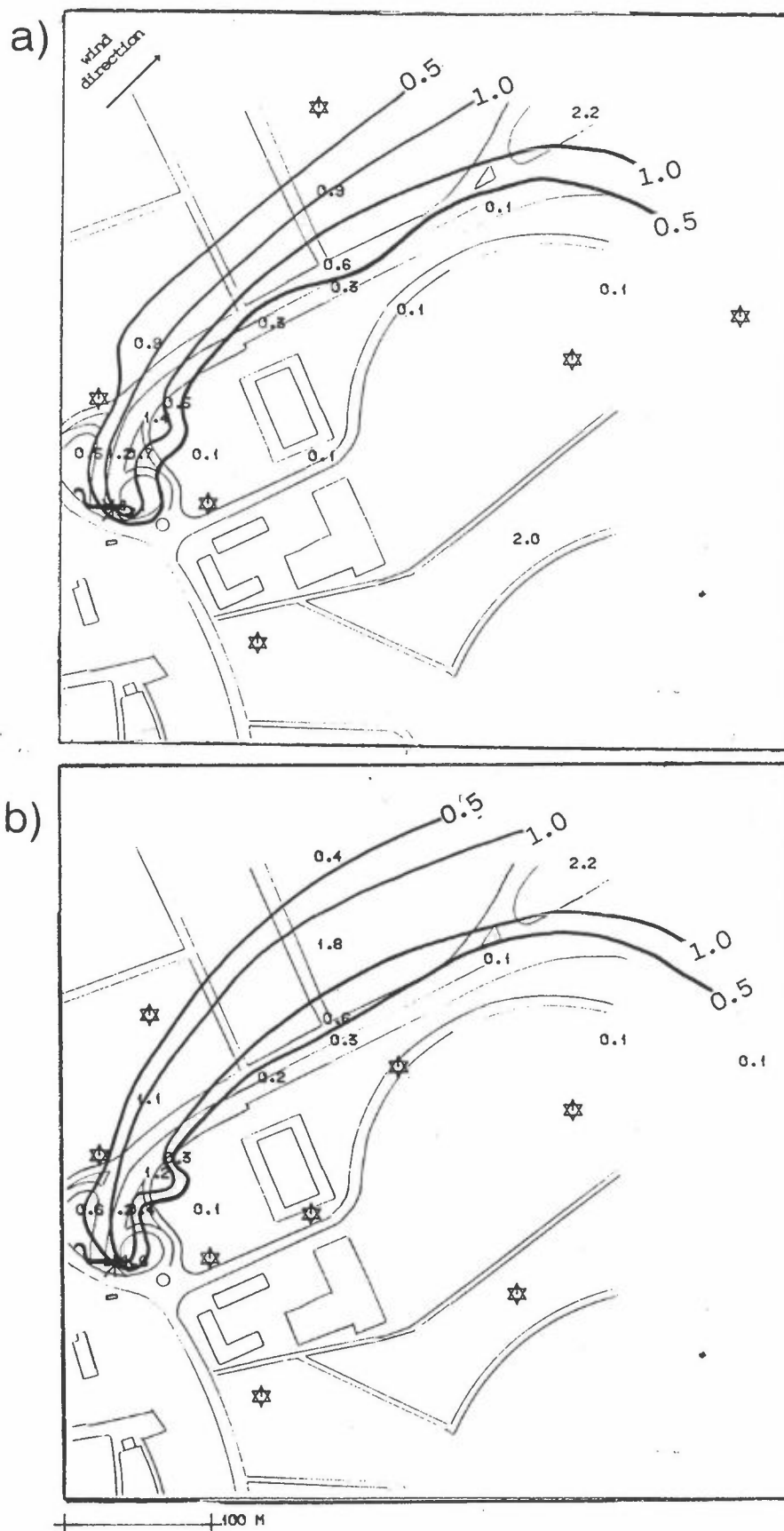
I test 97 og 98 ble sporstoffet sluppet langs Strømsveien nord for tunnelen. De høyeste konsentrasjonene ble observert ved målepunktene nærmest tunnelen. Dette er antagelig en følge av



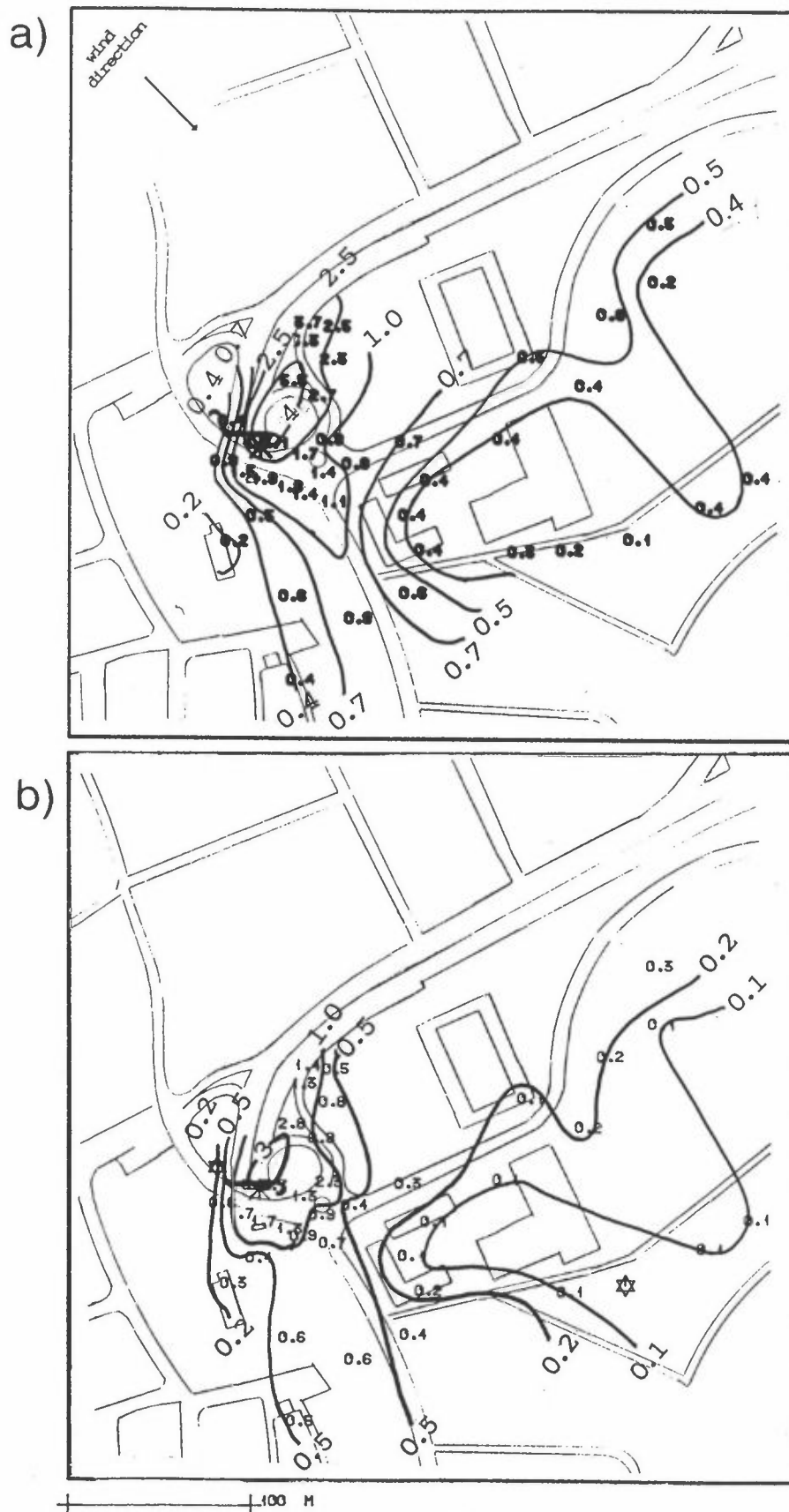
Figur 17: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 4A (øverst) og 4B (nederst).



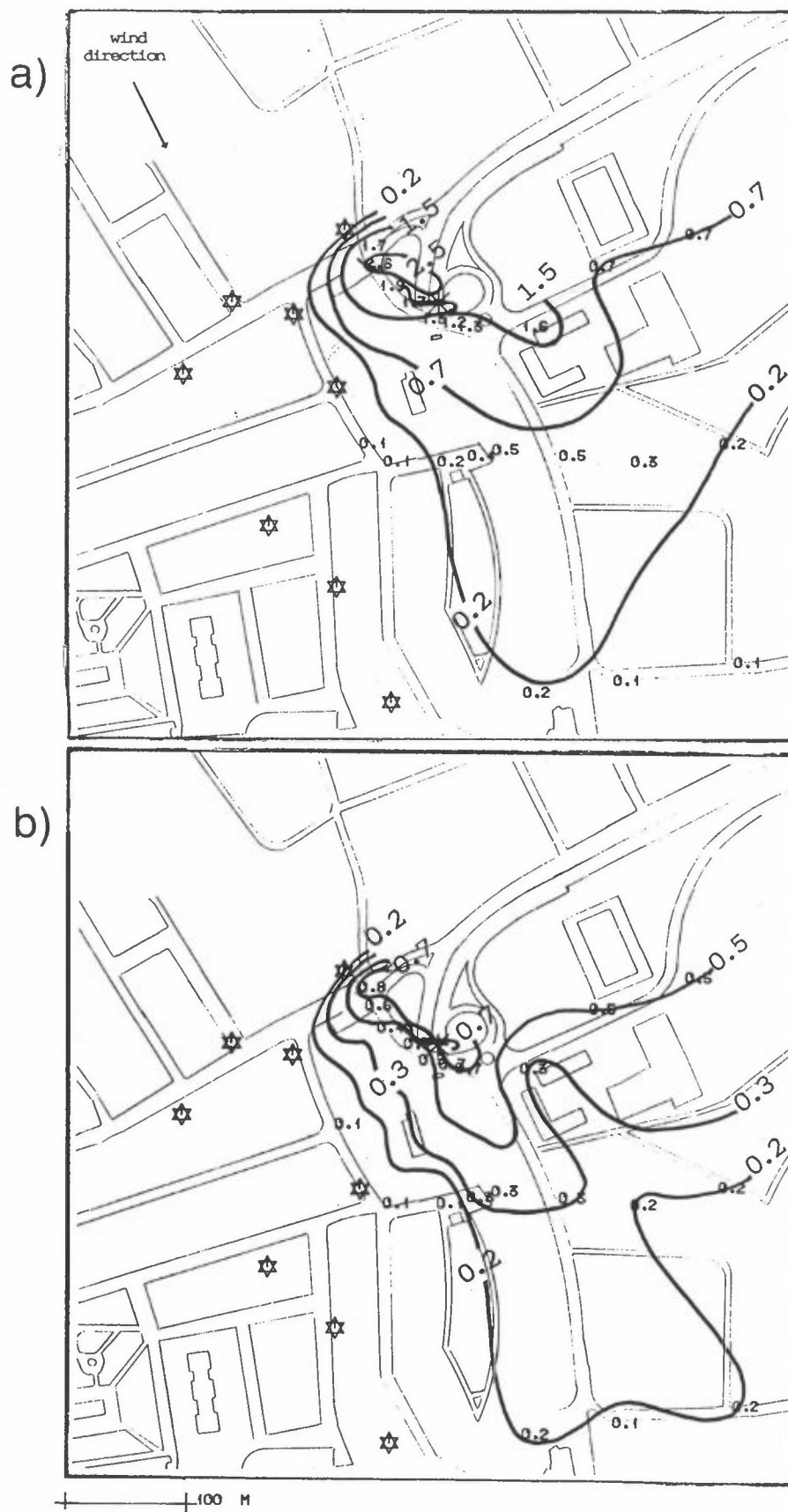
Figur 18: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3} / \text{g min}^{-1}$) i test 5A (øverst) og 5B (nederst).



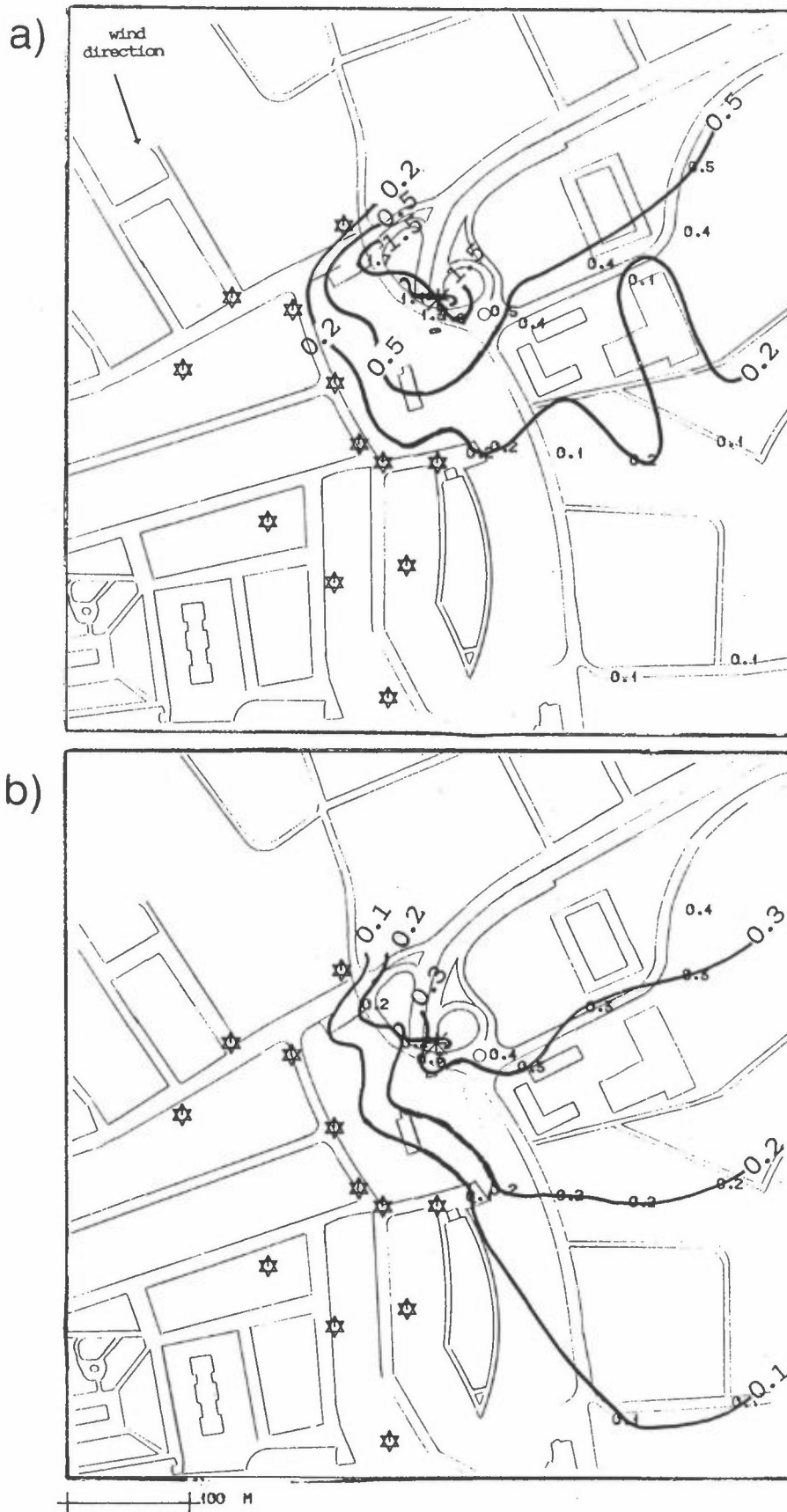
Figur 19: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 6A (øverst) og 6B (nederst).



Figur 20: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 7A (øverst) og 7B (nederst).



Figur 21: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 97A (øverst) og 97B (nederst).



Figur 22: Isolinjer for normalisert SF_6 -konsentrasjon ($\mu\text{g m}^{-3}/\text{g min}^{-1}$) i test 98A (øverst) og 98B (nederst).

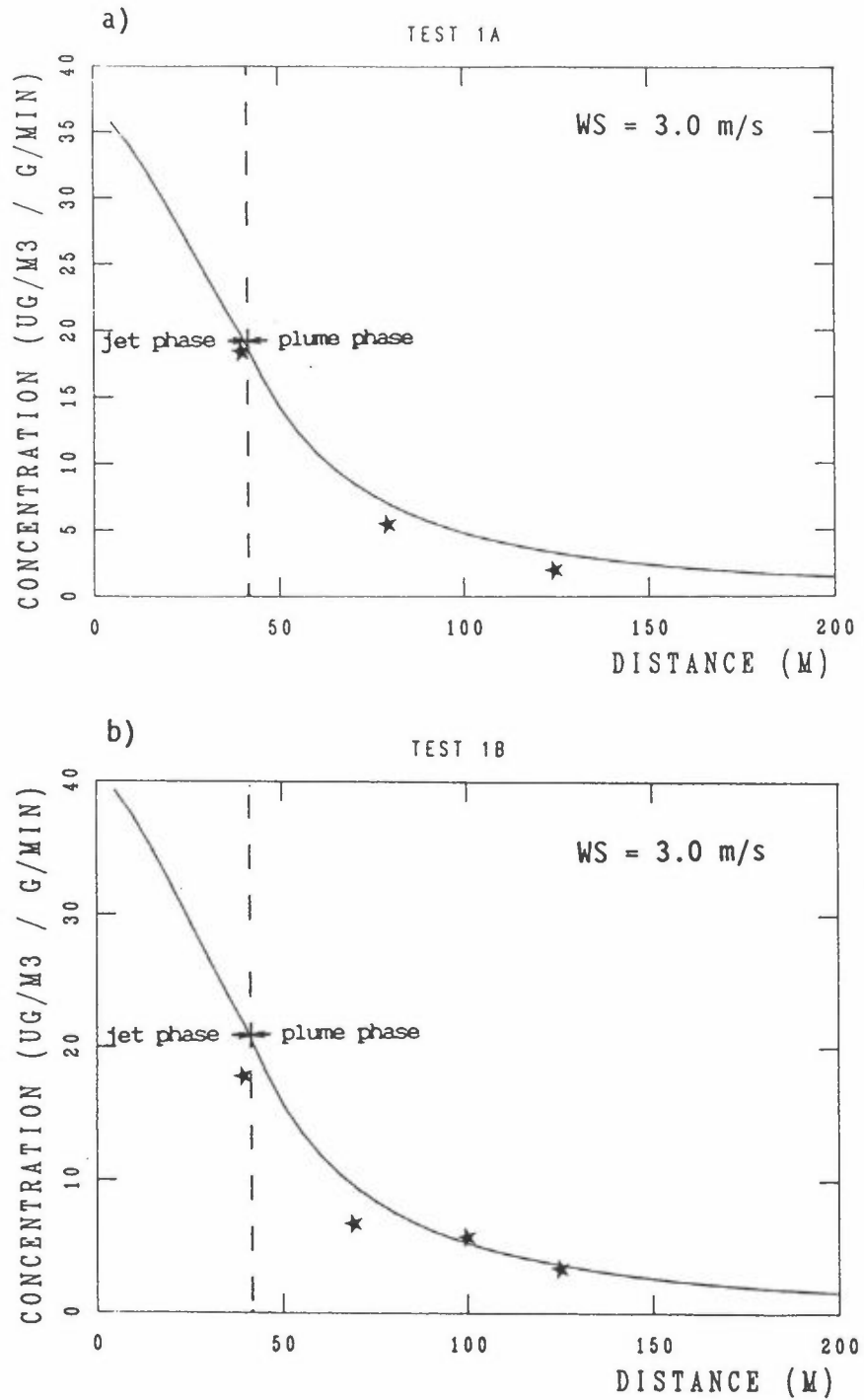
at disse prøvetagingspunktene lå nærmest den delen av veien utslippet ble foretatt på. Det kan også tyde på at en del av sporstoffet ble fanget opp av sørgående trafikk, og transportert langs sørgående kjørefelt på Strømsveien. Konsentrasjonsfordelingen i test 97 viser også tendens til en viss kanalisering av sporstoffet langs Biskop Nielsens gate.

Konsentrasjonsfordelingen i test 98 tyder på at transportretningen for sporstoffet var mer sørøstlig enn i forsøk 7 og 97, slik at mye av sporstoffet er transportert utenfor målepunktene. Den framkomne konsentrasjonsbildet viser at isokonsentrasjonslinjene er paralelle med vegen.

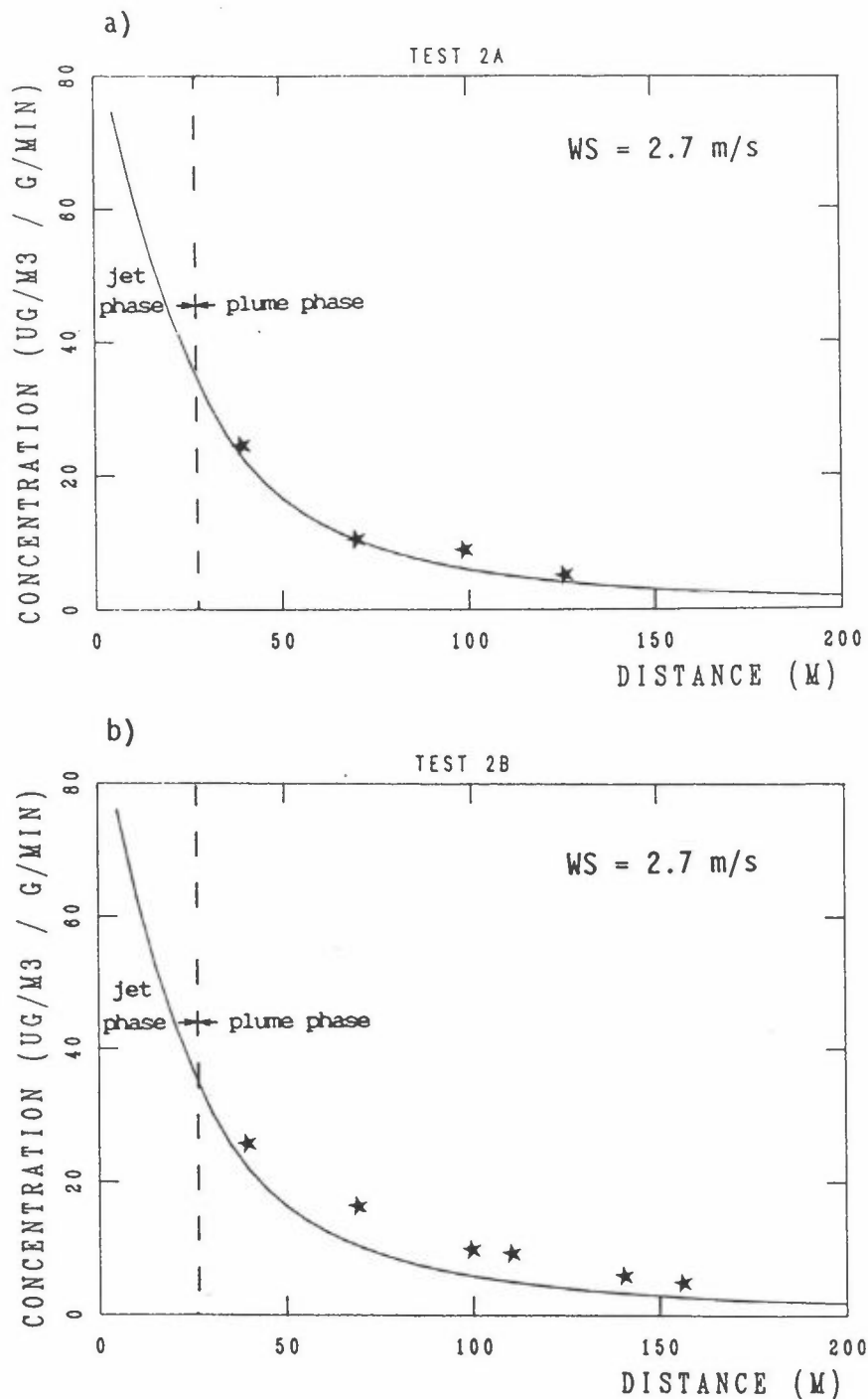
3.4 TEST AV SPREDNINGSMODELL

Sporstoffdataene fra Vålerengatunnelen er brukt for å teste beregningsmodellen som er anvendt i planleggingen av tunnelen. Beregningsmodellen (Iversen, 1982) deler spredningsprosessen i to faser, en jet-fase og en røyksky-fase. Inngangsdata for modellen er tunnelens ventilasjonshastighet, vindstyrken, munningsarealet, høyden av munningen og konsentrasjonen i tunnelmunningen. Modellen gir maksimumskonsentrasjonen som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen. Modellen er kjørt for rådende forhold under testene 1-6. (I testene 7-98 ble ikke munningskonsentrasjonen målt). Resultatene fra modellen er vist i vedlegg C.

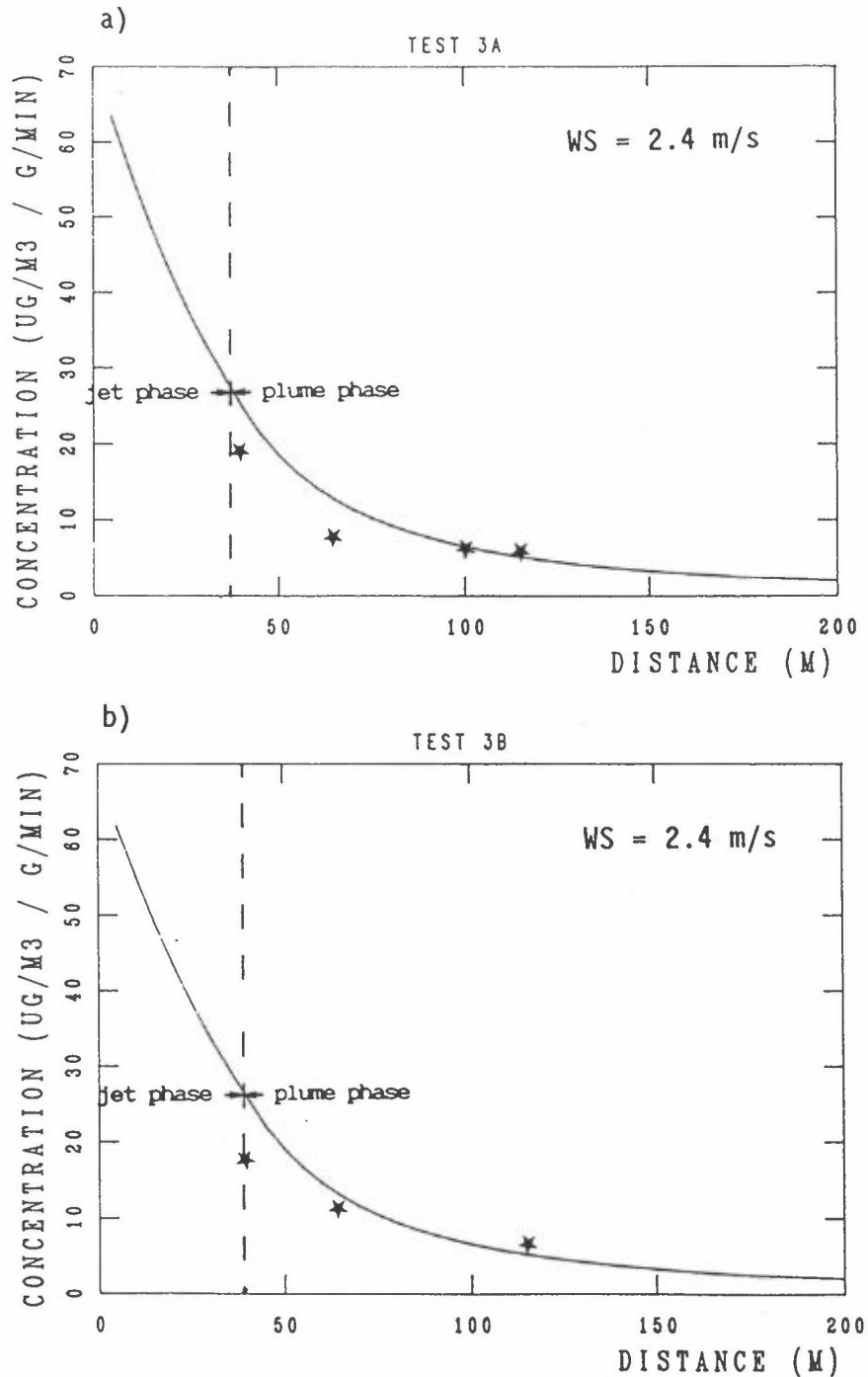
Figur 23-28 viser de observerte maksimalkonsentrasjonene sammen med modellresultatene, og tabell 6 og 7 viser punktvis sammenligning mellom observerte og beregnede verdier. Selv om det er en viss spredning i resultatene, må modellen sies å beregne de observerte konsentrasjonene svært bra. Figurene viser at både jetfasen og røykskyfasen er godt modellert. Modellen overestimerte konsentrasjonene i 61,2% av de sammenlignede tilfellene. Det høyeste forholdet mellom beregnet og observert konsentrasjon var 2,2.



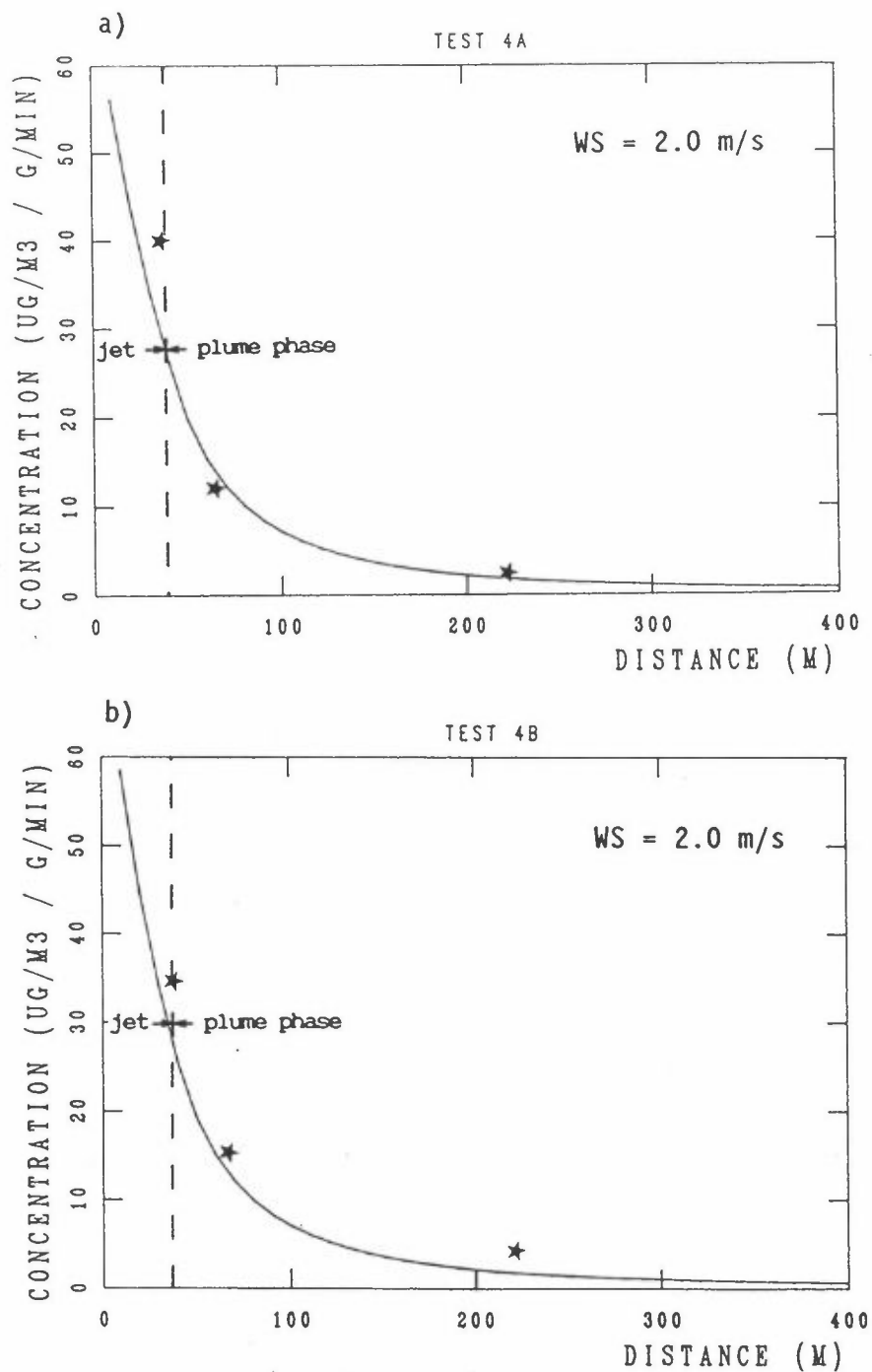
Figur 23: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 1A (øverst) og test 1B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.



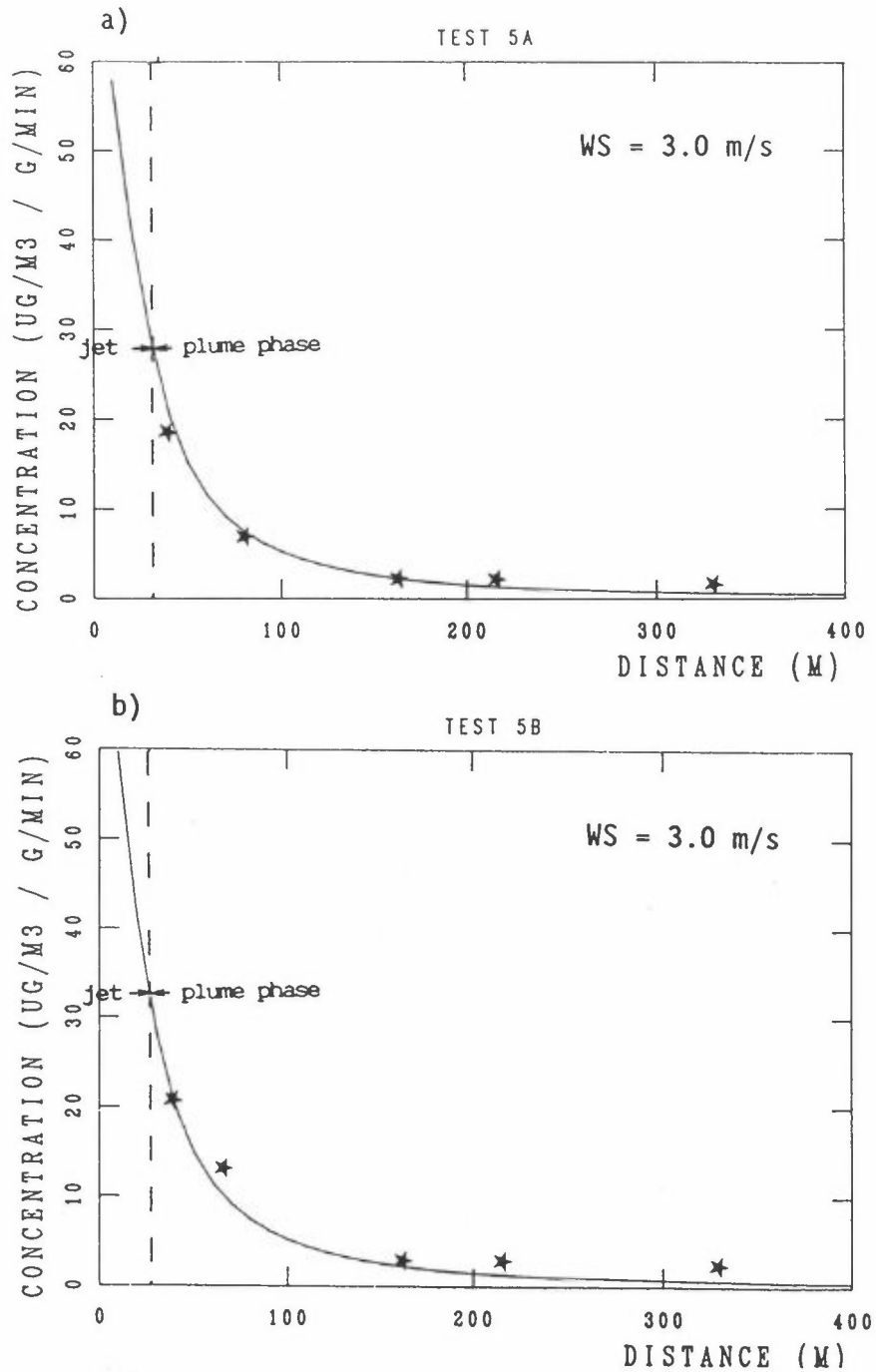
Figur 24: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 2A (øverst) og test 2B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.



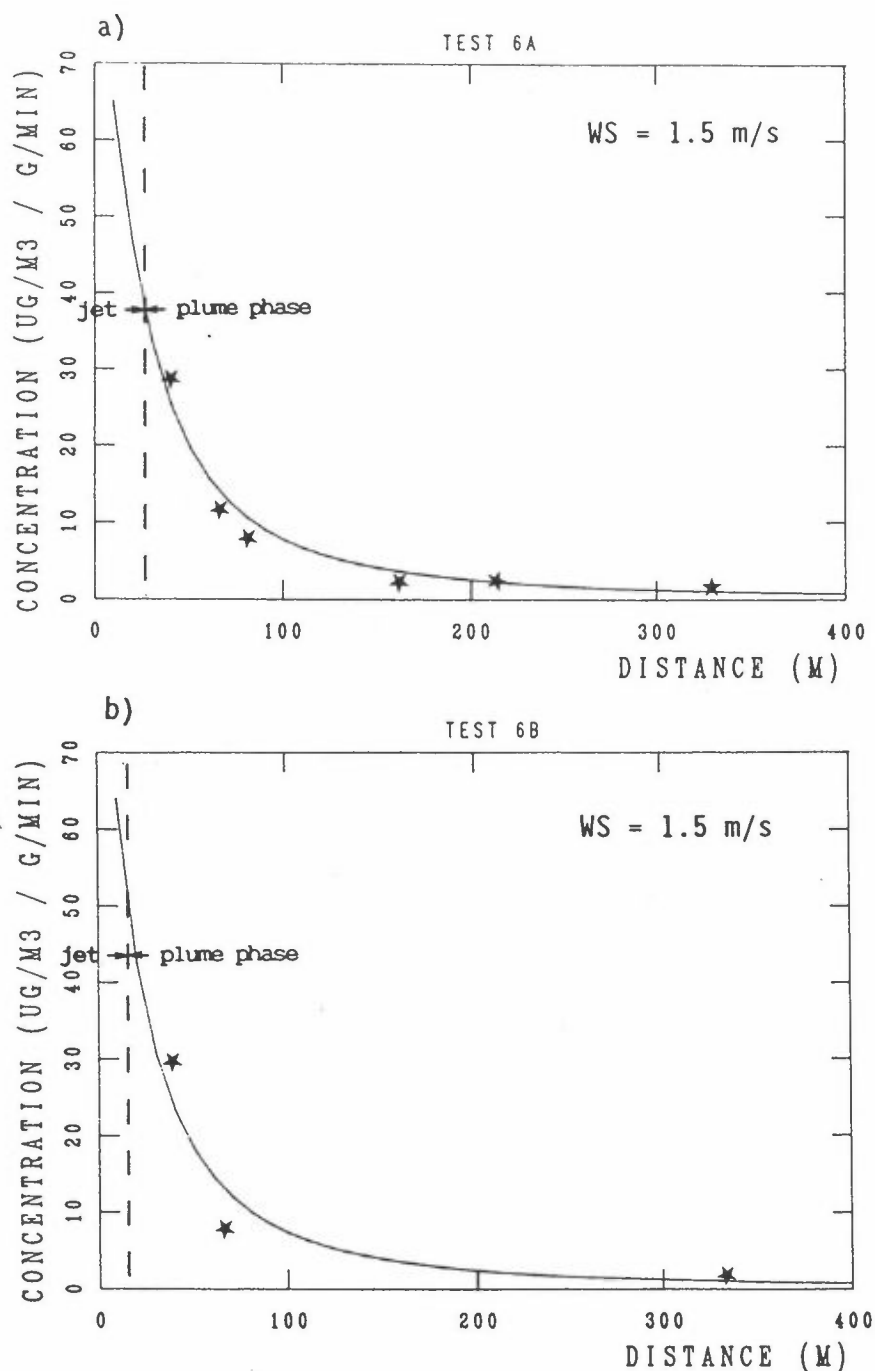
Figur 25: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 3A (øverst) og test 3B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.



Figur 26: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 4A (øverst) og test 4B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.



Figur 27: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 5A (øverst) og test 5B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.



Figur 28: Konsentrasjon som funksjon av avstanden fra tunnelmunningen for test 6A (øverst) og test 6B (nederst). Kurven viser modellberegningen, mens observerte sporstoffdata er vist med *.

Tabell 6: Observerte og estimerte verdier i test 1A-3B.

Test	C _{obs}	X	C _{pre}	X	Ratio	Avg.
1A	18,06	38	19,56	40	1,08	1,50 (0,50)
	5,05	78	6,92	80	1,37	
	1,61	123	3,30	125	2,05	
1B	17,32	38	21,52	40	1,24	1,26 (0,21)
	6,20	68	9,41	70	1,52	
	5,21	98	5,28	100	1,01	
	2,90	123	3,63	125	1,25	
2A	23,71	38	22,35	40	1,24	1,02 (0,20)
	9,76	68	10,41	70	1,07	
	8,00	98	6,01	100	0,75	
	4,15	124	4,18	125	1,01	
2B	24,74	38	21,97	40	0,89	0,70 (0,10)
	15,60	68	10,30	70	0,66	
	9,16	98	5,96	100	0,65	
	8,33	109	5,12	110	0,61	
	5,00	140	3,44	140	0,69	
	3,99	155	2,89	155	0,72	
3A	18,33	38	25,22	40	1,38	1,37 (0,36)
	6,86	63	12,84	65	1,87	
	5,67	98	6,57	100	1,16	
	4,90	114	5,23	115	1,07	
3B	16,80	38	26,02	40	1,55	1,24 (0,33)
	10,31	63	13,14	65	1,27	
	5,96	114	5,32	115	0,89	

C_{obs} = Observert normalisert maksimalkonsentrasjon
 C_{pre} = Normalisert konsentrasjon estimert av modellen
 X = Avstand fra munningen
 Ratio = Forholdet mellom C_{pre} og C_{obs}
 Avg. = Gjennomsnitt (og standardavvik) av forholdene.

Tabell 7: Observerte og estimerte verdier i test 4A-6B

Test	C _{obs}	X	C _{pre}	X	Ratio	Avg.
4A	39,45	35	29,86	36	0,76	1,01 (0,25)
	11,44	63	14,26	64	1,25	
	1,88	219	1,92	220	1,02	
4B	34,22	35	28,27	36	0,83	0,78 (0,18)
	14,86	63	13,73	64	0,92	
	3,58	219	2,06	210	0,58	
5A	30,41	36	23,60	36	0,78	1,01 (0,31)
	6,33	78	7,93	78	1,25	
	1,72	160	2,42	160	1,41	
	1,67	212	1,50	210	0,90	
	0,96	327	0,66	330	0,69	
5B	20,59	35	23,60	36	1,15	0,81 (0,30)
	12,69	63	10,71	64	0,84	
	2,38	160	2,42	160	1,02	
	2,23	212	1,50	219	0,67	
	1,75	327	0,66	330	0,38	
6A	28,05	36	28,35	36	1,01	1,46 (0,42)
	10,78	63	14,60	64	1,35	
	7,09	78	11,23	178	1,58	
	1,74	160	3,82	160	2,20	
	1,66	212	2,43	210	1,46	
	0,98	327	1,11	330	1,13	
6B	28,95	36	25,93	36	0,90	1,59 (0,60)
	7,14	63	13,55	64	1,90	
	0,54	332	1,07	330	1,98	
						<u>Overall avg.</u>
						1,12 (0,41)

C_{obs} = Observert normalisert maksimalkonsentrasjon
 C_{pre} = Normalisert konsentrasjon estimert av modellen
 X = Avstand fra munningen
 Ratio = Forholdet mellom C_{pre} og C_{obs}
 Avg. = Gjennomsnitt (og standardavvik) av forholdene.

I 73,3% av tilfellene med overestimering var forholdet mellom beregnet og observert verdi lavere enn 1,5. Modellen underestimerte konsentrasjonene i 38,8% av tilfellene. Det laveste forholdet mellom beregnet og observert verdi var 0,38, mens i 94,4% av tilfellene med underestimering var forholdet mellom beregnet og observert verdi større enn 0,5. Gjennomsnittlig forhold mellom beregnet og observert konsentrasjon var 1,12.

Flere forhold kan bidra til at de beregnede og observerte konsentrasjonene blir forskjellige. Modellen forutsetter at forholdene er stasjonære, men både trafikkforhold og vindforhold kan endres under prøvetagingsperioden på 15 minutter. Modellen beregner maksimalkonsentrasjonen som avstand fra munningen, mens de observerte maksimalkonsentrasjonene er avhengig av hvor prøvetagerene var plassert.

Usikkerhet i utslipp og analyse av sporgassen reduserer nøyaktigheten i de observerte normaliserte konsentrasjonene. Hvis samlet usikkerhet i sporstoffmetoden er under 10%, blir forholdet mellom observert normalisert konsentrasjon og reell normalisert konsentrasjon mellom 0,9 og 1,1.

4 KONKLUSJON

Spredningsforsøkene på Vålerenga ble gjennomført ved hjelp av NILU's sporgassteknikk. To forskjellige sporgasser ble anvendt. En av sporgassene ble sluppet fra et fast punkt i sørenden av det nordgående tunneløpet, mens den andre sporgassen ble sluppet fra biler som fulgte trafikkstrømmen gjennom tunnelen og videre oppover Strømsveien til Etterstadkrysset.

Utslipet i sørenden av tunnelen ble brukt for å undersøke luftstrømmen gjennom tunnelen, og til å undersøke spredning av tunnelutslippet i området rundt munningen. Utslipet fra bilene ble brukt for å undersøke utbredelse og karakteristiske tids-trekk ved utslipp fra en bil i en trafikkstrøm, å undersøke

spredning av samlet utslipp fra tunnel og vei, og å undersøke spredningen av utslippet fra Strømsveien i området.

Luftprøver med midlingstid 15 minutter ble tatt i området i og inntil 400 m fra tunnelen. I 3 av testene ble det tatt øyeblikksprøver av sporgasskonsentrasjonen i tunnelmunningen.

Forsøkene ble utført under vindforhold med sørvestlig og nord-nordvestlig vindretning. Under forsøk utført på formiddagen og tidlig på ettermiddagen var den atmosfæriske stabiliteten nøytral, mens under forsøk utført sent på ettermiddagen eller kvelden var atmosfæren lett stabil. Sterkt stabile forhold forekom så sjelden og kortvarig i disse vintrene at det ikke lyktes å få utført forsøk under slike stabilitetsforhold.

Volumstrømmen gjennom tunnelen, estimert fra 15 min. midlere konsentrasjon, varierte fra 404 m³/s til 156 m³/s under forsøkene. Den høyeste volumstrømmen ble observert under ettermiddagsrushet, og den laveste ble observert sent på kvelden. Middelkonsentrasjonen i munningen var litt høyere i vestkanten enn i østkanten.

Sporstoff tatt som øyeblikksprøver i tunnelmunningen av utslipp fra ett enkelt kjøretøy, viste at maksimumskonsentrasjonen inntraff før, og var høyere på østsiden av tunnelen enn på vestsiden. 40 til 60 sekunder etter at utslippsbilen passerte ble konsentrasjonene på begge sider av munningen like. Utluftningstiden for sporgass sluppet fra et enkeltkjøretøy var i god overenstemmelse med beregnet transportid gjennom tunnelen basert på midlere volumstrøm. Utluftningstiden varierte fra 125 sekunder til 275 sekunder.

Ved sørvestlig vindretning kunne to faser i spredningen identifiseres, en jetfase og en røykskyfase. Munningskonsentrasjonene var 2 til 4 ganger så store som konsentrasjoner observert på en trafikkøye ca. 50 m utenfor munningen. Maksimalkonsentrasjonen langs røykskyen var falt til 10% av munningskonsentrasjonen fra 60 til 150 m fra munningen.

Ved nordvestlig vindretning var det observerte konsentrasjonsnivået ved munningen lavere enn ved sørvestlig vind, men utenfor selve munningsområdet var spredningen dårligere. Sporstoffkonsentrasjonene viste at sporgassen ble kanalisert langs Biskop Nielsens gate.

Sporstoff sluppet fra bilene ble hovedsakelig transportert langs Strømsveien under sørvestlig vindretning. Konsentrasjonene 40 til 60 m fra veien var under 10% av de som ble målt langs veien.

Under nordvestlig vindretning ble spredningsbildet fra bilutslippene dominert av munningsutslippet i de testene sporstoffet ble sluppet inne i tunnelen.

Spredning av utslipp på veien var sterkt påvirket av de store bygningene nordøst for tunnelmunningen, men det generelle nivået av sporstoffkonsentrasjonen avtok med en faktor 2 fra ca. 100 til ca. 200 meter fra veien.

Forsøkene tyder på at under vindforhold som medfører transport av forurensning ved bygningen nærmest munningen (Vålerenga alders- og sykehjem) var forurensningsbidraget fra tunnelmunningen 3-6 ganger så stort som forurensningsbidraget fra veien.

Sporstoffdataene ble brukt til å teste spredningsmodellen for tunnelmunnings (Iversen, 1982). Modellen estimerte konsentrasjoner som samsvarte godt med de observerte sporstoffkonsentrasjonene. Gjennomsnittsforskjellen mellom estimert og observert konsentrasjon var 1,12.

5 REFERANSER

Heggen, R. and Sivertsen, B. (1983) Tracer Gas Techniques at NILU. Lillestrøm (NILU TR 8/83).

Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).

Larssen, S. (1990) Luftkvalitet og utslippsfaktorer for bil-eksos i Vålerenga-tunnelen. Lillestrøm (NILU OR 38/90).

Larssen, S. and Hoem, K. (1989) Luftforurensning ved munningene av Vålerenga-tunnelen. Lillestrøm (NILU OR 51/89).

Ukeguchi, N., Okamoto, H. and Ide, Y. (1977) Prediction of Vehicular Emission Pollution Around a Tunnel Mouth. Proceedings of the Fourth International Clean Air Congress, Tokoyo, pp. 205-207.

VEDLEGG A

Sporstoffdata fra stasjonær kilde

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V1A
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 1515-1530
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V1B
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 1530-1545
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
3.700	3.200	.16
3.750	3.600	1.56
3.700	3.800	3.23
3.600	4.050	4.75
3.550	4.200	5.05
3.550	4.450	3.58
3.600	4.550	2.35
3.250	4.250	3.99
3.200	3.950	18.06
3.150	3.600	36.85
3.000	3.600	36.85
4.200	2.300	.14
4.550	3.450	.15
4.500	3.750	.71
4.300	3.900	1.81
4.200	4.200	1.53
4.100	4.500	1.34
3.900	4.500	1.61
3.850	4.650	1.11
3.900	4.900	.77
2.600	4.350	.07
3.100	4.650	.09
3.400	4.950	.29
3.950	5.300	.85
2.900	4.350	.02

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
3.700	3.200	.03
3.750	3.600	.77
3.700	3.800	2.02
3.600	4.050	4.04
3.550	4.200	5.70
3.550	4.450	5.21
3.600	4.550	4.19
3.250	4.250	6.20
3.200	3.950	17.32
3.150	3.600	40.53
3.000	3.600	36.85
4.200	2.300	.04
4.550	3.450	.03
4.500	3.750	.27
4.300	3.900	1.82
4.200	4.200	2.00
4.100	4.500	2.59
3.900	4.500	2.90
3.850	4.650	2.54
3.900	4.900	.69
2.600	4.350	.05
3.100	4.650	.23
3.400	4.950	.33
3.950	5.300	.62
2.900	4.350	.05

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V2A
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 1720-1735
 ANT.OBS. : 27
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V2B
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 1735-1750
 ANT.OBS. : 27
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
G/MIN		
3.700	3.200	.09
3.750	3.600	1.39
3.700	3.800	2.46
3.600	4.050	5.04
3.550	4.200	7.57
3.550	4.450	8.00
3.600	4.550	6.11
3.250	4.250	9.76
3.200	3.950	23.71
3.150	3.600	86.59
3.000	3.600	89.68
3.000	3.900	17.52
2.800	3.900	1.89
2.950	4.300	1.23
4.200	2.300	.09
4.550	3.450	.13
4.500	3.750	.65
4.300	3.900	2.59
4.250	4.300	2.65
3.850	4.550	4.15
3.850	4.750	3.65
3.900	4.900	2.96
2.600	4.350	.07
3.100	4.650	.87
3.400	4.950	.53
3.950	5.300	1.19
2.900	4.350	.48

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
G/MIN		
3.700	3.200	.09
3.750	3.600	.09
3.700	3.800	.28
3.600	4.050	2.47
3.550	4.200	7.14
3.550	4.450	9.16
3.600	4.550	8.33
3.250	4.250	15.60
3.200	3.950	24.74
3.150	3.600	92.77
3.000	3.600	92.77
3.000	3.900	24.74
2.800	3.900	.52
2.950	4.300	.55
4.200	2.300	.15
4.550	3.450	.13
4.500	3.750	.09
4.300	3.900	.87
4.250	4.300	2.07
3.850	4.550	4.63
3.850	4.750	5.00
3.900	4.900	3.99
2.600	4.350	.07
3.100	4.650	.36
3.400	4.950	1.09
3.950	5.300	2.45
2.900	4.350	.10

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V3A
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 1955-2010
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V3B
 DATO : 89-01-17
 TIDSPKT. : 2010-2025
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

3.750	3.250	.02
3.800	3.600	.10
3.700	3.800	.30
3.600	4.050	1.87
3.550	4.250	4.99
3.550	4.450	5.67
3.600	4.600	4.90
3.250	4.200	6.86
3.200	3.950	18.33
3.150	3.600	8.25
3.000	3.600	70.87
3.000	3.900	8.12
2.850	3.900	.79
4.200	2.450	.04
4.600	3.400	.02
4.600	3.800	.04
4.350	4.000	.47
4.200	4.200	1.37
3.900	4.600	2.93
3.950	4.750	2.96
2.600	4.350	.03
3.100	4.650	.04
3.400	4.950	.11
3.950	4.300	.69
2.900	4.350	.04

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

3.750	3.250	.05
3.800	3.600	.04
3.700	3.800	.09
3.600	4.050	.57
3.550	4.250	3.36
3.550	4.450	6.29
3.600	4.600	5.96
3.250	4.200	10.31
3.200	3.950	16.80
3.150	3.600	8.21
3.000	3.600	67.97
3.000	3.900	16.80
2.850	3.900	.89
4.200	2.450	.14
4.600	3.400	.05
4.600	3.800	.05
4.350	4.000	.21
4.200	4.200	1.01
3.900	4.600	2.93
3.950	4.750	3.26
2.600	4.350	.02
3.100	4.650	.03
3.400	4.950	.22
3.950	4.300	1.18
2.900	4.350	.08

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V4A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1440-1455
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V4B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1455-1510
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	69.64
.315	.395	15.72
.300	.395	39.45
.325	.420	11.44
.320	.470	.89
.330	.530	.40
.445	.575	1.75
.445	.635	.76
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.365	.395	.70
.350	.435	3.71
.405	.485	1.40
.450	.525	1.88
.455	.510	1.24
.440	.395	.00
.500	.495	.20
.560	.565	.39
.620	.630	.48
.620	.465	.00
.640	.510	.00
.665	.580	.84
.580	.340	.00
.735	.495	.00

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	75.66
.315	.395	20.57
.300	.395	34.22
.325	.420	14.86
.320	.470	.25
.330	.530	.00
.445	.575	2.31
.445	.635	.00
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.365	.395	.57
.350	.435	5.82
.405	.485	3.10
.450	.525	3.58
.455	.510	2.26
.440	.395	.64
.500	.495	.00
.560	.565	1.38
.620	.630	1.14
.620	.465	.00
.640	.510	1.28
.665	.580	.00
.580	.340	.00
.735	.495	.00

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V5A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1710-1725
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V5B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1725-1740
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
.310	.360	81.81
.315	.395	30.41
.300	.395	16.13
.280	.395	.00
.325	.420	8.55
.295	.435	.00
.445	.575	.28
.445	.635	.00
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.360	.395	4.36
.340	.430	6.33
.405	.485	1.72
.450	.525	.77
.455	.510	1.67
.440	.395	.00
.500	.495	.54
.560	.565	.96
.620	.630	.00
.620	.465	.00
.640	.510	.00
.665	.580	.00
.580	.340	.00
.735	.495	.00

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
.310	.360	88.26
.315	.395	17.53
.300	.395	20.59
.280	.395	1.88
.325	.420	12.69
.295	.435	.00
.445	.575	.00
.445	.635	1.14
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.360	.395	2.63
.340	.430	6.61
.405	.485	2.38
.450	.525	2.21
.455	.510	2.23
.440	.395	.95
.500	.495	.54
.560	.565	1.75
.620	.630	.00
.620	.465	.00
.640	.510	.00
.665	.580	.00
.580	.340	.54
.735	.495	.00

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V6A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1850-1905
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : CBRF3 VAALERENGA
 TEST NR. : V6B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1905-1920
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	94.16
.315	.395	28.05
.300	.395	17.03
.280	.395	.28
.325	.420	10.78
.295	.435	.00
.320	.470	.00
.445	.575	.00
.445	.635	.00
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.360	.395	3.80
.340	.430	7.09
.405	.485	1.74
.450	.525	.45
.455	.510	1.66
.440	.395	.00
.500	.495	.00
.560	.565	.98
.620	.630	.00
.620	.465	.00
.640	.510	.24
.580	.340	.00
.735	.495	.00

KOORDINATER		CBRF3/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	106.93
.315	.395	28.95
.300	.395	17.80
.280	.395	.00
.325	.420	7.14
.295	.435	.00
.320	.470	.00
.330	.530	.00
.445	.575	.00
.445	.635	.00
.405	.270	.00
.370	.365	.21
.360	.395	6.24
.340	.430	4.80
.405	.485	.83
.450	.525	.00
.455	.510	.00
.440	.395	.30
.500	.495	.43
.560	.565	.00
.620	.630	.00
.620	.465	.54
.640	.510	.19
.580	.340	.00
.735	.495	.00

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : V7A
 DATO : 89-11-27
 TIDSPKT. : 1630-1645
 ANT.OBS. : 40
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : V7B
 DATO : 89-11-27
 TIDSPKT. : 1645-1700
 ANT.OBS. : 39
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$

G/MIN		
3.820	2.780	.87
4.420	3.010	2.33
4.690	3.020	1.40
5.060	3.080	1.80
5.450	3.260	.00
5.710	3.420	.00
5.180	4.810	1.07
5.190	4.490	.00
4.790	3.920	.00
4.910	4.310	.00
4.470	4.080	.96
4.330	3.630	1.35
3.930	3.400	1.57
3.790	3.610	.00
3.500	3.490	2.93
3.810	3.210	.52
3.900	3.020	.00
2.840	3.060	.68
2.980	3.200	2.08
3.160	2.760	1.68
3.520	2.640	3.27
3.200	2.300	3.37
3.320	3.440	3.02
3.400	4.240	.00
3.240	4.260	.98
3.220	4.160	.95
3.380	4.060	1.17
3.160	3.940	9.75
3.320	3.860	2.99
3.360	3.620	1.40
3.220	3.540	5.33
3.060	3.600	12.74
2.960	3.600	10.00
2.820	3.720	3.02
2.780	3.500	2.50
2.880	3.440	4.83
3.000	3.400	3.92
3.140	3.360	2.62
3.220	3.320	4.63
3.380	3.280	1.91

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$

G/MIN		
3.820	2.780	1.11
4.690	3.020	.93
5.060	3.080	.00
5.450	3.260	.00
5.710	3.420	.00
5.180	4.810	.00
5.190	4.490	.00
4.790	3.920	.96
4.910	4.310	.00
4.470	4.080	.00
4.330	3.630	.00
3.930	3.400	.00
3.790	3.610	.00
3.500	3.490	1.30
3.810	3.210	.00
3.900	3.020	.86
2.840	3.060	1.73
2.980	3.200	1.19
3.160	2.760	2.08
3.520	2.640	1.22
3.200	2.300	3.52
3.320	3.440	4.68
3.400	4.240	.47
3.240	4.260	1.96
3.220	4.160	3.79
3.380	4.060	3.07
3.160	3.940	11.10
3.320	3.860	4.00
3.360	3.620	3.76
3.220	3.540	4.57
3.060	3.600	14.02
2.960	3.600	10.95
2.820	3.720	.00
2.780	3.500	1.07
2.880	3.440	5.90
3.000	3.400	4.20
3.140	3.360	3.59
3.220	3.320	5.30
3.380	3.280	1.61

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : 97A
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 0940-0955
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : 97B
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 0955-1010
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
2.267	4.200	.00
2.400	4.033	.00
2.450	3.883	.00
2.550	3.700	3.01
2.773	3.567	1.50
2.900	3.433	2.83
3.067	3.400	4.29
3.200	3.367	1.85
3.733	3.367	.00
4.300	3.867	.00
5.100	4.133	.00
5.380	2.400	.00
4.650	2.250	.00
4.050	2.300	.00
3.500	2.350	2.29
3.300	2.300	.75
3.050	2.250	.61
2.600	2.250	2.81
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.00
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
3.750	.350	.00
4.500	.450	.00
5.500	.600	.00

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
2.267	4.200	.00
2.400	4.033	.00
2.450	3.883	.00
2.550	3.700	1.69
2.773	3.567	.78
2.900	3.433	2.88
3.067	3.400	2.95
3.200	3.367	2.53
3.733	3.367	.00
4.300	3.867	.00
5.100	4.133	.00
5.380	2.400	.00
4.650	2.250	.00
4.050	2.300	2.53
3.500	2.350	2.72
3.300	2.300	.52
3.050	2.250	.00
2.600	2.250	.00
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.00
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
3.750	.350	.00
4.500	.450	.00
5.500	.600	.00

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : 98A
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 1150-1205
 ANT.OBS. : 30
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

STED : CBR VAALERENGA
 TEST NR. : 98B
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 1205-1220
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
2.267	4.200	.00
2.450	3.883	.00
2.733	3.567	.00
2.900	3.433	.24
3.067	3.400	.49
3.200	3.367	.00
3.500	3.467	1.81
3.733	3.367	.18
4.300	3.867	.00
4.638	3.733	.00
5.100	4.133	.00
5.133	4.667	.00
5.380	2.400	.00
4.650	2.250	.00
4.050	2.300	.71
3.500	2.350	.00
3.300	2.300	.00
3.050	2.250	.00
2.600	2.250	.00
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.00
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
2.800	1.400	.00
4.500	.450	.20
5.500	.600	.00

KOORDINATER		cbrf3/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
		G/MIN
2.267	4.200	.00
2.450	3.883	.00
2.773	3.567	.54
2.900	3.433	1.02
3.067	3.400	2.06
3.200	3.367	.00
3.500	3.467	.90
3.733	3.367	.00
4.300	3.867	.00
5.100	4.133	.00
5.133	4.667	.00
5.380	2.400	.00
4.650	2.250	.00
4.050	2.300	.00
3.500	2.350	.00
3.300	2.300	.00
3.050	2.250	.00
2.600	2.250	.00
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.00
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
2.800	1.400	.00
4.500	.450	.00
5.500	.600	.00

VEDLEGG B

Sporstoffdata fra mobile kilder

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V4A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1440-1455
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V4B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1455-1510
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

.310	.360	.72
.315	.395	.23
.300	.395	1.17
.325	.420	.37
.320	.470	2.03
.330	.530	.12
.445	.575	1.54
.445	.635	.06
.405	.270	.06
.370	.365	.04
.365	.395	.04
.350	.435	.12
.405	.485	.04
.450	.525	.16
.455	.510	.08
.440	.395	.06
.500	.495	.02
.560	.565	.04
.620	.630	1.31
.620	.465	.08
.640	.510	.06
.665	.580	.08
.580	.340	.06
.735	.495	.02

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

.310	.360	.57
.315	.395	.25
.300	.395	.55
.325	.420	.29
.320	.470	1.15
.330	.530	.06
.445	.575	.68
.445	.635	.04
.405	.270	.06
.370	.365	.06
.365	.395	.06
.350	.435	.12
.405	.485	.10
.450	.525	.27
.455	.510	.08
.440	.395	.06
.500	.495	.08
.560	.565	.08
.620	.630	1.17
.620	.465	.06
.640	.510	.06
.665	.580	.08
.580	.340	.08
.735	.495	.04

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V5A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1710-1725
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V5B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1725-1740
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	.90
.315	.395	.44
.300	.395	.74
.280	.395	.06
.325	.420	1.12
.295	.435	.00
.445	.575	.96
.445	.635	.00
.405	.270	.04
.370	.365	.04
.360	.395	.10
.340	.430	.40
.405	.485	.22
.450	.525	.38
.455	.510	.18
.440	.395	.04
.500	.495	.04
.560	.565	.10
.620	.630	.82
.620	.465	.10
.640	.510	.06
.665	.580	.10
.580	.340	.04
.735	.495	.04

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
.310	.360	.74
.315	.395	.30
.300	.395	.90
.280	.395	.26
.325	.420	1.63
.295	.435	.04
.445	.575	.84
.445	.635	.04
.405	.270	.02
.370	.365	.04
.360	.395	.08
.340	.430	.20
.405	.485	.12
.450	.525	.22
.455	.510	.06
.440	.395	.08
.500	.495	.02
.560	.565	.08
.620	.630	1.55
.620	.465	.02
.640	.510	.00
.665	.580	.08
.580	.340	.04
.735	.495	.02

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V6A
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1850-1905
 ANT.OBS. : 24
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V6B
 DATO : 89-03-14
 TIDSPKT. : 1905-1920
 ANT.OBS. : 25
 MIN,MAKS X : .270 .770
 MIN,MAKS Y : .200 .700

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

.310	.360	1.11
.315	.395	.66
.300	.395	1.18
.280	.395	.49
.325	.420	1.40
.295	.435	.00
.320	.470	.87
.445	.575	.91
.445	.635	.00
.405	.270	.00
.370	.365	.00
.360	.395	.08
.340	.430	.49
.405	.485	.27
.450	.525	.64
.455	.510	.27
.440	.395	.06
.500	.495	.08
.560	.565	.08
.620	.630	2.23
.620	.465	.04
.640	.510	.06
.580	.340	1.98
.735	.495	.04

KOORDINATER		SF6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$

.310	.360	1.01
.315	.395	.41
.300	.395	1.18
.280	.395	.62
.325	.420	1.22
.295	.435	.02
.320	.470	1.13
.330	.530	.00
.445	.575	1.77
.445	.635	.43
.405	.270	.00
.370	.365	.04
.360	.395	.14
.340	.430	.31
.405	.485	.25
.450	.525	.64
.455	.510	.29
.440	.395	.04
.500	.495	.04
.560	.565	.14
.620	.630	2.21
.620	.465	.04
.640	.510	.08
.580	.340	.02
.735	.495	.06

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V7A
 DATO : 89-11-27
 TIDSPKT. : 1630-1645
 ANT.OBS. : 40
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : V7B
 DATO : 89-11-27
 TIDSPKT. : 1645-1700
 ANT.OBS. : 39
 MIN,MAKS X : 2.000 6.000
 MIN,MAKS Y : 2.000 6.000

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
3.820	2.780	.64
4.420	3.010	.26
4.690	3.020	.21
5.060	3.080	.13
5.450	3.260	.39
5.710	3.420	.36
5.180	4.810	.52
5.190	4.490	.23
4.790	3.920	.35
4.910	4.310	.65
4.470	4.080	.49
4.330	3.630	.35
3.930	3.400	.36
3.790	3.610	.68
3.500	3.490	.83
3.810	3.210	.36
3.900	3.020	.42
2.840	3.060	.23
2.980	3.200	.52
3.160	2.760	.63
3.520	2.640	.88
3.200	2.300	.43
3.320	3.440	1.43
3.400	4.240	2.46
3.240	4.260	3.73
3.220	4.160	3.31
3.380	4.060	2.29
3.160	3.940	5.55
3.320	3.860	2.73
3.360	3.620	.89
3.220	3.540	1.69
3.060	3.600	4.12
2.960	3.600	3.99
2.820	3.720	.43
2.780	3.500	.88
2.880	3.440	1.49
3.000	3.400	1.88
3.140	3.360	1.77
3.220	3.320	1.38
3.380	3.280	1.10

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
		G/MIN
3.820	2.780	.35
4.690	3.020	.14
5.060	3.080	.02
5.450	3.260	.12
5.710	3.420	.06
5.180	4.810	.30
5.190	4.490	.13
4.790	3.920	.18
4.910	4.310	.20
4.470	4.080	.05
4.330	3.630	.05
3.930	3.400	.15
3.790	3.610	.32
3.500	3.490	.43
3.810	3.210	.15
3.900	3.020	.20
2.840	3.060	.29
2.980	3.200	.39
3.160	2.760	.65
3.520	2.640	.56
3.200	2.300	.47
3.320	3.440	.85
3.400	4.240	.48
3.240	4.260	1.41
3.220	4.160	1.32
3.380	4.060	.77
3.160	3.940	2.79
3.320	3.860	.77
3.360	3.620	2.33
3.220	3.540	1.31
3.060	3.600	3.69
2.960	3.600	3.70
2.820	3.720	.03
2.780	3.500	.61
2.880	3.440	1.70
3.000	3.400	1.68
3.140	3.360	1.27
3.220	3.320	.90
3.380	3.280	.68

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : 97A
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 0940-0955
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : 97B
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 0955-1010
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
G/MIN		
2.267	4.200	.05
2.400	4.033	1.66
2.450	3.883	2.65
2.550	3.700	1.86
2.733	3.567	1.69
2.900	3.433	1.27
3.067	3.400	1.21
3.200	3.367	1.32
3.733	3.367	1.62
4.300	3.867	.74
5.100	4.133	.72
5.380	2.400	.20
4.650	2.250	.27
4.050	2.300	.47
3.500	2.350	.55
3.300	2.300	.45
3.050	2.250	.17
2.600	2.250	.06
2.400	2.400	.08
2.200	2.900	.04
1.850	3.500	.03
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.02
1.650	1.750	.02
2.200	1.250	.05
2.650	.300	.04
3.750	.350	.18
4.500	.450	.15
5.500	.600	.12

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{\text{UG}}{\text{M}^3}$
G/MIN		
2.267	4.200	.04
2.400	4.033	.77
2.450	3.883	.63
2.550	3.700	.44
2.773	3.567	.51
2.900	3.433	.52
3.067	3.400	.67
3.200	3.367	.68
3.733	3.367	.31
4.300	3.867	.52
5.100	4.133	.46
5.380	2.400	.21
4.650	2.250	.23
4.050	2.300	.35
3.500	2.350	.30
3.300	2.300	.26
3.050	2.250	.09
2.600	2.250	.06
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.06
1.850	3.500	.04
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.01
1.650	1.750	.03
2.200	1.250	.03
2.650	.300	.03
3.750	.350	.17
4.500	.450	.14
5.500	.600	.18

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : 98A
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 1150-1205
 ANT.OBS. : 30
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

STED : SF6 VAALERENGA
 TEST NR. : 98B
 DATO : 90-03-02
 TIDSPKT. : 1205-1220
 ANT.OBS. : 29
 MIN,MAKS X : .000 6.000
 MIN,MAKS Y : .000 6.000

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
G/MIN		
2.267	4.200	.00
2.450	3.883	1.73
2.733	3.567	1.12
2.900	3.433	1.32
3.067	3.400	1.65
3.200	3.367	.00
3.500	3.467	.51
3.733	3.367	.37
4.300	3.867	.39
4.638	3.733	.12
5.100	4.133	.38
5.133	4.667	.47
5.380	2.400	.08
4.650	2.250	.18
4.050	2.300	.15
3.500	2.350	.23
3.300	2.300	.16
3.050	2.250	.00
2.600	2.250	.00
2.400	2.400	.00
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.02
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
2.800	1.400	.00
4.500	.450	.08
5.500	.600	.06

KOORDINATER		sf6/Q
X	Y	$\frac{UG}{M^3}$
G/MIN		
2.267	4.200	.00
2.450	3.883	.24
2.773	3.567	.19
2.900	3.433	.30
3.067	3.400	.40
3.200	3.367	.00
3.500	3.467	.42
3.733	3.367	.32
4.300	3.867	.28
5.100	4.133	.26
5.133	4.667	.41
5.380	2.400	.22
4.650	2.250	.19
4.050	2.300	.17
3.500	2.350	.19
3.300	2.300	.12
3.050	2.250	.03
2.600	2.250	.00
2.400	2.400	.03
2.200	2.900	.00
1.850	3.500	.00
1.350	3.600	.00
.950	3.000	.00
1.650	1.750	.00
2.200	1.250	.00
2.650	.300	.00
2.800	1.400	.00
4.500	.450	.07
5.500	.600	.12

VEDLEGG C

Modellberegninger, tunnelmodellen Iversen (1982)

PROGRAM TUNNEL

TEST 1A

WIND SPEED (M/S) : 3.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 6.50
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 36.85
 DISTANCE TO END OF JET : 41.23

Distance (m)	Concentration
5.0	35.75
10.0	33.90
15.0	31.69
20.0	29.28
25.0	26.80
30.0	24.31
35.0	21.89
40.0	19.56
45.0	16.75
50.0	14.34
55.0	12.43
60.0	10.88
65.0	9.61
70.0	8.56
75.0	7.67
80.0	6.92
85.0	6.27
90.0	5.71
95.0	5.23
100.0	4.80
105.0	4.43
110.0	4.10
115.0	3.80
120.0	3.53
125.0	3.30
130.0	3.08
135.0	2.89
140.0	2.71
145.0	2.55
150.0	2.41
155.0	2.27
160.0	2.15
165.0	2.04
170.0	1.93
175.0	1.84
180.0	1.75
185.0	1.66
190.0	1.59
195.0	1.52
200.0	1.45

PROGRAM TUNNEL

TEST 1B

WIND SPEED (M/S) : 3.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 6.50
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 40.53
 DISTANCE TO END OF JET : 41.23

Distance (m)	Concentration
5.0	39.32
10.0	37.29
15.0	34.85
20.0	32.21
25.0	29.47
30.0	26.74
35.0	24.07
40.0	21.52
45.0	18.42
50.0	15.77
55.0	13.67
60.0	11.97
65.0	10.57
70.0	9.41
75.0	8.44
80.0	7.61
85.0	6.90
90.0	6.28
95.0	5.75
100.0	5.28
105.0	4.87
110.0	4.50
115.0	4.18
120.0	3.89
125.0	3.63
130.0	3.39
135.0	3.18
140.0	2.98
145.0	2.81
150.0	2.65
155.0	2.50
160.0	2.37
165.0	2.24
170.0	2.13
175.0	2.02
180.0	1.92
185.0	1.83
190.0	1.75
195.0	1.67
200.0	1.59

PROGRAM TUNNEL

TEST2A

WIND SPEED (M/S) : 2.70
WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.20
GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
CONC. AT TUNNEL : 89.68
DISTANCE TO END OF JET : 27.48

Distance (m) Concentration

5.0	74.63
10.0	62.62
15.0	52.71
20.0	44.45
25.0	37.53
30.0	31.38
35.0	26.29
40.0	22.35
45.0	19.24
50.0	16.74
55.0	14.70
60.0	13.01
65.0	11.60
70.0	10.41
75.0	9.39
80.0	8.52
85.0	7.76
90.0	7.10
95.0	6.52
100.0	6.01
105.0	5.56
110.0	5.15
115.0	4.79
120.0	4.47
125.0	4.18
130.0	3.91
135.0	3.67
140.0	3.46
145.0	3.26
150.0	3.07
155.0	2.91
160.0	2.75
165.0	2.61
170.0	2.48
175.0	2.36
180.0	2.25
185.0	2.14
190.0	2.04
195.0	1.95
200.0	1.87

SLUTT PROGRAM TUN-ALL

PROGRAM TUNNEL

TEST 2B

WIND SPEED (M/S) : 2.70
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.10
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 92.77
 DISTANCE TO END OF JET : 25.74

Distance (m)	Concentration
5.0	76.09
10.0	63.22
15.0	52.77
20.0	44.18
25.0	37.06
30.0	30.71
35.0	25.79
40.0	21.97
45.0	18.94
50.0	16.50
55.0	14.50
60.0	12.85
65.0	11.47
70.0	10.30
75.0	9.30
80.0	8.44
85.0	7.69
90.0	7.04
95.0	6.47
100.0	5.96
105.0	5.52
110.0	5.12
115.0	4.76
120.0	4.44
125.0	4.15
130.0	3.89
135.0	3.65
140.0	3.44
145.0	3.24
150.0	3.06
155.0	2.89
160.0	2.74
165.0	2.60
170.0	2.47
175.0	2.35
180.0	2.24
185.0	2.13
190.0	2.04
195.0	1.95
200.0	1.86

PROGRAM TUNNEL

TEST 3A

WIND SPEED (M/S) : 2.40
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.90
 GAUSS PLUME AREA (M²) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 70.87
 DISTANCE TO END OF JET : 36.67

Distance (m)	Concentration
5.0	63.55
10.0	56.36
15.0	49.75
20.0	43.78
25.0	38.43
30.0	33.68
35.0	29.46
40.0	25.22
45.0	21.60
50.0	18.71
55.0	16.37
60.0	14.44
65.0	12.84
70.0	11.49
75.0	10.35
80.0	9.37
85.0	8.52
90.0	7.79
95.0	7.14
100.0	6.57
105.0	6.07
110.0	5.63
115.0	5.23
120.0	4.87
125.0	4.55
130.0	4.26
135.0	3.99
140.0	3.75
145.0	3.54
150.0	3.34
155.0	3.15
160.0	2.98
165.0	2.83
170.0	2.69
175.0	2.55
180.0	2.43
185.0	2.32
190.0	2.21
195.0	2.11
200.0	2.02

SLUTT PROGRAM TUN-ALL

PROGRAM TUNNEL

TEST 3B

WIND SPEED (M/S) : 2.40
WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 4.10
GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
CONC. AT TUNNEL : 67.97
DISTANCE TO END OF JET : 38.39

Distance (m)	Concentration
5.0	61.75
10.0	55.32
15.0	49.26
20.0	43.69
25.0	38.63
30.0	34.06
35.0	29.97
40.0	26.02
45.0	22.24
50.0	19.23
55.0	16.79
60.0	14.80
65.0	13.14
70.0	11.75
75.0	10.57
80.0	9.56
85.0	8.69
90.0	7.94
95.0	7.28
100.0	6.69
105.0	6.18
110.0	5.72
115.0	5.32
120.0	4.95
125.0	4.62
130.0	4.33
135.0	4.06
140.0	3.81
145.0	3.59
150.0	3.39
155.0	3.20
160.0	3.03
165.0	2.87
170.0	2.72
175.0	2.59
180.0	2.46
185.0	2.35
190.0	2.24
195.0	2.14
200.0	2.04

SLUTT PROGRAM TUN-ALL

PROGRAM TUNNEL

TEST V4A

WIND SPEED (M/S) : 2.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.90
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 69.64
 DISTANCE TO END OF JET : 38.52

Distance (m)	Concentration
10.0	56.19
20.0	44.36
30.0	34.70
40.0	26.75
50.0	20.08
60.0	15.64
70.0	12.53
80.0	10.27
90.0	8.57
100.0	7.26
110.0	6.24
120.0	5.41
130.0	4.74
140.0	4.19
150.0	3.73
160.0	3.34
170.0	3.01
180.0	2.73
190.0	2.48
200.0	2.27
210.0	2.08
220.0	1.92
230.0	1.77
240.0	1.64
250.0	1.53
260.0	1.42
270.0	1.33
280.0	1.24
290.0	1.17
300.0	1.10
310.0	1.03
320.0	.97
330.0	.92
340.0	.87
350.0	.83
360.0	.79
370.0	.75
380.0	.71
390.0	.68
400.0	.65

SLUTT PROGRAM TUN-ALL

PROGRAM TUNNEL

TEST V4B

WIND SPEED (M/S) : 2.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.60
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 75.66
 DISTANCE TO END OF JET : 35.09

Distance (m)	Concentration
10.0	58.59
20.0	44.94
30.0	34.33
40.0	25.65
50.0	19.39
60.0	15.18
70.0	12.21
80.0	10.03
90.0	8.39
100.0	7.13
110.0	6.13
120.0	5.33
130.0	4.67
140.0	4.13
150.0	3.68
160.0	3.30
170.0	2.98
180.0	2.70
190.0	2.46
200.0	2.25
210.0	2.06
220.0	1.90
230.0	1.76
240.0	1.63
250.0	1.52
260.0	1.41
270.0	1.32
280.0	1.24
290.0	1.16
300.0	1.09
310.0	1.03
320.0	.97
330.0	.92
340.0	.87
350.0	.82
360.0	.78
370.0	.74
380.0	.71
390.0	.67
400.0	.64

PROGRAM TUNNEL

TEST V5A

WIND SPEED (M/S) : 3.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.30
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 81.81
 DISTANCE TO END OF JET : 29.06

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

10.0	57.92
20.0	41.36
30.0	29.45
40.0	20.65
50.0	15.29
60.0	11.79
70.0	9.37
80.0	7.63
90.0	6.33
100.0	5.34
110.0	4.57
120.0	3.95
130.0	3.45
140.0	3.04
150.0	2.70
160.0	2.42
170.0	2.17
180.0	1.97
190.0	1.79
200.0	1.63
210.0	1.50
220.0	1.38
230.0	1.27
240.0	1.18
250.0	1.09
260.0	1.02
270.0	.95
280.0	.89
290.0	.83
300.0	.78
310.0	.74
320.0	.69
330.0	.66
340.0	.62
350.0	.59
360.0	.56
370.0	.53
380.0	.50
390.0	.48
400.0	.46

PROGRAM TUNNEL

TEST V5B

WIND SPEED (M/S) : 3.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 3.10
 GAUSS PLUME AREA (M²) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 88.26
 DISTANCE TO END OF JET : 26.24

Distance (m)	Concentration
10.0	59.60
20.0	41.30
30.0	28.47
40.0	20.14
50.0	15.00
60.0	11.62
70.0	9.26
80.0	7.56
90.0	6.29
100.0	5.32
110.0	4.55
120.0	3.94
130.0	3.45
140.0	3.04
150.0	2.71
160.0	2.42
170.0	2.18
180.0	1.97
190.0	1.79
200.0	1.64
210.0	1.50
220.0	1.38
230.0	1.28
240.0	1.18
250.0	1.10
260.0	1.02
270.0	.95
280.0	.89
290.0	.84
300.0	.79
310.0	.74
320.0	.70
330.0	.66
340.0	.63
350.0	.59
360.0	.56
370.0	.53
380.0	.51
390.0	.48
400.0	.46

SLUTT PROGRAM TUN-ALL

PROGRAM TUNNEL

TEST V6A

WIND SPEED (M/S) : 1.50
 WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.90
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
 CONC. AT TUNNEL : 94.16
 DISTANCE TO END OF JET : 24.75

Distance (m)	Concentration
--------------	---------------

10.0	65.06
20.0	46.74
30.0	33.87
40.0	25.42
50.0	19.79
60.0	15.86
70.0	13.00
80.0	10.85
90.0	9.20
100.0	7.89
110.0	6.85
120.0	6.01
130.0	5.31
140.0	4.72
150.0	4.23
160.0	3.82
170.0	3.46
180.0	3.15
190.0	2.88
200.0	2.64
210.0	2.43
220.0	2.25
230.0	2.08
240.0	1.94
250.0	1.80
260.0	1.69
270.0	1.58
280.0	1.48
290.0	1.39
300.0	1.31
310.0	1.24
320.0	1.17
330.0	1.11
340.0	1.05
350.0	1.00
360.0	.95
370.0	.90
380.0	.86
390.0	.82
400.0	.78

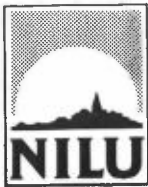
PROGRAM TUNNEL

TEST V6B

WIND SPEED (M/S) : 1.50
WIND SPEED CORR. (M/S) : .38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.50
GAUSS PLUME AREA (M2) : 61.18
CONC. AT TUNNEL : 106.93
DISTANCE TO END OF JET : 11.11

Distance (m) Concentration

10.0	63.98
20.0	42.86
30.0	30.83
40.0	23.29
50.0	18.24
60.0	14.69
70.0	12.09
80.0	10.13
90.0	8.61
100.0	7.41
110.0	6.45
120.0	5.67
130.0	5.02
140.0	4.47
150.0	4.02
160.0	3.62
170.0	3.29
180.0	3.00
190.0	2.74
200.0	2.52
210.0	2.32
220.0	2.15
230.0	1.99
240.0	1.85
250.0	1.73
260.0	1.62
270.0	1.51
280.0	1.42
290.0	1.34
300.0	1.26
310.0	1.19
320.0	1.13
330.0	1.07
340.0	1.01
350.0	.96
360.0	.91
370.0	.87
380.0	.83
390.0	.79
400.0	.76



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 62/90	ISBN-82-425-0191-2	
DATO AUGUST 1990	ANSV. SIGN. <i>Storland</i>	ANT. SIDER 84	PRIS NOK 135,-
TITTEL Spredningsundersøkelse med sporstoff ved Vålerengatunnelen		PROSJEKTLEDER D. Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8873	
FORFATTER(E) H.G. Peterson og D. Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Sidsel Kålås, Vegdir.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens vegvesen v/Veisiejefen i Oslo, Vegdirektoratet, Planavdelingen/Driftsavdelingen, Etterstad, Oslo			
3 STIKKORD (a maks. 20 anslag) Spredningsforsøk Tunnel Trafikkforurensning			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Atten sporstofforsøk ble gjennomført i og ved nordgående tunneløp i Vålerengatunnelen. Spredningsforsøkene bekrefter tidligere modellberegninger. Fra 60 til 150 m fra munningen var sporstoffkonsentrasjonen under 10% av konsentrasjonen i munningen. Ved vind langs Strømsveien var sporstoffkonsentrasjonen 40-60 m ut fra veien 10% av konsentrasjonen på veien.			

TITLE A tracer investigation of traffic emissions from the Vålerenga tunnel at Etterstad
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C