



Statlig program for forurensningsovervåking

RAPPORT NR 182/85

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

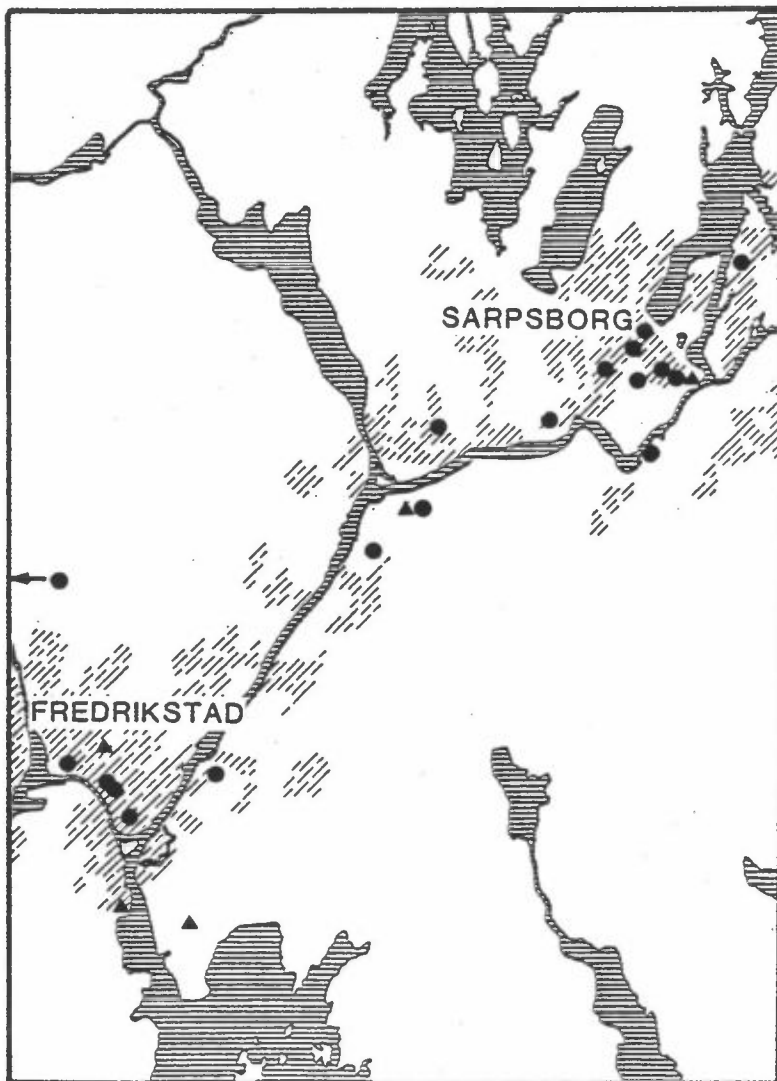
Deltakende institusjon

NILU

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983

DELRAPPORT E

BEREGNING AV
BLYEKSPONERING



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NILU OR : 39/84
REFERANSE: 0-8165
DATO : AUGUST 1984

**BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN
I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983**

Delrapport E:
Beregning av blyeksponering

Bjarne Sivertsen

Utført etter oppdrag av Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN -82-7247-508-1

SUMMARY

The annual average lead concentrations in blood was estimated from simple quasi stationary compartment models. The estimates were based upon emissions, dispersion, indoor/outdoor estimates and concentration measurements, demographic data, food consume, living patterns and time consume data. Informations available on lead concentrations in soil, vegetable, fruit, berries and meat were also used.

The estimated results show that:

- people living in the city areas of Sarpsborg-Fredrikstad receive 11 to 28% of the blood exposure from direct inhalation
- in residential areas 6-15% of lead in blood is due to inhalation
- only persons exposed to high lead levels in the working atmosphere (including gas stations) receive more than 50% of lead in blood from inhalation
- traffic represents the largest contribution to the total population exposure of lead in blood (ca 38%) in the area.

The estimates referred to in this report are based upon air lead concentrations in the Sarpsborg-Fredrikstad area before the present regulations of lead in gasoline came into effect in September 1983.

INNHOOLD

| | Side |
|---|------|
| SUMMARY | 3 |
| 1 INNLEDNING | 7 |
| 2 METODENE, MODELLENE | 7 |
| 3 EKSPONERING VIA MATVARER | 11 |
| 3.1 Boksmo de ll for inntak via viktige matvarer | 11 |
| 3.2 Grovsortering av inntaksveier | 13 |
| 3.3 Kornprodukter (mel, brød) | 14 |
| 3.4 Frukt og bær | 16 |
| 3.5 Kjøtt | 16 |
| 3.6 Melkeprodukter | 16 |
| 3.7 Rotvekster (potet) | 17 |
| 3.8 Overflategrønnsaker (salat, etc.) | 18 |
| 3.9 "Andre" matvarer | 19 |
| 4 EKSPONERING VIA INHALASJON | 19 |
| 4.1 Luftkonsentrasjon | 20 |
| 4.2 Levemønster | 22 |
| 4.3 Bly-blod-konsentrasjon | 23 |
| 5 RESULTATER | 24 |
| 5.1 Inhalasjonsandelen | 25 |
| 5.2 Forholdet lufteksponering/bly-blod-konsentrasjon .. | 26 |
| 5.3 Befolkningseksp ^o neringen | 27 |
| 5.4 Forurensningskildenes relative betydning | 29 |
| 6 USIKKERHETER OG VIDERE FORSKNINGSBEHOV | 30 |
| 7 REFERANSER | 31 |
| VEDLEGG A: Inndeling av befolkningen og "mikromiljøene" | 35 |

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983

Delrapport E: Beregning av bly-eksponering

1 INNLEDNING

Det er i forbindelse med basisundersøkelsen i Sarpsborg/-Fredrikstad på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) foretatt beregninger av befolkningens eksponering av bly i blod.

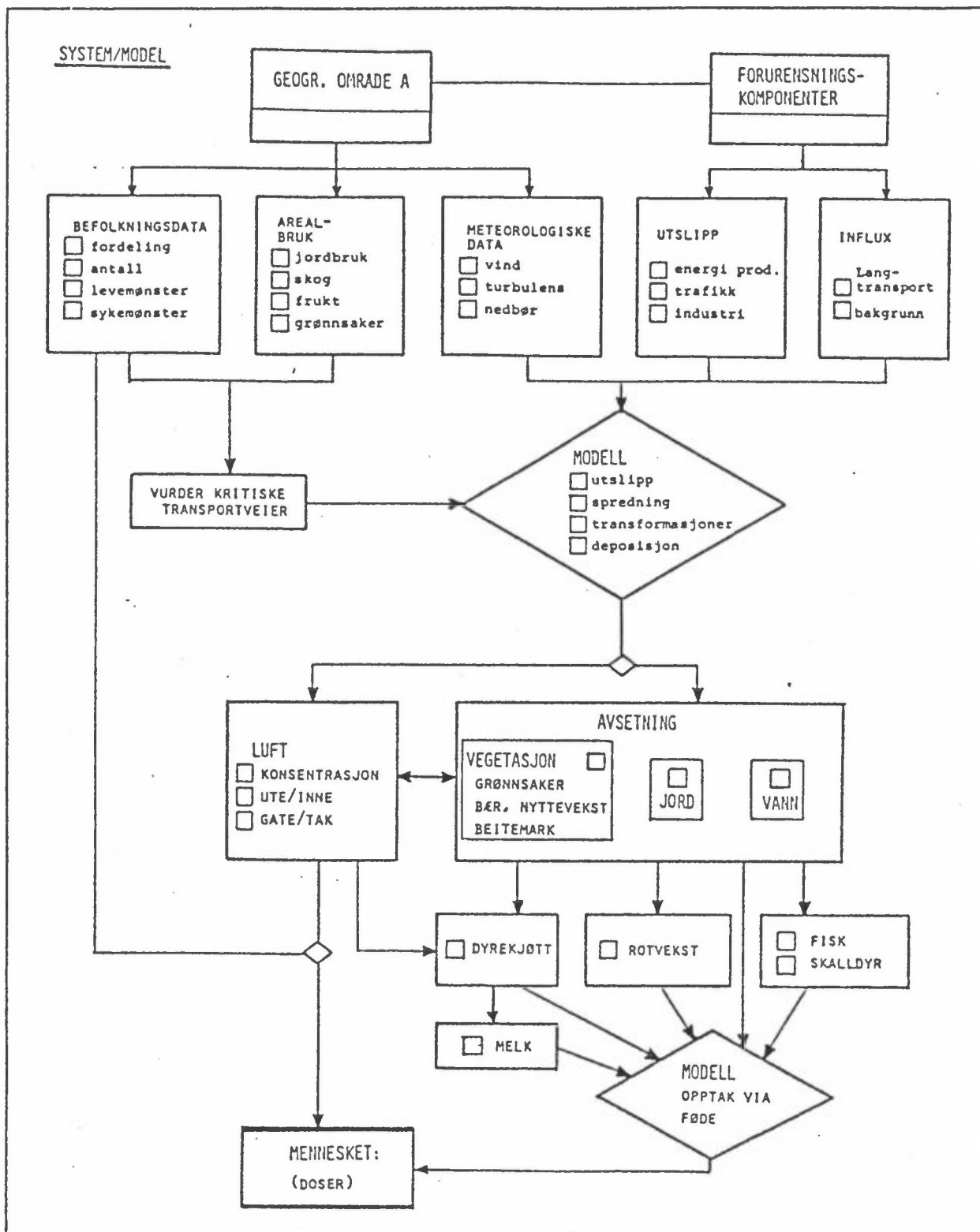
Målet med beregningene har vært å:

- etablere og demonstrere bruk av modeller for eksponering via matvarer
- estimere totaleksponering av bly i blod hos mennesker
- vurdere betydningen av inhalasjon i forhold til inntak via matvarer
- estimere forskjellige kildegrupperes relative betydning for befolkningseksponeringen i området

2 METODENE, MODELLENE

Eksponeringsberegningene er basert på såkalte kildeorienterte modeller; som med utgangspunkt i utslippsoversikter beregner transport, spredning og eksponering i miljøet. En prinsipp-skisse for beregning av eksponering via luft til mennesket er vist i figur 1. Modellenes oppbygging er avhengige av:

- Utslippenes egenskaper, sammensetning, toksisitet, etc.
- Kritiske transportveier, opptaksveier til menneske/miljø
- Fysiske og biologiske halveringstider
- Områdets skala og karakter



Figur 1: Prinsippskisse for beregning av forurensningsbelastningen via luft på mennesker.

Viktige deler i beregningene er:

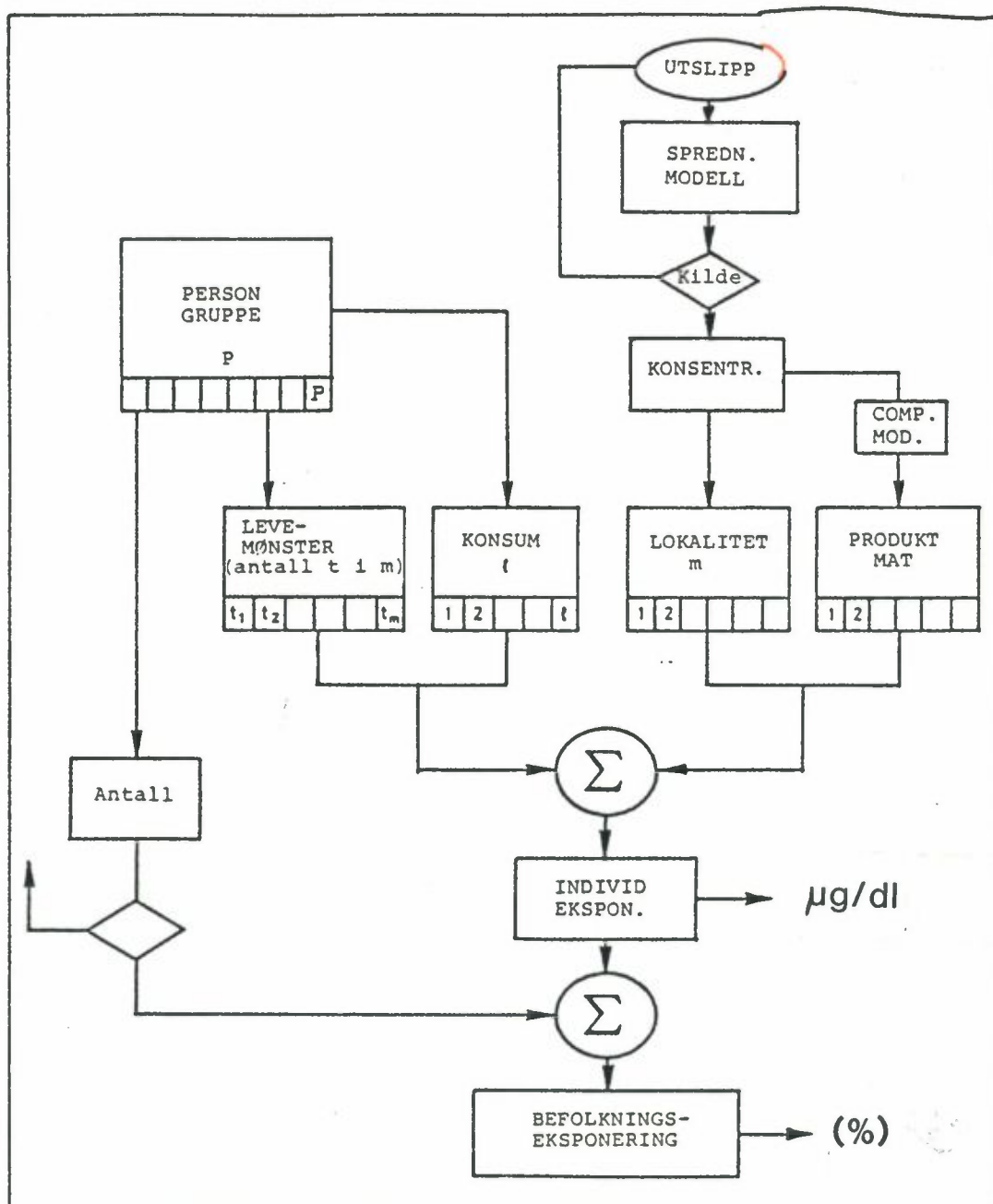
- Utslippsevaluering
- Spredning, transformasjon og deponisjon
- Befolkningsfordeling, levemønster
- Utendørs/innendørs miljø

Inngangsdataene til slike beregninger inneholder bl.a. informasjon om befolkningsfordeling, levemønster, arealbruk, forurensningskilder, meteorologiske spredningsforhold og bidraget fra langtransporterte forurensninger til området. Når dette er kjent er det flere måter å beregne befolkningseksponering på.

Vi har valgt å dele befolkningen i "persongrupper" gitt ved boområde, levemønster, spisevaner, røkere, voksne og barn, kvinner og menn, pensjonister, etc. (se Vedlegg A1). I hver av disse gruppene beregnes først en individeksponering.

Området er delt inn i en rekke typiske lokaliteter ("mikromiljø"), hvor middelkonsentrasjonen som resultat av alle kilder eller enkelte kildegrupper er beregnet eller målt (se Vedlegg A2). Inhalasjonsdelen av eksponeringen beregnes ut fra informasjon om levemønster (antall timer i de forskjellige "lokalitetene"). Fra konsum-data for de forskjellige persongrupper og estimerte konsentrasjoner i de forskjellige matvarer beregnes inntaket via føde.

Middelkonsentrasjonen av bly i blod hos enkeltpersoner i hver persongruppe beregnes deretter som summen av bidraget via inhalasjon og via inntaket i forskjellige matvarer. Denne middelkonsentrasjonen representerer en likevektsverdi integrert over en lang tid, og refereres ofte i litteraturen som "eksponeringen" (se lign. 2 nedenfor). En skisse av prosedyren for å beregne individeksponering og befolkningseksponering er vist i figur 2, og nærmere beskrivelse er gitt i de følgende kapitler.

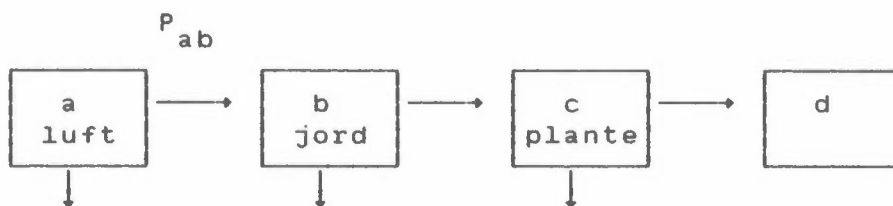


Figur 2: Prosedyre for beregning av befolkningseksposering som resultat av inhalasjon og opptak via matvarer.

3 EKSPONERING VIA MATVARER

3.1 Boksmodell for inntak via viktige matvarer

For å beregne blyinntaket via forskjellige matvarer, er det ved hjelp av enkle boksmodeller etablert sammenhenger ("overføringsfaktorer") mellom likevektskonsentrasjoner i de forskjellige media (luft, planter, jord, vann etc.).



Overføringsfaktoren som uttrykker hvordan nivået av forurensninger i boks b avhenger av likevektsnivået i boks a er gitt ved:

$$P_{ab} = E_b / E_a \quad (1)$$

der E_a er eksponeringen ("exposure commitment") (1).

$$E_a = \int_0^{\infty} C_a(t) dt \quad (2)$$

Etter at en stasjonær (konstant i tid) konsentrasjon, C_a^* , oppnås i en boks ved kontinuerlig utslipp, kan også overføringsfaktoren uttrykkes ved forholdet mellom likevektskonsentrasjonene:

$$P_{ab} = C_b^* / C_a^* \quad (3)$$

Det er også nyttig å definere en overføringskoeffisient, som er forholdet mellom inntaket, I , av forurensninger eller forholdet mellom de stasjonære fluksene, F^* :

$$P_{a'b'} = I_b / I_a = F_b^* / F_a^*$$

der inntaket er definert som:

$$I_b(T) = \int_0^T F_{ab}(t) dt \quad (4)$$

For å beregne eksponeringen i boks d som funksjon av likevektsskonsentrasjonen (eller langtidseksponeringen) i boks a har vi følgende enkle forhold:

$$E_d = P_{ab} P_{bc} P_{cd} E_a \quad (5)$$

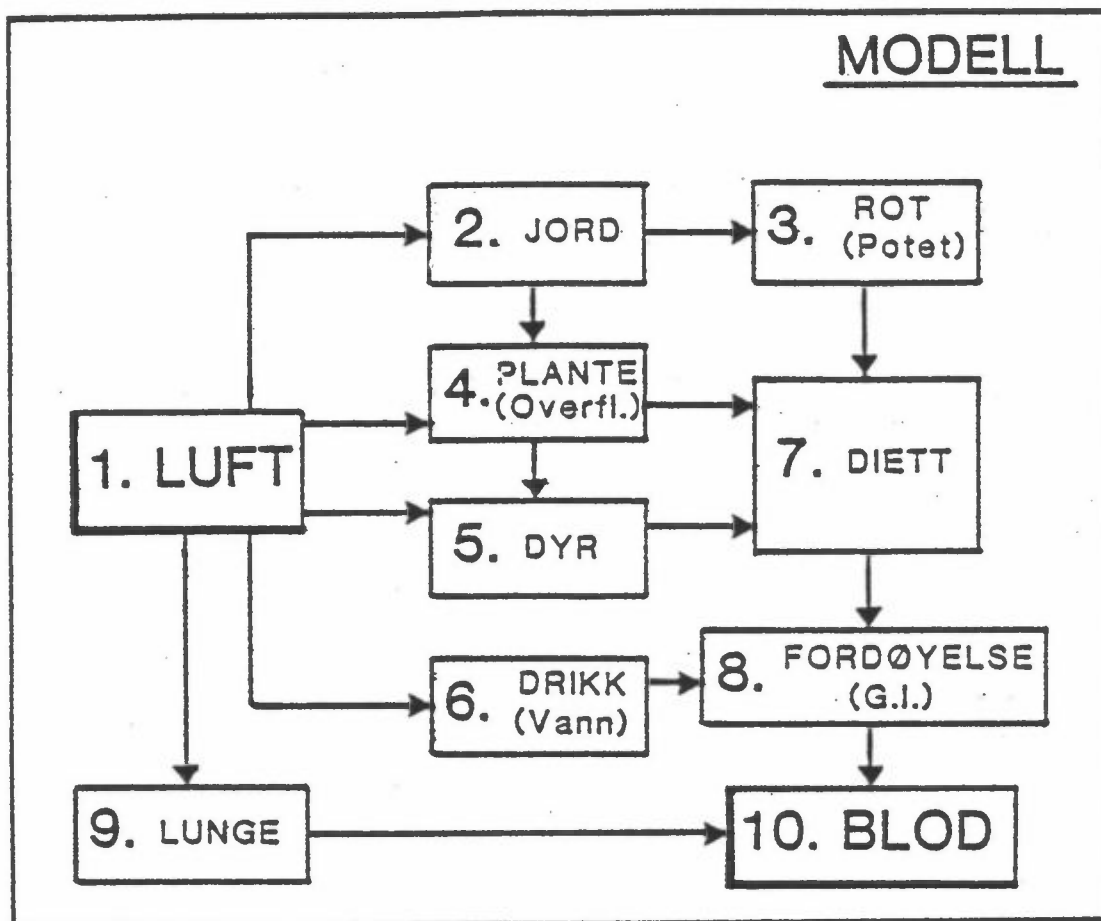
eller

$$C_d^* = P_{ab} P_{bc} P_{cd} C_a^*$$

Nærmere beskrivelse av metoden er gitt i MARC rapport 13 og 23 (1)(2).

For eksempelvis å beregne likevektsskonsentrasjonen av bly i blod må en kjenne langtidsmiddel-konsentrasjonen i luft og overføringsfaktorene til de media (matvarer + luft) en ønsker å beregne inntaket fra.

Oppbyggingen av en slik boksmoell for beregning av blykonsentrasjon i blod er vist i figur 3. Som det framgår av figur 3 er det ikke tatt hensyn til at bly i blod kan være i likevekt med blykonsentrasjonen i den øvrige del av kroppen (f.eks. ben), og at det kan være en fluks av bly fra ben til blod i tilfeller der eksponeringen forøvrig er lav.



Figur 3: Sammensetning av en enkel kvasistasjonær boksmoell for å beregne likevektsskonsentrasjon (årsmiddel) av bly i blodet hos utvalgte persongrupper, basert på estimerte luftkonsentrasjoner.

3.2 Grovsortering av inntaksveier

For å begrense omfanget av opptaksveier for bly til blod er det først foretatt en grovsortering av de viktigste opptaksveiene gjennom matvarer. Denne sorteringen er basert på tidligere kjente undersøkelser i Norge (3, 4, 5). Resultatet av en slik grovsortering, relevant for tettbygde strøk på Østlandet, er vist i tabell 1. Konsumtallene som er brukt er hentet fra diettundersøkelsen foretatt av Statistisk Sentralbyrå i 1976 og gjengitt bl.a. av SFT (3).

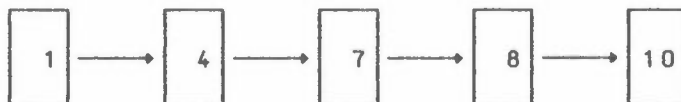
Tabell 1: Inntaket av bly fra en del viktige matvarer anslått på grunnlag av midlere konsentrasjoner og konsum i tettbygde strøk på Østlandet.

| Produkt | Midlere konsentrasjon (ppm) | Konsum (g/dag) | Konsum $\mu\text{g Pb/dag}$ |
|----------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Korn, mel, brød | 0.1 | 214 | 21.4 |
| Frukt, bær | 0.1 | 127 | 12.7 |
| Kjøtt | 0.1 | 105 | 10.2 |
| Melkeprodukter | 0.02 | 497 | 9.9 |
| Poteter | 0.05 | 182 | 9.1 |
| Grønnsaker (overfl.) | 0.02-0.05 | 28 | 0.9 |
| Fisk | 0.16 | 55 | 8.7 |

Av et beregnet totalinntak på 86 $\mu\text{g Pb}$ pr dag via matvarer, utgjør de angitte matvarene ca 85% av inntaket. Det resterende inntaket skyldes konsum av bl.a. "importerte" matvarer (se kapittel 3.9).

3.3 Kornprodukter (mel, brød)

For inntak av bly via kornprodukter har en vurdert følgende opptaksvei (se figur 3):



Følgende overføringsfaktorer er beregnet:

$$P_{14} = P_{14} \cdot P_{4,4}^* = (F_{14}^* / C_1^*) (C_4 / F_{14}) \quad (6)$$

$$F_{14}^* = V_{d4} C_1^* A \quad (7)$$

$$C_4^* = F_{14}^* \bar{T}_4 / M_4 \quad (8)$$

der $M_4 = PRB A \quad (9)$

Av ligningene (6) - (9) fås:

$$P_{14} = V_{d4} \bar{T} / PRB \quad (10)$$

der V_{d4} er avsetningshastighet av bly på korn ($V_d \sim 0.001 \text{ ms}^{-1}$), \bar{T}_4 er oppholdstiden for bly på korn ($\bar{T} \sim 30 \text{ d}$) og PRB er produksjon pr m^2 av korn ($PRB \sim 0.4 \text{ kg m}^{-2}$).

$$P_{47} = F_{47}^* / C_4^* = (M7 C_7^* / C_4^*) \quad (11)$$

Vi antar at $\sim 30\%$ av bly avsatt på overflaten av korn blir med kornproduktene i dietten ($C_7^* / C_4^* \sim 0.3$). $M7$ er konsum av kornprodukter og varierer fra en persongruppe til en annen. Hele "dietten" kommer til fordøyelsesorganene ($P_{7,8} = 1$). Forholdet mellom blyinntaket i blod og blyinntaket til fordøyelsesorganene ($P_{8,10}$) varierer fra 0.1 for voksne ikke-røkere til 0.5 for barn utsatt for passiv røking (6). Bennett (1) refererer en absorpsjon i blodet fra fordøyessystemet på 10% (0.1).

$$P_{10,10} = T_{10} / M_{10} \quad (12)$$

der T_{10} er residenstiden for bly i blod. Vanligvis settes denne til 23 dager, men i vår modell varierer T_{10} med det totale blynivået selv, noe som synes å bekreftes ved de bly-blod-målingene som er foretatt i Norge (6). Resultatet av eksponeringsberegningene blir da også i samsvar med Chamberlains undersøkelser av forholdet mellom lufteksponering og bly-blod-nivå (7). M_{10} er blodvolumet, som også varierer fra en persongruppe til en annen, avhengig av kroppsvekt, kjønn og alder. For et voksent menneske på ca 75 kg er blodvolumet ca 5 l. Bly-blod-konsentrasjonen gitt som funksjon av inntak via kornprodukter er nå gitt ved:

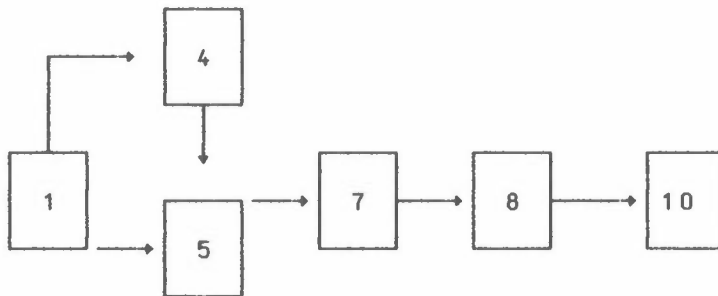
$$C_{10}^* = P_{14} P_{47} P_{7,8} P_{8,10} P_{10,10} C_1^* \quad (13)$$

3.4 Frukt og bær

For inntak av bly via frukt og bær har en vurdert samme opptaksvei som for kornprodukter (1-4-7-8-10). Avsetningshastigheten av bly på frukt og bær (lign. 7) er $V_{d4f} \sim 0.008 \text{ ms}^{-1}$, oppholdstiden for bly på frukt og bær er antatt å være: $\bar{T}_{42} \sim 15 \text{ d}$, produksjonen pr m^2 der hvor disse dyrkes $\text{PRC} \sim 0.4 \text{ kg m}^{-2}$ og halvparten av avsatt bly på frukt og bær blir spist ($P_{47} = C_7^* \text{M7C}/C_4^*$ der $C_7^*/C_4^* \sim 0.5$).

3.5 Kjøtt

For inntak av bly via kjøttprodukter er følgende opptaksveier vurdert (se figur 3):



Det finnes informasjon om blykonsentrasjoner i en del kjøttvarer i Østlandsområdet (3,4). Denne informasjonen er brukt direkte sammen med kunnskaper om midlere luftkonsentrasjoner over beiteområdene til å estimere P_{145} . En framtidig forbedring av modellen vil bestå i å foreta en detaljert beregning av blykonsentrasjon i foret og relatere dette til blykonsentrasjon i kjøtt. P_{157810} beregnes som angitt ovenfor (kap. 3.33.4).

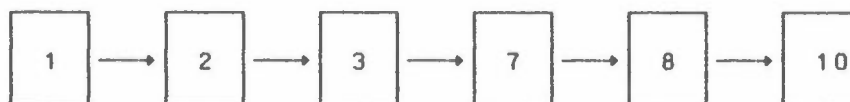
3.6 Melkeprodukter

Inntaksveiene for bly via melkeprodukter er i prinsippet de samme som for kjøtt. Det er heller ikke her foretatt en detaljert analyse luft-beitemark-melkeproduksjon. Dette kan i framtidig modellering utføres etter de modeller som anvendes ved

radioøkologiske vurderinger av f.eks. I-131 (8), uten at dette vil forbedre sluttresultatet for blyeksponeringen betydelig.

3.7 Rotvekster (potet)

Inntak av bly via rotvekster er beregnet via følgende opptaksveier (se figur 3).



Følgende overføringsfaktorer er beregnet:

$$P_{12} = C_2^*/C_1^* \quad (14)$$

$$C_2^* = F_{12}^* \bar{T}/M_2 \quad (15)$$

der jordsmonnets masse M_2 er gitt ved pløyedybde, d_2 , tettheten ρ_2 og arealet A_2

$$M_2 = d_2 \rho_2 A_2 \quad (16)$$

og den stasjonære fluksen av bly til jordsmonnet er gitt ved avsetningshastigheten ($V_{d2} \sim 0.005 \text{ ms}^{-1}$), luftkonsentrasjonen (C_1^*) og arealet A_2 :

$$F_{12}^* = C_1^* V_{d2} A_2 \quad (17)$$

Dette gir

$$P_{12} = V_{d2} \bar{T}/d_2 \rho_2 \quad (18)$$

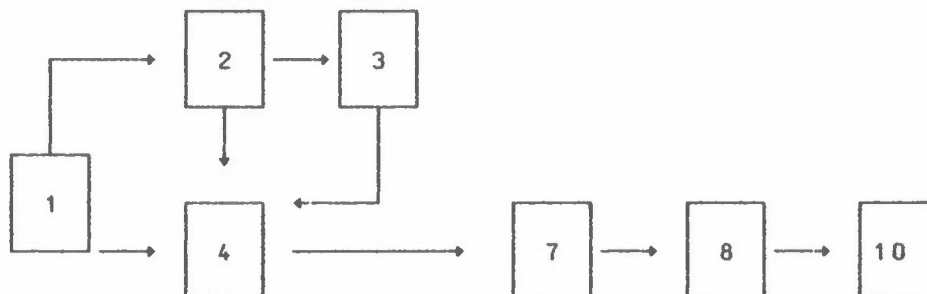
P_{23} er empirisk bestemt fra data om forholdet mellom målte blykonsentrasjoner i potet og i jordsmonn (3,4). Det ble tatt en rekke prøver av jordsmonn fra forskjellige deler av Sarpsborg-Fredrikstad-området. Disse er analysert ved NLH på Ås, men er ennå ikke rapportert.

Det ble videre antatt at 80% av bly optatt i rotvekster ble med disse i dietten ($P_{37} = 0.8 M7$) der M7 er konsum av rotvekster, som varierer fra én persongruppe til en annen.

$P_{7'8'10'10}$ beregnes her som angitt i kapitel 3.3.

3.8 Overflategrønnsaker (salat, etc.)

Inntak av bly i overflategrønnsaker er beregnet via følgende opptaksveier:



Overføringsfaktorene er:

P_{12} som gitt i lign. (18) og P_{14} som gitt i ligning (10).

P_{24} er estimert fra data om konsentrasjon av bly i overflategrønnsaker og jord. Denne faktoren er meget usikker og bør undersøkes nærmere for framtidig bruk. Det er heller ikke foretatt en nærmere analyse av opptaket fra luft via jord og rotvekster til blyinnhold i overflategrønnsakene (P_{1234}). Betydningen av denne opptaksveien vil avhenge sterkt av grønnsakstype. Da det gjennomsnittlige totalinntaket via overflategrønnsaker vanligvis representerer mindre enn 1% av totalinntaket, antas ovenfor nevnte usikkerheter ikke å ha avgjørende betydning for estimat av totaleksponering.

Det er videre antatt at $P_{47} \approx 0.5 M7F$, der M7F er konsum av overflategrønnsaker, som varierer fra én persongruppe til en annen. Konsumtallene som er brukt for alle matvarer er hentet

fra diettundersøkelser foretatt av Statistisk Sentralbyrå i 1976 og gjengitt bl.a. i SFT-rapport 8/80 (3).

3.9 "Andre" matvarer

Et problem i forbindelse med estimat av totaleksposeringen er å estimere inntaket fra "importerte" matvarer; produkter som ikke er utsatt for variasjoner i utslipp og forurensningsnivå i det aktuelle området. Clench-Aas et al. (6) har studert dette forholdet i to populasjonsgrupper i Sør-Norge. I Sørumsand, hvor befolkningen er utsatt for svært små blykonsentrasjoner i luft, lå blyinnholdet på 6.7 µg/dl hos menn, 3.9 µg/dl hos kvinner og 4.3 µg/dl hos barn. En såkalt "baseline blood lead level" for kvinner og barn ble beregnet til 2.5 - 2.9 µg/dl. Denne kan skyldes bl.a. importert frukt og boksmat. I begrepet andre matvarer har vi derfor lagt på et konstant konsum av produkter med et blyinnhold som gir et midlere inntak i kroppen på ~15 µg Pb/dag. I dette inntaket regner en også med de ca 20% av inntaket som det ikke er foretatt spesielle beregninger for. Dette inkluderer bl.a. drikkevann, som gir et lite bidrag (<1%) og fisk som er vanskelig å relatere til luftkvalitet.

4 EKSPONERING VIA INHALASJON

Innholdet av bly i blodet som resultat av inhalasjon av forurenset luft er i prinsippet behandlet på samme måte som for inntak via matvarer. Det er tatt hensyn til persongrupperes bevegelsesmønster, estimerte blykonsentrasjoner utendørs og innendørs.

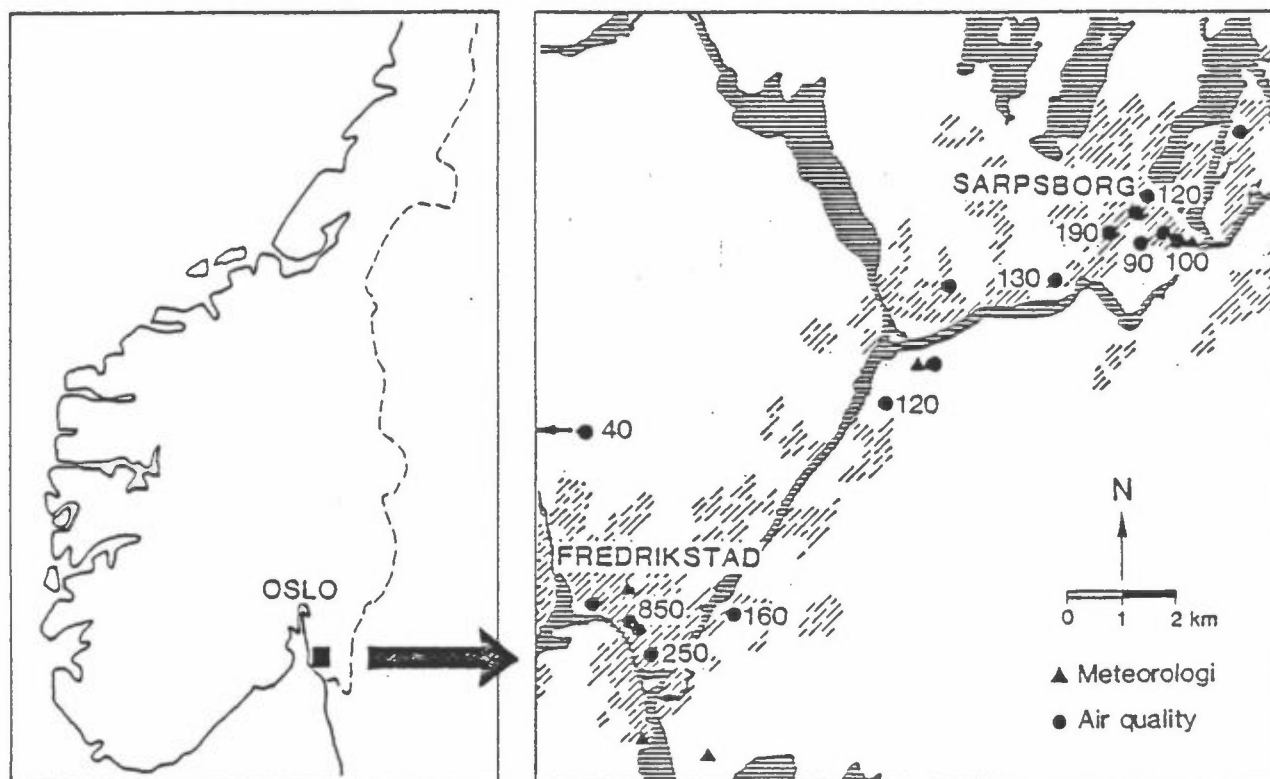
Middelkonsentrasjonen (eksposeringen) som en enkelt person utsettes for gjennom et år er gitt ved:

$$E_p = \frac{(\sum C_i t_i)}{\sum t_i} \quad (19)$$

der t_i er tiden brukt i hver aktivitet ("mikromiljø") og C_i er årsmiddelkonsentrasjonen i hvert av disse miljøene (inne, ute, arbeid, skole, etc.). De viktigste inngangsdataene til inhalasjonsberegningene er derfor luftkonsentrasjoner og tidsforbruk.

4.1 Luftkonsentrasjoner

Utendørs konsentrasjoner av bly er basert på målinger av luftkvalitet, i boligområder og i bakgrunnsatmosfære (9). Lokaliseringen av målestasjoner i området er vist i figur 4, hvor en også har angitt midlere blykonsentrasjoner for en vinter-sesong.



Figur 4: Lokalisering av målestasjoner i Sarpsborg-Fredrikstad området. Tallene angir målte middelkonsentrasjoner av bly (ng Pb/m³) vinteren 1981/82.

For en del av områdene, og for belastningen fra utvalgte kildegrupper, er konsentrasjonene estimert basert på spredningsberegninger (10).

Innendørskonsentrasjonene er estimert basert på:

- 1) målte konsentrasjoner i arbeidsmiljø og innendørs (11), (12), (13)
- 2) beregnete forhold mellom utendørs og innendørs konsentrasjoner (14), (15), (16)
- 3) modellberegninger som tar hensyn til fluksen av forurensninger inn og ut av bygninger, filtreringseffekter, avsetninger, produksjon innendørs etc. (17), (18).

Den sistnevnte metoden vil være den mest almengyldige for bruk i framtidige modelleringsstudier, men den krever et bedre kjennskap til de parametrene som inngår i modellen og som kan være karakteristiske for norske hustyper. Endringer av forureningsmengden (Q) innendørs er meget forenklet gitt for små partikler ($< \sim 2 \mu\text{m}$) ved uttrykket:

$$(dQ/dt) = (1 - F)qC_o - qC_i - kQ + S$$

der F = filtrering, q = luftvolum, k = utfellingshastighet, C_o = utendørskons., C_i = innendørskons. og S = kilder innendørs.

De beregnete årsmiddelkonsentrasjonene i 30 utvalgte mikromiljøer er gitt i tabell A2, Vedlegg A.

4.2 Levemønster

Antall timer en person bruker i forskjellige aktiviteter (inne, ute, i arbeid, sovende, etc.), er basert på data fra Statistisk sentralbyrå gjennom tidnyttingsundersøkelser (19) og data om befolkningen i Østfold (20). En del typiske aktivitetsmønster for utvalgte persongrupper i enkelte av miljøene er vist i tabell 2. Inndelingen i befolkningsgrupper er gitt i Vedlegg A1 og A3.

Tabell 2: Utendørs og innendørs aktivitetsmønster for en del utvalgte persongrupper i Sarpsborg-Fredrikstad (antall timer).

| Aktivitet | | Persontype *) | | | | |
|-----------|------------------|---------------|------|-------|------|------|
| | | XNFI | XNOK | YNUI | CNSJ | RNK |
| Utendørs | i byområde | 0.4 | 0.5 | - | - | - |
| | på fortau by | 0.5 | - | 0.5 | - | - |
| | langs vei | - | - | 1.0 | 1.0 | 0.5 |
| | i bostedsomr. | 0.4 | 2.0 | 1.0 | 4.0 | 2.0 |
| | i bakgrunnsomr. | 0.5 | 0.5 | - | 1.0 | 2.0 |
| Innendørs | i hjemmet | 15.2 | 15.0 | 18.0 | 14.0 | 19.0 |
| | på arbeid/skole | 4.9 | 5.0 | (1.5) | 4.0 | - |
| | forretn./restau. | 1.2 | 0.5 | 1.0 | - | 0.5 |
| | i bil/transport | 0.9 | 0.5 | 1.0 | - | - |

*) Koden for befolkningstyper er gitt i Vedlegg A1, eks.:

XNFI = voksen mann, bor i by, arbeid på fabrikk, ikke-røker
 XNOK = voksen mann, bor på landet, jobber på kontor, ikke-røker
 YNUI = voksen kvinne, "arbeidsledig", bor i by
 CNSJ = skolebarn i røkfritt hjem i bostedsområde
 RNK = pensjonist, ikke-røker, bor "på landet"

4.3 Bly-blod-konsentrasjon

Når ovenfor angitte data er kjente, kan konsentrasjonen av bly i blodet som resultat av opptak via inhalasjon beregnes ifølge figur 3:



Overføringsfaktorene er:

$$P_{110} = P_{19} \cdot P_{9'10} \cdot P_{10'10} \quad (20)$$

$$P_{19} = F_9^*/C_1^* = (\sum C_i Br_i Fr_i t_i) / \sum t_i C_i^* \quad (21)$$

der Br_i = pusteolum pr. tidsenhet, som varierer fra person til person. For en kontorarbeider er $Br_i \sim 20 \text{ m}^3/\text{d}$ for en aktiv kroppsarbeider $\sim 30 \text{ m}^3/\text{d}$. Fr_i = retensjon av bly i lungene (forholdet mellom innåndet og tilbakeholdt bly). Fr_i varierer mellom 0.30 for pensjonister til 0.60 for røkende kvinner og barn (for barn utsatt for passiv røking tyder data på at Fr kan bli hele 0.8).

$$P_{9'10} = F_{10}^*/F_9^* \sim 0.5 \quad (22)$$

I litteraturen angis den andelen av bly som kommer til blodet fra lungeopptaket til ~ 0.5 , (1,2).

$$P_{10'10} = C_{10}^*/F_{10}^* = \bar{T}_{10}/M_{10} \quad (23)$$

Som før nevnt er retensjonstiden av bly i blodet, \bar{T}_{10} , antatt å være en funksjon av blyinnholdet. Sammenhengen er empirisk bestemt på grunnlag av målinger i Norge (6) og i utlandet (7), (21), (23):

$$\bar{T}_{10} \approx a(1 + b/(C_{10}^* + 1)) \quad (24)$$

der a og b er bestemt til henholdsvis 14 og 4. For en bly-konsentrasjon på 4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ blir retensjonstiden ≈ 25 dager. Dette er i samsvar med litteraturen (1, 2, 7), og svarer til en halveringstid på 17 dager. Ved beregning av C_{10}^* i ligning (24) må en ta hensyn til den totale bly-blod-konsentrasjonen framkommet som summen av inhalert bly og bly gjennom matvarer.

Den endelige verdien av middelkonsentrasjonen av bly i blod bestemmes iterativt ved ligningene 6-13, 14-18, 20-24 og:

$$C_{10}^* = (P_{147810}' + P_{1457810}' + P_{1237810}' + P_{1247810}' + P_{1910}') * C_1^* \bar{T}_{10} / M_{10} \quad (25)$$

5 RESULTATER

Midlere likevektsskonsentrasjon av bly i blod (eksponeringen) er beregnet for 108 000 mennesker i Sarpsborg-Fredrikstad-området. Befolkningen er delt inn i 78 grupper (voksne, barn, menn, kvinner, røkere, ikke-røkere, fordelt på bosted, yrke, etc.) (se Vedlegg A1 og A3). Personene "beveger seg" i 30 forskjellige "miljøer" (innendørs, utendørs, gate, by, land, forretning, bil, arbeidsplass etc.) (se Vedlegg A2). Beregningene er utført spesifikt for utslipp av forurensninger fra 5 kildegrupper; biltrafikk, langtransport, industri, boligoppvarming og "andre", der "andre" representerer matvarer som ikke influeres av luftforurensninger i området. Total-eksponeringen og inhalasjonsandelen til hver befolkningsgruppe er beregnet. En tabell over resultater er vist i Vedlegg A4 og A5.

5.1 Inhalasjonsandelen

Den delen av blyeksponeringen som skyldes direkte inhalasjon av bly fra luftforurensningene, er spesielt undersøkt for forskjellige befolkningsgrupper for å illustrere hvor mye de to hoved-opptaksveiene betyr i forhold til hverandre.

Tabell 3 viser den delen av beregnet midlere blykonsentrasjon i blod (eksponeringen) (i %) som skyldes inhalasjon.

Tabell 3: Prosentvis andel bly i blodet som skyldes inhalasjon (luft-lunge-blod).

| | By | Land |
|-------------------------|---------|---------|
| Voksne menn | 11 - 28 | 6 - 15 |
| kvinner | 16 - 28 | 12 - 15 |
| Skolebarn | 15 - 18 | 6 - 7 |
| Pensjonister | 16 - 25 | 5 - 8 |
| Høyt eksp. industriarb. | 48 - 56 | 35 - 51 |
| bensinstasjon | ≈ 80 | - |
| taxisjåfør | ≈ 52 | - |

For voksne kvinner og menn, som ikke arbeider i industrien og dermed er yrkeseksponert, representerer inhalasjonen bare 11-28% av eksponeringen, om disse bor i byen, 6-15% om de bor på landet. Resten av blyeksponeringen til blod skriver seg fra opptak via matvarer. Mennesker som arbeider i industri, og dermed er utsatt for høyere blykonsentrasjoner i arbeidsmiljøet, får en større andel av totaleksponeringen til blod via inhalasjon (35-56%, avhengig av bl.a. bomiljø). Den gruppen som er beregnet å få mest bly via inhalasjon er en person som arbeider på en bensinstasjon eller en tankbil-sjåfør, hvor hele 80% av blyeksponeringen skyldes direkte inhalasjon.

5.2 Forholdet lufteksponering/bly-blod-konsentrasjon

Flere undersøkelser har vist en ikke-lineær sammenheng mellom lufteksponeringen og blod-bly-konsentrasjonen (6, 7, 14, 21). Laxen (21) antyder et enkelt forhold mellom opptak (F_{10}^*) og blod-bly-konsentrasjon (C_{10}^*):

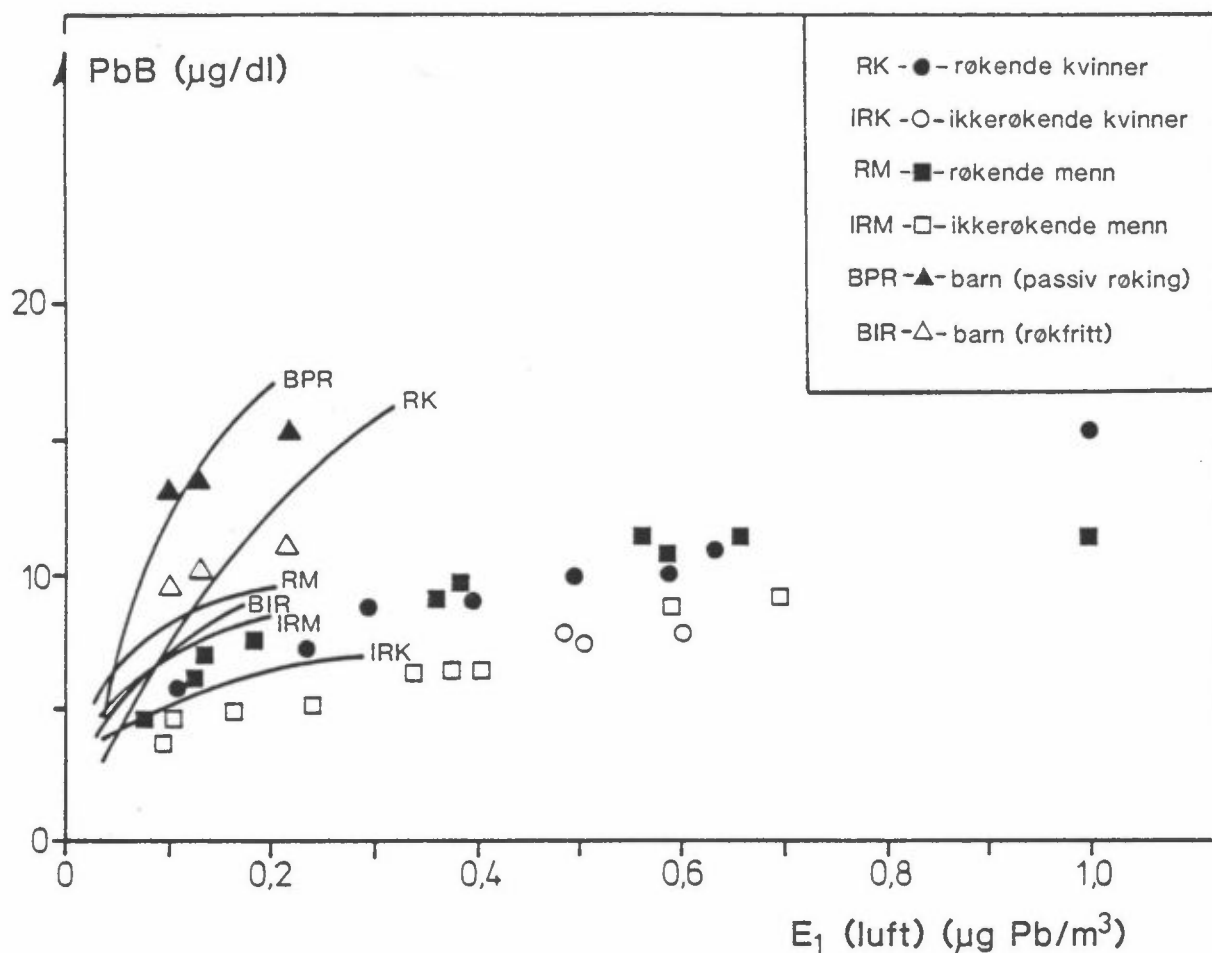
$$C_{10}^* = \text{PbB} = 2.83 (F_{10}^*)^{0.5} \quad (26)$$

Dette er også i samsvar med data fra målinger i Norge (22), som syntes å være på formen

$$\text{PbB} = C_{10}^* = a_i (\bar{C}_1^*)^p + C_o \quad (27)$$

der $\bar{C}_1^* = E_p$ gitt i ligning 19.

Vår modell for beregning av blykonsentrasjoner i blod gir heller ikke en lineær sammenheng mellom luftkonsentrasjon og bly-blod-konsentrasjon, bl.a. på grunn av den konsentrasjons-avhengige retensjonstiden for bly i blod (lign. 24). For å illustrere disse resultatene er de beregnede blod-bly-konsentrasjonene for utvalgte grupper av befolkningen presentert som funksjon av blykonsentrasjon (lufteksponering), E_p , i figur 5.



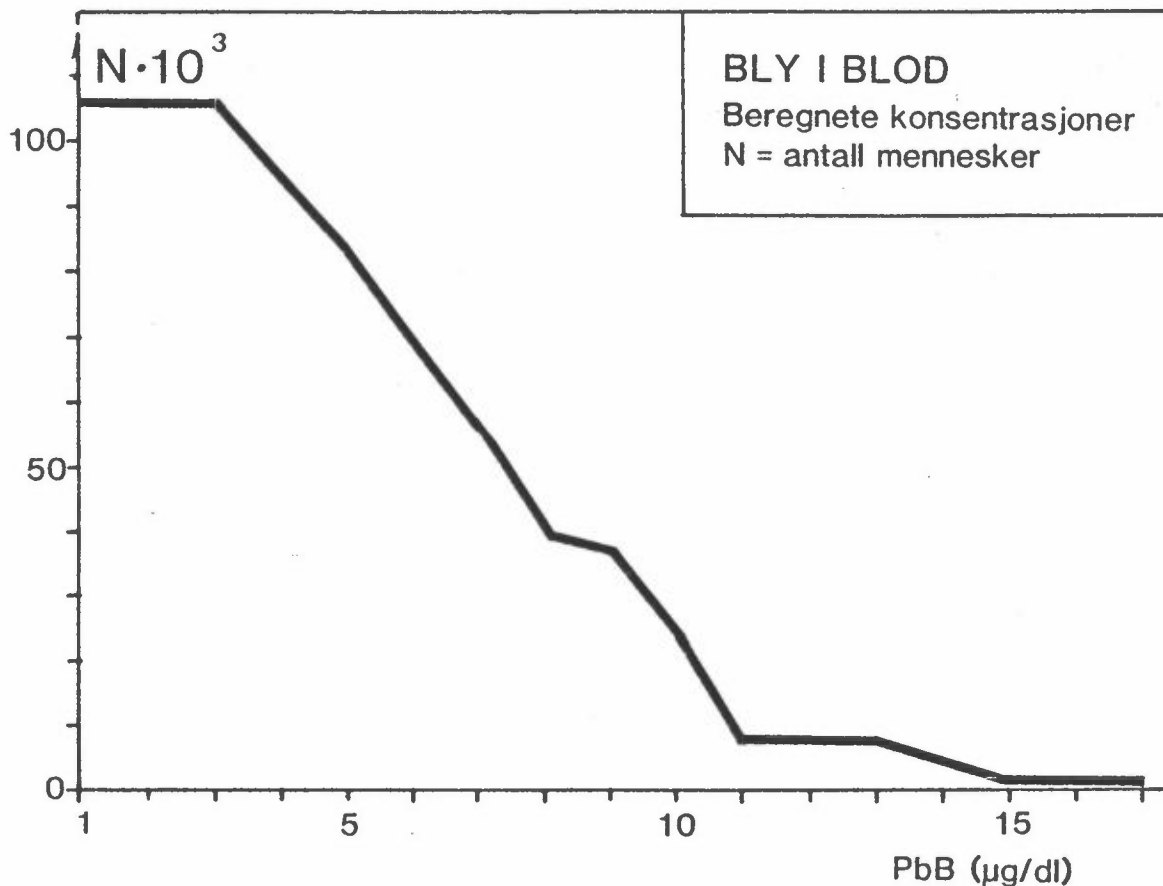
Figur 5: Blykonsentrasjon i blodet (PbB) (µg/dl) gitt som funksjon av luft-eksponeringen $E_p = (\int C_i t_i) / (\int t_i)$ (µg/m³) for utvalgte grupper av befolkningen i Sarpsborg-Fredrikstad. Kurvene angir midlere PbB-verdier målt i Holmestrand og Sørumsand. Punktene representerer modell-beregnete bly-blod-konsentrasjoner i Sarpsborg-Fredrikstad.

Beregningsresultatene synes å være i rimelig samsvar med resultater fra målte bly-blod-konsentrasjoner i Holmestrand og Sørumsand (6).

5.3 Befolkningseksponeringen

Basert på kjennskap til antallet personer i hver befolkningsgruppe og beregnet individeksponering, er befolkningseksponeringen beregnet. Beregningen er utført for alle forurensningskildene som bidrar til blyeksponeringen, og for en del ut-

valgte kildegrupper. Figur 6 viser antall personer med blyinnhold i blodet (PbB i $\mu\text{g}/\text{dl}$) over verdiene angitt på abscissen, som resultat av alle kildene til blyeksponering.

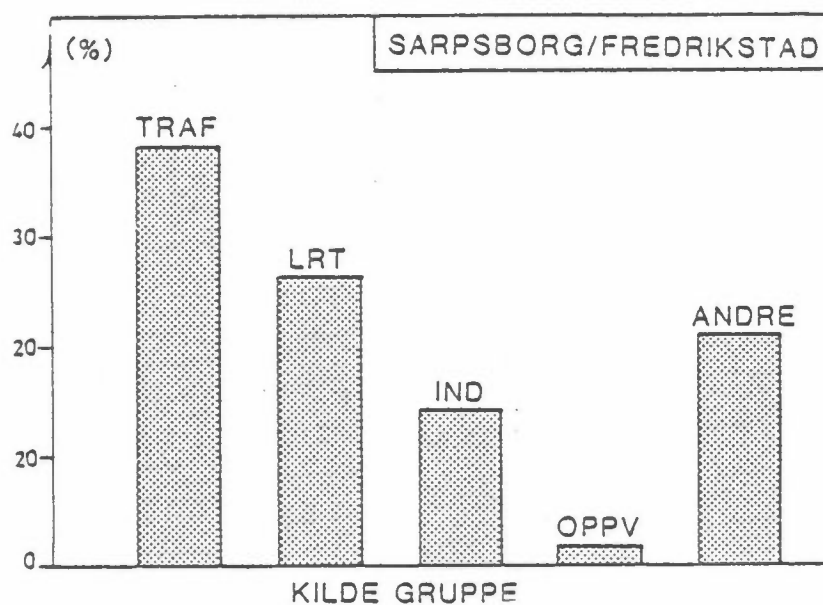


Figur 6: Antall personer i Sarpsborg-Fredrikstad-området med bly-blodkonsentrasjoner (PbB i $\mu\text{g}/\text{dl}$) over gitte verdier.

Modellberegningene viser at ca 50 000 mennesker eksponeres for blykonsentrasjoner i blod på mer enn 7 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Bare de som er knyttet til spesielle yrker, hvor luftkonsentrasjonen av bly er høy (f.eks. tankbilsjåfør) får blykonsentrasjoner over 15 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Det er antatt at dette gjelder maksimalt 50 personer. Dette er heller ikke alarmerende høye konsentrasjoner. Sannsynlighetsanalyser har vist at de laveste blykonsentrasjoner, hvor 10% av befolkningen kan forventes noen virkning av bly i blodet er: 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$ hos barn (anemi) og 28-63 $\mu\text{g}/\text{dl}$ hos voksne (hhv. nyreproblemer, anemi) (23).

5.4 Forurensningskildenes relative betydning

Kurver tilsvarende den vist i figur 5 for alle kildene til blyforurensning, kan også utarbeides for spesifikke kildegrupper. Konsentrasjonsberegningene er da basert på spredningsmodeller og målinger (9). Hvis vi integrerer disse kurvene, dvs. beregner en "befolkningseksposering" for hver enkelt kildegruppe, kan resultatet oppsummeres som vist i figur 7.



Figur 7: Kildegruppens relative andel (i %) av beregnet blykonsentrasjon i blod for befolkningen i Sarpsborg-Fredrikstad-området ("befolkningseksposering"):

- TRAF = biltrafikken i området
- LRT = langtransporterte forurensninger (kilder utenfor området)
- IND = industrienes bidrag (inkludert yrkeseksponering)
- OPPV = bolig-oppvarming, fyring etc.
- ANDRE = eksponering via matvarer som ikke produseres i området

Trafikkforurensningene i området bidro til 38% av blykonsentrasjonen til blod i hele befolkningen i området. Beregningene er representative for blykonsentrasjoner i luft pr 1981/82, altså før blyinnholdet i bensin ble redusert i september 1983. Langtransporterte forurensninger (bakgrunnsnivået over store

arealer hvor det dyrkes korn, poteter, matvarer) bidro til 26% av belastningen mens industrien bare representerte 14% av den beregnede belastningen. Resten skyldes hovedsakelig importerte matvarer.

6 USIKKERHETER OG VIDERE FORSKNINGSBEHOV

Beregningene som er presentert i denne rapporten representerer et første forsøk på å foreta beregninger av eksponering til menneskelige organer av toksiske metaller, der kilder, spredning, befolkningsdata, produksjons- og forbruksdata er inngangsparametre. Det er under arbeidet pekt på en rekke svakheter og usikkerheter ved slik modellering, uten at dette kan kvantifiseres før en omfattende usikkerhets- og følsomhetsanalyse er foretatt. Følgende bør imidlertid nevnes:

- Kildenes bidrag til konsentrasjonene i forskjellige miljø er for dårlig kjent (det er mulig å dele opp på flere kilder)
- Antakelse om "andre matvarer" er usikker
- Differensieringen i personmønster er for dårlig (personers leve- og matvaner i et utvalgt område bør kartlegges spesielt for oppgaven).

Det er dessuten ønskelig for framtiden å framskaffe:

- Bedre informasjon om fysisk/biologiske parametre (retensjonstider, absorpsjonskoeffisienter)
- Mer data om konsentrasjonen av bly i forskjellige "bokser" er ønskelig.

For kontroll av beregningene bør blyinnholdet i blod i en utvalgt befolkning faktisk måles i det aktuelle området.

Beregningene kan også forbedres ved at man i framtiden starter med eksponeringsmodellen som utgangspunkt, og gjennom et måleprogram framskaffer de nødvendige inngangsdata.

Det har i Sarpsborg-Fredrikstad også vært arbeidet med en modell for kadmiumeksponeringen. Dette arbeidet er imidlertid ikke ført til veis ende, idet for mange ukjente faktorer gjenstår å bestemme. Modellen vil se annerledes ut enn den som er presentert for bly fordi bl.a. bruk av handelsgjødsel, opptak i rotvekster og røkevaner får mye større betydning. Cd-konsentrasjoner i luft er ikke kartlagt i samme omfang som for bly, og dessuten har det ikke vært mulig å få fram informasjon om kildene (mengder, utslippspunkter etc) til Cd-utslippene. Før dette arbeidet er utført, er det ikke mulig å gjennomføre fullstendige eksponeringsberegninger.

7 REFERANSER

- (1) Bennett, B.G. Exposure commitment assessments of environmental pollutants. Univ. of London 1981 (MARC Rep. no. 23).
- (2) O'Brian, B.J. The exposure commitment method with application to exposure of man to lead pollution. Univ. of London 1979 (MARC Rep. no. 13).
- (3) Mathiesen, B. Inntak av bly, kadmium og kvikksølv fra næringsmidler. Oslo 1980. (SFT-rapport nr 8/80.)
- (4) Havre, G.N.
Underdal, B. Lead contamination of vegetation grown close to roads, Acta Agric Scan., 26, 18-24 (1976).
- (5) Ramslo, R.
Syversen, T. Materialstrømanalyse av bly. Forprosjekt, Oslo 1980. (SFT-rapport nr 11/80.)
- (6) Clench-Aas, J.
Thomassen, Y.
Levy, F.
Skaug, K. Blood lead - a function of both vehicular emissions and smoking. Lillestrøm 1984. (NILU OR 43/84.)

- (7) Chamberlain, A.C. Effect of airborne lead on blood lead. Atmos. Env., 17, 677-692 (1983).
- (8) Sivertsen, B. Radioøkologiske vurdering. Tørr-avsetning av I-131 i beitesesongen, Kjeller 1973. (NILU TN 61/73.)
- (9) Hagen, L.O. Basisundersøkelse i Sarpsborg-Gram, F. Fredrikstad 1981-83, Sluttrapport og Delrapport A: Målinger av meteorologi og luftkvalitet. Haugsbakk, I. Lillestrøm juni 1984. (NILU OR 28/84.)
Haagenrud, S.E.
Sivertsen, B.
- (10) Grønskei, K.E. Basisundersøkelse i Sarpsborg-Gram, F. Fredrikstad 1981-83, Delrapport D: Sammenhengen mellom utslipp og forureningskonsentrasjoner i området - spredningsberegninger. Lillestrøm august 1984. (NILU OR 41/84.)
- (11) Thomassen, Y. Blyeksponering hos drosjesjåfører i Olsen, H. Oslo 1980. (Yrkeshygienisk Solberg, K. Institutt rapport HD 819/80).
Hanssen, J.E.
- (12) Røyset, O. Måling av alkylblyforbindelser i Thomassen, T. luft i Oslo 1983. Oslo 1983, (Arbeidsmiljøkonsult rapport).
- (13) Borenstein, S. Bly hos barn, en studie over barns Lund-Kvernheim, A. blybelastninger i urbaniserte strøk Olsvik, Ø. i Norge. Oslo 1979 (Yrkeshygienisk Sommer, S. Institutt rapport).
- (14) Dockery, D.W. Indoor-outdoor relationships of Spengler, J.D. respirable sulfates and particulates Atm. Env., 15, 335-343, 1981.
- (15) Larssen, S. Luftforurensninger ute og inne ved Strømsveien 20, Oslo. Lillestrøm 1981 (NILU OR 18/81.)
- (16) Yocom, J.E. Indoor-outdoor air quality relationships. A Critical Review. J.A.P.C.A., 32, 500-520, 1982.

- (17) Calder, K.L. A numerical analysis of the protection afforded by buildings against BW aerosol attack. Maryland 1957 (BWL Tech. Study no. 2).
- (18) Pacyna, J.M.
Sivertsen, B. Exposure of lead entering human body through inhalation. Lillestrøm 1982 (NILU TR 1/82).
- (19) SSB Tidsnyttingsundersøkelsen 1971-72 Hefte I (1975), Hefte II (1974). (Norges offisielle statistikk A 662 og A 692.)
- (20) SSB Statistisk fylkeshefte 1980, Østfold, Oslo 1979, (Norges offisielle statistikk B 51).
- (21) Laxen, D.P.H. A curved response to lead pollution. Int. Conf. Heavy Metals in the environment. Heidelberg - Sept. 1983.
- (22) Sivertsen, B. Fordeling av kjemikalier i miljøet - eksponering. Seminar om risikoanalyse, Kongsberg 1983, (NILU F 41/83.)
- (23) O'Brian
Smith, S.
Coleman, D.O. Lead pollution of the global environment. Univ. of London 1980 MARC Rep. no. 16-18).

VEDLEGG A

Inndeling av befolkningen og "mikromiljøene"

A1: Kode for befolknings-gruppering

- 1. PERSONAL:
 - (A - ADULT)
 - B - BABY (<5 YEARS)
 - C - CHILD (5-16 YEARS)
 - R - RETURNED
- 2. SEX:
 - X - MALE
 - Y - FEMALE
- 3. SMOKING HABITS:
 - M - SMOKER (ALSO PASSIVE)
 - N - NON SMOKER
- 4. OCCUPATION:
 - U - UNEMPLOYD
 - E - EMPLOYD VARIOUS
 - F - EMPLOYD FACTORY
 - O - EMPLOYD OFFICE
 - S - SCHOOL
 - D - "DIRTY" INDUSTRY
- 5. LIVING:
 - I - CITY
 - J - SUBURBAN AREA
 - K - RESIDENTIAL AREA
- 6. SPECIALTIES:
 - G - GROW FRUIT/VEGETABLES
 - L - JOGGING ALONG ROADS
 - V - VEGETARIAN
 - H - ONLY INDOOR
 - P - COMMUTING

Eksempel:

XMFI = Voksen mann, røker, fabrikkarbeider som
bor i by.

A2: Mikromiljøer

| | Middel- konsentrasjon ($\mu\text{g Pb}/\text{m}^3$) |
|--|---|
| ENVIRONMENT TYPE: | |
| CSA(1) - CITY SIDEWALK LOW POLL. | .102 |
| CSA(2) - CITY SIDEWALK MEDIUM POLL. | .422 |
| CSA(3) - CITY SIDEWALK HIGH POLL. | .623 |
| CSA(4) - SUBURBAN SIDEWALK | .125 |
| CSA(5) - SUBURBAN MEDIUM POLL. AREA | .145 |
| CSA(6) - SUBURBAN OPEN AREA. LOW POLL | .102 |
| CSA(7) - RESIDENTIAL "POLLUTED" | .102 |
| CSA(8) - RESIDENTIAL CLEAN | .051 |
| CSA(9) - ALONG HIWAY <10M | .472 |
| CSA(10) - ALONG HIWAY 10-50M | .222 |
| CSA(11) - ALONG SMALL ROAD <10M | .172 |
| CSA(12) - INDUSTRIAL AREA LOW POLL. | .110 |
| CSA(13) - INDUSTRIAL AREA MEDIUM POLL. | .120 |
| CSA(14) - INDUSTRIAL AREA HIGH POLL. | .201 |
| CSA(15) - BACKGROUND AREA | .030 |
| CSA(16) - NONSMOKERS HOME IN CITY | .230 |
| CSA(17) - NONSMOKERS HOME SUBURBAN | .085 |
| CSA(18) - NONSMOKERS HOME RESIDENTIAL | .037 |
| CSA(19) - SMOKERS HOME IN CITY | .231 |
| CSA(20) - SMOKERS HOME SUBURBAN | .085 |
| CSA(21) - SMOKERS HOME RESIDENTIAL | .037 |
| CSA(22) - STORE/RESTAURANT | .222 |
| CSA(23) - PARKING GARAGE | 2.022 |
| CSA(24) - WORKING PLACE OFFICE/SCHOOL | .129 |
| CSA(25) - WORKING PLACE WORK SHOP | 1.100 |
| CSA(26) - WORKING PLACE INDUSTRY | 2.100 |
| CSA(27) - WORKING PLACE POLL. INDUSTRY | 5.100 |
| CSA(28) - PRIVATE CAR | 2.526 |
| CSA(29) - BUS/TRAIN | 1.526 |
| CSA(30) - BICYCLE | .423 |

A3: Data om forbruk av matvarer (g/dag), samt fysiske størrelser som varierer fra individ til individ.

MA = potet
 MB = kornprodukter
 MC = frukt/bær
 MD = kjøtt
 ME = melk
 MF = melk
 BRJ = pusteolum ($m^3 d^{-1}$)
 MIO = blod volum (l)
 MN = antall personer i gruppen
 FR = retensjon i lunge
 RF = absorpsjon inntak mat/blod

| | MA | MB | MC | MD | ME | MF | BRJ | MIOJ | MN | FR | RF |
|--------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|-----|-----|
| XNFI | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 30. | 60. | 2100. | .35 | .10 |
| XNFJ | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 30. | 60. | 3000. | .35 | .10 |
| XNFK | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 30. | 60. | 300. | .35 | .10 |
| XNOIL | 180. | 230. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 2900. | .35 | .10 |
| XNOJ | 180. | 230. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 2000. | .35 | .10 |
| XNOK | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 900. | .35 | .10 |
| XNEI | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 1100. | .35 | .10 |
| XNEJ | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 1400. | .35 | .10 |
| XNFKP | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 900. | .35 | .10 |
| XNOKP | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 1200. | .35 | .10 |
| XNEJP | 190. | 240. | 50. | 120. | 420. | 80. | 30. | 60. | 1200. | .35 | .10 |
| XNUI | 180. | 250. | 50. | 90. | 480. | 80. | 30. | 60. | 600. | .35 | .10 |
| XNUJ | 180. | 250. | 50. | 90. | 480. | 80. | 30. | 60. | 600. | .35 | .10 |
| XNUK | 180. | 250. | 50. | 90. | 480. | 80. | 30. | 60. | 600. | .35 | .10 |
| XMFI | 200. | 250. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 1600. | .50 | .15 |
| XMFI | 200. | 250. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 2300. | .50 | .15 |
| XMFK | 200. | 250. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 200. | .50 | .15 |
| XMOI | 180. | 230. | 50. | 120. | 420. | 80. | 25. | 50. | 2100. | .50 | .15 |
| XMOJ | 180. | 230. | 50. | 120. | 420. | 80. | 25. | 50. | 1500. | .50 | .15 |
| XMOK | 180. | 230. | 50. | 120. | 420. | 80. | 25. | 50. | 600. | .50 | .15 |
| XMEI | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 900. | .50 | .15 |
| XMEJ | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 1100. | .50 | .15 |
| XMFKP | 190. | 240. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 600. | .50 | .15 |
| XMOKP | 190. | 230. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 1000. | .50 | .15 |
| XMEJP | 200. | 250. | 50. | 120. | 480. | 80. | 25. | 50. | 1000. | .50 | .15 |
| XMUI | 180. | 260. | 50. | 90. | 480. | 80. | 25. | 50. | 400. | .50 | .15 |
| XMUJ | 180. | 260. | 50. | 90. | 480. | 80. | 25. | 50. | 400. | .50 | .15 |
| XMUK | 180. | 260. | 50. | 90. | 480. | 80. | 25. | 50. | 400. | .50 | .15 |
| YNFI | 130. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1100. | .40 | .10 |
| YNFJ | 130. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 900. | .40 | .10 |
| YNFK | 130. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 300. | .40 | .10 |
| YNOI | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 2400. | .40 | .10 |
| YNOJ | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1200. | .40 | .10 |
| YNOK | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 900. | .40 | .10 |
| YNEIL | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .40 | .10 |
| YNEJ | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 900. | .40 | .10 |
| YNFKP | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .40 | .10 |
| YNOKP | 120. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1200. | .40 | .10 |
| YNEJP | 140. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .40 | .10 |
| YNUI | 110. | 150. | 50. | 70. | 360. | 60. | 20. | 40. | 5600. | .40 | .10 |
| YNUJ | 110. | 160. | 50. | 70. | 360. | 60. | 20. | 40. | 2500. | .40 | .10 |
| YNUK | 110. | 160. | 50. | 70. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1600. | .40 | .10 |
| YMFI | 140. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 900. | .60 | .15 |
| YMFJ | 140. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .60 | .15 |
| YMFK | 140. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 200. | .60 | .15 |
| YMOI | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1600. | .60 | .15 |
| YMOJ | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 800. | .60 | .15 |
| YMOK | 120. | 140. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .60 | .15 |
| YMEIL | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 80. | 20. | 40. | 400. | .60 | .15 |
| YMEJ | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 600. | .60 | .15 |
| YMOKP | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 400. | .60 | .15 |
| YMOKP | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 800. | .60 | .15 |
| YMEJP | 130. | 150. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 400. | .60 | .15 |
| YMUI | 110. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 3400. | .60 | .15 |
| YMUJL | 110. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 1500. | .60 | .15 |
| YMUK | 110. | 160. | 50. | 90. | 360. | 60. | 20. | 40. | 900. | .60 | .15 |
| CNSI | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 6000. | .60 | .30 |
| CNSJ | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 5000. | .60 | .30 |
| CNSK | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 2000. | .60 | .30 |
| BNI | 50. | 100. | 20. | 20. | 400. | 30. | 20. | 15. | 3000. | .60 | .50 |
| BNJ | 50. | 100. | 20. | 20. | 400. | 30. | 20. | 15. | 1500. | .60 | .50 |
| RNI | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 2000. | .30 | .10 |
| RNJ | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 2000. | .30 | .10 |
| RNK | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 1500. | .30 | .10 |
| RNXH | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 4000. | .30 | .10 |
| RMI | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 1000. | .50 | .12 |
| RHJ | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 1500. | .50 | .12 |
| RMK | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 500. | .50 | .12 |
| RMKH | 70. | 150. | 30. | 50. | 100. | 40. | 16. | 40. | 4000. | .50 | .12 |
| CMSI | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 3000. | .80 | .50 |
| CMSJ | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 2500. | .80 | .50 |
| CMSK | 100. | 230. | 30. | 80. | 550. | 40. | 25. | 30. | 1000. | .80 | .50 |
| BMI | 50. | 100. | 20. | 20. | 400. | 20. | 20. | 15. | 1000. | .80 | .50 |
| BMJ | 50. | 100. | 20. | 20. | 400. | 20. | 20. | 15. | 500. | .80 | .50 |
| XNOIA | 200. | 250. | 50. | 130. | 480. | 60. | 30. | 60. | 50. | .35 | .10 |
| XMFIT | 190. | 230. | 50. | 130. | 480. | 60. | 30. | 60. | 30. | .45 | .15 |
| XNEJGV | 250. | 200. | 100. | 0. | 500. | 400. | 30. | 50. | 100. | .35 | .10 |
| YNOJGV | 250. | 200. | 100. | 0. | 500. | 400. | 25. | 40. | 100. | .40 | .10 |

A4: Totaleksponering (dvs. antall mennesker (NI) som belastes av blykonsentrasjoner i blod (E10) mellom angitte grenser (i µg/dl).

| E10 | TOTE | NI | ΣNI | DIFF |
|--------------|----------------|----------------|---------|---------|
| 0. - 1. | 0. | 0. | 0. | 108680. |
| 1. - 2. | 0. | 0. | 0. | 108680. |
| 2. - 3. | 0. | 0. | 0. | 108680. |
| 3. - 4. | 49172. | 14000. | 14000. | 94680. |
| 4. - 5. | 44859. | 9900. | 23900. | 84780. |
| 5. - 6. | 87770. | 16200. | 40100. | 68580. |
| 6. - 7. | 63331. | 9700. | 49800. | 58880. |
| 7. - 8. | 139652. | 19000. | 68800. | 39880. |
| 8. - 9. | 16378. | 1900. | 70700. | 37980. |
| 9. - 10. | 143024. | 14800. | 85500. | 23180. |
| 10. - 12. | 175276. | 16230. | 101730. | 6950. |
| 12. - 14. | 0. | 0. | 101730. | 6950. |
| 14. - 16. | 104250. | 6900. | 108630. | 50. |
| 16. - 18. | 0. | 0. | 108630. | 50. |
| 18. - 20. | 904. | 50. | 108680. | 0. |
| 20. - 30. | 0. | 0. | 108680. | 0. |
| 30. - 40. | 0. | 0. | 108680. | 0. |
| 40. - 50. | 0. | 0. | 108680. | 0. |
| > 50. | 0. | 0. | 108680. | 0. |
| TOTAL | 824616. | 108680. | | |

**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH**

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)

POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE

| | | | |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| RAPPORTTYPE Oppdragsrapport | RAPPORTNR. OR 39/84 | ISBN-82-7247-508-1 | |
| DATO AUGUST 1984 | ANSV. SIGN. <i>Sivertsen</i> | ANT. SIDER 40 | PRIS kr 30,00 |
| TITTEL Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Delrapport E: Beregning av blyeksponering. | | PROSJEKTLEDER B. Sivertsen | |
| | | NILU PROSJEKT NR. 0-8165 | |
| FORFATTER(E) Bjarne Sivertsen | | TILGJENGELIGHET A | |
| | | OPPDRAUGSGIVERS REF. | |
| OPPDRAUGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn | | | |
| 3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Eksponeringsberegning. bly | | Sarpsborg- Fredrikstad | |
| REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Det er ved hjelp av enkle boksmodeller foretatt beregninger av midlere blykonsentrasjon i blod hos befolkningen i Sarpsborg-Fredrikstad. Resultatene viser at for mennesker i byen skriver 11-28% av eksponeringen seg fra direkte inhalasjon, (på landet 6-15%), mens de resterende 72-94% kommer via matvarer. Biltrafikken representerer det største kildebidraget (ca 38%). | | | |

| |
|--|
| TITLE Estimates of blood-lead-exposure in the Sarpsborg-Fredrikstad population |
| ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) Average lead concentrations in blood was estimated from simple quasi stationary compartment models. People living in the city areas of Sarpsborg-Fredrikstad receive 11-28% of the blood exposure from direct inhalation. In residential areas only 6-15% of the lead is due to inhalation. The remaining exposure is due to intake of food. Automobile traffic represent ~38% of the total population exposure in the area. |

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