

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR: 30/81
REFERANSE: 20480
DATO: JUNI 1981

MÅLINGER AV BENZEN FRA BILTRAFIKK

AV

B.M. WATHNE

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN-82-7247-255-1

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er utført målinger av benzen, toluen og xylener ved to stasjoner i Oslo i mars og august/september 1980. Den ene stasjonen er plassert i St.Olavsgt., en gate med forholdsvis stor trafikk, mens den andre stasjonen er plassert i en bakgård i Nordahl Brunsgt. Stasjonen i Nordahl Brunsgt. gir resultater fra et byområde uten direkte påvirkning fra biltrafikk. I tillegg er det tatt prøver i boliger i forskjellige boligstrøk og i biler under kjøring. Målingene fra St.Olavsgt. viser dag- og natt-middelverdier for benzen på henholdsvis 41 og 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for mars og 64 og 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for august/september. I Nordahl Brunsgt er verdiene 15 og 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for mars og 33 og 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for august/september. Toluens resultatene ligger noe høyere enn benzen ved alle målingene, mens xylene ligger lavere. Konsentrasjonen av de to letteste komponentene, benzen og toluen har øket fra mars til august/september både i St.Olavsgt. og Nordahl Brunsgt. Konsentrasjonene av xylener er svakt redusert fra mars til august/september.

Resultatene tyder på at biltrafikk er hovedkilden til de konsentrasjonene vi finner av benzen, toluen og xylener. Fordampningen av bensin må forventes å gi et høyere bidrag om sommeren enn om vinteren, og innføring av nye blyforskrifter 1.september 1980, kan også ha medvirket til at benzen- og toluen-verdiene var høyere i august/september enn i mars. Det ble foretatt færre målinger i august/september enn i mars, slik at datagrunnlaget for sommermålingene er dårligere enn for vintermålingene.

Det ble tatt prøver i tre blokkleiligheter, to rekkehus og fem hus i villabebyggelse, fire dagprøver og to nattprøver på hvert sted. Gjennomsnittet for de seks målingene varierte fra 9-51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benzen i de forskjellige husene. De høyeste verdiene er funnet i boliger hvor flere parkerte biler står nær eller i huset.

Det er analysert ni prøver tatt i to forskjellige biler under kjøring i trafikkerte strøk i Oslo-området. Middelverdi for de ni målingene var 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for benzen.

INNHALDFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
1 INNLEDNING	7
2 MÅLESTEDER OG MÅLEPROGRAM	7
2.1 Trafikkert gate	7
2.2 Generell bybakgrunn	8
2.3 Boliger	8
2.3.1 Blokkbebyggelse	9
2.3.2 Rekkehusbebyggelse	9
2.3.3 Villabebyggelse	9
2.4 Biler	10
3 PRØVETAKING OG ANALYSEMETODER	10
4 RESULTATER OG KOMMENTARER	13
4.1 Vintermålinger i trafikkert gate og bybakgrunn ...	13
4.2 Sommermålinger i trafikkert gate og bybakgrunn ...	21
4.3 Kommentarer til målinger i trafikkerte gate og by- bakgrunn	25
4.4 Målinger i boliger	33
4.4.1 Blokkbebyggelse	33
4.4.2 Rekkehusbebyggelse	34
4.4.3 Villabebyggelse	35
4.5 Biler	36
4.6 Kommentarer til målinger i biler og boliger	37
LITTERATUR	38

MÅLINGER AV BENZEN FRA BILTRAFIKK

1 INNLEDING

Benzen er påvist å være kreftfremkallende. Benzen inngår i bensin, og er en av de komponentene som hever bensinens oktantall. Benzeninnholdet i super- og normalbensin var i 1978 henholdsvis 4.7% og 3.7%.

I "Forskrifter om innholdet av blyforbindelser og benzen i motorbensin" fastsatt av Miljøverndepartementet 10. juli 1980 (1) står at bensin som inneholder mer enn 0.15 g bly eller mer enn 50 ml benzen pr. liter tillates ikke distribuert fra raffineri eller importert. Det lovlige blyinnholdet i bensin reduseres fra 0.40 g/l til 0.15 g/l og det innføres en grense på 5% benzen i bensin. Dette kan medføre en økning av benzenutslippet fra biltrafikk, noe som er lite ønskelig. Den yrkeshygieniske 8 timers grenseverdi er 30 mg/m^3 (10 ppm) for benzen, men Direktoratet for arbeidstilsynet har foreslått å senke den til 3 mg/m^3 (1 ppm) fra 1981 (2). Grunnlaget for å redusere verdien er benzenens kreftfremkallende egenskap.

For å bestemme typiske konsentrasjonsnivå i forskjellige områder startet NILU i 1980 et måleprosjekt på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn. Måleprosjektet er beskrevet i et prosjektforslag av 11. mars 1980 (ref. BMW/MAA/20480/11.3.80) og avtalt i SFT-kontrakt nr. 64/80 "Målinger og beregninger av benzeninnholdet i luft".

2 MÅLESTEDER OG MÅLEPROGRAM

2.1 Trafikkert gate

En målestasjon for prøvetaking av luften i en trafikkert gate var plassert i St.Olavs gt. 25 (Turnhallen) med luftinntak ca 2 m over bakken. Stasjonen inngår i et måleprogram for overvåking av foru-

rensning fra biltrafikk i Oslo. Samtidig med benzenmålingene pågikk derfor målinger av CO, NO, NO₂, SO₂, bly, PAH og støv. I tillegg ble det målt meteorologiske parametre for å karakterisere spredningsforholdene. St.Olavs gt. er en typisk byggate med middels trafikkbelastning (12000 kjøretøyer/døgn). De forhold en finner der må antas å være representative for mange gater i Oslo. Det ble utført dag- og nattmålinger i St.Olavs gt. i mars og i august/september 1980. I tillegg ble det i mars utført målinger med dagen inndelt i tre prøvetakingsperioder, slik at variasjonene over dagen kunne registreres.

2.2 Generell bybakgrunn

I en bygård mellom Nordahl Bruns gt. og St.Olavs gt. var det plassert en målestasjon for prøvetaking i et byområde uten direkte påvirkning fra biltrafikk. Målestasjonen var plassert på taket av en énetasjes bygning, slik at inntaket for prøvetakeren var plassert ca 3 m over bakken. Denne stasjonen er kalt Nordahl Bruns gt. i den videre beskrivelsen, og er også med i måleprogrammet for overvåking av biltrafikk i Oslo. De samme parametre ble registrert i Nordahl Bruns gt. som i St.Olavs gt. i forbindelse med dette overvåkingsprosjektet. I Nordahl Bruns gt. ble de samme måleperiodene benyttet og med det samme program som i St.Olavs gt., mars og august/september 1980.

2.3 Boliger

Det er foretatt målinger i ti forskjellige boliger hvorav tre ligger i blokk-, to i rekkehus- og fem i villabebyggelse. I hver bolig er det tatt to nattprøver og fire dagprøver. Målingene er foretatt i perioden august 1980 - mars 1981. En nærmere beskrivelse av hver bolig med tilhørende biler er gitt nedenfor.

2.3.1 Blokkbebyggelse

- Nordlisletta 22 Oslo 9 (Kaldbakken)
1. etg.
3 etg. blokker med gateparkering utenfor blokken.
Varierende bilpark utenfor.
Det er sigaretttrøkere i husstanden, men det er ikke røkt i det rommet hvor prøven er tatt.
- Bjørnefaret 4E Blystadlia
2. etg.
5 etg. blokker med parkering i kjellergarasje for ca. 100 biler. Det er ingen røkere i husstanden.
- Bjørnefaret 4E Blystadlia
1. etg.
Detaljer som ovenfor.

2.3.2 Rekkehusbebyggelse

- Sundkroken 76 Fjæringby (Rælingen)
Rekkehus med parkeringshus og parkeringsplass ca. 50 m unna huset. Det er ingen røkere i husstanden.
- Skoleveien 22 Sørumsand
Rekkehus med "carport" i flukt med huset. Der står det fire biler, Volkswagen Golf 1975, Ford Fiesta 1979, Renault 16 1976, Volkswagen Passat 1974. Det er ingen røkere i husstanden.

2.3.3 Villabebyggelse

- Tiurveien 32 Aurskog
Villa med bil parkert utenfor inngangen. Bilen er en Opel Rekord 1974. Det er ingen røkere i husstanden.
- Likollen 7B Nittedal
Villa med garasjen ca 20 m unna huset. I garasjen står tre biler, en Opel Berlina 1975,

en Volkswagen Variant 1971 og en Toyota stasjonsvogn 1980. Utenfor garasjen står to biler, en Opel Kadett 1970, og en Toyota varevogn 1970. Det røkes sigarer av en person i husstanden.

Vestliveien 10

Nittedal

Vertikaltdelt tomannsbolig med fire biler i "carport" i flukt med huset og en bil utenfor "carport". Bilene er to Volkswagen "bobler" 1300 og 1303 fra henholdsvis 1969 og 1974, en Chevrolet Blazer 1978, og en Volkswagen Golf 1975. Det er ingen røkere i husstanden.

Kirkeveien 37

Kjeller

Villa med garasje i kjelleretasjen. Ingen direkte inngang fra garasjen til huset. Bilen i garasjen er en Ford Taunus 1978. Kirkeveien er en forholdsvis trafikkert vei med en del tungtrafikk. Det røkes pipe av en person i husstanden, men det er ikke røkt i rommet hvor prøvene blir tatt.

Gamle Trondhjems-
vei 42

Oslo 9

Villa med bil parkert utenfor huset ca. 3 m fra husveggen. Bilen er en Renault 16 1976. Det er ingen røkere i husstanden.

2.4 Biler

Det ble tatt prøver i tre forskjellige biler under kjøring. I hver bil ble det tatt fem prøver. Følgende biler ble brukt, en Datsun stasjonsvogn 120Y 1979, en Volkswagen Variant 1972 og en Volkswagen Golf 1978. Det er ikke røkt i bilene under prøvetakingen.

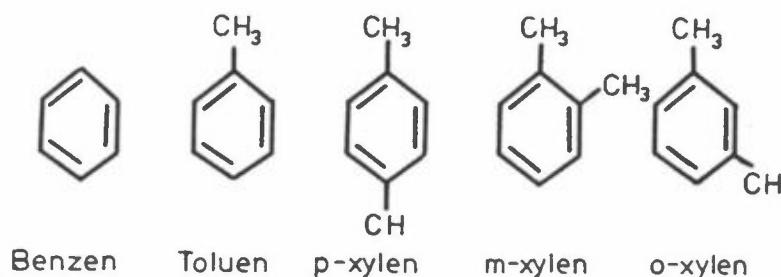
Målingene er utført i perioden august 1980 - februar 1981.

3 PRØVETAKINGS OG ANALYSEMETODER

Til prøvetakingen ble det benyttet to kullfiltre (å 25 mg) i serie hvor luften ble suget gjennom med en hastighet på 0.15 - 0.20 l/min.

Kullfiltrene var plassert i en filterholder med et forfilter som fjernet støvpartikler. Metoden er beskrevet av Grob og Grob (3). Etter prøvetaking ble kullfiltrene lagret i fryser før analyse. I laboratoriet ble kullfiltrene ekstrahert i en halv time med 0.5 ml karbondisulfid i spesiallaget glassutstyr beregnet for meget små løsningsmiddelmengder. Kullfiltrene ble ekstrahert hver for seg, og det første kullfiltret i prøvetakingsserien ble ekstrahert to ganger for å få kontroll med oppsamlingseffektiviteten og ekstraksjonen. Prøvene ble tilsatt 1-kloroktan som intern standard. Karbondisulfid-ekstraktet ble analysert for benzen, toluen, p-xylen, m-xylen og o-xylen ved hjelp av gasskromatograf utstyrt med glasskapillarkolonne, Ucon LB 550, 50 m.

Det ble benyttet temperaturprogrammering med start ved 20°C og økning med 2°C/min til 120°C. Hydrogen ble brukt som bæregass. Strukturformler for benzen, toluen, p-xylen og o-xylen er vist i figur 1.



Figur 1: Strukturformler for benzen, toluen, p-xylen, m-xylen og o-xylen.

Et typisk kromatogram fra den gasskromatografiske analysen er vist i figur 2.

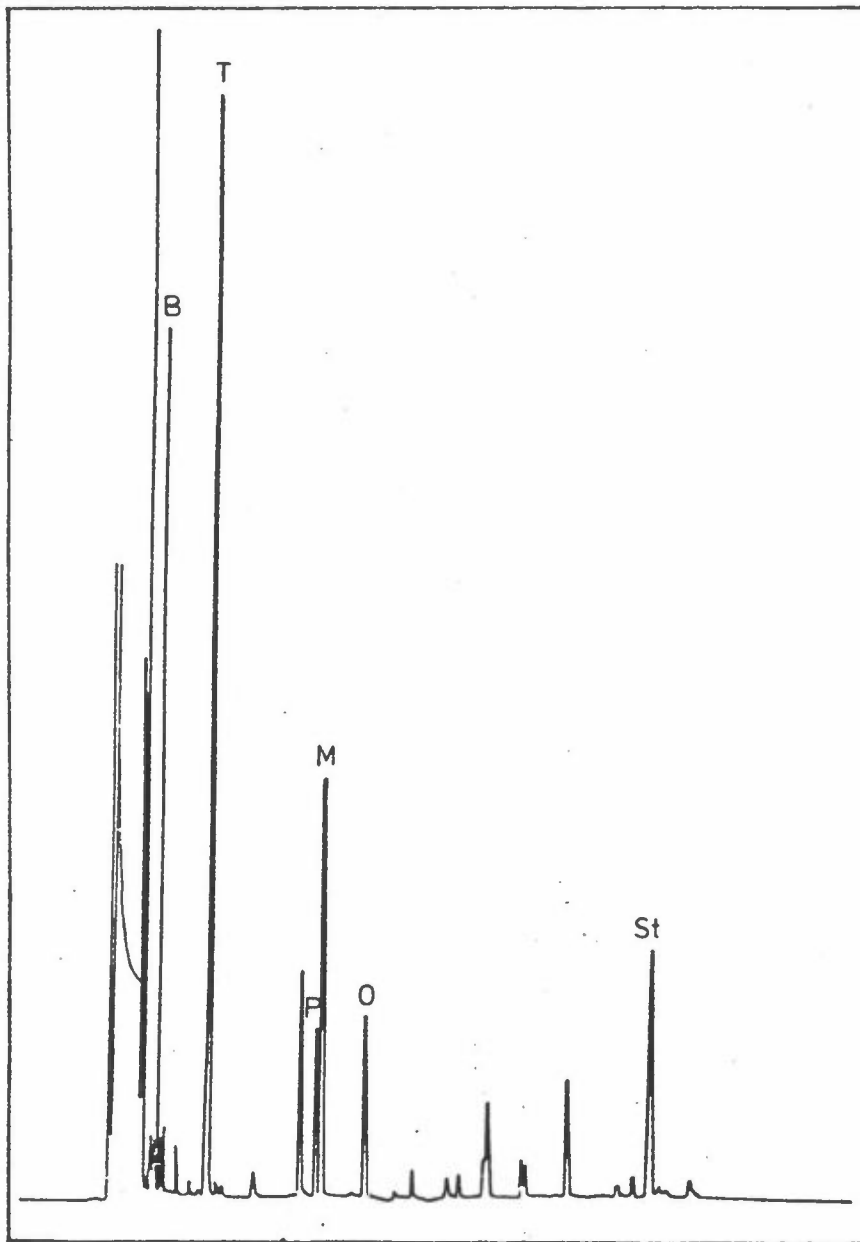


Fig. 2: Gasskromatogram av en prøve fra St Olavs gate.

B = benzen P = p-xylen
T = toluen M = m-xylen
 O = o-xylen
 st = intern standard

4 RESULTATER OG KOMMENTARER

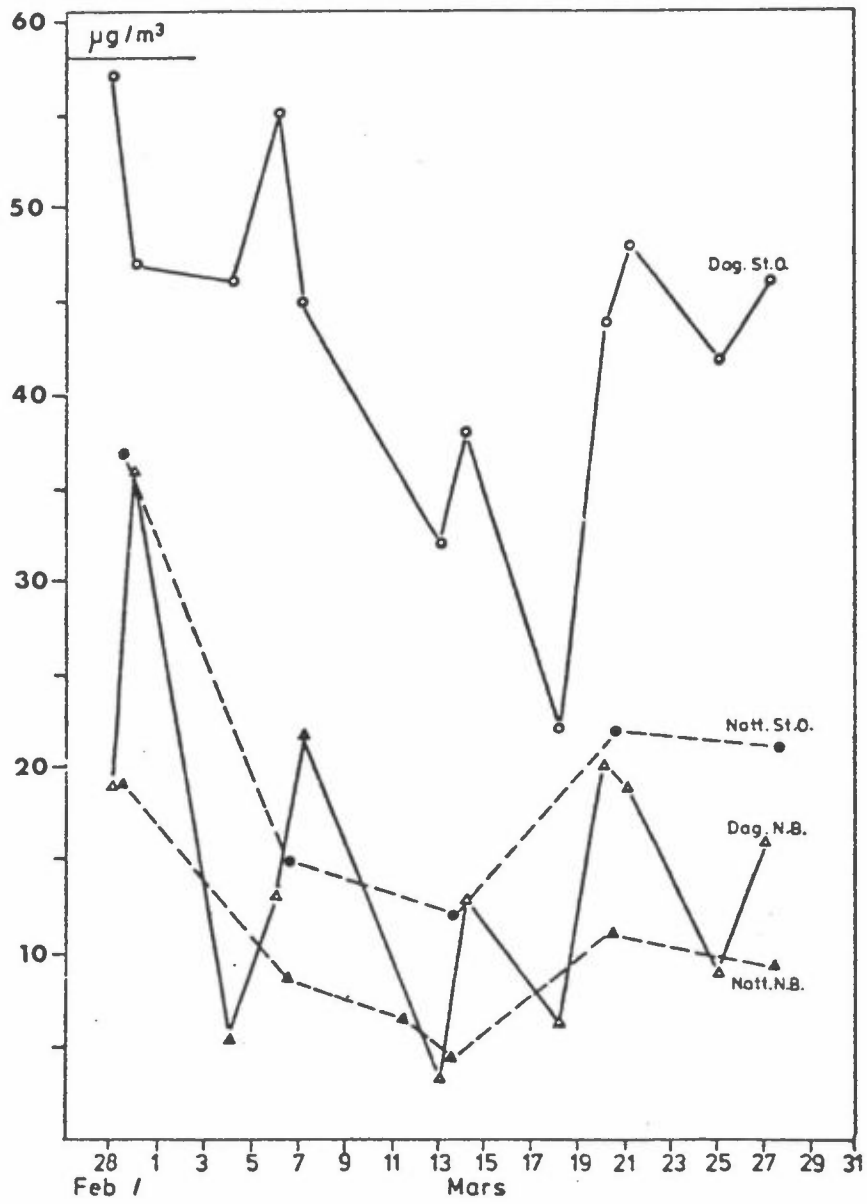
4.1 Vintermålinger i trafikkert gate og bybakgrunn

Det ble tatt prøver i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. tre dager og en natt (torsdag til fredag) hver uke i mars måned. Tirsdag og fredag ble det tatt en prøve over hele dagen, mens torsdag ble delt i tre måleperioder, slik at konsentrasjonsvariasjonene over dagen ble registrert.

Resultatene er vist i tabell 1 og 2. Benzenresultatene er vist grafisk i figur 3. Vi ser at konsentrasjonsvariasjonene følges bra for dagverdiene selv om verdiene for St.Olavs gt. er vesentlig høyere enn for Nordahl Bruns gt. Nattverdiene ved de to stasjonene er godt korrelert, og vi kan se at konsentrasjonsforskjellen er mindre om natten enn om dagen. Om natten er utslippet fra biltrafikken mindre og forurensningene fra utslippet i løpet av dagen spres over området.

Resultatene fra de dagene hvor det ble tatt tre prøver for å se på konsentrasjonsvariasjonene er satt opp grafisk i figur 4. Den 6.3 og 13.3 stiger konsentrasjonen av benzen i løpet av dagen. Det har vært jevn vind begge dager og temperaturer rundt 0°C . Den 6.3 kan vi også se at benzenkonsentrasjonen i St.Olavs gt. midt på dagen er lavere enn om morgenen. Den 20.3 faller benzenkonsentrasjonen i løpet av dagen. Dette var den kaldeste dagen i måleperioden med min.temperatur på -16°C . Det var vindstille om morgenen etterfulgt av svak vind som dreiet i den siste måleperioden. Den 27.3 stiger konsentrasjonen av benzen jevnt over dagen i St.Olavs gt., mens den holder seg nokså konstant i Nordahl Bruns gt. Denne dagen har jevn vind og temperatur like under 0°C . Det viser seg at variasjonene over dagen er større i St.Olavs gt., som ligger nærmere utslippskilden, enn i Nordahl Bruns gt.

I figur 5 og 6 er konsentrasjonene i St.Olavs gt og Nordahl Bruns gt av benzen, toluen, p-, m- og o-xylen vist grafisk for prøvetakingsperioden, og konsentrasjonsvariasjonene følges veldig godt. Det tyder på at alle komponentene kommer fra samme kilde og spres på samme måte.



Figur 3: Benzenkonsentrasjoner i St.Olavs gate og Nordahl Bruns gate.

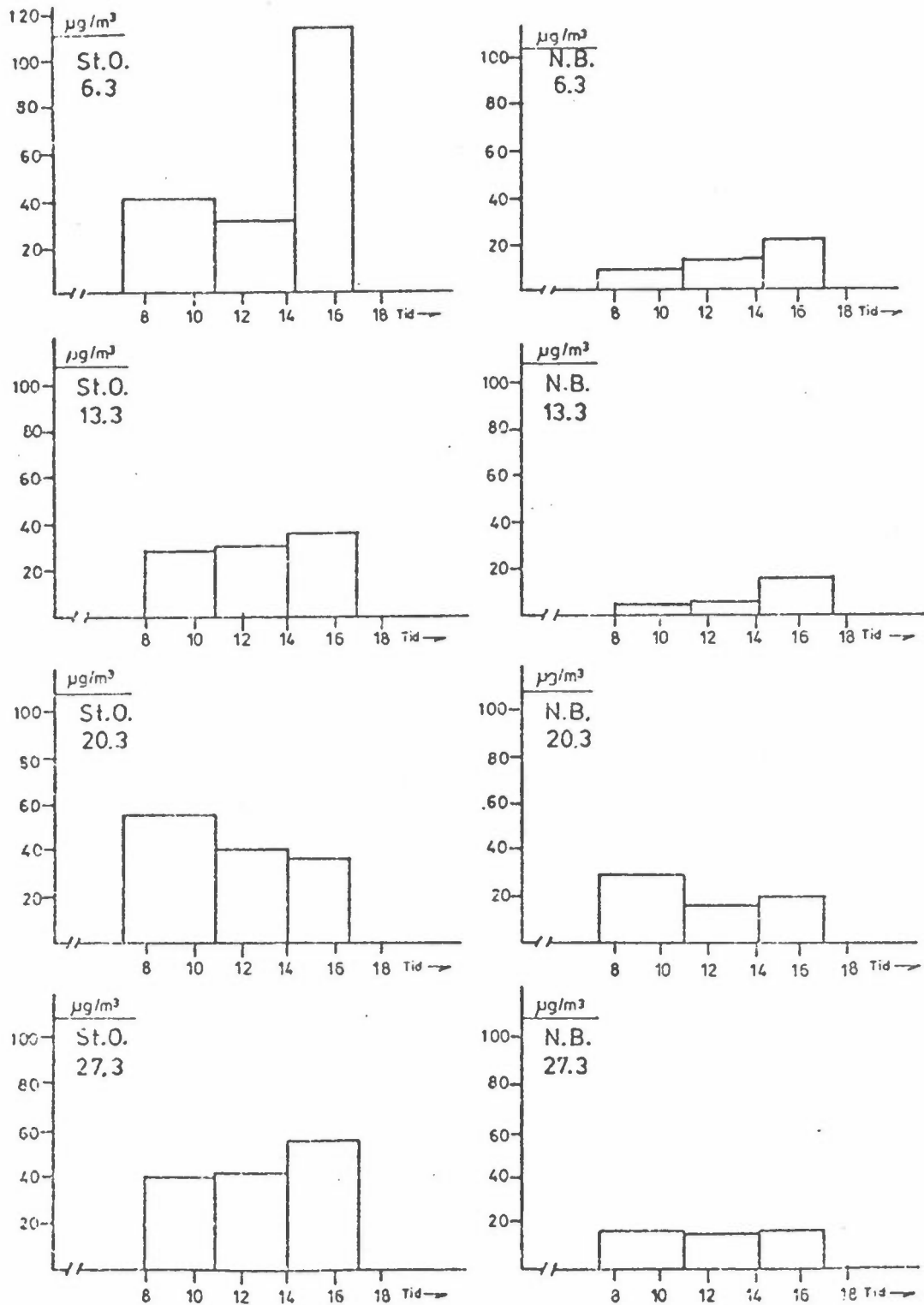
— dagverdier
- - - nattverdier

Tabell 1: Benzen, toluen, p-, m- og o-xylen i St.Olavs gate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
28.2	7.50-14.55	57	145	36	83	45
28-29.2	15.15-07.40	37	148	34	77	43
29.2	08.40-15.45	47	94	27	67	37
4.3	07.35-15.30	46	113	25	59	30
6.3	07.00-10.59	41	99	24	54	29
	11.00-14.09	31	75	16	39	20
	14.16-16.43	114	250	55	123	66
6-7.3	20.45-06-55	16	40	8.5	20	10
7.3	07.10-14.00	45	108	22	52	28
11-12.3	07.45-11.45	34	86	19	44	23
13.3	08.10-11.00	30	67	14	34	17
	11.10-14.00	31	77	16	37	19
	14.05-17.00	36	35	2.6	5.9	2.8
13-14.3	20.00-07.15	12	32	6.6	15	8.0
14.3	07.25-15.45	38	97	21	50	26
18.3	07.00-15.05	22	64	13	32	16
20.3	06.45-10.35	55	150	32	81	38
	10.45-13.40	40	101	24	63	26
	13.50-15.45	37	98	23	56	27
20-21.3	19.50-06.50	22	62	12	27	14
21.3	07.00-15.15	48	130	27	63	33
25.3	07.05-15.00	42	106	23	53	28
27.3	07.40-10.42	41	132	23	50	26
	10.53-13.50	42	141	25	51	28
	14.00-16.55	56	172	31	70	37
27-28.3	20.30-06.45	21	67	9.1	19	10
28.3	07.05-14.55	9	39	10	23	12

Tabell 2: Benzen, toluen, p-, m- og o-xylen i Nordahl Bruns gate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
28.2	08.40-15.30	19	54	15	39	19
28-29.2	15.40-07.00	19	47	11	21	12
29.2	07.25-15.30	36	77	23	58	33
4.3	07.55-15.55	5	11	3.4	7.8	3.4
6.3	07.20-10.54	8	12	2.2	5.3	2.3
	11.06-14.27	12	21	3.9	9.0	4.8
	14.35-17.01	20	48	7.7	19	9.6
6-7.3	21.05-07.20	9	14	2.3	5.0	2.4
7.3	07.30-14.05	23	54	10	2.2	11
11-12.3	07.30-12.00	7	19	3.9	8.3	4.1
13.3	07.55-11.20	4	4.4	-	-	-
	11.20-14.15	4	4.1	0.3	0.9	0.5
	14.25-17.25	14	12	1.4	3.1	1.4
13-14.3	20.35-07.40	4	7.7	1.3	3.1	1.3
14.3	07.50-15.55	13	29	5.9	12	5.9
18.3	07.35-15.15	6	15	2.6	5.8	2.9
20.3	07.15-11.00	28	71	16	44	17
	11.10-14.00	15	34	8.4	23	7.5
	14.10-17.00	17	62	8.9	21	9.8
20-21.3	20.00-07.16	11	38	4.9	11	5.1
21.3	07.25-15.25	19	46	7.7	18	8.6
25.3	07.35-15.10	9	16	2.5	6.1	2.7
27.3	07.18-11.05	16	41	8.1	18	8.3
	11.13-14.11	15	37	3.9	8.3	4.3
	14.20-17.10	16	52	5.4	11	5.5
27-28.3	20.40-07.10	9	44	3.0	5.7	2.6
28.3	07.20-15.05	12	37	4.5	10	5.0



Figur 4: Variasjoner i benzenkonsentrasjonen over dagen i St.Olavsgt. (St.O) og Nordahl Brunsgt. (NB).

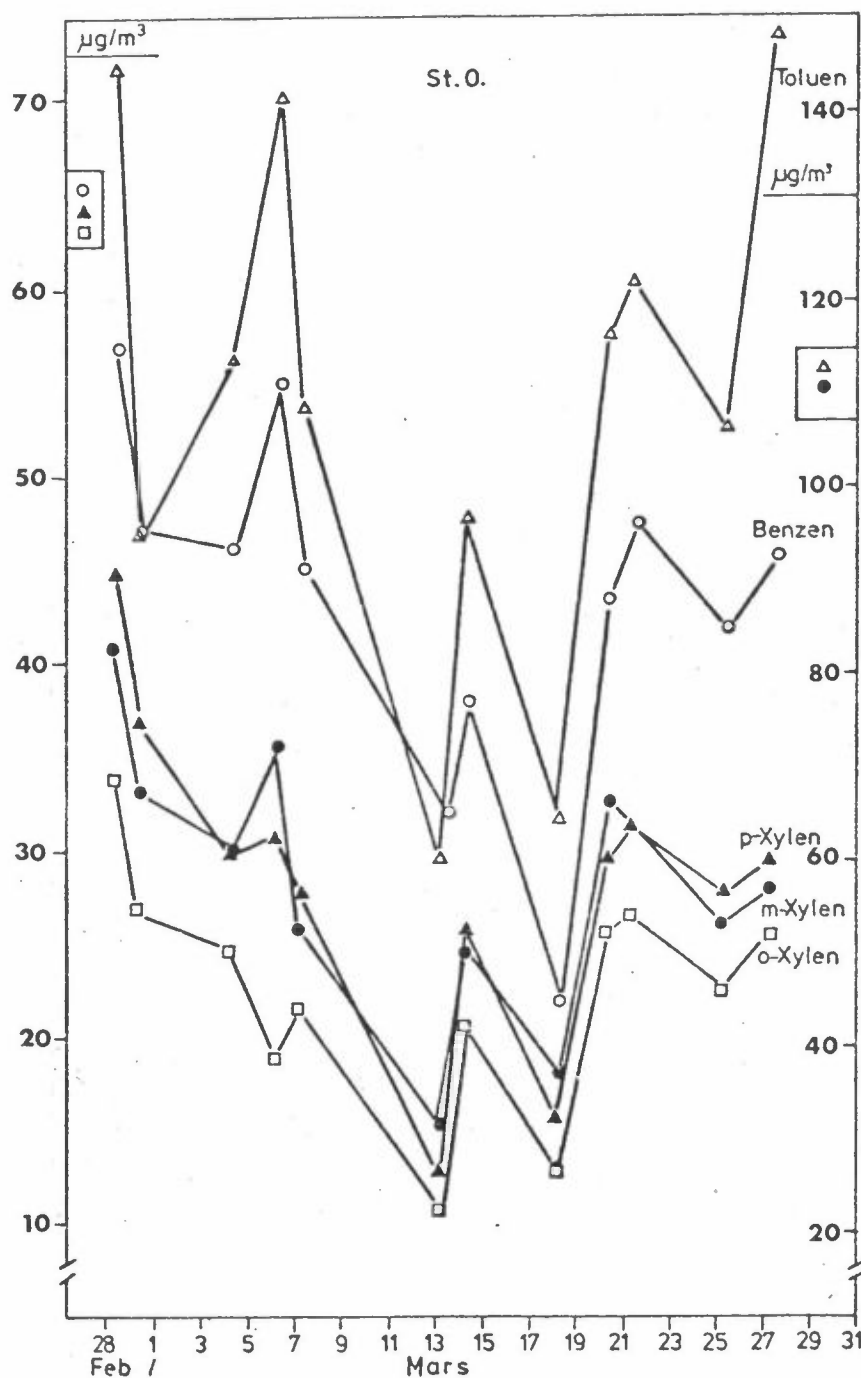
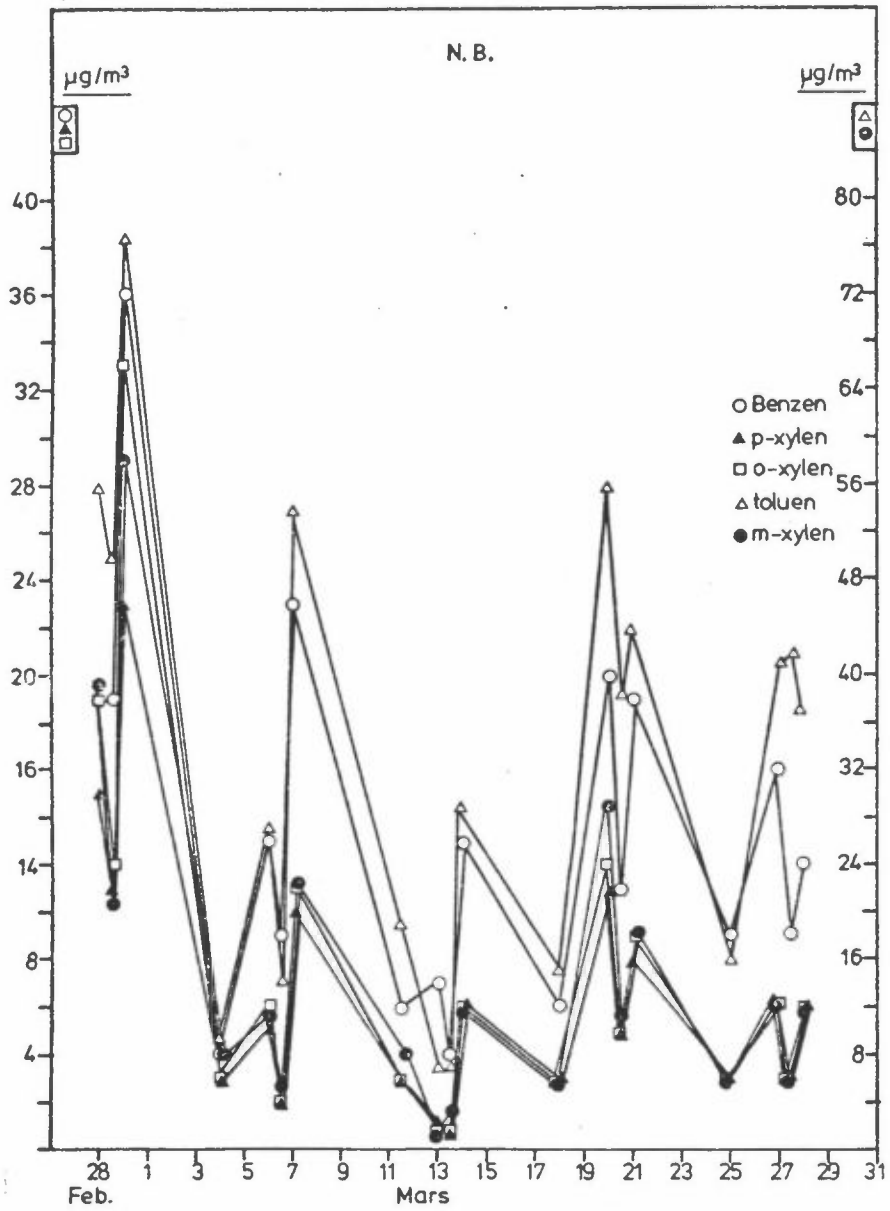
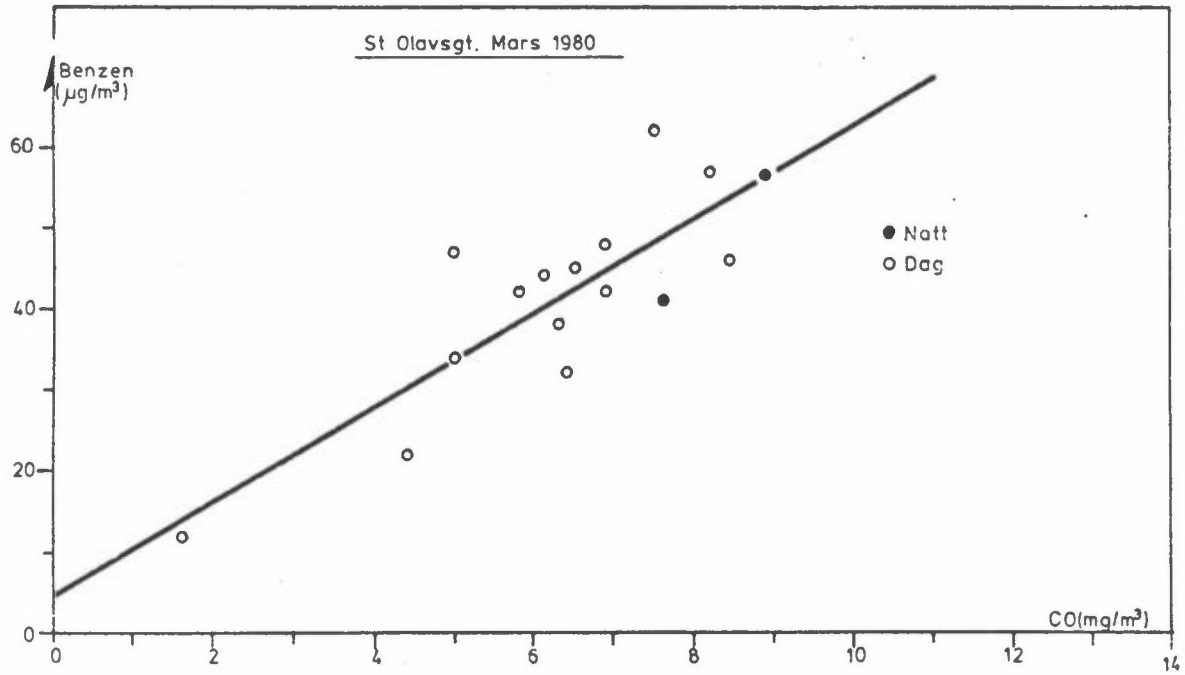


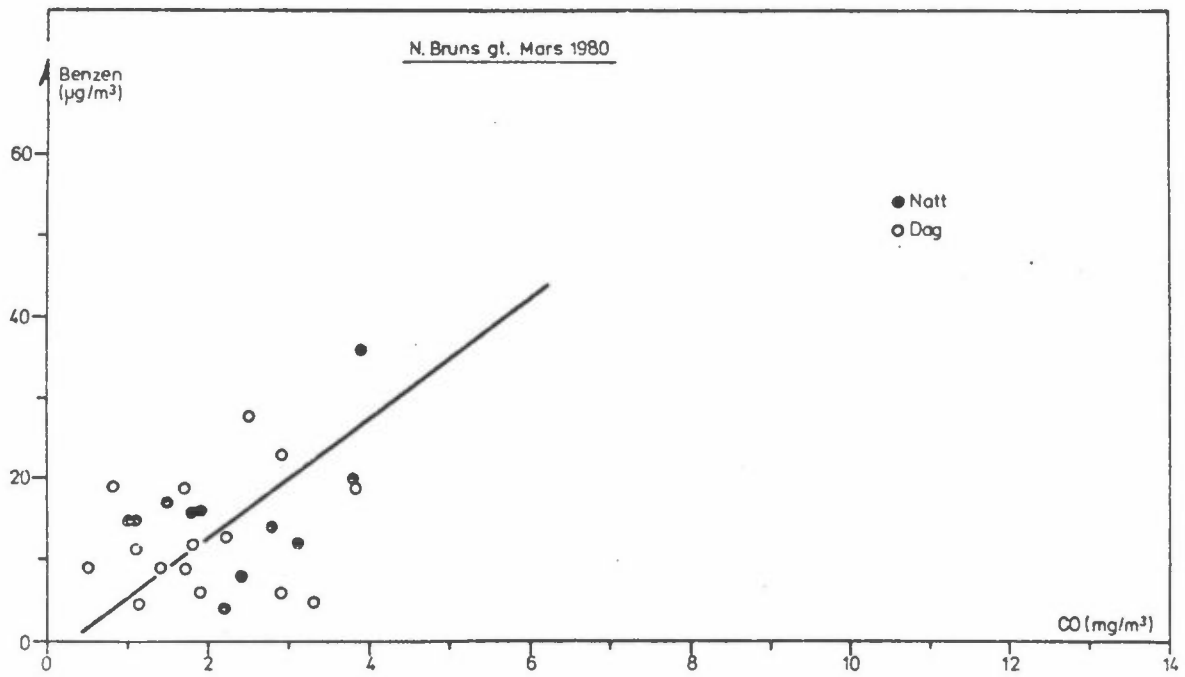
Fig. 5: Konsentrasjon av benzen, p- og o-xylen (skala til venstre), toluen og m-xylen (skala til høyre) i St Olavs gate.



Figur 6: Konsentrasjon av benzen, p- og o-xylen (skala til venstre) toluen og m-xylen (skala til høyre) i Nordahl Bruns gate.



Figur 7: Korrelasjonen mellom benzen og CO i St. Olavs gt. i mars 1980.



Figur 8: Korrelasjonen mellom benzen og CO i Nordahl Bruns gt. i mars 1980.

Korrelasjonen mellom CO og benzen i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt er satt opp i figur 7 og 8. I St.Olavs gt. er korrelasjonen forholdsvis god (korrelasjonskoeff. 0.83), mens i Nordahl Bruns gt. er den dårlig (korrelasjonskoeff. 0.39). En årsak kan være at andre kilder enn bare bileksos påvirker konsentrasjonene av CO og/eller benzen i Nordahl Bruns gt., men vi vet at ved de lave CO-verdiene som er funnet her, er CO-måleren nokså unøyaktig, (usikkerhet $\pm 0.5 \text{ mg/m}^3$) noe som kan gi dårlig korrelerte verdier. Tallene fra St. Olavs gt. er brukt til å beregne utslippsfaktorer for benzen i Oslo, og til å beregne langtidseksponering for Oslo's befolkning (NILU-rapport under utarbeidelse).

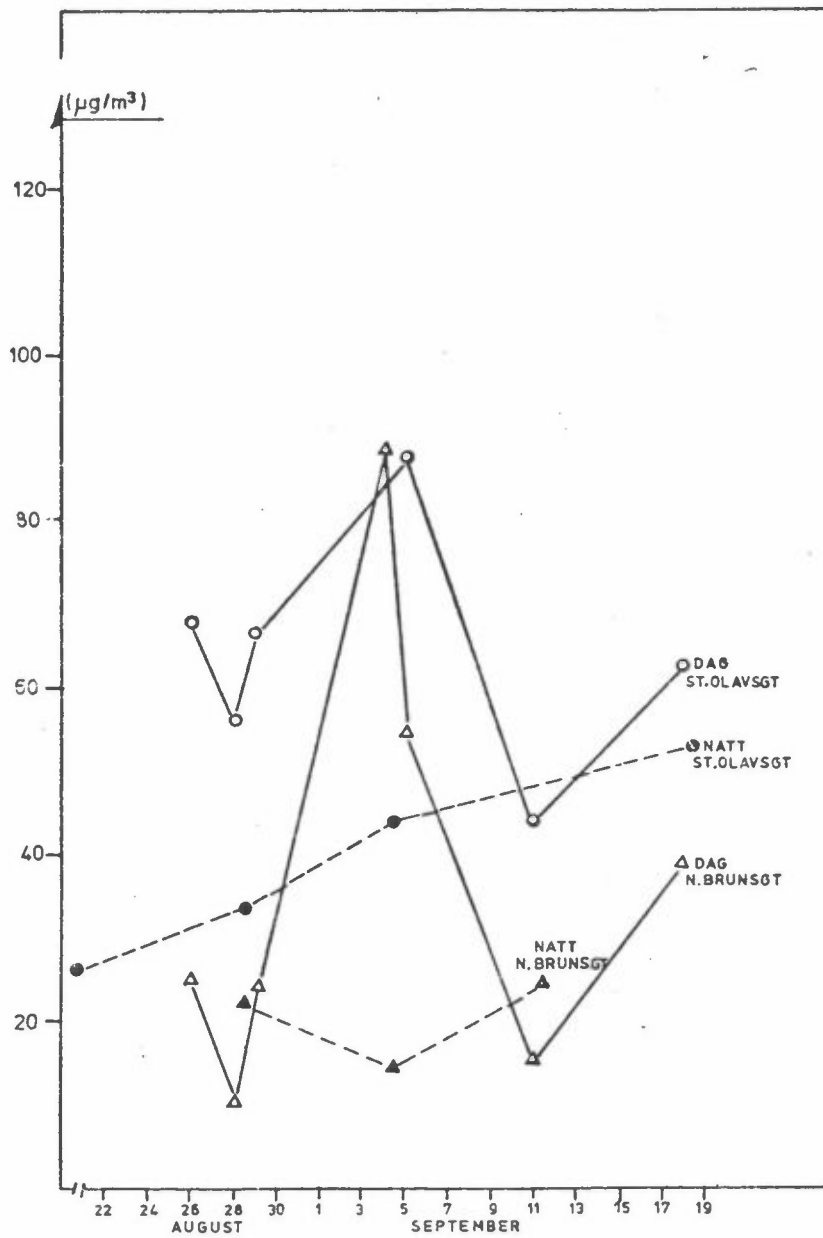
4.2 Sommermålinger i trafikkert gate og bybakgrunn

I perioden 21. august til 19. september 1980 ble det tatt prøver i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. to dager (torsdag og fredag) og en natt (torsdag til fredag) pr. uke.

De målte verdiene er satt opp i tabellene 3 og 4. Samvariasjonen mellom resultatene for benzen i St.Olavs gt og Nordahl Bruns gt er vist i figur 9 og samvariasjonen mellom alle de målte komponenter er vist for hver av de to stasjonene i figurene 10 og 11.

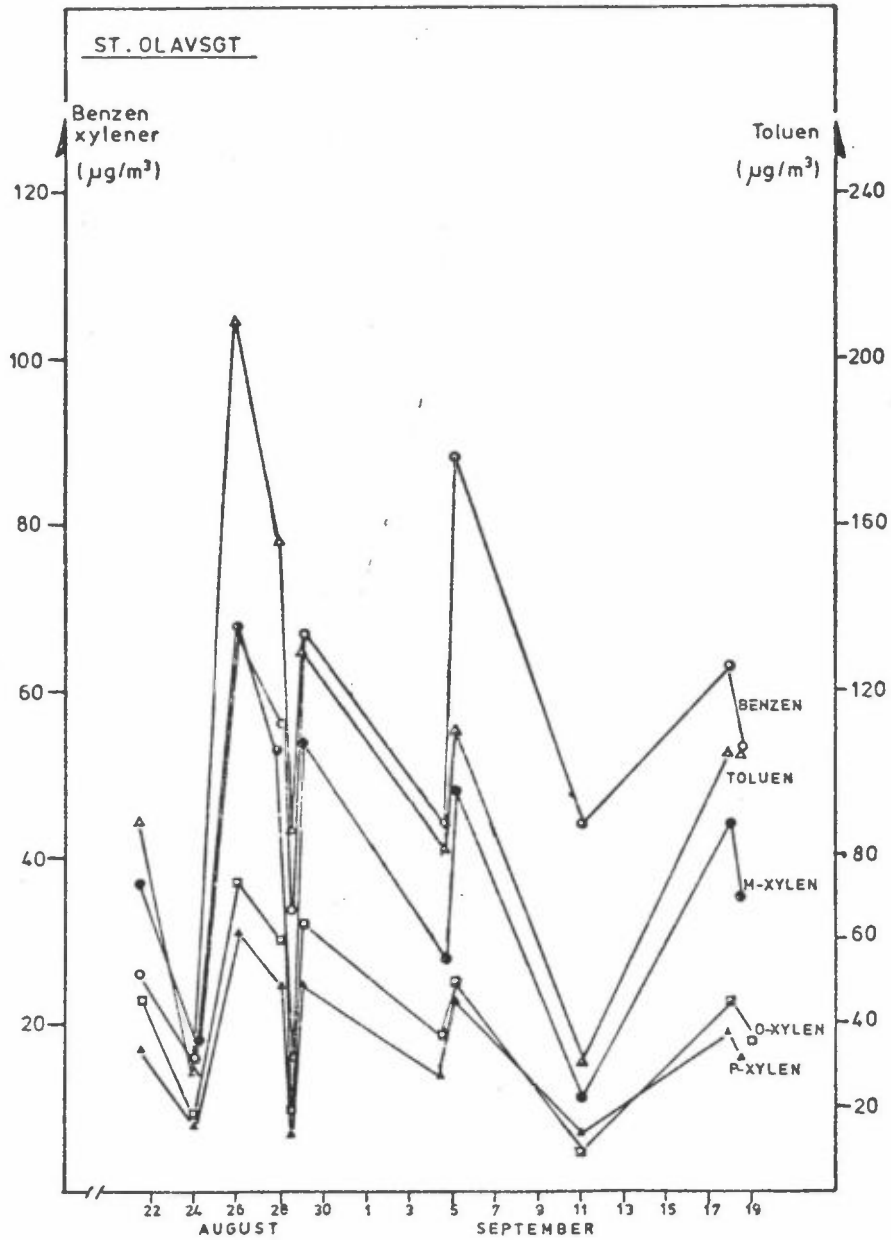
Tabell 3: Benzen, toluen, p-, m- og o-xylen i St.Olavs gate ($\mu\text{g/m}^3$).

Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
21-22.8	08.14-06.50	26	99	17	37	23
22-25.8	07.10-07.45	16	39	8.2	18	9.6
26.8	08.10-15.25	68	209	31	68	37
28.8	07.05-20.48	56	157	25	53	31
28-29.8	21.00-06.40	34	87	7.5	16	9.1
29.8	06.50-15.53	67	130	25	54	32
5.9	06.35-15.55	88	110	23	48	25
4-5.9	16.00-06.25	44	82	14	28	19
11.9	06.35-20.42	44	31	6.7	11	5.5
18.9	06.30-20.10	63	105	19	44	23
18-19.9	20.20-07.50	53	105	16	35	18

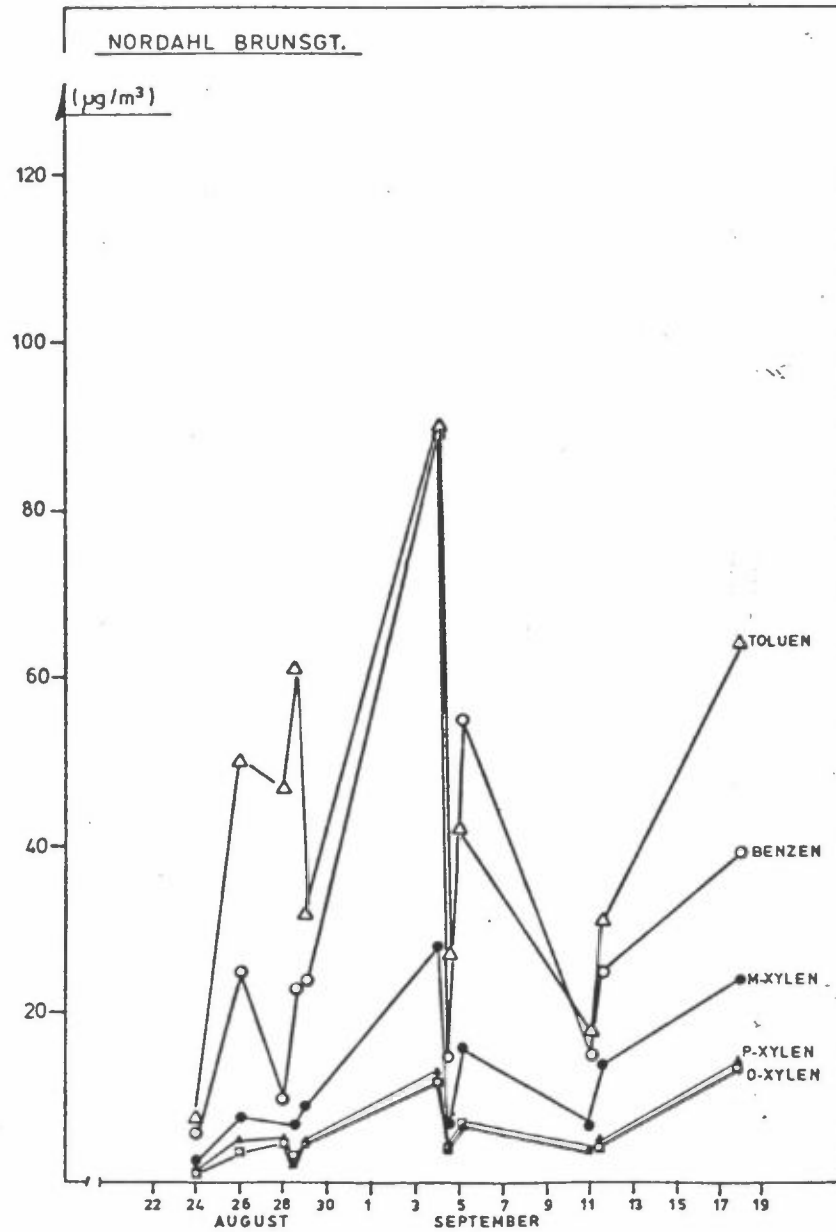


Figur 9: Benzenkonsentrasjoner i St. Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. i august/september 1980 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

— dagverdier
- - - nattverdier



Figur 10: Konsentrasjon av benzen, xylener (skala til venstre) og toluen (skala til høyre) i St. Olavs gt. i august/september 1980 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 11: Konsentrasjon av benzen, toluen og xylener i Nordahl Bruns gt i august/september 1980 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 4: Benzen, toluen, p-, m- og o-xylen i Nordahl Bruns gate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
22-25.8	07.40-08.00	6	8.1	1.6	2.8	1.5
26.8	08.20-15.48	25	50	4.9	8.3	4.1
28.8	07.38-21.22	10	47	5.5	10	5.4
28-29.8	21.30-07.24	23	61	2.5	6.6	3.4
29.8	07.38-15.40	24	32	4.6	8.5	4.5
4.9	07.33-15.20	89	90	13	28	12
4-5.9	15.40-06.54	15	27	3.6	7.2	3.7
5.9	07.08-15.45	55	42	7.3	16	7.1
11.9	07.12-21.30	15	18	3.6	6.9	3.7
11-12.9	21.45-07.45	25	31	5.4	8.7	4.0

Prøvene som har gått fra 22.8 til 25.8 har gått for lenge slik at vi har fått gjennombrudd av komponentene i systemet, noe som gir litt for lave verdier for disse prøvene. Meteorologiske data frem til 4.9 viser at dette var den varmeste dagen i perioden og med lite vind. I tabell 4 ser vi at 4.9 er den dagen som viser de høyeste verdiene for alle aromatenes.

I august/september ble det tatt færre prøver enn i mars, slik at datagrunnlaget her er noe dårligere.

Figur 9 viser at konsentrasjonsvariasjonene følges godt for dagverdiene av benzen i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. Nattverdiene følges ikke like godt, men det er meget få verdier å sammenligne. Også for denne måleperioden er konsentrasjonsforskjellen mindre mellom de to stasjonene om natten enn om dagen. Utslipet av benzen, toluen og xylener er størst om dagen når trafikken er størst, om natten skjer det en spredning over området, slik at avstanden til hovedkilden får mindre betydning.

4.3 Kommentarer til målinger i trafikkert gate og by bakgrunn

Middelverdier for de målte komponentene i perioden mars og august/september er vist i tabellene 5 og 6.

Tabell 5: Middelerverdier for mars ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) B/A = benzen/aromat

	St. Olavs gt				Nordahl Bruns gt			
	Dag	Natt	B/A dag	B/A natt	Dag	Natt	B/A dag	B/A natt
Benzen	41	24	1.0	1.0	15	10	1.0	1.0
Toluen	105	73	0.39	0.33	36	28	0.42	0.36
p-xylen	23	15	1.8	1.6	7.4	4.4	2.0	2.3
m-xylen	54	34	0.76	0.71	18	9.0	0.83	1.1
o-xylen	28	18	1.5	1.3	8.9	4.6	1.7	2.2
Sum xylener	105	67	0.39	0.36	34	18	0.44	0.56

Tabell 6: Middelerverdier for august/september ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) B/A = benzen/aromat

	St. Olavs gt				Nordahl Bruns gt			
	Dag	Natt	B/A dag	B/A natt	Dag	Natt	B/A dag	B/A natt
Benzen	64	39	1.0	1.0	33	21	1.0	1.0
Toluen	124	93	0.52	0.42	49	40	0.67	0.53
p-xylen	22	14	2.9	2.8	6.5	3.8	5.1	5.5
m-xylen	46	29	1.4	1.3	13	7.5	2.5	2.8
o-xylen	26	17	2.5	2.3	6.1	3.7	5.4	5.7
Sum xylener	94	60	0.68	0.65	26	15	1.8	1.4

Det viser seg at konsentrasjonen av de to letteste komponentene, benzen og toluen, har øket fra mars til august/september både i St.Olavs gt og Nordahl Bruns gt. Konsentrasjonene av xylener er svakt redusert. CO-konsentrasjonene ligger på samme nivå i begge måleperiodene, kanskje med en svak økning fra mars ($6.0 \text{ mg}/\text{m}^3$) til august/september ($6.2 \text{ mg}/\text{m}^3$). Vinterverdiene for CO ligger normalt høyere enn sommerverdiene, men mars måned er lite representativ for vinterperioden. Månedsmiddelerverdiene for CO i desember, januar og februar ligger høyere (15-25%) enn i mars. En må derfor vente at også benzenverdiene i desember, januar og februar var høyere enn de verdiene som ble funnet i mars måned.

Forholdet mellom benzen og toluen i prøvene ligger mellom 0.33 og 0.67 for begge stasjonene i begge måleperiodene. Forholdet er lavest i vinterperioden, noe høyere i sommerperioden. Om sommeren vil fordampning av bensin være større enn om vinteren, og en slik effekt kan påvirke resultatene i denne retning. I sommerperioden er det færre data enn i vinterperioden, slik at enkeltverdier kan få større betydning for resultatet. Et par høye verdier for benzen f.eks. kan gi store utslag. Tall for benzen/toluenforholdet i forskjellige kilder er gitt i tabell 7.

Tabell 7: Benzen/toluenforhold gitt i litteraturen.

Kilde	Benzen/Toluen	Referanse
Svensk bensin, 93 oktan	0.37	(4)
Svensk bensin, 99 oktan	0.33	(4)
Tysk bensin	0.24	(5)
Avgass, tysk bensin	0.67	(5)
Uteluft, Berlin	0.48 - 0.52	(5)
Avgass, tysk fyringsolje	2.74	(6)

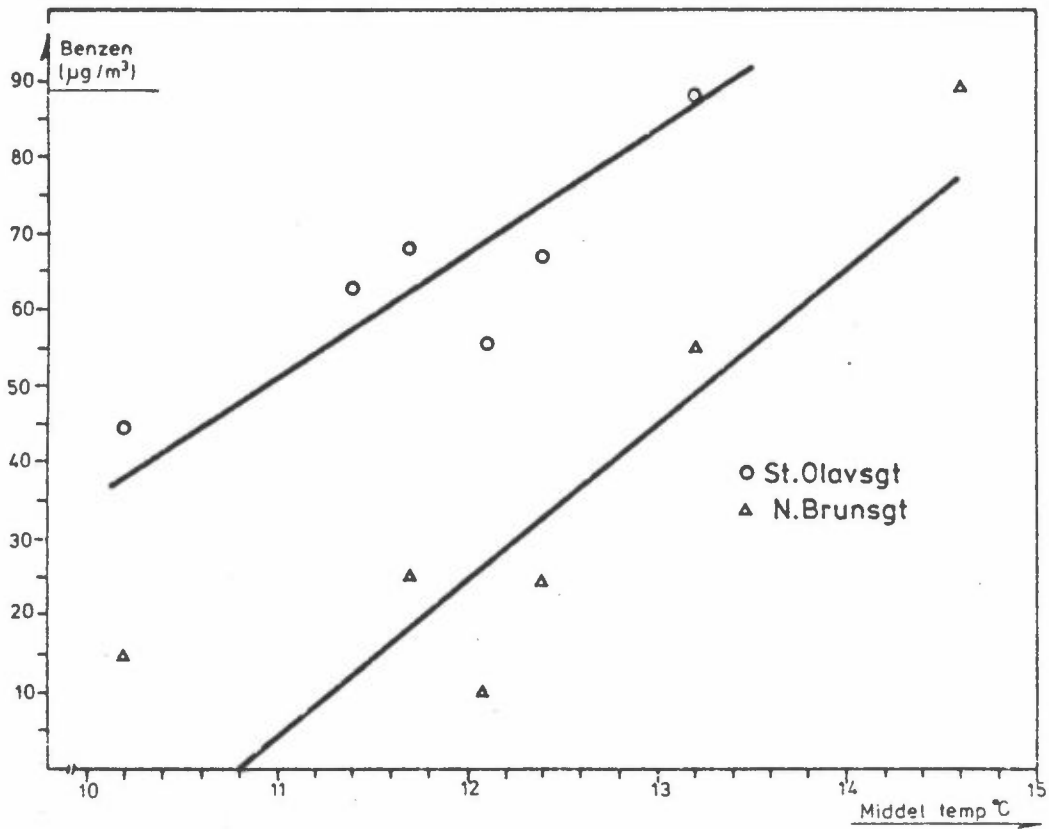
Norsk bensin ligger i sammensetning nær opp til den svenske (7), og tallene for svensk bensin i tabellen, som er et gjennomsnitt av fem stikkprøver, stemmer rimelig bra med det som er funnet i luften i Nordahl Bruns gt. og St. Olavs gt. Det ser ikke ut til at boligoppvarming med fyringsolje gir noe vesentlig bidrag til de konsentrasjonene vi finner i mars måned. I fyringsolje og avgassene fra forbrenning av fyringsolje er benzen/toluenforhold mye høyere enn i bensin og avgasser fra forbrenning av bensin. Tall for benzen/toluenforholdet i diesel er ikke funnet.

Forholdet mellom benzen og xylenene varierer en god del, men det er en tydelig tendens til høyere verdier i Nordahl Bruns gt enn i St.Olavs gt i begge måleperiodene.

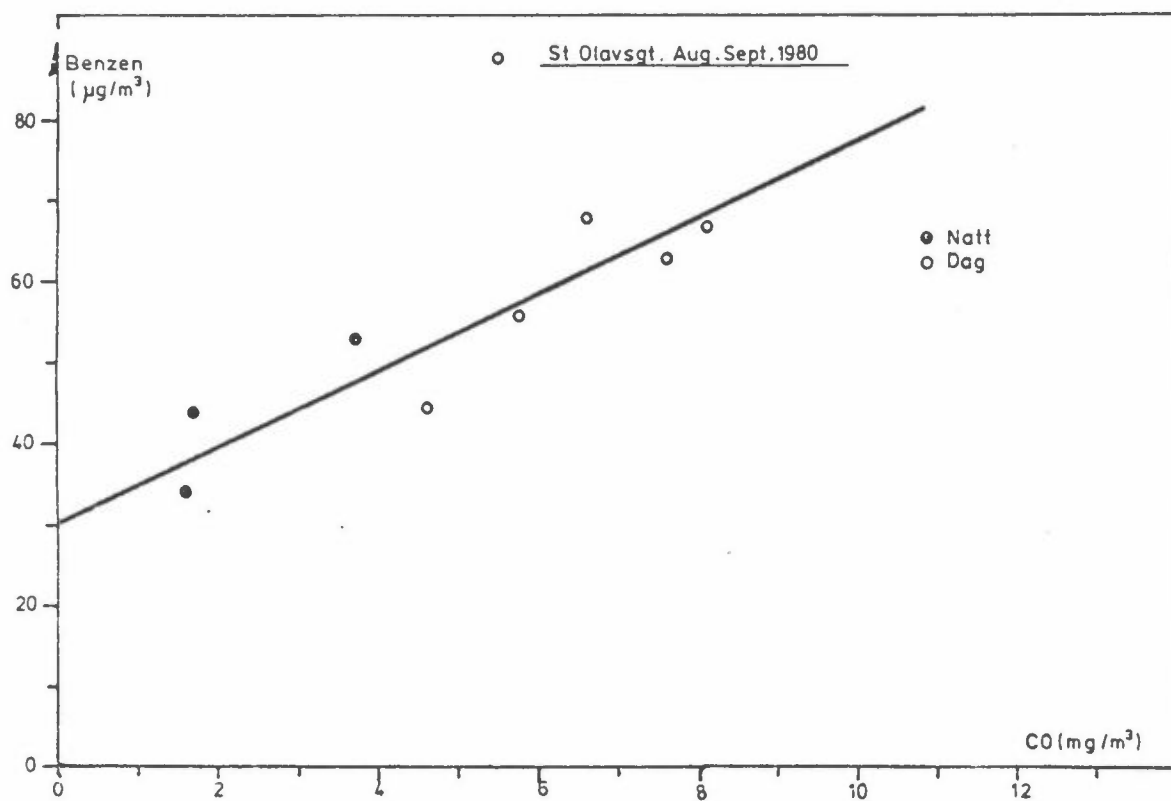
Faktorer som kan ha påvirket endringen i konsentrasjonene av benzen og toluen fra mars til august/september er høyere bidrag fra fordampning om sommeren, og innføring av nye blyforskrifter fra 1. september 1980. Konsentrasjonen av aromater i dampfasen over bensinen stiger sterkt med økende temperatur (8,9). Når temperaturen i bensintanken øker fra 5°C til 35°C , øker benzenkonsentrasjonen i gassvolumet over bensinen fra 16 mg/l til 44 mg/l, (beregnet etter (9)). Vi får nesten en tredobling av benzenkonsentrasjonen. Utetemperaturens innvirkning på benzenkonsentrasjonene i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. er forsøkt vist i figur 12. Vi ser middeltemperaturen i Oslo satt opp mot benzenkonsentrasjonene ved de to målestedene. Dette gir korrelasjonskoeffisienter på henholdsvis 0.88 for St.Olavs gt. og 0.87 for Nordahl Bruns gt. Sammenhengen gjelder for målingene i august/september. Tallene for februar/mars viste ingen korrelasjon med temperaturen. Skifte fra vinterbensin til sommerbensin virker lite inn på aromatinholdet. Vinterbensinen har et høyere butaninnhold enn sommerbensin, men aromatinholdet endres ubetydelig (7).

Korrelasjonen mellom CO og benzen i St. Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. er satt opp i figur 13 og 14. For St. Olavs gt. er korrelasjonen ikke spesielt god (korrelasjonskoeff. 0.57), men den blir noe bedre om man plukker vekk resultatene fra den 5.9, hvor benzenkonsentrasjonen var høy. Korrelasjonskoeffisienten blir da 0.69. I Nordahl Bruns gt. vises det ingen korrelasjon mellom CO og benzen. En grunn til dette kan være at bileksos ikke er den eneste betydelige kilden til benzenverdiene om sommeren. Benzen avdampet fra parkerte biler vil ikke være korrelert med CO-konsentrasjonene i gaten. Ved meget lav CO-konsentrasjon forventes ca. $5 \mu\text{g benzen}/\text{m}^3$ i mars (fig. 7) og ca. $30 \mu\text{g benzen}/\text{m}^3$ i august/september (fig. 13) for St. Olavs gt. Det tyder på andre kilder til benzen enn bileksos, og viser også at kilden/kildene er større om sommeren enn om vinteren.

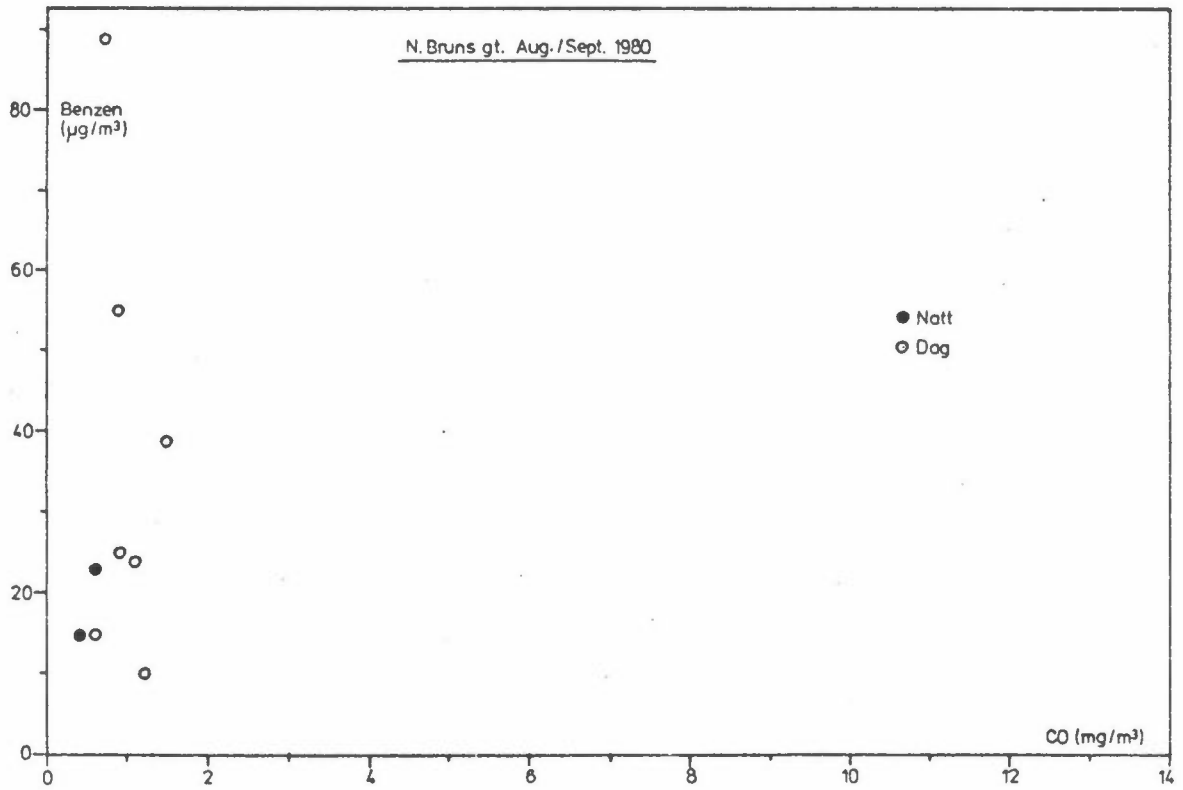
Ser vi på målinger utført i gatemiljø andre steder i Europa, ligger verdiene derfra i samme område som det vi har funnet i St. Olavs gt og Nordahl Bruns gt. Noen resultater er vist i tabell 8.



Figur 12: Korrelasjonen mellom benzen i St. Olavs gt. og Nordahl Bruns gt., og middeltemperaturen i Oslo i august/september 1980.



Figur 13: Korrelasjonen mellom benzen og CO i St. Olavs gt. i august/september 1980.



Figur 14: Korrelasjon mellom benzen og CO i Nordahl Bruns gt. i august/september 1980.

Tabell 8: Benzenverdier fra andre europeiske byer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Sted		Benzen	Referanse
Frankfurt/Main (24t middel- verdier 1978-79)	Trafikkert gate	41.1	(5)
	Kontor/boligområde	11.7	(5)
	Boligområde	13.2	(5)
Berlin (1975-76)	Trafikkert gate	49.0	(10)
	"	43.4	(10)
	"	68.9	(10)
Stockholm (20 min.verdier)	Trafikkert gate	84	(11)
	Sterkt traffikkert gate	460	(11)
Helsinki (2t verdi)	Trafikkert gate	100	(12)

4.4 Målinger i boliger

4.4.1 Blokkbebyggelse

De målte verdiene er listet i tabell 9.

Tabell 9: Benzen, toluen og xylen målt i blokkleiligheter høsten 1980 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

- a) feil ved prøven slik at benzenresultatet er mistet
 b) feil ved prøven slik at toluenresultatet er mistet

Sted	Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
Nordlisletta 22 1.etg.	17.9	07.25-16.25	a)	75	1.5	3.7	12
	18.9	07.50-17.55	a)	99	9.4	14	18
	18.9-19.9	19.35-06.45	a)	91	8.7	8.0	17
	19.9	06.50-19.40	9	22	110	7.8	3.6
	29.9	07.25-16.50	20	72	56	11	27
	30-31.9	22.30-07.40	23	93	13	8.6	35
Middelverdi			17	75	33	8.9	19
Bjørnefaret 4E 2.et.	17-18.10	20.04-06.34	24	b)	9.1	6.8	5.1
	20.10	06.45-16.00	19	"	3.9	2.0	2.0
	20-21.10	19.55-06.55	126	"	10	9.1	41
	21.10	07.00-16.11	28	"	8.4	5.6	4.4
	22.10	07.01-16.01	27	"	10	5.8	6.6
	23.10	07.25-16.25	40	"	6.1	3.9	6.2
Middelverdi			44		7.9	5.5	11
Bjørnefaret 4E 1.etg.	26-27.10	19.30-05.00	49	b)	15	45	15
	27.10	07.40-17.15	26	"	8.4	16	7.1
	28.10	07.05-17.20	47	"	13	25	12
	28-29.10	21.45-06.30	32	"	8.3	16	8.5
	5.11	06.25-16.25	19	"	5.1	12	5.1
	6.11	06.55-16.35	27	"	4.2	10	3.1
Middelverdi			33		9.0	21	8.5

4.4.2 Rekkehusbebyggelse

De målte verdiene er listet i tabell 10.

Tabell 10: Benzen, toluen og xylener målt i rekkehus høsten 1980 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) b) feil ved prøven slik at toluenresultatet er mistet.

Sted	Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
Sundkroken 76	11.10	09.30-23.15	8	23	1.4	2.8	7.8
	11-12.10	00.09-09.24	11	28	1.8	3.3	2.4
	12.10	09.30-22.15	12	41	2.4	3.8	5.8
	13-14.10	21.15-06.32	11	33	3.8	4.8	2.1
	15.10	06.45-21.35	5	18	6.3	7.2	3.5
	16.10	06.27-21.10	7	24	2.6	3.9	1.4
Middelvei			9	29	3.1	4.3	3.8
Skoleveien 22	11-12.11	20.00-ca 02	(102)	b)	(3.9)	(5.0)	(13)
	17.11	07.10-17.05	51	"	5.4	6.2	12
	18.11	07.05-17.05	54	"	4.3	3.4	9.2
	18-19.11	20.10-07.05	40	"	2.8	3.5	10
	19.11	07.10-17.10	55	"	3.7	3.0	8.4
	20.11	07.30-17.00	66	"	6.3	5.0	18
Middelvei			53(61)		4.4	4.4	12

Den første verdien fra Skoleveien (11-12.11) er sannsynligvis ikke korrekt fordi pumpen stoppet i løpet av prøvetakingsperioden. Telleverket ble avlest og prøvetakingsvolumet anslått, men tallet er usikkert.

4.4.3 Villabebyggelse

De målte verdiene er listet i tabell 11.

Tabell 11: Benzen, toluen og xylener målt i villabebyggelse høsten 1980 og vinteren 1981 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sted	Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
Tiurveien 32	3-4.10	21.05-07.30	11	23	19	3.7	2.0
	4.10	07.55-17.20	8	9.5	7.9	1.8	-
	4-5.10	21.00-07.25	15	25	17	3.7	2.1
	5.10	07.30-18.05	7	13	9.1	1.4	1.3
	5-6.10	21.10-06.40	7	12	6.0	0.97	0.62
	9.10	06.55-17.15	11	45	12	4.8	17.9
Middelverdi			10	21	12	2.7	4.0
Likollen 7B	22-23.1	22.25-07.00	18	23	18	16	6.2
	26.1	07.00-16.30	13	20	13	9.0	3.4
	26-27.1	20.05-06.45	14	56	27	28	12
	28.1	07.00-17.00	19	36	18	15	30
	30.1	07.15-17.16	13	15	14	8.8	2.6
	3.2	07.33-16.40	19	30	15	12	6.5
Middelverdi			16	30	18	15	10
Vestliveien 10	26-27.8	20.20-08.20	24	89	19	13	19
	27.8	08.20-17.30	11	56	24	21	13
	27-28.8	20.05-07.35	23	64	24	13	8.1
	28.8	07.35-17.55	16	31	13	6	3.6
	30.8	11.15-17.50	33	88	22	13	13
	1.9	08.05-18.45	19	52	22	17	12
Middelverdi			21	50	21	14	11
Kirkeveien 37	13.12	07.00-16.00	30	83	57	44	27
	13-14.12	20.00-07.00	10	36	19	11	5.9
	16.12	07.00-16.00	7	12	2.8	2.5	1.2
	17.12	07.00-16.20	10	32	17	14	8.1
	17-18.12	20.00-07.00	10	38	23	14	7.3
Middelverdi			11	34	20	14	8.3
Gamle Trondhjems-veien 42	2-3.6 *	20.29-09.29	16	40	147	194	37
	3.6 *	08.43-22.30	13	28	86	69	15
	6.6	09.55-23.43	13	26	5.6	20	6.2
	7.6	08.47-21.44	11	24	2.7	14	2.8
	7-8.6	21.53-07.55	16	35	3.8	11	4.0
	8.6	09.04-22.03	39	17	1.0	4.3	0.6
Middelverdi			12	28	41	52	11

* Maling/beising foretatt i nærheten av målestedet.

4.5 Biler

De målte verdiene er listet i tabell 12.

Tabell 12: Benzen, toluen og xylener målt i biler under kjøring høsten 1980 og vinteren 1981 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sted og biltype	Dato	Tidsrom	Benzen	Toluen	p-xylen	m-xylen	o-xylen
Datsun 120Y Teisen/Oslo/Teisen	12.8	17.20-20.34	650	1230	180	320	240
Åkebergvn/Oslo/ Furuset	12.9	17.05-20.40	116	245	48	110	85
Galgeberg/Oslo/ Karihaugen	10.9	20.15-22.00	126	193	30	68	33
St.Olavsgt/ Teisen	11.9	07.20-10.30	160	204	48	105	55
Ulven/Oslo/ Stovner	13.11	10.45-13.00	219	1302	253	683	265
Volkswagen Variant							
Åkebergvn/Oslo/ Brynsvn.	28.10	07.00-10.50	221	a)	a)	a)	a)
Galgeberg/Oslo/ Grorud	24.11	10.42-13.49	404	a)	168	337	228
Ulven/Oslo/ Ulven	17.11	12.07-14.40	300	a)	130	274	169
Ulven/Oslo/ Ulven	20.11	12.53-14.53	325	1371	123	256	174

a) Feil ved prøven, slik at resultatet er mistet.

4.6 Kommentarer til målinger i biler og boliger

Det er markerte forskjeller på nivåene i de forskjellige boligene. De høyeste verdiene er funnet i boliger hvor flere parkerte biler står nær eller i huset.

Prøvene tatt i biler under kjøring viser høye verdier. Prøvene er tatt under kjøring i trafikkerte strøk, de fleste på kalde dager da bilens varmeapparat var i bruk. I litteraturen er det funnet noen få verdier for målinger i hus og biler. I en skole i Berlin er det funnet benzenverdier fra 10-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (5). I en svensk undersøkelse (11) i et hus med innebygget garasje og dør mellom garasjen og huset, er det funnet så høye verdier som 91-840 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i forbindelse med innkjøring og parkering av en bil i garasjen. Den samme undersøkelsen angir tall fra 40-240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i biler under kjøring og like etter parkering. Tyske tall fra bilkjøring i Frankfurt viser rundt 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (5).

En rapport fra Concawe (13) angir bakgrunnsverdier i landområder i Europa til 3-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, med 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som typisk verdi for byområder uten trafikk (målt i perioden med kjøreforbud på søndager under oljekrisen i 1973). Med trafikk på veiene øket benzenkonsentrasjonene til 28-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og med dårlig utlufting slik som i tunneler og overbygde parkeringsplasser ble det funnet langt høyere verdier. I en overbygget garasje i Paris ble det målt over 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aromatmønsteret, som var stabilt i St.Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. (se fig. 5,6,10 og 11), varierer i boligprøvene og bilprøvene. Dette kan skyldes at kildene til de målte aromatkonsentrasjonene ikke bare er bensin eller biler, men også at forskjellige biler og bensintyper vil gi varierende aromatomønstre. Når da påvirkning fra en bil/bensintype dominerer prøven kan dette gi slike utslag som vi ser i resultatene fra bil- og boligprøvene.

Under prøvetaking med batteridreven pumpe i biler og boliger var det stadig problemer med pumpen. Tallene kan derfor inneholde usikkerheter som det er vanskelig å anslå. Det vi har kunnet kontrollere tyder på at vi kan ha fått for høye verdier for noen av boligprøvene hvor pumpene sto uten tilsyn i lengre perioder.

LITTERATUR

- (1) Forskrifter om innholdet av blyforbindelser og benzen i motorbensin.
Oslo, Miljøverndepartementet, 1980.
- (2) Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfære.
Oslo, Direktoratet for Arbeidstilsynet, 1980.
- (3) Grob, K.
Grob, G. Gas-liquid chromatographic mass spectrometric investigation of $C_6 - C_{20}$ organic compounds in an urban atmosphere.
J. Chromatogr., 62, 1-13 (1971).
- (4) Petterson, G. Emissioner från fordonsmotorer. Symposium om bilavgaser 11-12 april 1978. Göteborg 1978. (CMTG Meddelande nr. 4.)
- (5) Luftqualitätskriterien für Benzol.
Berlin, Umweltbundesamt, 1981.
- (6) Herlan, A.
Mayer, J. Polycyclische Aromaten und Benzol in den Abgasen von Haushaltsfeuerung.
I. Ölofen
Staub - Reinhalt. Luft, 38 134-140 (1978).
- (7) Vagstad, Rafinor, Mongstad.
Personlig meddelelse.
- (8) Schröder, H. Differenzierte Analyse eines Ottokraftstoffes und seiner Dämpfe.
Staub - Reinhalt. Luft, 41, 14-18 (1981).

- (9) Vincent, E.J. Calculation of benzen emissions from gasoline refueling of vehicles. Wash. D.C., U.S. Environ. Protect. Agency Office of Air Planning and standards, Emission standards and engineering divisions, 1977.
- (10) Seifert, B.
Ullrich, D. Konzentration anorganischer und organischer Luftschadstoffe an einer Strassenkreuzung in Berlin. *Staub - Reinhalt. Luft*, 38 359-363 (1978).
- (11) Jonsson, A.
Berg, S. Analys av 1.2-dibrometan, 1.2-diklorethan och benzen i omgivande luft. Stockholm 1978. (Statens naturvårdsverk. PM 1123.)
- (12) Häsänen, E.
Soininen, V.
Leppämäki, E.
Juhala, M. Benzene, toluene and xylene concentrations in car exhaust and in city air. Under trykning i Atmos. Environ.
- (13) Exposure to atmospheric benzene vapour associated with motor gasoline. Den Haag, 1981. (Concawe. Report no. 2/81.)

