

NILU OR : 57/93
REFERANSE : O-92097
DATO : DESEMBER 1993
ISBN : 82-425-0528-4

**Beregning av
eksponeringsnivå for
Benzo-a-pyren i fire
kommuner for perioden
1953-1981**

Dag Tønnesen

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	3
2 METODE	3
3 BEREGNING AV KONSENTRASJONSINDEKSER	5
4 BEREGNING AV UTSLIPP, 1953-1981	8
5 BELASTNING AV BENZO-A-PYREN.....	11
6 REFERANSER	14
VEDLEGG A: Beregningspunkter i kommunene	15
VEDLEGG B: Meteorologiske forhold, frekvensmatriser .	20

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra "Effektstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge" beregnet eksponeringsnivå av Benzo-a-pyren (BaP) ved bosteder i fire kommuner, Høyanger, Sunndal, Vefsn og Årdal, med vekt på perioden 1953-1981. Eksponeringsnivået er beregnet som årsmiddelkonsentrasjoner for grunnkretser i kommunene. Beregningene bygger i stor grad på målinger av PAH-konsentrasjoner, inkludert BaP, og målinger av meteorologiske forhold utført i 1981-82. Beregningsmetoden som er anvendt forutsetter at de målte vindforholdene i 1981-82 var representative for området. Utslippsdata er gitt fra aluminiumverkene. Utslippsdataene er gitt dels som PAH-utslipp, dels som tjæreutslipp, og dels beregnet fra årsproduksjon. I beregning av historiske utslipp er det lagt vekt på når endringer i teknologi og rensetiltak er gjennomført. Beregningsresultatene viser forholdsvis stor variasjon i rom og tid innenfor enkeltkommunene, og også stor variasjon kommunene imellom. Høyeste beregnede årsmiddelkonsentrasjon av BaP var 44 ng/m^3 for beregningskrets 1 i Årdal kommune. Laveste årsmiddelkonsentrasjon er null, idet endel kretser i kommunene ble betegnet som ueksponerte.

BEREGNING AV BENZO-A-PYREN I FIRE KOMMUNER FOR PERIODEN 1953-1981.

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra "Prosjekt for effektstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge" (Effektstudien) beregnet eksponeringsnivå av Benzo-a-pyren (BaP) ved bosteder i fire kommuner. Beregnet eksponeringsnivå av BaP for perioden 1953-1981 skal anvendes i delprosjektet "Kreftrisiko i norsk aluminiumindustri". Beregningene er utført for grunnkretser i kommunene Høyanger, Sunndal, Vefsn og Årdal. Beregningene er utført på grunnkrets nivå. Detaljeringsnivået i beregningene er tilpasset detaljeringsnivået i kreftregisteret, folketellingsdataene og utslippsoversikter.

2 METODE

Målsettingen med beregning av BaP-konsentrasjoner for kreftundersøkelsen er å få inndelt kommunens innbyggere i grupper med innbyrdes ulik eksponering. Det er viktigere at gruppene er ulike med hensyn til eksponering, enn at eksponeringen er nøyaktig bestemt. Følgende metode er benyttet:

Ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodeller (Bøhler, 1987) er konsentrasjonsindekser (k) for representative steder i grunnkretsene beregnet. Inngangsdata for spredningsmodellen har vært meteorologiske forhold i perioden 1981-82 og emisjonsdata av PAH fra samme periode. Konsentrasjonsindeksene er beregnet som forholdet mellom årsmiddelkonsentrasjonen i grunnkretsen og årsmiddelkonsentrasjonen på NILUs målested i kommunen for målinger utført i 1981-82. (Thrane et al. 1983). Videre er det framskaffet emisjonsdata for perioden 1953-1980 (E_x).

Årsmiddelkonsentrasjonen for målestedene er så beregnet etter formelen (1) nedenfor

$$C_x = C_{1981} \cdot (E_x / E_{1981}). \quad (1)$$

For beregningspunktene i grunnkretsene er årsmiddelkonsentrasjonene beregnet etter formel (2).

$$C_{x \text{ krets}} = C_x \cdot k_{\text{krets}} \quad (2)$$

Metoden forutsetter at meteorologiske data fra perioden 1981-82 er representative for området.

I Årdal var det to målestasjoner under målekampanjen i 1981-82, på Årdalstangen og i Øvre Årdal. Utslippene er også fordelt på de to stedene. Fastlegging av delbidrag fra målingene i 1981-82 konkluderer med at belastningen av PAH ved målestedet på Årdalstangen skyldes 40% bidrag fra kilden i Øvre Årdal og 50% bidrag fra kilden på Årdalstangen. Belastningen av PAH ved målestedet i Øvre Årdal skyldes 78% bidrag fra kilden Øvre Årdal, mens bidraget fra Årdalstangen ikke ble identifisert i Øvre Årdal. (Thrane, 1983d; Thrane, 1983e).

For kretsene i Årdal kommune beregnes årsmiddelkonsentrasjonene som summen av bidrag fra Øvre Årdal og Årdalstangen ved hjelp av formel (3). I tillegg kommer utslippet fra jernverket på Årdalstangen for perioden 1953-59. Dette bidraget er beregnet separat.

$$C_{x \text{ krets}} = (C_x \cdot K_{\text{krets}})_{\text{øvre}} + (C_x \cdot K_{\text{krets}})_{\text{tangen}} \quad (3)$$

hvor øvre og tangen betegner bidrag fra henholdsvis Øvre Årdal og Årdalstangen.

3 BEREGNING AV KONSENTRASJONSINDEKSER

Med grunnlag i folketellinger for 1950, 1960, 1970 og 1980 er grunnkretser med samme inndeling under alle tellingene tatt ut. For hver krets er det med bakgrunn i kartstudier tatt ut punkter som representerer befolkningstyngdepunktet. En del av kretsene er så klassifisert som ueksponte, ut fra topografi og avstandsrelasjoner. For de ueksponte kretsene er belastningen fra aluminiumverket vurdert til å være så liten at beregningene ikke er gjennomført for dem. Beregningspunktene er vist i vedlegg A. Tabell 1 viser hvilke grunnkretser beregningsresultatene gjelder for, og hvilke grunnkretser som er betegnet som ueksponte.

Tabell 1: Geografisk detaljeringsnivå. Indeks for beregningspunktet, grunnkretsnummer i folketelling 1970 og UTM-koordinat for beregningspunkt. For ueksponte kretser er "uekspontert" angitt istedenfor koordinater.

Kommune	Indeks	Grunnkrets 1970	Beregningspunkt (UTM)
Høyanger	1	9, 10	LN 433 913
	2	7, 8	LN 350 850
	3	1-6, 11-15	uekspontert
Sunndal	1	6	MQ 783 493
	2	2	MQ 998 403
	3	3	MQ 925 445
	4	4	MQ 860 464
	5	5	MQ 810 480
	6	7	MQ 760 485
	7	1, 8-11	uekspontert
Vefsn	1	16-19	VP 177 032
	2	8, 9	VP 188 018
	3	10, 11	VP 175 060
	4	2	VP 180 015
	5	3	VP 186 925
	6	6	VP 205 017
	7	1, 4, 5, 7, 12-15, 21-29	uekspontert
Årdal	1	1	MN 360 980
	2	2	MN 345 995
	3	3	MN 310 905
	4	4	MN 277 908
	5	5	MN 260 853

Utslipp fra verkene i måleperioden 1981-82 er vist i tabell 2. Tabellen viser også produksjonen av aluminium, forbruk av PAH-holdig materiale, samt forskjellige operative enheter ved verkene. Andel av utslipp som diffuse takutslipp eller tårn/skorsteinsutslipp er også vist. Frekvensmatriser for vindretning, vindstyrke og stabilitetsfordelinger anvendt i spredningsberegningene er vist i vedlegg B. Disse bygger på målingene utført i 1981-82, og er omarbeidet slik at forekomst av vind reflekterer hyppighet av transport mot beregningspunktene fra utslippet.

Tabell 2: Data for måleperioden 1981-82: Utslipp av PAH i kg/h, årsproduksjon av aluminium i 1000 tonn, operative enheter ved verkene (S=Søderbergovner, F=Forbakte anoder, A=Anodefabrikk, M=Massefabrikk), samt fordeling av utslipp mellom takutslipp og tårn/piper.

Verk	Høyanger	Sunndal	Mosjøen	Øvre Ardal	Årdalstangen
Utslipp PAH	1,2 ¹⁾	2,4	2,2	2,5 ²⁾	0,6 ¹⁾
AL-produksjon	22	116	90	186	0
Enheter	S, M	S, F, M, A	S, M	S, M, F	A
Takutslipp	1,0	1,6	0	2,3	0,5
Pipe/tårn	0,2	0,8	2,2	0,2	0,1

1) Basert på tjæreutslipp

2) Basert på utslipp 1988 skalert med anodemasseforbruk

Med utslippstall som angitt i tabell 2 og med spredningsdata som gitt i vedlegg B er PAH-konsentrasjonene på målestedene i kommunene beregnet. Tabell 3 viser beregnet og målt PAH-konsentrasjon (total PAH) på målestedene. Resultatet av clusteranalysens bidragsbestemmelse av verkenes andel til total PAH-belastning (Thrane, 1983b-e) er også med i tabellen, sammen med målt benzo-a-pyren-konsentrasjon. Bidrag fra utslipp i Øvre Ardal til konsentrasjonene i krets 3, 4 og 5 (ved Årdalstangen)

er beregnet ut fra vindfrekvens målt på Årdalstangen og massefluks av utslipp i Øvre Årdal.

Tabell 3: Beregnet og målt årsmiddelkonsentrasjon av PAH, bidrag fra verkene ifølge clusteranalyse, og målt BaP-konsentrasjon på målestasjonene i undersøkelsen 1981-82.

Verk	Beregnet PAH-konsentrasjon	Målt PAH-konsentrasjon	Clusteranalyse: Bidrag fra verkene til målt verdi		BaP-konsentrasjon
Høyanger	1 290 ng/m ³	1 372 ng/m ³	80%	1 097 ng/m ³	20,2 ng/m ³
Sunndal	550 "	720 "	87%	612 "	4,8 "
Mosjøen	1 067 "	1 474 "	67%	998 "	15,8 "
Årdal, Øvre	2 170 "	3 285 "	80%	2 627 "	27,9 "
Årdalstangen	1 258 "**	2 681 "	50%	1 340 "	16,2 "

*) Bidrag fra virksomhet på Årdalstangen

Tabell 4 viser beregnet konsentrasjon i beregningspunktene som andel av beregnet konsentrasjon på målepunktet. Hvilke grunnkretser beregningspunktene gjelder for fremgår av kretsindeksen (se tabell 1).

Tabell 4: Bidrag i beregningspunktene relativt til bidraget i målepunktene.

Kommune	Kretsindeks					
	1	2	3	4	5	6
Høyanger	0,64	0,119	-	-	-	-
Sunndal	1,00	0,024	0,042	0,096	0,50	0,042
Vefsn	0,56	0,22	0,094	0,21	0,013	0,039
Årdal	1,00	0,14	0,309	0,103	0,077	-
Årdalstangen	0,03	0,03	1,195	0,109	0,017	-

For jernverket på Årdalstangen er det beregnet egne bidrag i perioden 1953-1959. For denne perioden kommer dette bidraget i tillegg til det som beregnes gjennom utslipps- og kretsindeks. Beregnet bidrag for PAH og BaP er vist i tabell 5. BaP-konsentrasjonene er beregnet under forutsetning av at BaP-andelen er den samme som for Årdalstangen 1981. Konsentrasjonene er beregnet under forutsetning av at totalt 10% av PAH i elektrodemassen ble sluppet ut til luft.

Tabell 5: Bidrag fra jernverket på Årdalstangen til årsmiddelkonsentrasjonen av PAH og BaP i perioden 1953-1959. (Enhet ng/m³).

Krets	1	2	3	4	5
PAH	12	12	357	430	70
BaP	0,07	0,07	2,14	0,26	0,04

4 UTSLIPP PR. ÅR

Årsutslipp av PAH fra verkene i perioden 1949-81 er dels gitt fra verkene, dels beregnet ut fra opplysninger om driftsendringer, rensetiltak, ny teknologi og årsproduksjon. Utslipp pr. år, som faktor av utslippet i 1981 er vist i tabell 6.

Tabell 6: Årsutslipp i perioden 1949-1981 relativt til utslippet i 1981 for fem utslippssteder.

År	Høyanger	Sunndal	Mosjøen	Årdal, Øvre	Årdalstangen
1949	1,093	-	-	0,180	2,4
1950	1,093	-	-	0,388	2,4
1951	1,093	-	-	0,404	2,4
1952	1,093	-	-	0,411	2,4
1953	1,093	-	-	0,416	2,4
1954	1,093	1,04	-	0,416	2,4
1955	1,093	1,125	-	0,435	2,4
1956	1,093	1,125	-	0,434	2,4
1957	1,093	1,125	-	0,433	2,4
1958	1,093	1,125	0,477	0,441	2,4
1959	1,366	1,125	0,477	0,655	2,4
1960	1,366	0,792	0,574	0,711	2
1961	1,366	0,792	0,574	0,734	2
1962	1,366	0,792	0,852	1,119	2
1963	1,366	0,792	0,852	1,201	2
1964	1,366	0,792	0,852	1,470	2
1965	1,366	0,917	0,727	1,483	2
1966	2,003	0,917	0,727	1,549	2
1967	2,003	0,917	0,727	1,525	2
1968	2,003	0,917	1,005	1,526	2
1969	2,003	0,917	1,005	1,462	2
1970	1,365	0,917	1,000	1,090	2
1971	1,365	0,917	1,000	0,976	2
1972	1,365	0,917	1,000	0,964	2
1973	1,365	0,917	1,000	1,082	2
1974	1,365	0,708	1,000	1,145	2
1975	1,365	0,708	1,000	1,080	1
1976	1,365	0,708	1,000	1,139	1
1977	1,365	0,708	1,000	1,076	1
1978	1,365	0,708	1,000	0,977	1
1979	1,365	1,000	1,000	1,063	1
1980	0,91	1,000	1,000	1,059	1
1981	1,0	1,000	1,000	1,000	1

De relative utslippstallene i tabell 6 er framkommet på følgende måte:

- Sunndal: Sunndal verk har estimert utslippet av PAH på bakgrunn av sammenheng mellom målinger av fluorid og PAH i perioden 1984-1991, anvendt på fluoridmålinger i tidligere perioder og supplert med enkeltmålinger på tjæreutslipp for tidligere perioder. Utslippsestimatene fra verket er brukt direkte.

- Høyanger: Utslippstallene er basert på anodemasseforbruk i Søderberghallene samt utslipp fra slaggovnshuset og elektrodefabrikken.
- Mosjøen: Årsforbruk av anodemasse og bek i anodefabrikken er oppgitt for 10-års perioder, med en beskrivelse av når hallene ble satt i bruk, og når rensetiltak ble gjennomført. Først er årsforbuket av anodemasse fordelt for 10 års periodene etter antall haller i drift i perioden. Utslippstall er deretter beregnet fra 1981-utslippets forbruk av anodemasse, og korrigert for innføring av rensetiltak.
- Årdalstangen: Utslippstallene er basert på opplysninger om når driftsendring og innføring av rensetiltak har funnet sted, og når jernverket var i drift.
- Øvre Årdal: Utslipppet er beregnet ut fra årlig forbruk av anodemasse i forhold til 1981-forbruket.

For Høyanger er det også estimert utslipp før 1949. Renseanlegget for skorstein 1 ble etablert i 1945, samtidig som produksjonen i hall A ble lagt om til Søderbergprosess. Effekten på rensingen her er oppgitt til 50%. Utslipppet i perioden 1946-1948 er derfor trolig nær størrelsen av utslippet i 1949. I perioden 1939-1945 var antagelig utslippet noe under det dobbelte av perioden 1946-48. For perioden 1928-1938 var gjennomsnittlig årsproduksjon halvparten av gjennomsnittsproduksjonen 1939-45. På grunn av annen teknologi må man anta at utslippet har ligget på omtrent 3/4 av 1939-1945 nivå. Før 1928 var Al-oxid-fabrikken og slaggovnshuset ikke i drift, og utslippet må ha vært mindre enn for 1928-38.

Tabell 7 viser et grovt estimat av utslippet i Høyanger for perioden fra 1919 og fram til 1949 basert på forutsetningene ovenfor.

Tabell 7: Utslipp av PAH i Høyanger 1919-1948 relativt til utslipp 1981.

Periode	1919-1928	1929-1938	1939-1945	1946-1948
Utslipp	0,8	1,6	2,1	1,1

Fordi fordelingen av totalutslippene på enkeltverkene kan ha vært vesentlig forskjellig fra utslippsfordelingen i 1981, øker usikkerheten i metoden med avtagende årstall.

5 BELASTNING AV BENZO-A-PYREN

I de etterfølgende tabeller gis grunnkretskonsentrasjonene av benzo-a-pyren (BaP) for hver kommune basert på utslipp og konsentrasjonsindekser fra kapittel 3 og 4. Indeksene er skalert med målt BaP-konsentrasjon i 1981-82, og inneholder dermed et anslag for gjennomsnittlig totalbelastning av BaP i angitt år. Anslagsvis usikkerhet øker med alderen.

Tabell 8: Årsmiddelkonsentrasjoner av BaP i Høyanger (Enhet ng/m³)

År/periode	Krets 1	Krets 2
1919-1928	10,34	1,87
1929-1938	20,68	3,75
1939-1945	27,15	4,92
1946-1948	14,22	2,58
1949-1958	14,13	2,56
1959-1965	17,66	3,20
1966-1969	25,89	4,69
1970-1979	17,65	3,20
1980	11,76	2,13
1981	12,92	2,34

Tabell 9: Årsmiddelkonsentrasjoner av BaP i Sunndal.
(Enhet ng/m³).

År/periode	Krets 1	Krets 2	Krets 3	Krets 4	Krets 5	Krets 6
1954	4,99	0,12	0,21	0,48	2,50	0,21
1955-1959	5,40	0,13	0,23	0,52	2,70	0,23
1960-1964	3,80	0,09	0,16	0,36	1,90	0,16
1965-1973	4,40	0,11	0,18	0,42	2,20	0,18
1974-1978	3,40	0,08	0,14	0,33	1,70	0,14
1979-1981	4,80	0,12	0,20	0,46	2,40	0,20

Tabell 10: Årsmiddelkonsentrasjoner av BaP i Vefsn.
(Enhet ng/m³).

År/periode	Krets 1	Krets 2	Krets 3	Krets 4	Krets 5	Krets 6
1958-1959	4,22	1,66	0,71	1,58	0,10	0,29
1960-1961	5,08	2,00	0,85	1,91	0,12	0,35
1962-1964	7,54	2,96	1,27	2,83	0,18	0,53
1965-1967	6,43	2,53	1,08	2,41	0,15	0,45
1968-1969	8,89	3,49	1,49	3,33	0,21	0,62
1970-1981	8,85	3,48	1,49	3,31	0,21	0,62

Tabell 11: Årsmiddelkonsentrasjoner av BaP i Årdal.
(Enhet ng/m³).

År	Krets 1	Krets 2	Krets 3	Krets 4	Krets 5
1949	5,68	1,35	26,92	2,90	0,76
1950	11,48	2,17	28,72	3,50	1,21
1951	11,93	2,23	18,85	3,64	1,24
1952	14,31	2,26	28,90	3,56	1,25
1953	12,26	2,27	28,95	3,57	1,26
1954	12,26	2,27	28,95	3,57	1,26
1955	12,79	2,35	29,12	3,63	1,30
1956	12,76	2,35	29,11	3,63	1,30
1957	12,74	2,35	29,10	3,62	1,30
1958	12,96	2,38	29,17	3,65	1,32
1959	18,93	3,21	31,02	4,26	1,78
1960	20,42	3,36	29,36	4,16	1,86
1961	21,06	3,46	29,56	4,23	1,91
1962	31,80	4,96	32,88	5,33	2,73
1963	34,09	5,28	33,58	5,57	2,91
1964	41,60	6,33	35,93	6,34	3,49
1965	41,96	6,38	36,02	6,38	3,52
1966	43,80	6,63	36,58	6,57	3,66
1967	43,13	6,54	36,38	6,50	3,61
1968	43,16	6,55	36,39	6,50	3,61
1969	41,37	6,30	35,83	6,32	3,47
1970	31,00	4,84	32,63	5,25	2,67
1971	27,81	4,40	31,64	4,92	2,43
1972	27,48	4,35	31,54	4,89	2,40
1973	30,77	4,81	32,56	5,23	2,65
1974	32,53	4,99	33,10	5,41	2,79
1975	30,13	4,51	20,93	4,16	2,49
1976	31,78	4,74	21,44	4,33	2,61
1977	30,02	4,50	20,89	4,15	2,48
1978	27,26	4,11	20,04	3,87	2,26
1979	29,66	4,44	20,78	4,11	2,45
1980	29,55	4,61	20,75	4,10	2,44
1981	27,90	4,20	20,24	3,93	2,31

6 REFERANSER

Bøhler, T. (1987) User's guide for gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

Thrane, K.E., Aune, T. og Hongslo, J. (1983) Luftkvalitetsmålinger ved aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 71/83).

Thrane, K.E. (1983a) Luftkvalitet i et boligområde på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 1/83).

Thrane, K.E. (1983b) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. I. Luftkvalitet i Høyanger. Lillestrøm (NILU OR 67/83).

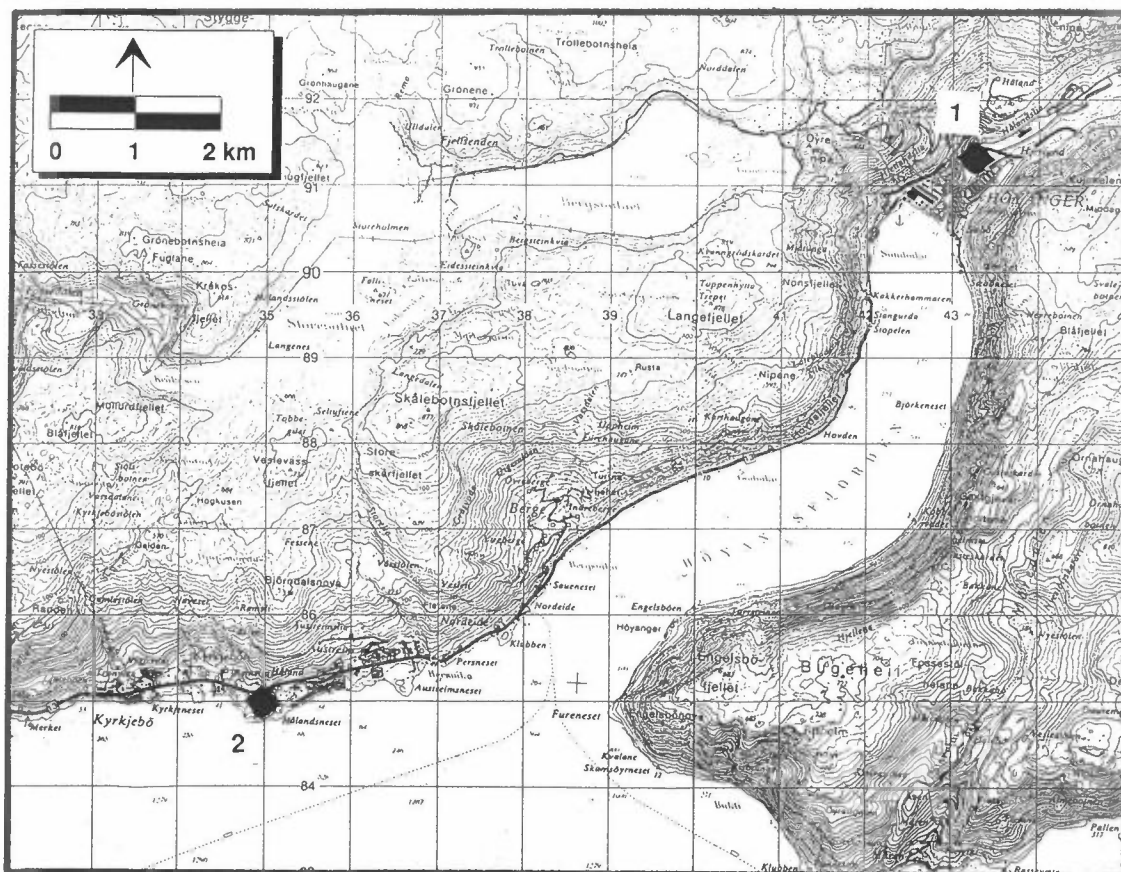
Thrane K.E. (1983c) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. II. Luftkvalitet i Mosjøen. Lillestrøm (NILU OR 68/83).

Thrane K.E. (1983d) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. III. Luftkvalitet i Øvre Årdal. Lillestrøm (NILU OR 69/83).

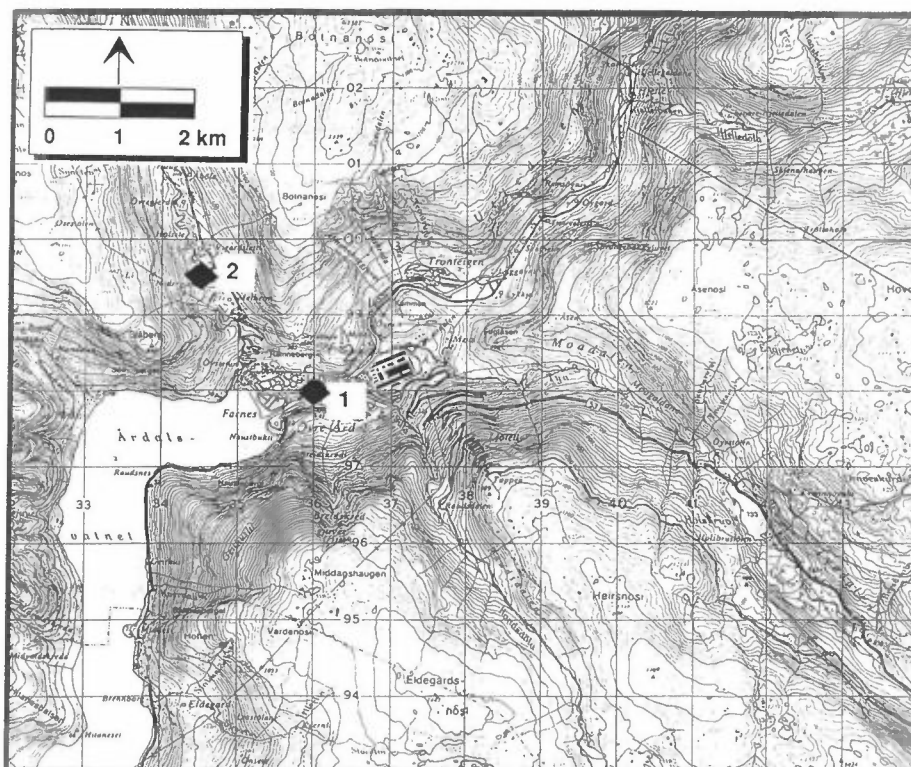
Thrane K.E. (1983e) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. IV. Luftkvalitet på Årdalstangen. Lillestrøm (NILU OR 70/83).

VEDLEGG A

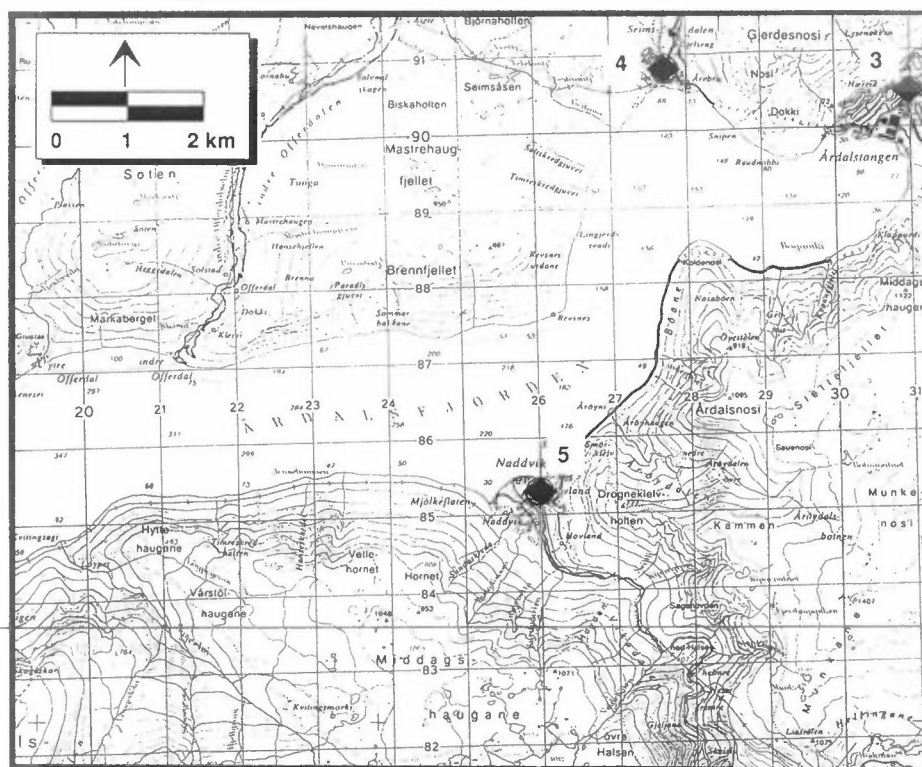
Beregningspunkter i kommunene.



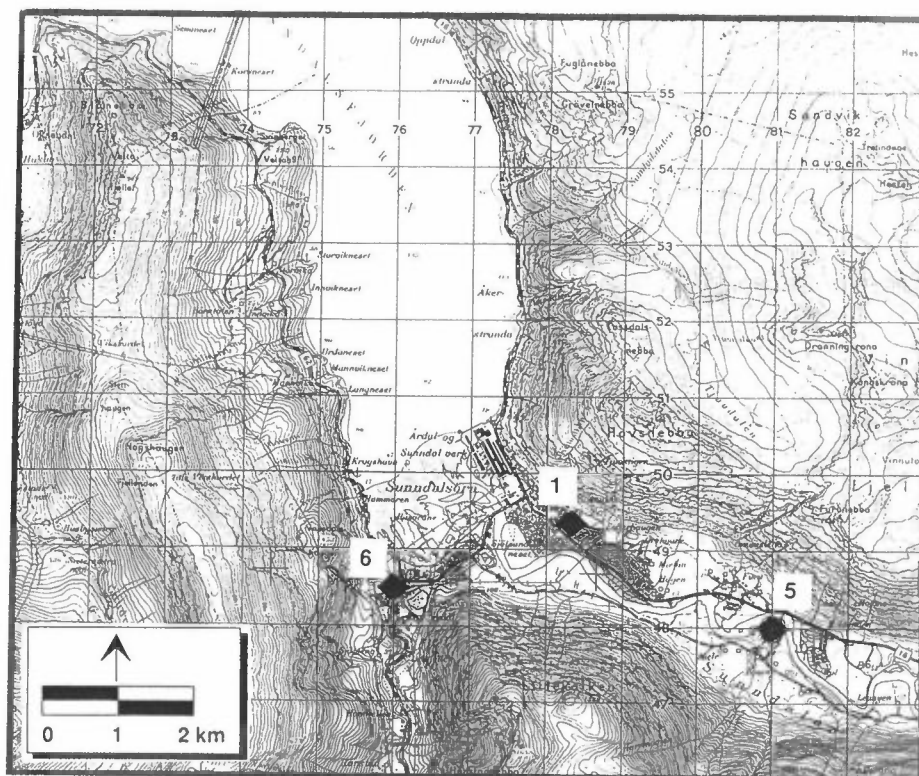
Figur A1: Beregningspunkter i Høyanger, krets 1 og 2.



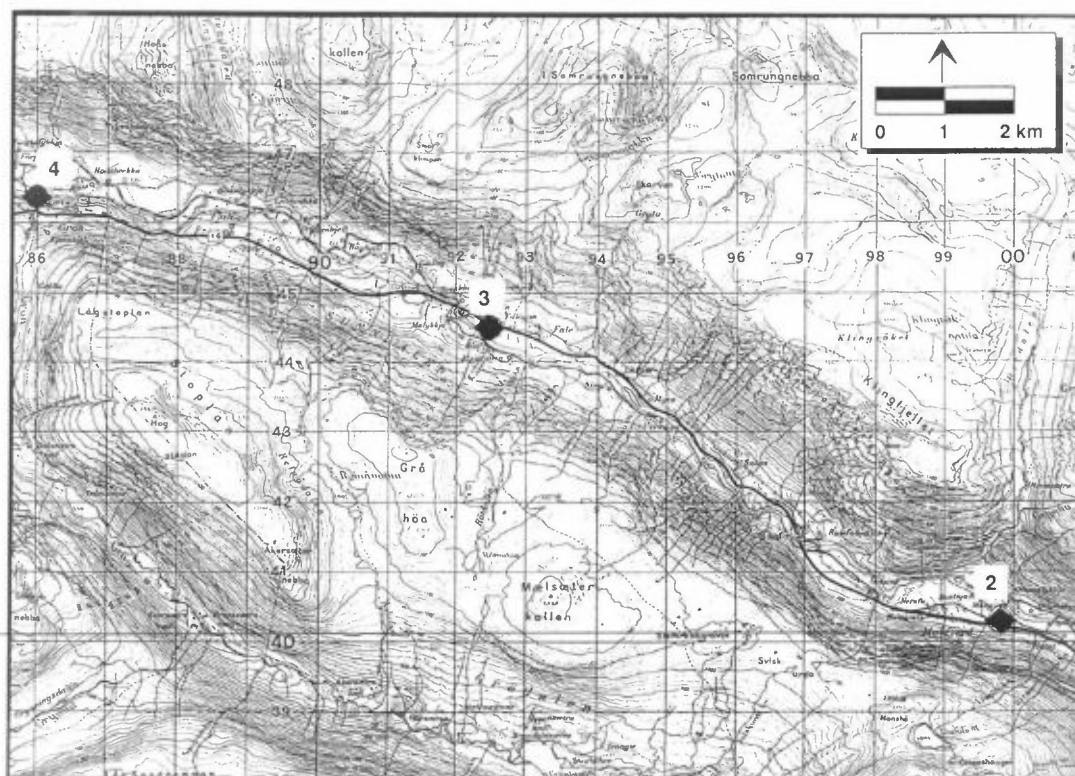
Figur A2: Beregningspunkter i Årdal, krets 1 og 2.



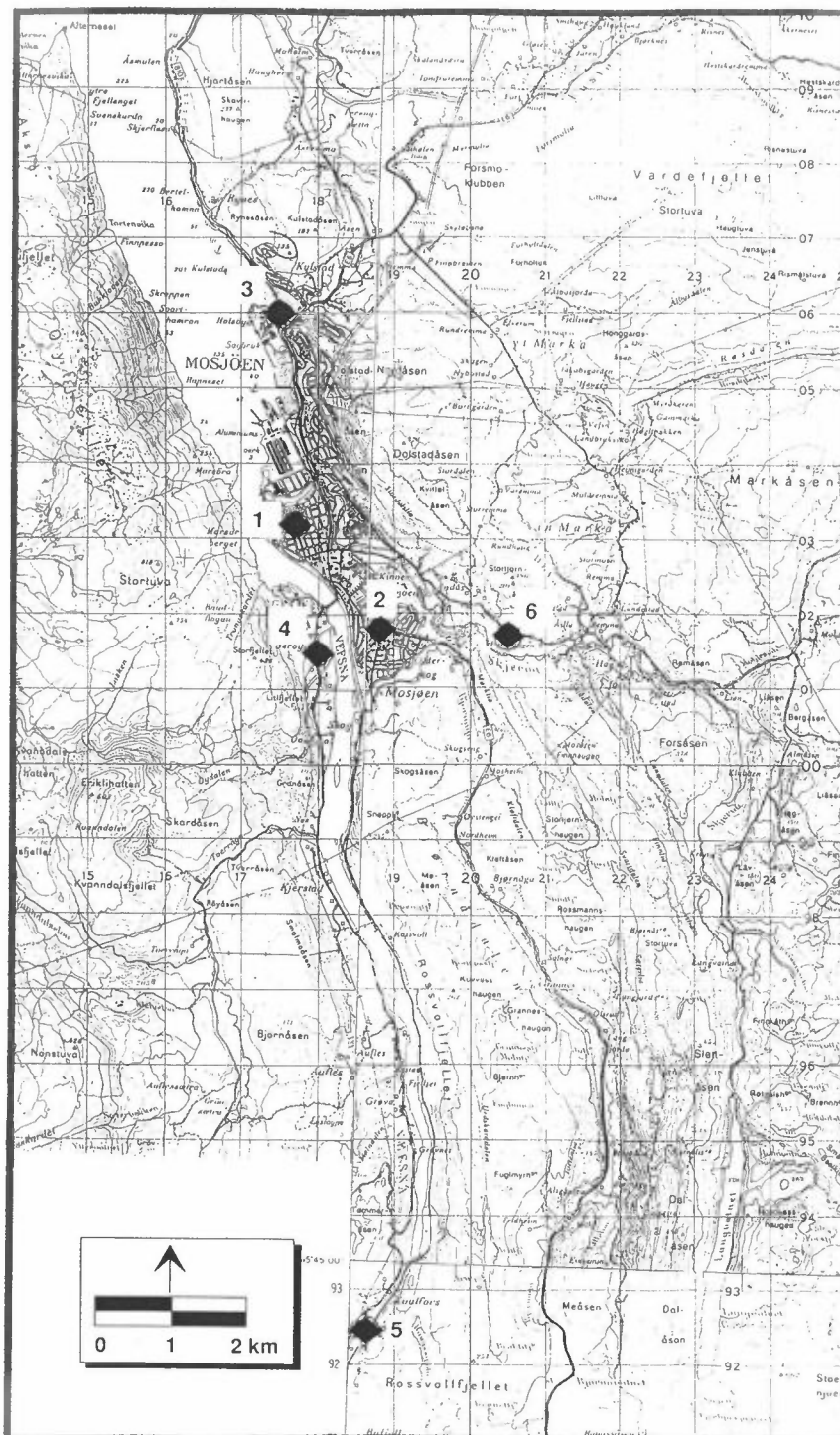
Figur A3: Beregningspunkter i Årdal, krets 3, 4 og 5.



Figur A4: Beregningspunkter i Sunndal, krets 1, 5 og 6.



Figur A5: Beregningspunkter i Sunndal, krets 2, 3 og 4.



Figur A6: Beregningspunkter i Vefsn, krets 1, 2, 3, 4, 5 og 6.

VEDLEGG B

Meteorologiske forhold, frekvensmatriser.

Tabellene viser frekvensmatriser anvendt i spredningsberegningene for de enkelte beregningspunktene. Frekvensmatrisene viser forekomst av vindretning, vindstyrke og stabilitet fordelt på 12 vindretningsklasser, 4 vindstyrkeklasser og 4 stabilitetsklasser.

Tabell B1:

HØYANGER

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
60	0.5	4.5	10.3	23.0	.5	3.5	5.0	6.0	.3	1.3	1.7	2.8	.1	.9	3.8	.3
90	.0	0.5	.9	0.8	.1	.2	.1	.1	.0	0.1	0.1	0.0	.0	.0	.0	.0
120	.0	.1	.2	.2	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
150	.0	.3	.4	.4	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
180	.6	.6	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
210	1.1	0.9	0.3	0.2	3.5	2.5	0.8	0.7	.8	.7	.4	.1	.3	.5	.1	.0
240	0.8	0.4	0.6	0.7	1.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	.6	.5	.2	.7	.2	.0
270	.1	.3	.2	.2	.1	.5	.2	.2	.1	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0
300	.0	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
330	.0	.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
360	.0	.3	.3	.2	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Tabell B2:

SUNNDAL KRETS 1 OG 6

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
60	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
120	1.6	3.8	4.0	2.8	0.3	4.3	3.8	2.3	0.6	4.2	0.4	1.1	0.0	1.1	0.2	0.0
150	0.5	1.3	1.4	0.8	0.4	1.6	1.5	0.9	0.1	1.0	1.1	0.2	0.0	1.2	0.2	0.0
180	0.2	0.6	0.5	0.2	0.1	0.7	0.5	0.3	0.1	0.8	0.4	0.1	0.0	0.9	0.2	0.0
210	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.1	1.1	0.7	0.1
240	0.3	0.5	0.4	0.1	0.7	1.4	0.7	0.3	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
270	0.7	0.9	0.7	0.2	0.7	1.4	0.6	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
300	1.5	1.7	0.6	0.1	3.3	4.1	0.6	0.3	0.7	1.7	0.1	0.0	0.1	0.7	0.2	0.0
330	0.6	0.7	0.2	0.0	2.3	2.9	0.5	0.2	1.4	3.7	0.6	0.0	0.2	1.4	0.1	0.0
360	0.3	0.3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0

Tabell B3:

SUNNDAL KRETS 2,3,4,5

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
60	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
120	1.6	3.8	4.0	2.8	0.3	4.3	3.8	2.3	0.6	4.2	0.4	1.1	0.0	1.1	0.2	0.0
150	0.5	1.3	1.4	0.8	0.4	1.6	1.5	0.9	0.1	1.0	1.1	0.2	0.0	1.2	0.2	0.0
180	0.2	0.6	0.5	0.2	0.1	0.7	0.5	0.3	0.1	0.8	0.4	0.1	0.0	0.9	0.2	0.0
210	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.1	1.1	0.7	0.1
240	0.3	0.5	0.4	0.1	0.7	1.4	0.7	0.3	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	2.8	3.3	1.5	0.3	6.3	8.4	1.7	0.8	2.1	5.6	0.7	0.0	0.3	2.3	0.3	0.0
330	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360	0.3	0.3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0

Tabell B4:

MOSJØEN

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	.0	.2	.4	.2	.2	.5	.1	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
60	.0	.2	.2	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
90	.0	.4	.2	.1	.1	.2	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.2	.0	.0
120	.1	3.1	1.5	1.3	.2	1.9	1.9	1.8	.1	2.2	2.0	.6	.0	1.8	1.3	.1
150	.1	2.9	5.2	5.0	1.0	7.3	8.2	6.5	.5	2.0	2.5	1.5	.1	1.4	1.4	.1
180	.0	.4	.3	.2	.0	.4	.3	.3	.1	.3	.1	.1	.0	.1	.1	.0
210	.0	.1	.1	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
240	.0	.1	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
270	.0	.2	.1	.1	.0	.3	.1	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0
300	.1	.9	.5	.3	.3	.4	.2	.1	.2	.6	.0	.0	.0	.7	.0	.0
330	.8	3.8	1.0	.5	1.6	3.6	.4	.2	.7	2.7	.2	.0	.0	2.5	.0	.0
360	.1	.4	.5	.3	.3	.4	.2	.1	.1	.3	.0	.0	.0	.3	.0	.0

Tabell B5:

ØVRE ÅRDAL, VINTERMIDDEL

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.0
60	.2	0.9	2.9	3.0	.2	1.7	3.5	2.8	.0	.9	1.2	.9	.0	3.2	0.6	.0
90	.3	.6	1.6	1.6	.2	.8	2.0	1.6	0.0	.6	.8	.8	.0	1.4	.3	.0
120	.0	.5	.7	.5	.2	.7	1.0	.5	.0	.5	.6	.3	.0	.3	.0	.0
150	.0	.8	1.0	.7	.0	.7	1.0	.5	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0
180	.1	.7	1.4	1.0	.3	1.0	2.0	.8	.0	.3	.2	.0	.0	.1	.0	.0
210	.4	1.0	1.2	.9	.8	1.3	1.5	.6	.1	.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0
240	.5	.5	.4	.3	1.0	1.5	.5	.3	1.1	2.0	.8	.2	.4	5.5	1.2	.0
270	.5	.5	.4	.3	.5	1.0	.3	.0	.7	2.0	.4	.2	1.0	6.2	1.4	.0
300	.0	.1	.0	.0	.2	.1	.0	.0	.2	1.0	.2	.0	.0	3.5	.5	.0
330	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.3	.0	.0
360	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Tabell B6:

ØVRE ÅRDAL, SOMMERMIDDEL

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.3	.0	.0
60	.4	1.9	2.6	1.7	.6	3.2	1.9	1.1	.3	1.6	1.1	.5	.0	2.1	1.1	.0
90	.2	.8	1.2	.8	.3	1.3	1.1	.6	.1	1.0	.7	.4	.0	.9	.4	.0
120	.1	.7	.6	.3	.3	.8	0.6	.3	.0	.7	.5	.4	.0	.4	.2	.0
150	.4	.8	.9	.5	.5	.7	.7	.3	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0
180	1.1	1.2	1.1	.6	1.0	1.3	1.0	.5	.0	.3	.2	.0	.0	.1	.0	.0
210	1.6	1.6	.8	.4	1.2	1.3	.9	.3	.2	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0
240	.7	.5	.4	.1	1.5	1.6	.6	.2	2.0	2.5	.9	.5	1.5	5.0	1.1	.0
270	.2	.3	.2	.0	.7	.6	.3	.1	2.0	2.5	.6	0.2	2.4	4.0	1.0	.0
300	.1	.2	.1	.0	.2	.3	.2	.0	.7	1.2	.3	.2	.7	2.0	.4	.0
330	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0
360	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0

Tabell B7:

ÅRDALSTANGEN

Retning	Klasse 1				Klasse 2				Klasse 3				Klasse 4			
	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S	U	N	L	S
30	0.5	0.9	0.7	0.4	0.4	1.0	1.0	0.6	0.1	1.3	1.6	0.8	0.0	6.2	2.2	0.0
60	1.0	6.2	2.9	1.6	0.8	2.4	1.5	1.1	0.1	1.0	0.2	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0
90	1.5	5.3	5.4	3.1	0.0	2.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.4	2.6	1.8	1.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.4	1.8	0.8	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	1.0	1.0	0.9	0.6	0.7	0.5	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0
210	3.5	4.4	4.0	2.2	1.6	2.8	1.4	0.9	1.1	0.7	0.2	0.1	0.9	0.5	0.1	0.0
240	0.1	0.3	0.8	0.6	0.5	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
270	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
330	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0



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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 57/93	ISBN-82-425-0528-4	
DATO 9.12. 1993	ANSV. SIGN. <i>Edvard</i>	ANT. SIDER 24	PRIS NOK 45,-
TITTEL Beregninger av eksponeringsnivå for Benzo-a-pyren i fire kommuner for perioden 1953-1981		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-92097	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Effektstudien v/C.I. Stoll Hydro Aluminium as Postboks 80, 1321 Stabekk			
STIKKORD Benzo-a-pyren Aluminiumverk Spredningsberegninger			
REFERAT Årsmiddelkonsentrasjoner av BaP for grunnkretser i kommunene Høyanger, Sunndal, Vefsn og Årdal er beregnet for perioden 1953-1981. Beregningene er utført på bakgrunn av målinger gjennomført i 1981-82 ved aluminiumverkene i kommunene.			
TITLE Estimation of benzo-a-pyrene concentration levels around 4 aluminium plants for the years 1953-1981.			
ABSTRACT			

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