

Kartlegging av historiske utslipp til Kjeller-området og vurdering av mulige helsekonsekvenser



**Norwegian Radiation
Protection Authority**

Postboks 55
N-1332 Østerås
Norway

Referanse:

Stensrud H, Østerlie C, Bergan TD, Ugletveit F, Langmark F, Haldorsen T, Brunborg G, Andersen S. Kartlegging av historiske utslipp til Kjeller-området og en vurdering av helsemessige konsekvenser. StrålevernRapport 2005:3. Østerås: Statens strålevern, 2005.

Emneord:

Radioaktive utslipp, miljøgifter, stråledoser, modellering, doserekonstruksjon, helsekonsekvenser.

Resymé:

Strålevernet fikk i oppdrag fra Helse- og omsorgsdepartementet å kartlegge utslipp til Kjeller-området. På bakgrunn av kartleggingen er det estimert stråledoser til befolkningen som følge av de radioaktive utslippene. Videre er helsekonsekvenser av kjemiske og radioaktive utslipp vurdert. Til slutt er det gitt en tilråding til departementet med hensyn til hensiktsmessigheten av å iverksette en helseundersøkelse i det aktuelle området og hvordan en slik undersøkelse eventuelt kan gjennomføres.

Reference:

Stensrud H, Østerlie C, Bergan TD, Ugletveit F, Langmark F, Haldorsen T, Brunborg G, Andersen S. A survey of historical discharges to the Kjeller area and health impact assessments. StrålevernRapport 2005:3. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2005. Language: Norwegian.

Key words:

Radioactive discharges, environmental toxic substances, radiation doses, modelling, dose reconstruction, health impact assessments.

Abstract:

This report has been written in response to a request from the Norwegian Ministry of Health and Care Services to survey of discharges within the Kjeller area. Radiation doses to the population have been estimated, based on the results from the survey. In addition, the possible health impacts from discharges of radioactivity and other toxic substances have been assessed. Finally, the report gives advice to the Ministry on the expediency of conducting a health survey in the area, and on how such a survey could be achieved.

Prosjektleder: Helene Stensrud.

Godkjent:



Per Strand, avdelingsdirektør, Avdeling beredskap og miljø

67 sider.

Utgitt 2005-02-01.

Opplag 300 (05-02).

Form, omslag: Lobo Media AS, Oslo.

Trykk: Lobo Media AS, Oslo.

Bestilles fra:

Statens strålevern, Postboks 55, 1332 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefax 67 14 74 07.

e-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

**Kartlegging av historiske utslipp til Kjeller-området og
vurdering av mulige helsekonsekvenser**

Statens strålevern

Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2005

Innhold

1	Sammendrag og konklusjon	8
2	Bakgrunn	10
2.1	Aktiviteter ved IFE	10
2.2	En oversikt over utslippstillatelser til IFE	10
2.3	Oppsummering av redegjørelse fra 1999 om utslipp til Nitelva og gjennomførte tiltak	11
2.4	Vurdering av stråledoser og eventuelle helseeffekter etter kartleggingen i 1999	12
2.5	Undersøkelser av radioaktivitet i vann og sedimenter i Sogna 2001	12
3	Utslipp	14
3.1	Beskrivelse av utslipp fra IFE	14
3.2	Funn gjort under Strålevernets besøk ved IFE	14
3.3	Utslipp til vann	15
3.4	Utslipp til luft	18
3.5	Bruk av målinger i luft for å estimere utslipp	19
3.6	Miljøovervåkning	20
3.7	Utslipp av radioaktive stoffer fra Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)	20
	3.7.1 <i>FFIs virksomhet</i>	20
	3.7.2 <i>Radioaktive utslipp fra FFI</i>	21
4	Beregning av stråledoser som følge av radioaktive utslipp	22
4.1	Bakgrunn for doseberegninger	22
4.2	Utslipp til åpen bekk?	22
4.3	Eksposering gjennom drikkevann	23
4.4	Doseberegninger og hvilke antagelser som ligger til grunn	23
	4.4.1 <i>Betingelser brukt i IFEs doseberegninger</i>	24
	4.4.2 <i>Betingelser brukt i Strålevernets doseberegninger</i>	25
4.5	Kollektivdoser	30
4.6	Doseberegninger basert på måling av luftkonsentrasjon	30
5	Forurensninger av miljøgifter i Kjeller-området	31
5.1	Industri	31

5.1.1	<i>Impregneringsvirksomhet</i>	31
5.1.2	<i>Dynea</i>	31
5.1.3	<i>Annen industri i Kjeller-området</i>	32
5.2	Mottak og deponering av farlig avfall	33
5.3	Grunnforurensning	33
5.4	Oppsummering	33
6	Helsemessige effekter av stråling	34
6.1	Effekter av stråling	34
6.1.1	<i>Senskader</i>	34
6.2	Intern eksponering	34
6.2.1	<i>Effekter av inntak av radioaktivt jod</i>	34
6.2.2	<i>Effekter av inntak av radioaktivt strontium</i>	34
6.2.3	<i>Effekter av inntak av radioaktivt cesium</i>	34
6.2.4	<i>Effekter av inntak av plutonium</i>	35
6.2.5	<i>Ekstern bestråling</i>	35
6.3	Oppfølgingsundersøkelsen gjennomført i 2000–2001	35
7	Helsemessige effekter av kjemisk forurensning	37
8	Vurdering av hensiktsmessigheten av å gjennomføre helseundersøkelser og befolkningsundersøkelser	40
8.1	Beskrivelse av gjennomføringen av en befolkningsstudie	40
8.2	Gjennomføringen av alternative studier	40
8.3	Betingelser for gjennomføringen	41
8.4	Vurdering	41
9	Referanseliste	42
	Vedlegg 1. Oversikt over utslipp	43
	Vedlegg 2. Kilder til utslipp og alternative metoder for å beregne utslipp	52
	Vedlegg 3. Doseberegninger og hvilke antagelser som ligger til grunn	59
	Parametere brukt i IFEs doseberegninger	59
	Parametere brukt i Strålevernets doseberegninger	60
	Sammenlikning av doseberegningene	63

Innledning

På bakgrunn av oppdrag fra Helse- og omsorgsdepartementet har Statens strålevern (Strålevernet) i samarbeid med Statens forurensningstilsyn (SFT), Nasjonalt folkehelseinstitutt (Folkehelseinstituttet) og Kreftregisteret utarbeidet denne rapporten. Rapporten er en gjennomgang av utslipp av radioaktivitet fra Institutt for energiteknikk (IFE) og miljøgifter fra industri til Kjellerområdet. Den innbefatter en kartlegging av potensiell eksponering av lokalbefolkningen i området, samt muligheten for helsemessige konsekvenser som følge av slik eksponering. Videre gis en tilrådning på bakgrunn av en vurdering av mulige helsekonsekvenser av de kartlagte utslipp av radioaktive og kjemiske stoffer, med hensyn til hensiktsmessigheten av å iverksette helseundersøkelser og befolkningsundersøkelser i det aktuelle området.

Skedsmo kommune har vært en kommune med utstrakt grad av industrivirksomhet. I tidligere tider har kommunen blant annet huset et av Norges største impregneringsverk. IFE og Forsvaret har fortsatt virksomhet i området.



Figur 1 Institutt for energiteknikk, høsten 1960 (Faksimile: "Survey of Activities 1948-1960", Institutt for Atomenergi).

IFE startet sin virksomhet på Kjeller i Skedsmo kommune i 1948. Lokalbefolkningen bosatt i området rundt anlegget og tidligere utslippspunkt i lagunen Sogna har uttrykt bekymring for hvilken helsemessig betydning utslippene fra

anlegget på Kjeller og fra annen virksomhet i området kan ha hatt. Bekymringen knytter seg spesielt til utslipp av radioaktive stoffer og andre kjemiske utslipp på 1950- og 60-tallet.

Det er viktig at informasjon om utslippene kan frambringes, slik at man på best mulig måte kan estimere eksponeringen av befolkningen som bodde i området rundt Sogna. Den bekymring og uro som eksisterer hos folk i Kjellerområdet, kan vanskelig lindres uten at en grundigere undersøkelse gjennomføres.

På bakgrunn av dette har Strålevernet tidligere gjennomført flere undersøkelser av og tiltak i det aktuelle området. I 1999 ble det gjort en studie som baserte seg på dokumenter, brev og rapporter fra Strålevernets arkiver tilbake til 1950-tallet. Som en oppfølging av denne studien har Strålevernet gjennomført flere tiltak; kartlegging og opprydding av de radioaktivt forurensede sedimentene i Nitelva, undersøkelse i 2000-2001 blant lokalbefolkningen knyttet til helsebekymringer relatert til virksomheten ved IFE, samt gitt IFE varslingsnivåer i sin utslippstillatelse.

På grunn av uklarheter i omfang av tidligere utslipp, spesielt på 1950- og 60-tallet, har fokuset på historiske utslipp til Kjellerområdet i Skedsmo kommune vedvart. Strålevernet har derfor bedt om at IFE frambringer så god informasjon som mulig om utslippene fra anlegget på Kjeller i tidlig fase. Strålevernet ba om mest mulig detaljert informasjon om utslipp og miljømålinger, samt informasjon om beholdning og produksjon av aktuelle periode. IFE oversendte rapporten til Strålevernet 15. november 2004. Strålevernet har i tillegg gjennomført supplerende undersøkelser hos IFE og foretatt beregninger av stråledoser.

Helse- og omsorgsministeren har uttrykt at for å kunne gjennomføre en svært ressurskrevende helseundersøkelse, vil det måtte vektlegges om det er muligheter for at undersøkelsen vil kunne gi sikker kunnskap til befolkningen om

sammenhengen mellom utslipp og helseskader i denne konkrete saken.

I vurderingen av om det skal igangsettes en undersøkelse, og på hvilken måte en slik undersøkelse eventuelt skal gjennomføres, sier Helse- og omsorgsdepartementet at det er viktig at utfallet av kartleggingen med hensyn på utslipp av radioaktive stoffer blir sammenholdt med informasjon om utslipp av kjemiske stoffer i det samme geografiske området. Som en oppfølging av dette har Miljøvernministeren bedt SFT sørge for at informasjon om miljøsituasjonen i Skedsmo kommune vedrørende mulige tidligere utslipp og deponeringer av miljøgifter og andre helse- og miljøfarlige kjemikalier, blir sammenholdt med forurensningsinformasjon innhentet av helsemyndighetene.

I brev fra Helse- og omsorgsdepartementet av 27. oktober 2004 ble Strålevernet bedt om følgende:

- 1. Redegjøre for resultatene av kartleggingen rundt de radioaktive utslippene fra IFE på 1950- og 60-tallet.*
- 2. Vurdere eventuelle helsekonsekvenser av utslipp på 50- og 60 tallet.*
- 3. Sammenholde resultatene av kartleggingen med informasjon fra Statens forurensningstilsyn om utslipp av helse- og miljøfarlige kjemikalier i området.*
- 4. I samarbeid med Kreftregisteret og Nasjonalt folkehelseinstitutt å gi en tilrådning til departementet, på bakgrunn av kartleggingen av radioaktive og kjemiske utslipp, med hensyn til hensiktsmessigheten av å iverksette en helseundersøkelse i det aktuelle området, og eventuelt hvordan en slik undersøkelse kan gjennomføres.*

SFT, Folkehelseinstituttet, Kreftregisteret og Strålevernet har alle hatt roller i utformingen av grunnlaget for og konklusjonene i rapporten. SFT har vært ansvarlig for å samle informasjon om kjemiske utslipp fra virksomheter i Kjeller-området. Strålevernet har samlet informasjon om utslipp av radioaktive stoffer og beregnet doser til kritisk gruppe i Kjeller-området. Strålevernet og Folkehelseinstituttet har vurdert helsekonsekvensene knyttet til henholdsvis utslipp radioaktive stoffer og andre miljøgifter. Kreftregisteret og Folkehelseinstituttet har sammen med Strålevernet vurdert hensiktsmessigheten av å iverksette helseundersøkelse i området.

Også tidligere har det blitt gjennomført undersøkelser i Kjeller-området med fokus på kartlegging av tidlige utslipp fra IFE, målinger av radioaktive stoffer i miljøet som følge av utslipp fra IFE på 1950- og 60-tallet, samt en oppfølgingsundersøkelse relatert til helsebekymringer blant lokalbefolkningen rundt IFEs anlegg på Kjeller. I 1999 gjennomførte Strålevernet en kartlegging av utslipp av radioaktive stoffer fra IFE.

Strålevernet konkluderte den gangen med at det fortsatt manglet informasjon om utslipp fra 1950- og 60-tallet. Det var i 1999 ikke mulig å gjennomføre doseberegninger på bakgrunn av den foreliggende informasjonen om utslipp. I lys av de opplysninger som er kommet fram om at det den gang benyttede utslippspunktet til NALFA-ledningen i Nitelva ligger tørrlagt i deler av året, anbefalte Strålevernet at IFE fjernet de mest forurensede sedimentene i Nitelva. Strålevernet anbefalte videre at det ble lagt opp til en direkte oppfølging når det gjaldt det begrensede antall personer som bor i nærheten av de forurensede områdene i Sogna og Nitelva. Slik oppfølging relatert til helsebekymringer blant lokalbefolkningen rundt IFEs anlegg på Kjeller ble planlagt og gjennomført i 2000/2001 i samarbeid mellom kommunehelsetjenesten, befolkningen og Strålevernet.

Vinteren 2001 gjennomførte Strålevernet også en prøvetaking av vann og sedimenter i Sogna. Disse prøvene er analysert med hensyn på innhold av radioaktive stoffer. I perioden 1954 - 1967 gikk utslippene fra Institutt for energiteknikk (IFE) sitt anlegg via en lokal kloakkledning og ut i Sogna. Senere har utslippene gått i NALFA-ledningen og rett til Nitelva. Resultatene fra Sogna viste forhøyede nivåer av radioaktivitet i sedimentene som følge av tidligere utslipp fra IFE. Nivåene var lave og under de friklassingsgrenser som ble benyttet ved fjerning av forurensede sedimenter i Nitelva. De målte verdiene ga ikke grunnlag for å iverksette tiltak eller begrense bruken av området.

Bidragsyttere til denne rapporten har vært:

Froydis Langmark og Tor Haldorsen,
Kreftregisteret

Gunnar Brunborg, Nasjonalt folkehelseinstitutt
Sjur Andersen, Statens forurensningstilsyn

Camilla Østerlie, Finn Ugletveit, Tone D.
Bergan, Helene Stensrud og Øyvind G. Selnæs,
Statens strålevern

Opplysninger om utslipp fra IFE, Steinar Backe

Acona Group AS har bistått Strålevernet i
forbindelse med modellering av utslipp

1 Sammendrag og konklusjon

Statens strålevern (Strålevernet) og Statens forurensningstilsyn (SFT) har på oppdrag fra Helse- og omsorgsdepartementet foretatt en gjennomgang av all tilgjengelig informasjon om utslipp av henholdsvis radioaktive stoffer og andre miljøgifter som skulle kunne føre til helse- eller miljøskader i Kjeller-området. Dette gjelder utslipp til både luft og vann. Generelt er utslipps- og forurensningssituasjon fra midten av 1970-årene og fram til i dag relativt godt dokumentert. På 1950- og 60-tallet var det en annen holdning til forurensning enn i dag. Tilsvarende informasjon fra denne tidsperioden er mer sparsom og derfor mer usikker. Undersøkelsen viser at utslipp av radioaktive stoffer er vesentlig bedre kartlagt enn utslipp av andre miljøgifter i området.

Strålevernet har bedt Institutt for energiteknikk (IFE) om å gjennomføre en grundig gjennomgang av eksisterende data knyttet til utslipp og produksjon av radioaktive stoffer. En rapport om dette ble overlevert Strålevernet medio november 2004. I tillegg har Strålevernet gjort undersøkelser i IFEs arkiver. På basis av denne informasjonen og Strålevernets bearbeidelse av den, er det nå etablert et bedre og mer utfyllende bilde av utslippene av radioaktive stoffer fra IFE. Dette gjelder spesielt perioden fram til slutten av 1960-tallet. Der hvor informasjon om utslippene mangler, er disse blitt estimert på grunnlag av annen informasjon. Disse estimatene er angitt som realistiske maksimalutslipp. Selv om informasjonen om utslipp av radioaktive stoffer fra IFE ikke er komplett, er Strålevernet av den oppfatning at informasjonen er god og pålitelig nok til å kunne gjøre vurderinger av mulige helsekonsekvenser.

På bakgrunn av den gjennomførte kartleggingen, er utslippsbildet for 1950- og 60-tallet for første gang så utfyllende at det har

vært mulig å gjennomføre doseberegninger. Strålevernet har gjennomført beregninger av stråledoser til utsatte grupper i befolkningen på Kjeller på basis av de dokumenterte og estimerte utslippene av radioaktive stoffer fra IFEs anlegg fram til i dag. Det er benyttet eksponeringssituasjoner som skal være sannsynlige, men samtidig ta høyde for ekstremsituasjoner. I 1963 var det relativt store utslipp av jod til luft. Disse kan ha ført til i overkant av 2 mSv for spesielt utsatte individer. Beregningene viser ellers at de maksimale årlige dosene for enkelte individer kan ha vært inntil 1,5 mSv i et enkelt år. Strålevernet anser det ikke som sannsynlig at dosene til de mest utsatte individer i befolkningen rundt IFE kan ha vært høyere enn de estimatene denne rapporten legger fram.

Utslippene av radioaktive stoffer fra andre virksomheter i Kjeller-området er funnet å være neglisjerbare.

Denne undersøkelsen viser at stråledosene til befolkningen på Kjeller fra virksomhetene i området, er små. Jmført med naturlig bakgrunnsstråling, viser doseberegningene små stråledoser selv ved ekstreme utslipps- og bestrålingssituasjoner. På bakgrunn av de beregnede stråledosenes størrelse, trekker Strålevernet den konklusjon at sannsynligheten for forekomst av kreft forårsaket av utslipp av radioaktive stoffer fra IFE eller annen virksomhet på Kjeller, er meget liten.

SFT trekker på basis av sine undersøkelser den konklusjon at forurensningen av miljøgifter i Kjeller-området ikke skiller seg fra situasjonen i resten av landet, selv om et av landets største impregneringsverk har vært drevet i Skedsmo kommune. Nasjonalt folkehelseinstituttets (Folkehelseinstituttets) erfaring tilsier at en ikke kan utelukke forhøyet forekomst av helseskader blant de yrkeseksponerte ved impregneringsverket. Personer som lever eller har levd nær det tidligere verket har vært betydelig mindre eksponert, slik at helseskader blant dem er lite sannsynlig. Folkehelseinstituttet vurderer at en

helseundersøkelse blant befolkningen i Kjeller-området ikke er godt begrunnet når det gjelder helseeffekter fra forurensning av miljøgifter.

Med utgangspunkt i disse konklusjonene, vil det ikke være hensiktsmessig å gjennomføre studier av sammenhengen mellom utslipp av radioaktive stoffer eller andre miljøgifter og forekomst av kreft i Kjeller-området. Til det synes eksponeringen å ha vært for lav.

Det er imidlertid registrert en viss usikkerhet og uro blant befolkningen i området med hensyn til forekomst av kreft. Kreftregisteret har tidligere gjort en undersøkelse for hele Skedsmo kommune som viser en krefthyppighet som ikke skiller seg fra Akershus fylke forøvrig. Det er imidlertid ikke gjort noen tilsvarende undersøkelse spesifikt for Kjeller-området. For å imøtekomme befolkningens uro og bringe på det rene hvorvidt krefthyppigheten virkelig er større enn i normalbefolkningen forøvrig, kan man eventuelt gjennomføre en slik studie. En slik studie vil imidlertid ikke være motivert ut i fra denne rapportens kartlegging og vurdering av lokalbefolkningens eksponering for utslipp av radioaktive stoffer og andre miljøgifter i området.

2 Bakgrunn

2.1 Aktiviteter ved IFE

Institutt for energiteknikk¹ (IFE) ble opprettet i 1948 for å drive forskning på atomenergi i Norge. Den første reaktoren startet i 1951. Senere ble det bygget to andre reaktorer på Kjeller. Av disse er to dekommisjonert, mens Jeep II-reaktoren på Kjeller fortsatt er i drift.

Virksomhet ved IFE som har ført til utslipp:

- Reaktorene Jeep I (1951 - 1966), NORA (1961 – 1968) og Jeep II (1967 – fram til i dag).
- Uranrenseanlegget var i full drift fra 1962 – 1968 (prøvedrift i 1959).
- Isotoplaboratoriet startet i 1952.
- Avfallsanlegget startet sin virksomhet i 1962. Ved dette anlegget behandles fast og flytende radioaktivt avfall.
- Forbrenningsanlegget var i drift fra 1982. Det har ikke vært i drift siden 2000.

2.2 En oversikt over utslippstillatelser til IFE

IFE gjorde sin første forespørsel om utslipp av radioaktive stoffer i 1954 til Statens Radiologisk-Fysiske Laboratorium (forløper til Statens strålevern). Det foreligger i denne korrespondansen ingen søknad om utslippstillatelse fra IFE og heller ingen tillatelse fra Statens Radiologisk-Fysiske Laboratorium, men en uttalelse fra laboratoriet om at det ikke har noen innvendinger til den foreslåtte praksis. Andre offentlige og lokale myndigheter kom også på banen, i 1956 la Helsedirektoratet og Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen ned

¹ Institutt for energiteknikk, IFE het tidligere Institutt for Atomenergi, IFA. Instituttet skiftet navn i 1982. I denne rapporten har vi konsekvent benyttet IFE, selv for de årene da IFE var IFA. Der ikke annet er presisert, menes IFEs anlegg på Kjeller.

midlertidig forbud mot å slippe radioaktive stoffer ut i Nitelva.

I 1963 fikk IFE sin første formelle utslippstillatelse fra Det kgl. Departement for Industri og Håndverk. Det ble gitt tillatelse til å slippe ut 74 GBq (2 Ci) flytende radioaktivt avfall per 30 dager ².

1. november 1984 fikk IFE etter søknad av 9. oktober 1984 ny utslippstillatelse med gyldighet fram til 31. desember 1989. Tillatelsen ble gitt av Statens institutt for strålehygiene (forløper til Statens strålevern). Denne tillatelsen var for første gang basert på stråledoser til befolkningen og ikke på aktivitetsmengder, i tråd med nye internasjonale anbefalinger. Følgende dosegrenser ble fastsatt og er fortsatt gjeldende for individer i den mest utsatte befolkningsgruppe fra samlet utslipp av radionuklider til henholdsvis luft og vann:

Vann: 1 µSv per år.

Luft: 100 µSv per år, hvorav jodisotoper ikke skal bidra til doser over 10 µSv per år.

Det ble også tatt inn i tillatelsen krav om måling, registrering og rapportering av utslippene av de enkelte isotoper samt krav om reduksjon av utslippene så langt som praktisk var mulig.

² **Bq = becquerel**, er målenhet for mengde radioaktivitet. Et gjennomsnittsmenneske (70 kg) inneholder ca. 8000 Bq av radioaktivt kalium og karbon. Radioaktiviteten i en gitt mengde radioaktivt stoff vil avta etter hvert som det radioaktive stoffet omvandles og sender ut stråling.

1 kBq (kilobecquerel) = 1 000 Bq

1 MBq (megabecquerel) = 1 000 000 Bq

1 GBq (gigabecquerel) = 1 000 000 000 Bq

Ikke alle mennesker, og heller ikke de ulike organene er like følsomme for stråling. Beregning av stråledose per inntatt becquerel brukes derfor i hovedsak til å beregne gjennomsnittlige doser til større befolkningsgrupper.

IFE søkte om ny utslippstillatelse i november 1989. I brev av 13. februar 1990 ga Statens institutt for strålehygiene IFE midlertidig fornyelse av utslippstillatelse av 1984 på bakgrunn av at søknad om konsesjon ikke var ferdigbehandlet. IFE fikk sin første konsesjon 24. august 1990 under forutsetning av tillatelse til utslipp av radioaktive stoffer fra Statens institutt for strålehygiene.

Statens institutt for strålehygiene ga IFE den 4. desember 1992 ny tillatelse til utslipp av radioaktive stoffer basert på søknad av 3. november 1989. Den var innholdsmessig identisk med tillatelsen av 1984, bortsett fra et nytt vilkår om endring av driftsbetingelser.

IFE fikk i Statsråd den 22. desember 1999 fornyet driftskonsesjon for 9 nye år. Konsesjonen ble igjen gitt under forutsetning av tillatelse til utslipp av radioaktive stoffer fra Strålevernet.

I brev av 31. mars 2000 fikk IFE ny utslippstillatelse. I tillegg til utslippsgrenser settes det i denne tillatelsen også krav til varslingsnivåer. Disse varslingsnivåene er nuklidespesifikke. Varslingsnivåene gir bedre mulighet for oppfølging av utslippene, og grunnlag for vurdering av eventuelle senere endringer i utslippstillatelsen med tanke på innføring av spesifikke nuklidegrenser. Når utslippet overstiger varslingsnivåene, eller prognoser viser at varslingsnivåene kommer til å bli overskredet i løpet av året, skal Strålevernet varsles skriftlig. Dessuten er det krav til bruk av beste tilgjengelige teknikk (BAT), slik at utslippsnivåene holdes så lave som praktisk mulig.

Gjeldende tillatelse til utslipp ble utstedt 19. desember 2002 på bakgrunn av søknad fra IFE datert 16. mai 2002. Denne er hjemlet i lov av 12. mai 2000 om strålevern og bruk av stråling (strålevernloven). Det er ingen vesentlige endringer fra utslippstillatelsen fra 2000. Tillatelsen er gyldig fram til 31. desember 2005.

2.3 Oppsummering av redegjørelse fra 1999 om utslipp til Nitelva og gjennomførte tiltak

I brev av 28. oktober 1999 ba Sosial- og helsedepartementet om en redegjørelse fra Strålevernet, med vurdering av utslipp av radioaktivt avfall fra IFE på Kjeller i perioden 1948 – 1999. Strålevernet skrev Strålevern-Rapport 1999:11 *"Radioaktive utslipp fra IFE Kjeller til Nitelva"* som baserte seg på dokumenter, brev og rapporter fra Strålevernets arkiver tilbake til 1950-tallet. I tillegg var det informasjon fra IFE, Skedsmo kommune, SFT, Kreftregisteret og forsknings-sjef ved Det norske nobelinstitutt Olav Njøstad.

I figur V1.1 og V2.2 i vedlegg 1 er en oversikt over utslippsmengder til Nitelva i perioden 1962 – 1997. I forarbeidet til denne rapporten ble det kun funnet data på utslipp fra og med 1961. Det var uklareheter når det gjaldt utslipp for dette tidspunktet.

Oversikt over IFEs utslipp totalt viser at de største utslippene til Nitelva foregikk i perioden 1968 - 1972, både i volum og mengde radioaktivitet.

Som en del av utslippstillatelsen fra 1992 var IFE (som nå) pålagt å gjennomføre kontroll av radioaktivitet i vann, sedimenter, vannplanter og fisk etter et fast program. Resultatene av dette overvåkningsprogrammet blir fortløpende rapportert til og vurdert av Strålevernet. Strålevernet deltok på IFEs prøvetaking av sedimentene fra Nitelva 7. oktober 1999. Strålevernet ble da informert om at de forurensede sedimentene lå tørrlagt deler av året. En tørrlegging av området der utslippet foregår innebærer at tidligere doseberegninger foretatt av IFE har vært basert på et feilaktig grunnlag. På bakgrunn av dette fjernet IFE sedimentene etter pålegg fra Strålevernet. Som følge av krav i utslippstillatelsen fra 2000, etablerte IFE også et nytt utslippspunkt i Nitelva.

2.4 Vurdering av stråledoser og eventuelle helseeffekter etter kartleggingen i 1999

Strålevernet vurderte i 1999 at det viktigste tiltaket for å redusere muligheten for framtidige stråledoser til lokalbefolkningen på Kjeller, var å fjerne de mest forurensede sedimentene i Nitelva. Et vesentlig moment i denne forbindelse var at det forurensede området lå tørrlagt deler av året og således kunne være tilgjengelig for folk som ferdes langs elvebredden. Det kunne ikke utelukkes at inngrep i framtiden (for eksempel mudring eller graving) kunne medføre at de mest forurensede sedimentene kunne bli liggende åpne på elvebredden og således gi forhøyede stråledoser til mennesker som benytter området til rekreasjon (f.eks. gå i de forurensede sedimentene, grave etter fiskekluk etc.). En konkluderte med at når de forurensede sedimentene lå dekket av et tykt lag (ca. 0,5 m) med sedimenter, og samtidig under vann, representerte de ikke en helsefare for befolkningen. Imidlertid tilsa konsentrasjonene av radioaktivitet at sedimentene ikke burde ligge tørrlagt.

IFEs konsesjon til drift ble gitt av Kongen i statsråd 22. desember 1999 blant annet på vilkår av at IFE fjernet eller sikret de radioaktive sedimentene ved utslippspunktet til NALFA-ledningen i Nitelva. Videre ble IFE i februar 2000 pålagt av Strålevernet å fjerne de forurensede sedimentene. Selve oppgravingen tok til 29. mars og varte i 10 dager. Det ble satt krav til at IFE fjernet sedimenter innenfor det området som var nødvendig for at Nitelva ikke skulle inneholde punkter hvor forurensningen av plutonium og americium (plutonium-239 + plutonium-240 + americium-241) i sedimentet oversteg 10 Bq/g (målt i tørrvekt). Videre ble det forutsatt at nødvendige hensyn til ytre miljø ble ivaretatt, slik at prosessen med fjerning av sedimentene ikke skulle føre til ytterligere forurensning eller spredning av forurensning i miljøet.

Tiltak

I tråd med Strålevernets anbefalinger i denne rapporten, ble følgende tiltak gjennomført:

1. De mest forurensede sedimentene i Nitelva ble fjernet. I lys av de nye opplysningene om at det aktuelle området i Nitelva lå tørrlagt deler av året, bad Strålevernet IFE om en utredning. Utredningen skulle inneholde all tilgjengelig informasjon vedrørende aktivitetskonsentrasjoner og utbredelse av det forurensede området skulle beskrives, samt forslag til tiltak for å fjerne forurensningen. Strålevernet ba om at IFE fjernet de mest forurensede sedimentene i Nitelva og at området alltid burde være under vann og ikke direkte tilgjengelig for folk.
2. Det ble opprettet en samarbeidsgruppe bestående av Strålevernet og lokale aktører som planla oppfølgingen av 1999- rapporten.
3. Det var behov for mer informasjon om de tidligste utslippene og mulige bestrålingsscenarioer i forbindelse med den åpne bekken, Sogna og utslippspunktet for Nitelva. Dette er gjennomført i denne rapporten.
4. Mulig forurensede områder ble undersøkt, se kapittel 2.5.
5. IFE fikk varslingsnivåer i utslippstillatelsen sin fra Strålevernet.

2.5 Undersøkelser av radioaktivitet i vann og sedimenter i Sogna 2001

Prøvetaking av vann og sedimenter ble vinteren 2001 foretatt i Sogna. Disse prøvene ble analysert for innhold av radioaktive stoffer. Det var i perioden 1954 - 1967 utslippene fra IFEs anlegg gikk via en lokal kloakkledning og ut i Sogna. Sedimentprøvene ble tatt på tre

forskjellige steder ved Sogna og analysert ved Strålevernet. Prøvene ble delt opp i forskjellige sjikt og analysert for flere radioaktive stoffer (blant annet cesium, plutonium og uran).

IFE tok samtidig prøver, og resultatene fra denne undersøkelsen er utgitt i en IFE rapport (IFE/KR/E-2003/003).

Målingene av sedimentprøvene fra Sogna viste relativt lave konsentrasjoner av radioaktivitet. Konsentrasjonene var høyere enn det som vanligvis måles i ferskvannssedimenter, men under de grenser som tidligere var satt for å fjerne forurensning i Nitelva. Konsentrasjonene som ble målt ga ikke grunnlag for å begrense bruken av området ut i fra helsemessige hensyn. Målingene som ble utført ga ikke grunnlag for å si noe om mengder eller hvilke typer kortlivede radioaktive stoffer som ble sluppet ut i en tidlig fase av driften på IFE. Videre informasjon om historiske utslipp fra IFE kan leses i Strålevernsrapport 1999:11 og i IFEs rapport IFE/I-2000/002 "Rørledninger og utslipp av lavradioaktivt avløpsvann fra IFE fra 1948 til i dag".



Figur 2.1 Prøvetaking av vann og sedimenter ble vinteren 2001 foretatt i Sogna (Foto: T. Bjerk, IFE).

3 Utslipp

3.1 Beskrivelse av utslipp fra IFE

Strålevernet anmodet i brev av 10. september 2004 Institutt for energiteknikk (IFE) om å frambringe opplysninger om utslipp av radioaktive stoffer fra IFE i perioden 1948 – 1967 og en detaljert spesifikasjon av utslippene i perioden 1964 – 1978. IFE har framstilt denne informasjonen i rapport IFE/KR/F/-2004/194 *“En oversikt over utslipp av radioaktive stoffer fra Institutt for Atomenergi i 1950- og 1960-årene”*.

Opplysningene som er framskaffet angående utslipp fra IFEs ulike anlegg og aktiviteter er mer komplette enn tidligere. Utslippsdata fra oppstart av den første reaktoren i 1951 og fram til slutten av 1970-tallet er imidlertid ikke fullstendige. Data fra miljøovervåkning og produksjon av radioaktive stoffer, er derfor brukt for å utarbeide utfyllende informasjon om utslippene. Det knytter seg størst usikkerhet rundt utslippene fram til slutten av 1960-årene.

Utslipp til luft og vann henger nøye sammen med hvilke aktiviteter som til enhver tid foregikk ved IFE. Som nevnt i kapittel 1, er det ulike virksomheter som kan ha bidratt til utslipp til luft og vann i løpet av perioden 1951 og fram til i dag. Reaktordriften kom i gang i 1951, og isotopproduksjonen startet året etter. Uranrenseanlegget var i prøvedrift i 1959, og i full drift i perioden 1962 til 1968. Avfallsanlegget kom i drift i 1962. Vurderinger av hva hvert enkelt av anleggene har bidratt til, når det gjelder utslipp, er beskrevet i mer detalj i vedlegg 2.

Også når det gjelder målinger av utslipp, har dette vært gjennomført på ulike måter. Fram til midten av 80-tallet rapporterte IFE hovedsakelig utslippsdata i form av målinger av total alfa- og beta-aktivitet. Dette gir ikke informasjon om hvilke enkelte radionuklider

utslippet består av, bare om de totale mengdene. Det betyr at Strålevernet sitter inne med begrenset informasjon om utslipp av enkelt nuklider i denne perioden. I de tilfellene hvor bare total alfa- og beta-aktivitet er rapportert, har vi antatt at utslippet kan beskrives av den isotopen som gir de største stråledosene. Dette representerer en viss overestimering. Dette betyr også at utslipp fra de enkelte årene ikke er direkte sammenlignbare, siden det ble brukt ulike metoder for å måle dem. En fullstendig oversikt over hvilke utslipp som ligger til grunn for videre vurderinger finnes som tabell V2.1 og V2.2 i vedlegg 2.

3.2 Funn gjort under Strålevernets besøk ved IFE

Strålevernet har i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten vært ved IFEs anlegg 23. september og 19. oktober 2004. Strålevernet foretok undersøkelser i IFEs hovedarkiv, arkivet ved Avdeling miljø og strålevern, isotoplaboratoriernes arkiv, samt i publikasjonslister i biblioteket. I tillegg hadde Strålevernet samtaler med enkelte tidligere og nåværende ansatte ved IFE.

Denne gjennomgangen frambrakte ny informasjon som ikke tidligere har vært tilgjengelig. I tillegg til informasjon om utslipp, fant Strålevernet informasjon om produksjon av isotoper ved anlegget. Informasjon om produksjon av isotoper er brukt til å beskrive maksimale utslipp fra IFE samt fordelingen mellom ulike isotoper. Imidlertid fant man ikke informasjon om eksakte produserte mengder av de ulike isotopene. Videre ble det framskaffet informasjon om utslipp av andre forurensende stoffer fra IFE samt en kartlegging av kildene til forurensning i Nitelva på tidlig sekstitall.

I årene 1951 til 1959 produserte IFE en rekke radioaktive isotoper. I henhold til årsrapporter fra IFE, var det flest forsendelser av isotopene jod-131, fosfor-32, kobolt-60, gull-198 og

natrium-24. Forsendelser av jod-131 og fosfor-32 var i klart flertall. I henhold til rapport fra IFE "Survey of activities 1948-1960" hadde IFE 20 forsendelser i 1951/52 og dette hadde økt til 1298 forsendelser og 435 interne leveranser på IFE i 1959/60. I denne perioden var 75 % av leveransene til sykehus hvorav nesten 50 % var jod-131.

Strålevernet har også gått gjennom laboratoriejournaler hovedsakelig fra 1960-tallet. Slike laboratoriejournaler forelå for en rekke isotoper, deriblant de isotopene man har indikasjon på størst produksjon av, natrium-24, brom-82, jod-131, fosfor-32 og gull-198. I enkelte tilfeller var mengde produsert i hver laboratoriekjøring påført journalene. Dette har gjort det mulig å gi et overslag over total produsert mengde av de enkelte isotopene.

Avdeling Miljø- og strålevern ved IFE har også et eget avdelingsarkiv som Stålevernet undersøkte. Strålevernet fant her systematiske oversikter over målinger foretatt på prøver av vann fra Nitelva og utslippspunktet i Sogna i 1956, 1957 og 1958.

Utslipp av andre forurensende komponenter har i følge IFE bestått av vanlige laboratoriekjemikalier, i hovedsak syrer og baser. Dette støttes av en særutskrift fra Skedsmo Helseråds protokoll datert 29. oktober 1970 hvor det vises til utslipp av svovelsyre, svovelsyrling, fosforsyre, salpetersyre, flussyre, oksalsyre, tiocyanisyre, ammoniumnitrat og jern.



Figur 3.1 Oversiktsbilde over IFE i dag (Foto: IFE).

3.3 Utslipp til vann

Utslipp til vann fra IFE forgikk hovedsakelig til to ulike områder. I en tidlig periode, fra 1954 – 1967 gikk utslipp fra IFE i en kloakkledning fra anlegget til Sogna. Denne ble lagt om og utvidet flere ganger på grunn av utvidelser og omlegginger av anlegget.

I 1961 startet en prosess med å anlegge en egen rørledning fra IFE til Sogna og videre til djupålen i Nitelva. Ny Avfallsledning for Lavaktivt Flytende Avfall (NALFA-ledningen) med forlengelse til Nybrua ble tatt i bruk i 19. mai 1967.



Figur 3.2 Oversikt over tidligere kloakkledning til Sogna og NALFA-ledningens løp. NALFA-ledningen ble tatt i bruk i 1967.

1948 - 1954

Ved en gjennomgang av egne arkiver, har ikke IFE funnet dokumenter eller rapporter med referanse til utslipp av radioaktivt avfallsvann i denne perioden. Strålevernet har heller ikke funnet slik dokumentasjon i noen av de arkivene som er undersøkt. Det opplyses at avfallsvannet er samlet opp i tanker, og man antar derfor at det ikke har forekommet utslipp av radioaktivt avfallsvann i denne perioden.

1954-1957

Her foreligger det brev fra IFE i 1954, 1956 og 1957 som beskriver IFEs estimater for utslipp av flytende radioaktive stoffer av nuklidene jod-131, tellur-127, tellur-129 og fosfor-32. Dette er radioaktive stoffer med korte halveringstider og stammer fra produksjonen av radioaktive legemidler. Det foreligger ingen målinger av utslippene, og vi har derfor basert oss på IFEs maksimale utslippsestimater. Disse utslippsestimatene er gjengitt i tabell V1.1 i vedlegg 1.

Ved gjennomgang av materiale som beskriver produksjon av radioaktive stoffer ved IFE, har man kunnet påvise produksjon av andre radioaktive stoffer. Ved å anta at 10 % av den produserte aktiviteten slippes ut i væskeform, har vi komplettert og korrigert de estimatene som IFE selv gjorde på den tiden. Vi antar at dette er et konservativt estimat. Disse nye estimatene av utslippene er vist i tabell V1.2 i vedlegg 1.

1957 – 1961

I 1956 la Helsedirektoratet og Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen ned midlertidig forbud mot å slippe radioaktive stoffer ut i Nitelva. Fra midten av mai 1957 til september 1961 rapporterer IFE at det ikke fant sted noe utslipp av flytende radioaktivt avfall. Avfallet ble i denne perioden samlet og lagret i 10 m³ tanker under bakken på IFEs område.

1961 – 1964

Det er ikke spesifisert nuklider i utslippet fra denne perioden, men ut ifra isotopproduksjonen er hoveddelen av aktiviteten jod-131, tellur-127, tellur-129, samt mindre mengder fosfor-32 og svovel-35 fra produksjon av fosfor og gull-195 fra produksjon av gull.

Fra september 1961 forekom det enkelte utslipp av uran og fisjonsprodukter fra Avfallsanlegget, og fra september 1962 foregikk det mer regelmessige utslipp fra Avfallsanlegget.

Utslipp av aktivitetmengder fra Isotoplaboratoriet og Avfallsanlegget fra august 1961 til og med desember 1962 er gitt i tabell V1.3 i vedlegg 1. Spesifiserte utslipp for 1963 finnes i tabell V1.4 og for 1964 i tabell V1.5 i vedlegg 1.

Fra 1961 ble produksjonene av radioaktive legemidler registrert. De viktigste produktene var basert på jod-131, fosfor-32, gull-198,

kalium-42 og natrium-24. Det ble også gjennomført noen prøveproduksjoner med rubidium-86, kvikksølv-187m-197, kvikksølv-203, kobolt-60, molybden-99 og cesium-134. Som nevnt over har IFE estimert at ca. 10 % av den ukentlige produksjonsaktiviteten i denne perioden ble avfall. De estimerte utslippstallene er vist i tabell V1.6 i vedlegg 1.

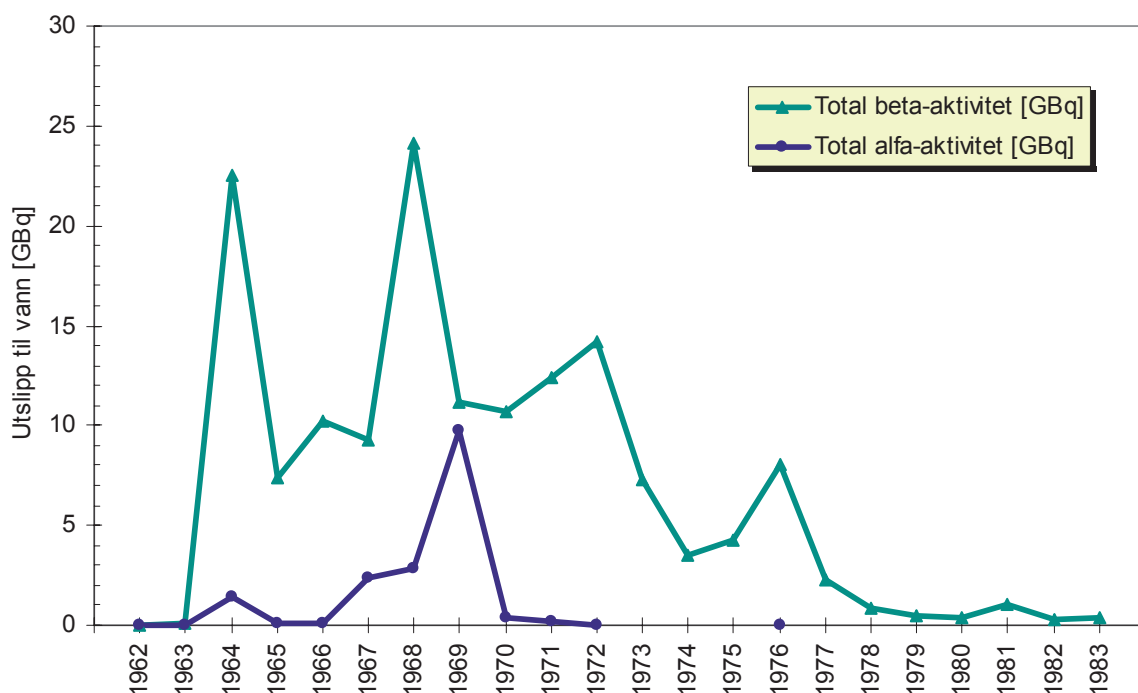
1964 - 1967

Utslipp i perioden fra 1964 er gitt i tabell V1.7 i vedlegg 1. Det er kun strontium-90 som er spesifisert fra Avfallsanlegget. Det resterende utslippet er målt i total alfa- og beta-aktivitet.

Etter 1967 og fram til i dag

Utslipp av avfallsvann fra IFE er dokumentert i rapporter fra og med 1964. Dette har sammenheng med at IFEs første formelle utslippstillatelse forelå dette året. Instituttets avfallsledning (NALFA-ledningen) ble tatt i bruk i 1967. Siden Sogna var lite egnet som utslippssted ble NALFA-ledningen lagt ut i Nitelva, like over Nybrua, der vannføringen var større enn i Sogna.

Oversikt over IFEs utslipp totalt viser at de største utslippene til Nitelva foregikk i perioden 1968-1972, både i volum og mengde radioaktivitet. De største utslippene av radioaktive stoffer som avgir alfa-stråling, deriblant plutonium, foregikk i perioden 1968-1970. Det er disse utslippene en antar var opphavet til de mest forurensede sedimentene som ble fjernet fra Nitelva i 2000. En oversikt over anslag over utslipp til vann fra IFE i perioden 1951 til 2003 er gitt i tabell V2.1 i vedlegg 2.



Figur 3.3 Tidsforløp som viser årlig utslipp av alfa- og beta-aktivitet til vann i tidsrommet 1962 til 1983. Figuren viser at de høyeste beta-utslippene forekommer i 1964 og 1968, og de høyeste alfa-utslippene forekommer i 1969. Utslippene til Sogna er derfor høyest i 1964, og utslippene til Nitelva er høyest i 1968-1969.

3.4 Utslipp til luft

Når det gjelder utslipp til av radioaktive stoffer til luft, er oversiktene mer mangelfulle. Driften av IFEs reaktorinstallasjon og produksjon av radioaktive legemidler er i første rekke de aktivitetene som medfører utslipp av radioaktive stoffer til luft. Mesteparten av disse utslippene består av svært kortlivede radionuklider. Men også noen av de andre anleggene forårsaker utslipp til luft, dog i langt mindre omfang. Det er først i 1984 at IFE begynner med nuklidespesifikke målinger, knyttet opp til at dette er første år som utslippstillatelsen begrenser utslipp til luft.

1948-1954

Det foreligger ikke opplysninger om utslipp av radioaktive stoffer til luft fra IFEs anlegg i perioden 1948 til 1952. Det er imidlertid sannsynlig at utslipp til luft først startet med oppstart av den første reaktoren i 1951. Likeledes startet isotopproduksjonen opp i 1952, og har høyst sannsynlig medført utslipp til luft.

Ved nøytronbestråling av luft ved reaktordrift genereres argon-41. På bakgrunn av den årlige energiproduksjonen og reaktorens effekt, har IFE beregnet antall driftstimer per år og dermed det årlige utslipp av argon-41. Utslippetsdataene for argon-41 er således beregnet for hele driftsperioden. Dette er angitt i tabell V1.8 og V1.9 i vedlegg 1.

Utslipp av jod og andre nuklider

Kontroll av radioaktivitet i luften i reaktorhallen (Jeep I) og i produksjonslaboratoriene for radioisotoper startet høsten 1952. Fra 1953 ble det installert flere permanente luftmonitører i og rundt anleggene. Dokumenterte målinger av utslipp av jod og andre isotoper fra IFEs virksomhet finnes fra 1962.



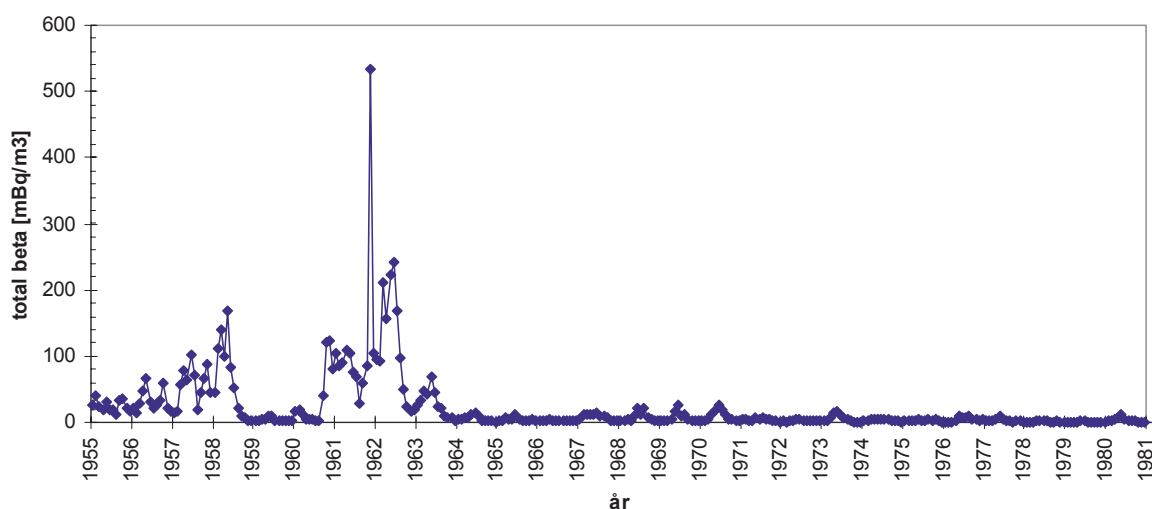
Figur 3.4 Plassering av reaktoren på Kjeller og angivelse av 300 meters radius.

3.5 Bruk av målinger i luft for å estimere utslipp

En alternativ måte å beregne utslipp til luft er å benytte daglige målinger fra FFIs målenettverk. En målestasjon var plassert på Kjeller, og en annen målestasjon var plassert på Gardermoen. Disse var satt opp for å måle mengden radioaktivt nedfall som kom over Norge som følge av prøvesprengninger av kjernevåpen i atmosfæren. Totalt var 14 slike målestasjoner i drift i Norge fra ca. 1957 til 1982. Luftfiltrene ble målt for total beta-aktivitet, 3 dager etter innsamling.

Generelt for hele perioden ligger målingene på Kjeller ca. 30 % høyere enn målingene på Gardermoen.

En kan anta at differansen mellom Kjeller og Gardermoen skyldes lokale utslipp fra Kjeller, mens det resterende skyldes radioaktivt nedfall fra de atmosfæriske prøvesprengningene av kjernevåpen, som foregikk fram til 1963.



Figur 3.5 Forløp av total beta i luft på Kjeller – samlet nedfall fra prøvesprengninger og utslipp fra IFE.

3.6 Miljøovervåkning

Innsamling og analyse av gressprøver startet i august 1957. I begynnelsen var prøvetakingen begrenset til IFEs område. Våren 1958 ble prøveprogrammet utvidet til flere punkter for gressprøvetaking. Dette inkluderte prøver fra IFEs område og prøver i 2-3 kilometers avstand fra IFE. Disse prøvene ble analysert for total beta-aktivitet og radioaktivt jod. Sommeren 1959 ble prøveprogrammet utvidet til også å gjelde nedbørsprøver. I 1964 ble det startet et program for måling av radioaktive stoffer i melk.

Det ble tatt vannprøver fra Nitelva fra 1956. Fra juni 1957 ble det tatt prøver en gang per uke. Disse ble analysert for total beta- og gamma aktivitet og for innhold av jod-131. Egne rapporter med resultater av undersøkelser av radioaktivitet i Nitelva ble utgitt hvert år fra 1964 til 1978. I forbindelse med senere års utslippstillatelser har IFE et etablert overvåkningsprogram, der konsentrasjoner av radioaktive stoffer i miljøprøver årlig rapporteres til Strålevernet.

Strålevernets doseberegninger har blitt sammenholdt med tidligere gjennomførte målinger i miljøet som en kontroll på at dose-

beregningene bygger på konsentrasjoner som faktisk ble funnet i miljøet da utslippene fant sted.

3.7 Utslipp av radioaktive stoffer fra Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

På grunn av begrenset tid, bygger ikke denne beskrivelsen av radioaktive utslipp fra Forsvarets forskningsinstitutt, FFI, på en fullstendig gjennomgang av FFIs arkiver. Følgende oppsummering tar utgangspunkt i brev med vedlegg fra FFI til Strålevernet datert 3. januar 2005.

3.7.1 FFIs virksomhet

FFI fikk på 50-tallet i oppdrag å organisere og drive systematisk innsamling av og måling på prøver for å kartlegge radioaktiviteten i nedbør og hvordan denne forplantet seg gjennom vegetasjon til dyr og næringsmidler (blant annet melk). Arbeidet pågikk ved FFI fra midten av 50-tallet til slutten av 60-tallet. Instituttet studerte også hvordan luftbårne radioaktive forurensninger kan spres med vind og nedbør, og beregnet risiko for forurensninger fra kjernevåpensprengninger. Det ble også studert

hvordan radioaktive stoffer som strontium-90 og jod-131 vandret gjennom næringskjeden fram til mennesket.

3.7.2 Radioaktive utslipp fra FFI

FFI hadde på 1950- og 60-tallet den samme kloakkledningen som IFE hvor alt avfallet gikk. Det ble aldri arbeidet med aktivitetsmengder større enn 1,9 GBq. Restene fra den eksperimentelle aktiviteten er anslått til å være mellom 0,4 MBq og 1,9 MBq per måned. Dette ble som regel skylt ut i vasken og gikk via kloakkledningen til Sogna.

I brev av 5. juni 1957 opplyste FFI til Helsedirektoratet at følgene radioaktive isotoper ble benyttet: klor-36, fosfor-32, jod-131, strontium-89, strontium-90, yttrium-90 og radium-226. Tidligere hadde niob-95, tinn-65 og krom-51 og en del fisjonsmateriale vært benyttet. Det ble samtidig meldt om at de i framtiden ventet en sending cesium-137. Tabell V1.10 og V1.11 i vedlegg 1 viser hva FFI regner med å ha hatt av utslipp per måned i den aktuelle perioden.

Større aktiviteter enn det som er oppgitt i tabell V1.10 og V1.11 ble lagret for henfall før det ble sluppet ut.

I 1961 ble en gruppe for strålingsbiologi etablert ved avdeling for toksikologi (FFITOX). Det ble i løpet av 1960-årene bare i noen svært få tilfeller anvendt radioaktive isotoper ut over karbon-14 og tritium. Den dokumentasjonen som foreligger på bruk og avfallshåndtering av dette er fra 1970, men forteller noe om aktuelle aktivitetsmengder og hvordan de ble håndtert på slutten av 1960-tallet. Mesteparten av det årlige forbruket (mer enn 90 %) gikk ut i kloakknett. Det resterende gikk til forbrenning på IFE. Tabell V1.12 i vedlegg 1 viser årlig forbruk og utslipp fra FFI på 1960-tallet.

4 Beregning av stråledoser som følge av radioaktive utslipp

4.1 Bakgrunn for doseberegninger

Når Strålevernet har gjennomført doseberegninger, er disse basert på en rekke antagelser som må gjøres. For det første er de historiske utslippsmålingene ufullstendige. Dette skyldes blant annet at måle metodene var annerledes tidligere, og en kunne ikke i samme grad som i dag bestemme hver enkelt radionuklide. Derfor må en gjøre noen forutsetninger når det gjelder nuklidesammensetning. Videre må en gjøre noen antagelser når det gjelder hvilke situasjoner som kan ha medført stråledoser. Vi har i dette arbeidet også kunnet utelukke enkelte eksponeringsveier, som omtalt i de to påfølgende delkapitlene.

4.2 Utslipp til åpen bekk?

En eksponeringssituasjon som har vært fremhevet av folk som har vokst opp i området er lek i utslippsrør og lek omkring utslippspunktet i Sogna. Det har blitt hevdet at utslippet fra IFE har gått til åpen bekk i tidlig periode.

En intern rapport fra IFE i 1962 tyder på at kloakken delvis var åpen på strekningen Kjeller - Sogna:

«For tiden slippes alt avfall fra IFA ut i det felles kloakksystem for Kjeller-området. Kloakkledningen er delvis åpen, og avfall fra IFA trenger ved tilstopping inn i kjellere i beboelseshus og kan også flomme ut over Fetveien der ledningen krysser denne i stikkrenne.» «Kloakken munner ut i Sogna, hvor man må anta at en viss akkumulering av aktivitet vil skje på grunn av sedimentering av slampartikler. (Forsøk ved

FFI viser at slam fra Sogna absorberes blant annet Cs og Sr i betydelig grad). På grunn av sterkt varierende vannstand i Sogna, vil deler av den periodevis tørlegges, hvilket medfører fare for at aktive slampartikler kan virvles opp i luften. Ved høy vannstand i Nitelva, kan Sogna flomme innover nærliggende boligområder.» (Intern rapport fra IFE, mars 1962).

IFE imøtegikk dette i sin rapport i mars 2000 (IFE Rapport nr IFE/I-2000/002). IFE sannsynliggjorde at utslipp aldri har gått rett i åpen bekk. I henhold til IFE representerte ikke rapporten fra mars 1962 instituttets syn, men bare de to forfatterne av rapporten. Videre var det slik at man måtte se rapporten som et ledd i argumentasjonen for å få bygd NALFA-ledningen. For å sitere fra IFE-rapporten av mars 2000: *”Notatet er ikke en IFA rapport og representerer derfor kun disse personenes syn på forholdene. Notatet er skrevet som et argument for å få bevilget penger til å bygge en ny avløpsledning (NALFA-ledningen) for å forbedre utslippsforholdene. Det kan derfor antas at de negative forholdene ved utslipp via den eksisterende kloakkledningen er betydelig overdrevet.”* (IFE-rapport nr IFE/I-2000/002, s. 8).

I IFE-rapporten levert 15. november 2004 (*“En oversikt over utslipp av radioaktivitet fra Institutt for atomenergi i 1950- og 60-årene”*) diskuterer IFE lukking av Gåsvikbekken. IFE viser i denne sammenhengen til en kontrakt som Forsvarets forskningsinstitutt inngikk med Brødrene Nyhagen, Rælingen i 1952, om “lukking” av bekk på Kjeller. Kontrakten er underskrevet den 26. februar 1952 og spesifiserer at bekken skal legges i 80 cm kulvertrør i en lengde på 240 meter med en tidsfrist på 10 uker etter kontraktsinngåelse.

Med unntak av den ovenfor nevnte interne IFE-rapporten fra 1962, er Gåsvikbekken i de dokumenter Strålevernet har hatt tilgang ikke omtalt som åpen. Overlege Finn Devik ved Statens Radiologisk-Fysiske laboratorium skriver i brev datert 25. juni 1957 til Helse-direktoratet følgende om kloakken i forbind-

else med vurderingen av utslippstillatelse for IFE: "den del som i dag er åpen og representeres av lagunen Sogna".

På bakgrunn av disse opplysningene, har Strålevernet vurdert at det kun har vært selve utslippspunktet til Sogna som har vært åpent. Utslippene fra IFE har gått i lukket system til Sogna. Det har hersket en viss usikkerhet om utslipp har gått til åpen bekk, og vi antar at dette skyldes omtalen av Sogna som en åpen del av utslippssystemet.

4.3 Eksponering gjennom drikkevann

Strålevernet har vurdert om drikkevann ble hentet fra Nitelva, eller om nærliggende brønner kunne inneholde radioaktivitet. I den forbindelse har Skedsmo kommune vært kontaktet, og Norges geologiske undersøkelses brønnregister har også vært benyttet.

Det lå en pumpestasjon med renseanlegg for drikkevann 1,4 km nedenfor Sogna. Denne ble brukt under krigen og i de nedbørsfattede årene 1947/48. Statens institutt for folkehelse hadde imidlertid nedlagt forbud mot bruk av pumpestasjonen.

I 50-årene fikk Kjeller-området drikkevann fra Ryggevann i Nittedal. Noe vann fikk Kjeller også fra Tretjern i Leirsjøen. Tretjern ligger ca. 3-4 km i rett linje fra Kjeller-område. Det var god vannforsyning til beboerne i området. Likevel skriver Helsedirektoratet til Statens radiologisk-fysiske laboratorium i brev av 25. juni 1957 at det finnes noen brønner som bare ligger 50 – 60 m fra elva og bare uvesentlig høyere enn vannstanden i den. Disse brukes som drikkevann for både mennesker og sannsynligvis dyr. Videre står det at "Det må regnes med at ved tilsig fra Nitelva gjennom grunnen til brønn vil det meste tilstedeværende radioaktivitet holdes tilbake ved adsorpsjon, og at brønnvann her vil være meget mindre aktivt enn elvevann." Etter

kontakt med Skedsmo kommune og søk i Brønnregisteret, har ikke Strålevernet funnet noen brønner brukt til drikkevann i det aktuelle området.

På bakgrunn av den foreliggende informasjon vi har klart å skaffe, er det ingen grunn til å tro at drikkevann har vært en eksponeringsvei for radioaktivitet.



Figur 4.1 Statens strålevern foretar inspeksjon av IFEs utslippsledning inne på IFEs område i 2000 (Foto: Statens strålevern).

4.4 Doseberegninger og hvilke antagelser som ligger til grunn

Noen av de aktuelle radionuklidene i utslippet fra IFE har kort halveringstid (timer) og vil derfor bare gi doser over et kort tidsrom etter utslippene, mens andre har lang halveringstid (år) og vil kunne gi doser selv mange år etter utslipp. Noen radionuklider befinner seg i en kjemisk form som gjør at de lett tas opp i kroppen og gir stråledoser, mens andre tas opp i liten grad selv om de mengdene som tas opp kan ha lang utskillingstid. Det er dessuten varierende mengder utslipp over tid. Det er grunn til å tro at utslippene var høyest på slutten av 1960-tallet, mens de er langt lavere i dag.

Når en skal beregne stråledoser som følge av radioaktive utslipp, er det tre viktige eksponeringsveier en må ta hensyn til:

- inntak av forurenset mat og drikke
- inhalasjon

- ekstern bestråling fra radioaktivitet på bakken og i lufta

De ulike radioaktive stoffene sender ut forskjellig stråling (alfa-, beta- eller gammastråling). Når stråledoser beregnes, brukes omregningsfaktorer som gir den ekvivalente (likeverdige) stråledosen til organet. Beregningen av den totale dosen til kroppen tar i tillegg hensyn til at de radioaktive stoffene blir tatt opp forskjellig i organer og at de ulike organene har ulik følsomhet for stråling.

IFE har gjort doseberegninger knyttet til dagens utslippsforhold, og Strålevernet har sett nærmere på disse for å undersøke om de kan benyttes også for historiske utslipp. En fullstendig redegjørelse for dagens stråledoseberegninger finnes i IFE/1-2002/012. For beregning av stråledosene er PC-CREAM³ modellen benyttet. Uavhengig av IFEs beregninger har Strålevernet gjennomført en tilsvarende beregning, også ved hjelp av PC-CREAM, men med noen endringer som ble inkludert for å fange opp mulige ekstreme eksponeringssituasjoner. Det er her gjort rede for de ulike beregningene, hvilke betingelser som ligger til grunn og hvordan dette påvirker de beregnede stråledosene.

De antatte utslippene som ligger til grunn for doseberegningene finnes i tabell V2.1 og V2.2 i vedlegg 2. Vi kjenner ikke til hvorvidt det oppsto brenselseil med påfølgende frigivelse av fisjonsprodukter i reaktoren Jeep I i løpet av driftsperioden (1951-1966) og hvordan dette i tilfelle ble håndtert. Dette ville i så fall ha endret utslippene av radioaktivitet til luft, men dosebidragene vil ikke være nevneverdige.

4.4.1 Betingelser brukt i IFEs doseberegninger

Utslipp til luft

For utslipp til luft har IFE tatt utgangspunkt i en vindfrekvens basert på NILUs målinger på Kjeller flystasjon i perioden 1973-75 og en har benyttet en standard fordeling når det gjelder stabilitetsklasser for innlandsforhold. De har sett på tre nuklider i luft: argon-41, tritium og jod-131. Utslippene antas å ha skjedd i en høyde på 15 m.

IFE har sett på følgende eksponeringsveier: Konsum av forurenset kumelk, konsum av frukt og grønnsaker, inhalasjon av forurenset luft, ekstern gamma- og beta-stråling fra radionuklider i luft og ekstern gamma- og beta-stråling fra bakkedepontert radioaktivt materiale. De har vurdert eksponering for jod-131 for spedbarn, barn og voksne, i tillegg til argon-41 og tritium for voksne. IFE har videre antatt en inhalasjonsrate på 1900 m³/år for spedbarn, 5500 m³/år for barn og 7300 m³/år for voksne.

IFE har regnet med et konsum av kumelk på 320 liter/år for små barn og 240 liter/år for barn og voksne. Det antas videre at den gruppen personer doseberegningene gjennomføres for (kritisk gruppe) oppholder seg 50 % av tiden utendørs. Normalt melkekonsum og normal oppholdstid utendørs er lavere enn hva som er lagt inn i beregningene.

Utslipp til vann

IFE har tatt utgangspunkt i en enkel fortynningsmodell der gjennomsnittlig vannføring og mengde suspendert materiale i elva er viktige parametere. Doser til den kritiske gruppen har blitt beregnet for konsum av fisk fanget i Nitelva og opphold på strand ved Nitelva. IFE legger til grunn at andre mulige eksponeringsveier som bading og opphold i båt gir neglisjerbare doser i forhold. Tidligere doseberegninger har vært basert på bruk av Nitelva som drikkevann, men det er neppe

³ PC-CREAM: National Radiological Protection Board, EUR 17791 EN (NRPB-SR296), UK (1997)

noen som bruker Nitelva som drikkevannskilde, verken i dag eller i tidligere tider. IFE går ut ifra at det er voksne individer som vil få de største stråledosene fra utslipp til vann. Barn har riktignok en høyere effektiv dosekoeffisient når det gjelder inntak av radioaktive nuklider, men de antas også å ha et lavere konsum av fisk enn voksne.

IFE har for Nitelva antatt en gjennomsnittlig årlig vannføring på $1,57 \cdot 10^8$ m³/år og en mengde suspendert materiale på $1,5 \cdot 10^5$ tonn/m³. IFE har videre antatt en oppholdstid på 100 timer i året ved elvebredden, og et fiskekonsum på 20 kg per år. En mer detaljert redegjørelse for betingelsene finnes i vedlegg 3.

4.4.2 Betingelser brukt i Strålevernets doseberegninger

Utslipp til luft

Strålevernet har tatt utgangspunkt i standardverdier for gjennomsnittlig omfang av værforhold i innland, og har antatt en uniform fordeling i de forskjellige vindretningene. I tillegg til utslipp av nuklidene tritium, argon-41 og jod-131, har Strålevernet vurdert utslipp av krypton-85. Utslippene antas å ha skjedd i en høyde på 15 m.

Strålevernet har i tillegg til de eksponeringsveiene som IFE har vurdert, inkludert konsum av storfekjøtt og -lever, samt sauekjøtt. Vi antar at konsum av andre melkeprodukter enn melk er inkludert i det anslåtte melkekonsumet. Modellen regner med at alle konsumerte matvarer blir produsert i nærområdet, og dette gir en overestimering av dosebidragene.

Strålevernet har beregnet dosebidrag for de aktuelle nuklidene for hver eksponeringsvei og for hver aldersgruppe (små barn 0-2 år, barn og voksne). Strålevernet har antatt de samme inhalasjonsratene som IFE, med 1900 m³/år for spedbarn, 5500 m³/år for barn og 7300 m³/år for voksne.

Strålevernet har i likhet med IFE antatt at utendørsopphold for den kritiske gruppen er 50 % (et mer sannsynlig utendørsopphold er 10 %).

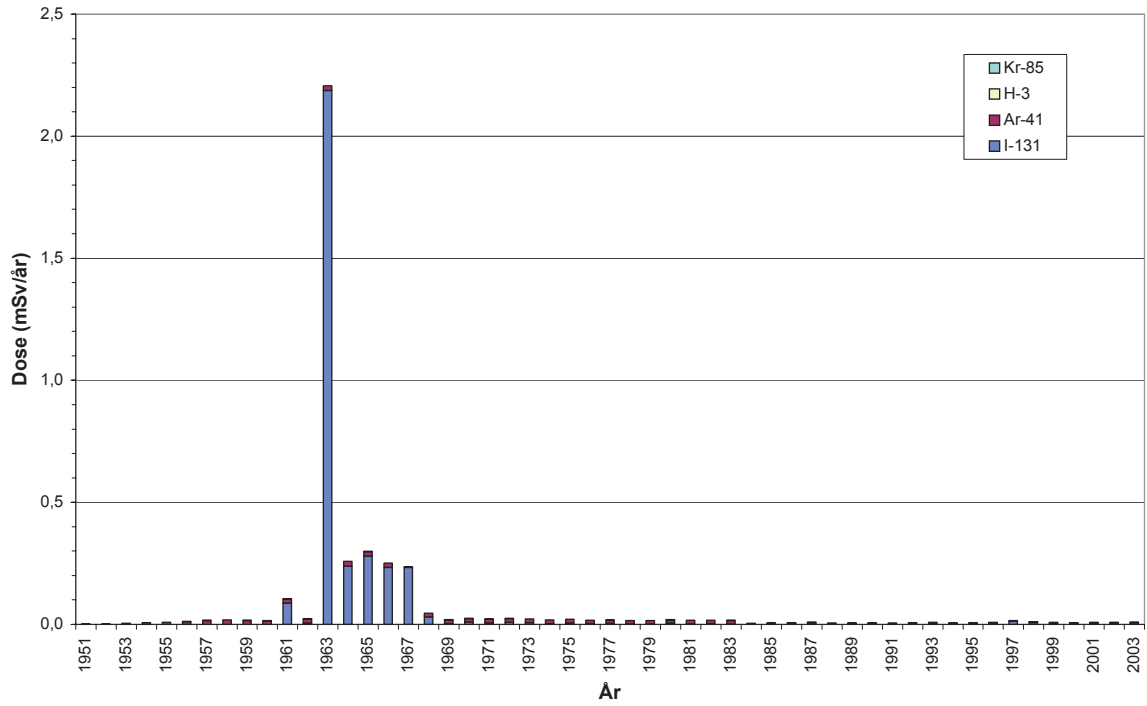
Utslipp til vann

Strålevernet har på samme måte som IFE tatt utgangspunkt i en enkel fortynningsmodell med gjennomsnittlig vannføring og mengde suspendert materiale som viktige parametere. Strålevernet har beregnet doser til alle aldersgrupper for konsum av fisk og opphold på strand ved Sogna, i tillegg til eksponeringsveier som bading, samt ufrivillig inntak av vann og jord/slam. Aktuelle nuklider har vært tritium, fosfor-32, svovel-35, kobolt-60, sink-65, strontium-90, jod-129, jod-131, cesium-134, cesium-137, plutonium-238, plutonium-239 og americium-241, der utslippstall har vært tilgjengelige. I en tidlig fase er det nuklidene tritium, fosfor-32, strontium-90, jod-131, cesium-137 og plutonium-239 som har vært grunnlag for doseberegningene. Strålevernet har for Sogna antatt en årlig gjennomsnittlig vannføring på 0,1 m³/s (i motsetning til IFEs estimat på 5 m³/s for Nitelva) og en mengde suspendert materiale på $1,0 \cdot 10^{-6}$ tonn/m³. For perioden etter at NALFA-ledningen kom i 1967 har Strålevernet på samme måte som IFE benyttet verdier for Nitelva. Strålevernet har antatt en oppholdstid på 300 timer i året ved elvebredden og 100 timer i året bading i det aktuelle området for barn og voksne. Det har ikke blitt antatt noe bading for spedbarn. Videre har Strålevernet gått ut ifra et ufrivillig inntak av 2 liter elvevann i året, samt et jordinntak på 44 gram i året for spedbarn, 18 gram i året for barn og 8,3 gram i året for voksne. Det årlige forbruket av fisk har blitt satt til 1 kg i året for spedbarn, 5 kg i året for barn og 5 kg i året for voksne. Dette er lavere enn IFEs estimat for voksne, men siden beregninger er foretatt for Sogna, antar vi at konsumet av fisk fra fiske i Sogna var svært begrenset.

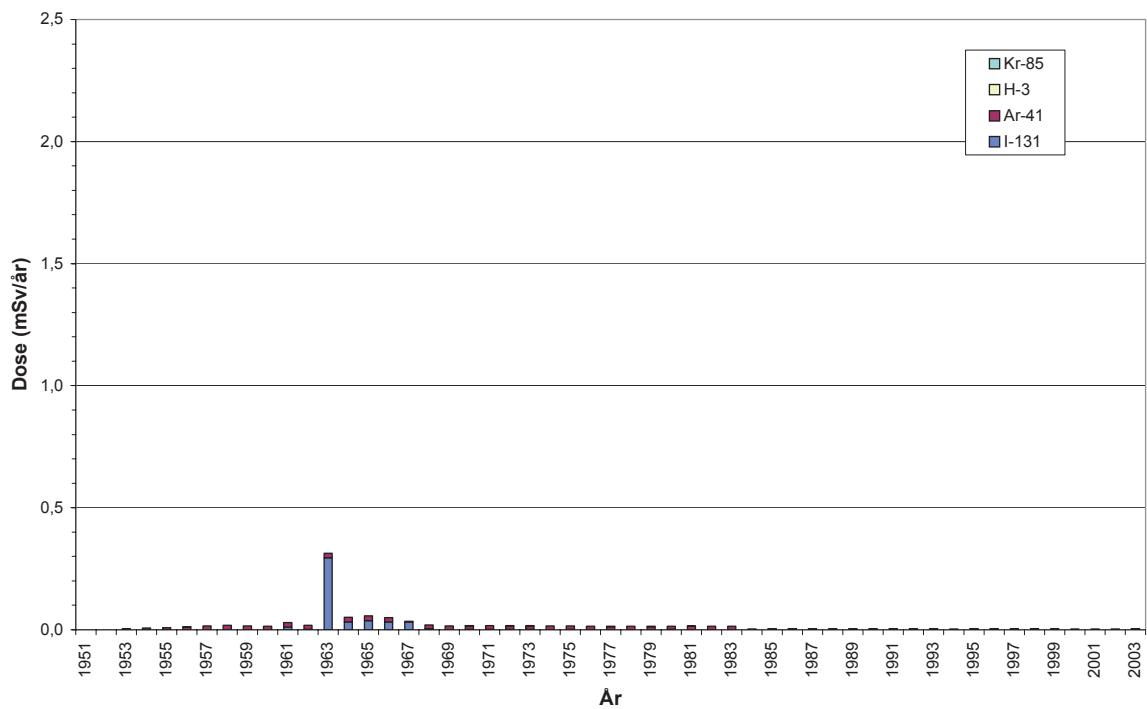
Strålevernet har brukt standardverdier i modellen for distribusjonsfaktorer i sediment og konsentrasjonsfaktorer i fisk.

Figurene 4.2 og 4.3 illustrerer at det er jod-131 som dominerer når det gjelder stråledoser som følge av utslipp til luft. Det høye utslippet i 1963 skyldes en defekt i det kullfilteret som skulle fange opp radioaktivt jod før utslippet kom i friluft. Beregnede stråledoser for små barn, som i dette tilfellet er den mest utsatte gruppen, ligger under 0,2 mSv/år fram til 1961 og under 0,04 mSv/år etter 1968. ⁴ Hvordan de ulike eksponeringsveiene bidrar til stråledosen, er illustrert i vedlegg 3.

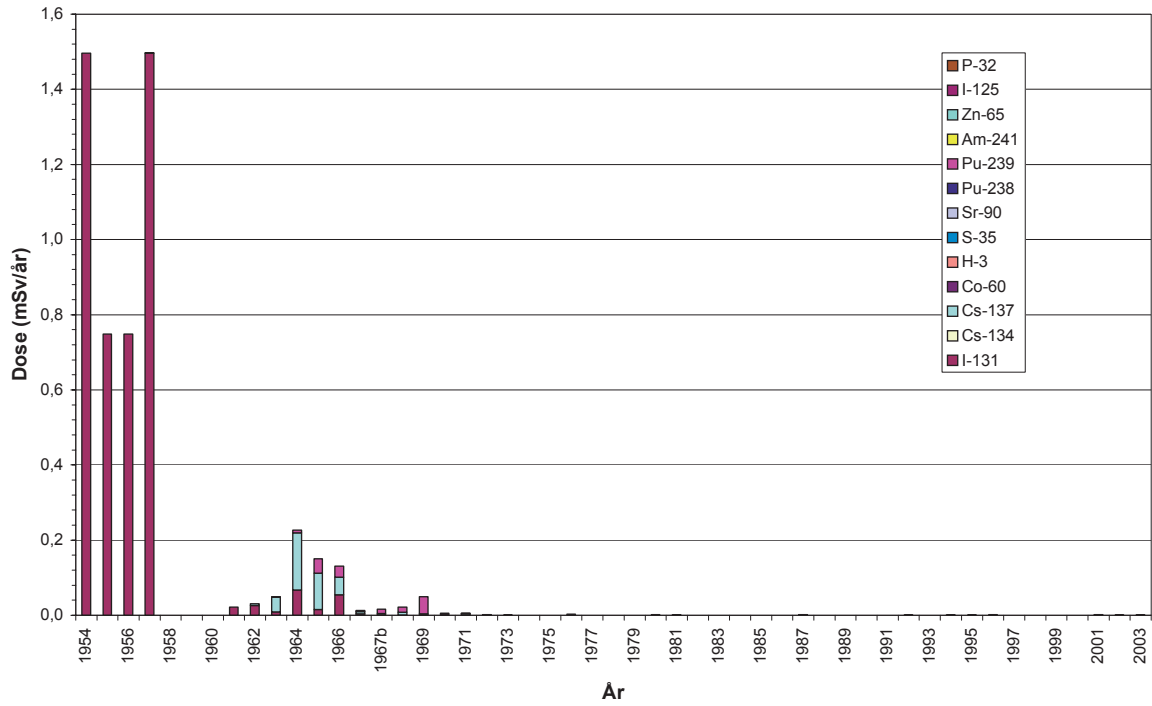
⁴ **mSv = milliSievert**, er et mål for stråledose, der en tar hensyn til biologisk effekt. Hver av oss får ca. 3-4 mSv per år (0,004 Sv) gjennom stråling fra verdensrommet og naturlige radioaktive stoffer i omgivelsene (f.eks. radon) og i vår egen kropp. Inntak av en viss mengde aktivitet (angitt i Bq) av et stoff gir en viss stråledose til mennesker (angitt i Sv), men stråledosen per Bq er forskjellig for ulike radioaktive stoffer.



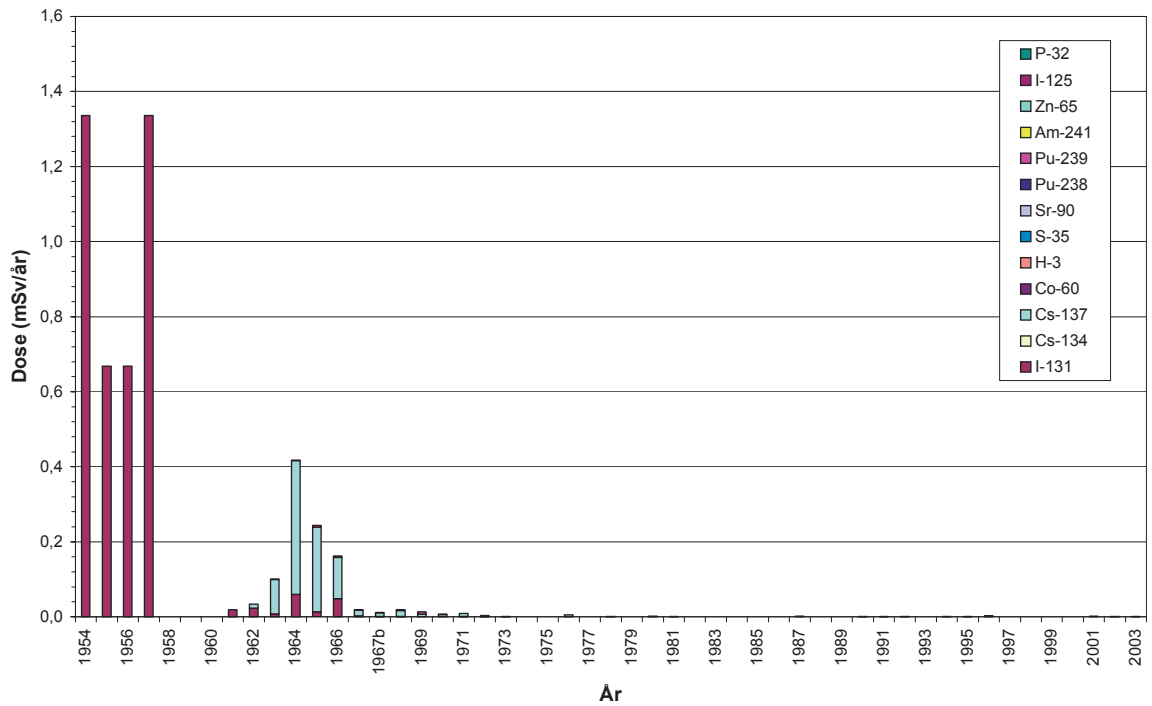
Figur 4.2 Beregnet maksimal årlig dose til små barn (0-2 år) fra utslipp til luft.



Figur 4.3 Beregnet maksimal årlig dose til voksne fra utslipp til luft.



Figur 4.4 Beregnet maksimal årlig dose til små barn (0-2 år) fra utslipp til vann.

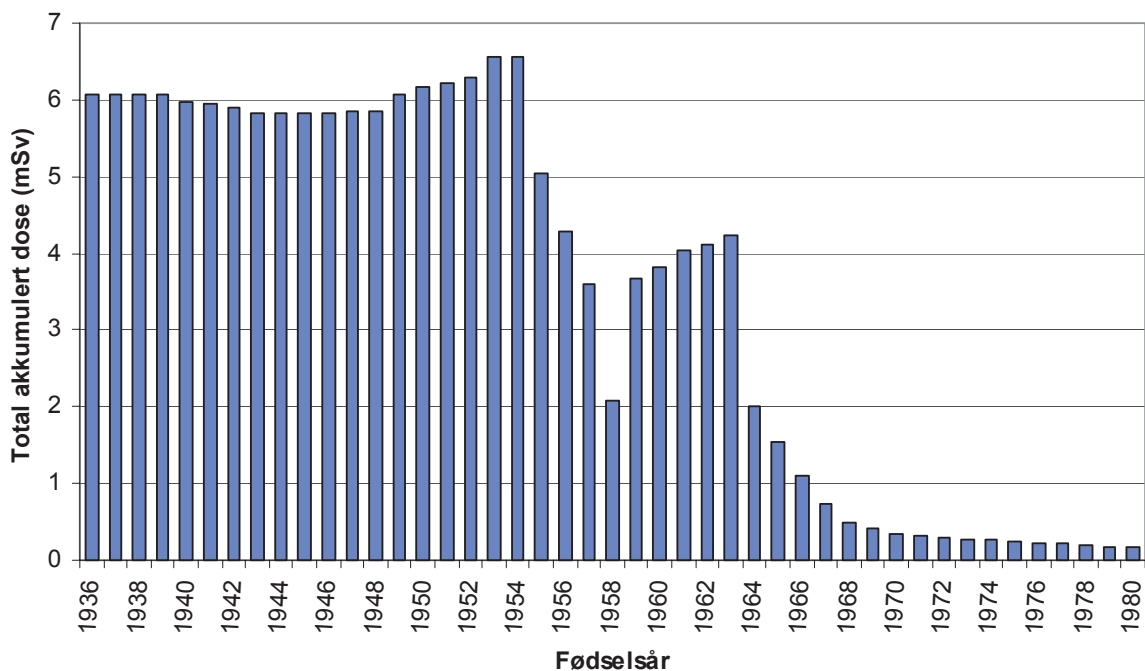


Figur 4.5 Beregnet maksimal årlig dose til voksne fra utslipp til vann.

Også når det gjelder utslipp til vann er det jod-131 som dominerer når det gjelder dosebidrag, og igjen er det små barn som er den mest utsatte gruppen, men her er forskjellene mindre. Doseberegningene gjenspeiler usikkerhetene som er knyttet til utslippene i perioden 1954-1957, og representerer en øvre grense for sannsynlig eksponering, da vi antar at utslippene er overestimerte. Det er naturlig nok jod-131 og cesium-137 som er de største bidragsyterne til stråledose, da vi har valgt å la disse representere beta-utslippene, der annet ikke er registrert. Hvordan de ulike eksponeringsveiene bidrar til stråledosen er illustrert i vedlegg 3.

De maksimale individuelle totale stråledosene er illustrert i figur 4.5, avhengig av fødselsår. Grunnen til at stråledosen varierer mye fra år til år, er de store variasjonene i utslipp, og avhengig av om man befinner seg i en følsom fase av livet eller ikke (for voksne er fiskekonsum viktig når det gjelder stråledoser fra utslipp til vann, mens for barn/små barn er utslipp av jod til luft en viktigere faktor).

Ingen virksomhet kan i dag slippe ut radioaktivitet som vil gi mer enn 0,25 mSv/år i dose til mest utsatt gruppe. Doseberegningene viser at stråledosen neppe har overskredet disse grensene etter 1968, mens i tidligere år kan årsdosene ha overskredet dette.



Figur 4.6. Maksimal totalt akkumulert dose til enkeltpersoner som følge av utslipp fra IFE, som funksjon av fødselsår.

4.5 Kollektivdoser

Det er ikke helt enkelt å finne konkrete tall for hvor mange personer som har blitt berørt av utslippene fra IFE. I dag bor det ca. 2000 personer med postadresse 2007 Kjeller - hvorav ca. 1125 av disse er 40 år eller eldre. Dette området strekker seg et godt stykke ut over nærområdene ved instituttene (fra Hvam til Åråsen i øst/vestretning).

På Volla i Lillestrøm (området mellom Nitelva/Strømsvegen/Storgata/Kjeller flyplass) bor det i dag anslagsvis 4300 personer. Sognaveien er igjen bare en "liten flik" nord-vest på Volla med et begrenset antall husstander.

Befolkningsveksten generelt i Skedsmo har økt fra ca. 18 000 i 1950, 23 000 i 1960, 31 000 i 1970 til ca. 42 000 i dag, det vil si det har vært mer enn en fordobling i løpet av denne perioden.

Som et anslag kan en si ca. 1000 personer fra Kjeller og ytterligere 2000 personer fra Volla befinner seg i nærområdet. Dette utgjør således rundt 3000 personer. Vi kan se på gruppen som er født før 1945 for eksempel. De har alle en maksimal total stråledose på ca 6 mSv, dette utgjør en kollektivdose på 18 manSv. Dette er igjen en overestimering, da antall berørte personer sannsynligvis er langt lavere, og de maksimale stråledosene vi opererer med er langt høyere enn hva vi antar er realistiske stråledoser. Teoretiske betraktninger tilsier at denne kollektivdosen medfører i størrelsesorden 0-1 krefttilfelle som følge av stråledosene over tidsperioden 1951-2003. Dette må ses i sammenheng med at 40% av den norske befolkning må regne med å få en kreftdiagnose på et eller annet tidspunkt i livet.

4.6 Doseberegninger basert på måling av luftkonsentrasjon

Basert på målinger av radioaktivitet i luft i forbindelse med nedfall fra kjernevåpensprengninger, har vi beregnet stråledoser fra luft til små barn og voksne.

Dosefaktorer brukt for å beregne doser fra luft er hentet fra IAEA Safety Reports Series no. 19, "Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment". Dersom en regner med de samme betingelsene som gitt over (at all beta-aktivitet er jod-131, og at melkekonsumet blant små barn er 320 liter/år osv.) så forekommer de høyeste stråledosene i 1962 og 1963 og ligger rundt 3,5 mSv/år for små barn og 2 mSv for voksne. Dette er basert på de totale luftkonsentrasjonene som er målt. Bidraget fra utslipp fra IFE vil således ligge lavere enn dette, noe også beregningene basert på utslippene bekrefter.

5 Forurensninger av miljøgifter i Kjeller-området

Miljøverndepartementet har bedt SFT om å beskrive miljøsituasjonen i Kjeller-området i Skedsmo kommune. I det ligger informasjon om forurenset grunnlokaliteter og utslipp fra industri helt tilbake til 1950-tallet, med hovedvekt på 1950- og 60-tallet. SFT har gjort en gjennomgang av aktiviteter med mulig innslag av miljøgifter. Sammenstillingen er basert på tilgjengelig informasjon. SFT har vært i kontakt med Skedsmo kommune og Fylkesmannen i Akershus, miljøvernavdelingen, samt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI).

5.1 Industri

Konsesjonsbehandling og utslippstillatelser gitt av SFT og dets forløpere, kom ikke i systematisk gjenge før på begynnelsen av 1970-tallet. Før dette var de særlig store industri-bedriftene konsesjonsbehandlet av enten Røyk-skaderådet eller Vann- og kloakkkontoret under NVE. SFT ble opprettet i 1974 som en sammenslåing av disse to kontorene. SFT-registreringer av utslippstillatelser vil derfor normalt være etter denne tid.

5.1.1 Impregneringsvirksomhet

I Lillestrøm, nedstrøms Kjeller-området, har det vært en del industriell aktivitet. Særlig har det vært en omfattende treimpregneringsvirksomhet med bruk av kreosot (med bl.a. et høyt innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)). Dette var et av de store anleggene for slik virksomhet i Norge, og omfattet både impregnering av jernbanesviller og telefonstolper, samt andre formål. Televerket sin del av anlegget ble startet så tidlig som i 1890, mens jernbanen startet sitt impregneringsverk i tilknytning til televerkets i 1920. Anlegget var i drift på 1950- og 60-tallet,

og holdt på til midten av 1970-tallet. En privat aktør, Henry Johansen AS, bedrev impregneringsverk på området til 1986.

5.1.2 Dynea

Industriområdet til Dynea på Lillestrøm er blitt brukt til ulike former for næringsvirksomhet og industri i mer enn 100 år. Det startet med sag- og høvlerivirksomhet som ga grunnlag for en cellulosefabrikk som ble drevet fram til krigen. Etter krigen var det mange ulike virksomheter i cellulosefabrikken med varighet fra under ett år til noen tiår.

Forløperen til Dynea, Norsk Kunstharpikser, ble stiftet i 1947. De eldste opplysninger om produksjon og utslippsforhold som er funnet i SFTs arkiver er fra 1965. Bedriftens hovedvirksomhet har hele tiden vært framstilling av produkter innen feltene bindemidler, lim og kunstharpikser for maling og lakkindustrien. Hovedproduktene er ureaformaldehydlim og fenolformaldehydlim (pulver og flytende), harpikser (særlig aminiharpikser) og alkyder.

Som råstoff er vesentlig benyttet formalin, organiske løsemidler (metanol, butanoler, xylen, etanol, White Spirit), urea, melanin, fenol, ftalsyreanhydrid og diverse oljer. Vi har ingen opplysninger som tilsier at bedriften har benyttet tungmetaller. Av de oversiktene vi har synes det heller ikke som bedriften i sin produksjon har brukt stoffer som i dag betegnes som organiske miljøgifter. Hovedutslippene til luft fra prosess og lagertanker er i dag organiske løsemidler, formaldehyd, fenol og støv (pulverlim). Det må kunne antas at dette har vært hovedutslippene hele tiden.

Tidligste informasjon om bedriftens utslipp til vann er fra 1965 hvor bedriften søkte om fortsatt tillatelse til utslipp til Nitelva. Det er gjort et overslag over mulige forurensninger i avløpsvannet med anslag på mengder. Utslippene stammer hovedsakelig fra vask av produksjonsutstyr og utslippene besto derfor av rester av bedriftens produktspekter og benytt-

ede råstoffer, hovedsakelig organiske løsemidler (metanol, White Spirit, butanol, xylen, glycerol), og fenol. I en vurdering er det angitt at det mest betenkelige var bedriftens utslipp av fenol. Bedriften fikk i 1974 konsesjon for utslipp til vann med krav som innebærer rensing i biologisk renseanlegg. Det ble stilt krav til utslipp av organisk materiale (KOF), fenol og fosfor. Biologisk rensing ble tatt i bruk i 1976.

Industriområdet er flere ganger blitt utvidet gjennom utfyllinger. Industriområdet er ført opp som en B-liste-lokalitet⁵. Analyser av grunnvann i området ved Dyneas nøddam viser at det via dammen lekker ut forurenset vann til grunnvannet, og det påvises høye konsentrasjoner av aromater og oljerelaterte forbindelser med høy akutt giftighet. Prøver av grunnvannet som strømmer mot Nitelva viser imidlertid at konsentrasjonen avtar betydelig som følge av omsetning og tilbakeholding i siltmassene. De akvatiske påvirkningene på Nitelva fra grunnforurensningene blir vurdert til å være ubetydelige.

I forbindelse med utfylling av Gullaugvika i (1995-96) ble det gjennomført en grunnundersøkelse i områder som skulle fylles ut. Det ble konkludert med at området var svært lite forurenset. Det er ikke kjent om det i tidligere tider har skjedd utlekking fra disse forurensningene til Nitelva.

5.1.3 Annen industri i Kjeller-området

På Kjeller ligger en flyplass som er underlagt Luftforsvarets forsyningskommando (LFK). Dette er en av landets eldste flyplasser.

⁵ B-listelokaliteter er steder med forurenset grunn der det er behov for videre undersøkelser. Miljøtilstanden på disse lokalitetene være avklart innen utgangen av 2005. B-listelokalitetene er ikke så høyt prioritert som A-listelokalitetene.

Flyplassen har også hatt en brannøvingsplass. LFK søkte om tillatelse til dette i 1996, men siden den ble stengt i 1997, ble tillatelse aldri gitt.

Det er registrert 17 konsesjoner gitt til bedrifter i Skedsmo kommune, 5 av disse er lokalisert på Kjeller. Av disse fem er det to som fortsatt gjelder, de andre har opphørt. De to gjenværende må sies å ha et lavt forurensningspotensial i forhold til miljøgifter og utslipp til vannresipient.

Tabell 5.1 Annen industri i Kjeller-området

Bedrift	Produksjon	Tillatelse
Kjeller Mønsterkort A.S	Kretskort	Opphørt
Luftforsvarets Forsyningskommando, Kjeller	Brannøvingsplass	Opphørt
Media Øst Trykk AS	Grafisk produksjon	Gjeldende
Megon A.S	Produksjon av metalloksider	Opphørt
Utleiecompagniet AS	Sandblåsing, maling	Gjeldende

Av virksomheter andre enn de som har hatt tillatelse i Kjeller-området, har det vært vurdert hvorvidt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) kan ha håndtert miljøfarlige stoffer i det aktuelle tidsrommet. SFT har mottatt en redegjørelse fra FFI datert 5. januar 2004, og der fremkommer det at virksomheten kun har håndtert små mengder miljøfarlige kjemikalier i laboratoriesammenheng. Bedriften har også hatt god kunnskap om disse stoffenes toksikologiske egenskaper og har derfor håndtert dem med varsomhet.

I tillegg kommer også andre bedrifter som bensinstasjoner etc. Disse kan også ha hatt utslipp av miljøfarlige stoffer, men SFT har ingen registrering om at slikt har skjedd. Slike virksomheter vil uansett ikke skulle Kjeller-området fra et hvilket som helst norsk tettsted.

5.2 Mottak og deponering av farlig avfall

SFT har ingen registreringer av at det er eller har vært anlegg for innsamling/behandling av farlig avfall i det aktuelle området.

5.3 Grunnforurensning

Det er registrert 21 grunnforurensnings-lokaliteter i SFTs database over grunnforurensning i Skedsmo kommune. Blant disse er det flere alvorlige grunnforurensnings-lokaliteter, særlig knyttet til den tidligere kreosotimpregneringsvirksomheten i Lillestrøm. Her er det gjennomført omfattende saneringstiltak. Disse lokalitetene ligger, som nevnt tidligere, nedstrøms Kjeller-området.

Tabell 5.2 Lokaliteter registrert med grunnforurensning i Kjeller-området

Lokalitetsnavn	Type
A/S Spesialdekker	Forurenset grunn
Avfallsdeponi ved Skjetten	Kommunalt deponi
Brånås avfallsdeponi	Kommunalt deponi
Selmer Maskinutleie, Kjeller	Forurenset grunn

Det er antatt at det per i dag ikke er konflikt mellom grunnforurensning og miljø ved de nevnte lokalitetene. Miljømyndighetene har derfor ikke prioritert å gjennomføre tiltak. De to kommunale deponiene kan imidlertid også kan ha mottatt farlig avfall i den tidsperioden det er snakk om, siden det ikke var systematisk innsamling av slikt avfall på 1950- og 60-tallet. I dag blir sigevannet fra disse fyllingene samlet opp og går til kommunalt renseanlegg (RA II). Det er ikke grunn til å mistenke at de andre to lokalitetene skal inneholde miljøfarlige stoffer av betydning.

Luftforsvaret forsyningskommando

Forsvarsbygg har registrert 4 lokaliteter med grunnforurensning i forbindelse med LFKs aktiviteter på Kjeller. De lokalitetene som er antatt å kunne ha en brukerkonflikt er

undersøkt. Av disse er det foreslått tiltak på en lokalitet. Dette tiltaket har sammenheng med at arealet skal benyttes til barnehage, noe som stiller strenge krav til forurensningsgraden i jorden.

Det er ikke grunnlag for å anta at det skal være betydelige mengder av miljøfarlige stoffer i de andre lokalitetene som Forsvarsbygg har registrert på Kjeller.

5.4 Oppsummering

Selve Kjeller-området har historisk hatt få kilder fra ordinær industri til utslipp av miljøgifter, og må regnes som et gjennomsnittlig norsk tettsted i forhold til utslipp av slike stoffer. Det er i det vesentlige småindustri, samt to kommunale fyllinger som utgjør kildene. Det er, og har vært, en del industri med betydelige utslipp i Lillestrømområdet, men disse ligger nedstrøms Kjeller.

6 Helsemessige effekter av stråling

6.1 Effekter av stråling

Det er veldokumentert at stråling kan være skadelig for mennesker og innebære helseisiko på kort og lang sikt. Mindre stråledoser vil ikke føre til merkbare skader i første omgang, men kan gi senskader bl.a. i form av kreft. Det skal svært store stråledoser til før det oppstår akutte stråleskader, dvs. skader som kan merkes kort tid etter bestråling. Det er svært lite sannsynlig at akutte skader til ikke-yrkeseksponert del av befolkningen vil forekomme selv ved det verst tenkelige utslipp fra IFE.

6.1.1 Senskader

En høy stråledose fra et radioaktivt stoff kan skade eller drepe celler i kroppen. Celler som utsettes for en liten stråledose, reparerer som oftest seg selv. Men i enkelte tilfeller vil cellen omvandles til en celle som senere vil kunne gi opphav til kreft. Kreft vil ikke kunne påvises før flere år etter at bestrålingen skjedde. Kreft regnes derfor som en senskade.

Som regel vil det være umulig å identifisere hvilke krefttilfeller som skyldes stråling. Man regner med at en viss andel av alle krefttilfeller er forårsaket av stråling. Av disse vil bare en liten andel skyldes radioaktiv forurensning. Gjennomsnittlig mottar en nordmann i størrelsesorden 3-4 mSv per år fra naturlige strålekilder. Mesteparten av denne dosen stammer fra inhalasjon av radon i boliger.

6.2 Intern eksponering

Man snakker om intern bestråling dersom man får radioaktiv forurensning inn i kroppen.

6.2.1 Effekter av inntak av radioaktivt jod

Melk vil være den viktigste inntakskilden for mennesker av radioaktivt jod (jod-131). Jod er et essensielt sporstoff som alle mennesker trenger, og som konsentreres i skjoldbruskkjertelen. Skjoldbruskkjertelen kan ikke skille mellom radioaktivt jod og stabilt jod. På grunn av dette er skjoldbruskkjertelen det organet som får de høyeste stråledosene ved forurensning med radioaktivt jod. Jod-131 har en relativt kort fysisk halveringstid på 8 dager. Store doser av radioaktivt jod vil derfor øke faren for kreft i skjoldbruskkjertelen.

6.2.2 Effekter av inntak av radioaktivt strontium

For mennesker vil melk være den viktigste inntakskilden av radioaktivt strontium (strontium-90). Strontium har ingen biologisk funksjon og kroppen har derfor ingen egen mekanisme som håndterer dette. Imidlertid har strontium kjemiske egenskaper som ligner på kalsium og blir ofte behandlet som kalsium i kroppen. Kalsium avleires i høye konsentrasjoner i beinvev og overføres til melk ved amming. Etter at strontium er tatt opp fra blodet og bundet til overflaten på bein, vil noe transporteres til andre områder i skjelettet. Generelt vil mesteparten av det strontium som tas opp i kroppen skilles ut raskt, men noe vil også bli værende igjen og skilles ut svært sakte. Den fysiske halveringstiden er 29 år. Siden strontium konsentreres i bein, vil de høyeste stråledosene avsettes på beinoverflaten og i den røde blodmargen. Store doser av radioaktivt strontium vil derfor øke faren for leukemi og skjelettkreft.

6.2.3 Effekter av inntak av radioaktivt cesium

Cesium har ingen sikker biologisk oppgave i kroppen. Cesium oppfører seg stort sett som kalium i biologiske systemer og transporteres sammen med kalium inn i celler og vev. Muskler har de høyeste konsentrasjonene av

cesium i kroppen og det skjer ingen oppkonsentrering i bestemte organer. Både kalium og cesium skiller ut i høy konsentrasjon i morsmelk. Den fysiske halveringstiden for cesium-137 er 30 år og 2,1 år for cesium-134.

Det er ulike faktorer som har innvirkning på utskillelsen av cesium:

- vekt og muskelmasse; hos dem med mye muskelmasse skjer utskillingen saktere
- alder; barn skiller ut raskere
- graviditet; utskillingen skjer raskere og raskere utover i svangerskapet

Store stråledoser av radioaktivt cesium vil derfor øke faren for ulike typer kreft.

6.2.4 Effekter av inntak av plutonium

Opptak av plutonium skjer lettere i lungene enn i mage og tarm. Dette gjør at plutonium gir størst skade dersom det finnes i luften. Imidlertid gjør de fysiske og kjemiske egenskapene til plutonium at det ikke fordampes lett. Det er derfor lite trolig at plutonium finnes i gassform.

Plutonium som blir tatt opp i kroppen, vil først bli tatt opp i skjelettet. Imidlertid vil det raskt forlate skjelettet og delvis bli konsentrert i leveren. Dette betyr at plutoniuminnholdet i leveren vil øke de første årene etter opptak før det deretter reduseres.

Selv om noen becquerel av plutonium gir mye større doser enn de andre stoffene omtalt over, gjør det lave opptaket i næringskjeden at plutonium sjeldent gir store doser. Større doser plutonium kan imidlertid øke risikoen for tilfeldige effekter som kreft, som all stråling antas å gjøre.

6.2.5 Ekstern bestråling

Ekstern bestråling er bestråling fra utsiden av kroppen. Det er først og fremst gamma-emitterende radionuklider som bidrar til dose

som følge av ekstern bestråling, siden det er disse har som lang nok rekkevidde. Alfa- og beta-stråling stoppes i huden og har derfor ingen dosemessig betydning i denne sammenhengen.

Cesium-137 og kobolt-60 er eksempler på nuklider som har bidratt til ekstern gamma-stråling som følge av utslipp fra IFE. Man kan eksempelvis ha blitt utsatt for ekstern bestråling ved bading i Sogna og Nitelva, eksponering av sedimenter og fra utslipp til luft.

6.3 Oppfølgingsundersøkelsen gjennomført i 2000–2001

Virksomheten ved IFE har gjennom tidene gitt opphav til noe bekymring blant flere av de nærmeste naboene. I forbindelse med undersøkelser av forekomst av radioaktive stoffer i bunnsedimenter i Nitelva foreslo Strålevernet i StrålevernRapport 1999:11 opprettelsen av et samarbeidsutvalg mellom Velforeningene, IFE, Skedsmo kommune og Strålevernet. Samarbeidsutvalget foreslo at det ble gjennomført en helseundersøkelse blant naboene. I StrålevernRapport 2002:2 beskrives undersøkelsen som ble gjennomført i 2000 og 2001 blant lokalbefolkningen knyttet til helsebekymringer relatert til virksomheten ved IFE.

Rapporten utdyper detaljert hvorfor det ikke ble gjort en undersøkelse for å fastslå noe om normal hyppighet eller en overhyppighet av sykdom knyttet til eksponering for ioniserende stråling blant naboene.

Oppfølgingsundersøkelsen hadde tre hoveddeler: en rekrutteringsfase, en påmeldingsfase, og en konsultasjonstime med oppfølging hos prosjektlegen, eventuelt med videre avtaler i etterkant i forhold til spørsmål som dukket opp under samtalen med prosjektlegen. En hovedmålsetning med oppfølgingsundersøkelsen og rapporten (2002:2) var å kartlegge og doku-

mentere eventuelle bekymringer blant lokalbefolkningen relatert til IFEs virksomhet.

Studien avdekket mange vesentlige bekymringer blant deltagere. Et funn var at bekymringene i stor grad var knyttet til helse. Arbeidsgruppens funn av usikkerhet og tvil knyttet til mulighet for helseeffekter er sammenlignbare med det andre har funnet i studier av populasjoner i nærheten av andre nukleære anlegg (Green, Lindy og Grace 1994).

Verdens Helseorganisasjon (WHO) definerer helse som mer enn fravær av sykdom. Med bakgrunn i denne definisjonen, kan man fastslå at enkelte deltagere i denne oppfølgingsundersøkelsen har bekymringer av en art og karakter som berører deres helse og derved fordrer tiltak.

7 Helsemessige effekter av kjemisk forurensning

Folkehelseinstituttet har vurdert hvorvidt utslipp av kjemikalier til omgivelsene i Kjellerområdet kan medføre fare for miljøskade. Instituttets kompetanse gjelder skader på menneske, slik at skader i denne sammenheng gjelder slike som vil kunne oppstå ved at mennesker i sin tur blir eksponert for kjemikalier som er sluppet ut i miljøet.

Folkehelseinstituttet utfører vurderinger av helseskader knyttet til enkeltstoffer, stoffgrupper og stoffblandinger, og av sannsynligheten for eller graden av helseskader knyttet til en gitt eksponeringssituasjon. I en toksikologisk risikovurdering er det alltid flere elementer: Identifikasjon av et mulig (helse- eller miljø)-problem knyttet til f.eks. et kjemikalie, vurdering av sammenheng mellom graden av skade og graden av påvirkning, beregning av aktuell eksponering, og kvantifisering av risiko for skade som en gitt eksponering vil kunne gi opphav til. Enkeltstoffers helseskadelige potensial kan ofte være godt kjent og data er tilgjengelige i vitenskapelig litteratur. Eksponeringen er derimot oftest svært ukjent, både i forhold til enkeltstoffer og stoffer i blanding, og dette vil da representere det svakeste leddet i en risikovurdering. Kunnskapen om risiko for mennesker er oftest beregnet ut fra effekter på dyr, og ut fra epidemiologiske undersøkelser av befolkningsgrupper. Når det er tale om langtidseffekter (kreft) hos befolkningen vil det oftest være vanskelig eller umulig å fastslå med sikkerhet at en spesifikk eksponering er årsak til sykdom.

Folkehelseinstituttet baserer sine vurderinger i denne konkrete saken på opplysninger fra Statens forurensningstilsyn (SFT), som har lagd en oversikt over forurensningskilder i Kjeller-

området (datert 5. januar 2004). Denne viser at det er mangelfulle opplysninger om mulige kilder i 1950- og 60-årene, dvs. før forurensningsloven trådte i kraft. Konesjonsbehandling og utslippstillatelser kom ifølge SFT ikke i systematisk gjenge før tidlig i 1970-årene. Det er i dag registrert 7 konsesjonsbelagte virksomheter i Skedsmo kommune, hvorav kun 2 er i drift.

Det finnes ingen fullstendig liste over kjemikalier som er benyttet i industriell virksomhet i Kjellerområdet. Vi vil her derfor ta for oss de stoffer som det finnes opplysninger om, og vi kommenterer dem generelt.

Dynea AS benytter en rekke kjemikalier som kan medføre helseskader ved tilstrekkelig høy eksponering: Bl.a. fenol, formalin (formaldehyd), fosfor, urea, og organiske løsningsmidler (metanol, butanol, xylen, etanol, White Spirit og melamin). Fenol, formaldehyd og melamin er klassifisert som kreftfremkallende. Det finnes ingen oversikt over hvilke mengder av disse kjemikaliene som er sluppet ut, samtidig som man regner med at det har forekommet en viss spredning, også til grunnvannet. Likevel angir SFT at påvirkningen av Nitelva blir vurdert til å være ubetydelig. Det finnes ikke datagrunnlag for å vurdere graden av helseskader knyttet til eksponering fra disse kjemikaliene. Ut fra generell kunnskap om helseskader hos yrkeseksponerte finner vi det likevel lite trolig at befolkningen kan ha vært utsatt for mengder som har helsemessig betydning.

Forsvarets forskningsinstitutt har drevet forskning (blant annet toksikologisk forskning) oppstrøms Nitelva i flere tiår. Vi kjenner ikke til typer eller mengder kjemikalier som har vært spredd fra denne virksomheten. Generelt er mengdene som benyttes i toksikologiske eksperimenter svært små – spesielt når det er tale om meget giftige stoffer. Det er ikke grunnlag for å anta at det har vært spredd kjemikalier i mengder som har kunnet ha helsemessige konsekvenser for befolkningen.

SFT angir at PAH har vært brukt i betydelige mengder av treimpregneringsverk (som bestanddel i kreosot). Tre slike anlegg var i drift fram til tidlig i 1970-årene, for impregnering av jernbanesviller, telefonstolper etc., og de var blant de største i landet. Impregneringsverkene lå nedstrøms Kjeller-området, og de kan derfor vanskelig ha ført til helseskadelig eksponering av den berørte befolkningen annet enn via luft. Vi har ikke data som angir konsentrasjoner av PAHer i luft i forskjellig avstand til impregneringsverkene. Det er derfor ikke mulig å beregne graden av eksponering for PAHer ved innånding i det aktuelle området.

Kjemikalier innen stoffgruppen PAHer kan ha alvorlige helsekonsekvenser. Flere av disse finnes i byluft og er kreftfremkallende i dyreforsøk. Dette gjelder også dibenso(a,c)antrasen, benzo(a)pyren og bensofluorantener, som finnes i bl.a. avgasser fra forbrenning og i sigarettøyk. Vi skal diskutere PAH-problemet noe nærmere. Det er gjennomført litteratursøk for å fange opp nyere studier (kreosot/PAH/kreft).

Innholdet av forbindelsen 1-hydroksypyren (1-OH-pyren) i urin kan benyttes som et mål for nåtidig PAH-eksponering (dvs. at tidligere eksponering ikke kommer til uttrykk). En ny amerikansk studie (Huang *et al.*, 2004) viser betydelige variasjoner i befolkningen av 1-OH-pyren. Røykere har omtrent tre ganger høyere nivåer enn ikke-røykere. Viktigst i vår sammenheng er det imidlertid at yrkeseksponerte har 10 til 100 ganger høyere nivåer av 1-OH-pyren enn den generelle befolkningen. Det betyr at det er blant de yrkeseksponerte man ville forvente å finne forhøyete nivåer av kreft. Det er funnet en økt risiko for kreft blant kreosot-eksponerte – for eksempel viser en helt ny tyrkisk studie en 30 % økning i strupekreft. Andre kreftformer har også vært assosiert med PAH-eksponering. For eksempel viser en analyse av aluminiumsarbeidere en svak økning i risiko for blærekreft (Gaertner *et al.*, 2002), men blant de høyst eksponerte er det altså betydelig usikkerhet. Jord som er kontaminert med kreosot kan inneholde betydelige mengder mutagene stoffer, men det kan likevel være

vanskelig å fastslå i hvilken grad eksponering via slik jord vil kunne føre til helseeffekter hos mennesker i form av kreft (White *et al.*, 2004).

Jørn Holme, Magne Refsnes og Erik Dybing ved Nasjonalt folkehelseinstitutt vurderte i 1999 helseisiko knyttet til innånding av luft for personer som levde nær kreosotanlegg (Holme *et al.*, 1999). Livstidsrisikoen ble anslått til 1 per 10 000, hvilket betyr en risiko som ikke er ubetydelig. Impregneringsverkene har ikke vært i drift på 30 år, slik at en nærmere vurdering av konsentrasjonene av kreosotkomponenter (benzo(a)pyren og bensen) rundt disse må baseres på modellberegninger eller måling ved tilsvarende anlegg. Den eksponerte befolkningsgruppen burde likevel kunne anslås, forutsatt at man kjenner de dominerende luftstrømmene i området. Det foreligger en publikasjon fra 1992 som tok for seg kreftforekomst blant 13 impregneringsverk i Sverige og Norge (Karlehagen *et al.*, 1992). Det ble funnet lavere total kreftforekomst enn forventet. Noen krefttyper (leppekreft og lymfekreft) var økt, men økningen var ikke signifikant. Økningen av hudkreftforekomsten var derimot signifikant. Forfatterne bak artikkelen antyder at soleksponering kan ha bidratt til krefttilfellene.

I en studie (Dahlgren *et al.*, 2003) undersøkte man naboer som hadde bodd lenge nært et treimpregneringsanlegg, og som hadde anlagt erstatningssøksmål mot anlegget. Det ble registrert økt forekomst av kreft, hudlidelser, slimhinneproblemer og nevrofysiologiske symptomer. Antall eksponerte personer var relativt lavt. Det er grunn til å tro at disse naboene var betydelig eksponert for kreosot evt. også andre kjemikalier fra impregneringsverket, som i tillegg til kreosot benyttet pentaklorfenol.

En rekke andre kjemikalier og forurensningskomponenter vil også finnes i Kjeller-området, slik situasjonen er i industrialiserte områder og tettsteder, men vi har ingen grunn til å anta at eksponeringen er eller har vært betydelig.

Det diskuteres om samtidig eksponering for kjemikalier og stråling kan ha såkalte synergistiske (forsterkende) effekter. Mekanismene bak dette er uklare, og selv i godt gjennomførte dyreeksperimenter er effektene vanskelige å påvise. Det er ikke vitenskapelig belegg for at kjemikalieeksponering i Kjellerområdet kan ha forsterket effektene av ioniserende stråling.

Når det gjelder miljøgifter har vi ikke presise data som gjør det mulig å foreta beregninger av mulighet for helseskader i den berørte befolkningen. Informasjonen fra SFT tyder imidlertid på at dette ikke er et område som er spesielt belastet med kjemikalieforurensning. Veitrafikk og røyking fører til eksponering for potensielt helseskadelige komponenter som både kan være de samme som de som stammer fra industriell miljøforurensning, og som kan dominere fullstendig over disse i mengde. Når det gjelder yrkeseksponerte vil disse generelt være betydelig høyere eksponert enn den generelle befolkningen, og eksponeringen vil være mulig å anslå. Etter en samlet vurdering finner Folkehelseinstituttet ikke at en helseundersøkelse blant befolkningen er godt begrunnet når det gjelder helseeffekter fra kjemikalieforurensning.

8 Vurdering av hensiktsmessigheten av å gjennomføre helseundersøkelser og befolkningsundersøkelser

Dagens kreftforekomst tilsier at mer enn 40 prosent av oss vil oppleve å få en kreftdiagnose i løpet av livet. Det betyr at de fleste vil oppleve at det i bekjentskapskretsen eller i nabolaget blir mange krefttilfeller uten at disse har en felles årsak. En undersøkelse av om det foreligger en overhyppighet krever at det defineres en befolkning som følges over en viss tid og at en i beregningene tar hensyn til kjønn, alder og periode.

Kreftregisteret har tidligere gjennomført en undersøkelse for hele Skedsmo kommune som viser en kreft hyppighet som ikke skiller seg fra Akershus fylke for øvrig. Det er ikke gjort tilsvarende undersøkelse spesifikt for Kjellerområdet.

I diskusjonen om en mulig "helseundersøkelse" høsten 2004, er det ikke spesifisert hva en legger i dette begrepet. Noen synes å mene at det betyr at den aktuelle befolkning innkalles til kontroll hos medisinsk personell. Andre synes med "helseundersøkelse" å mene en undersøkelse av om befolkningen har en høyere kreftforekomst enn andre tilsvarende befolkningsgrupper. Videre synes noen å mene at formålet med en undersøkelse skal være å fastslå om utslippet har medført helseskader. Dette kan således sies å være en tredje type undersøkelse. Vi har sett på mulighetene for å gjennomføre de to siste typer av studier. Vi

kaller dem befolkningsstudier for å skille dem fra den førstnevnte "helseundersøkelse".

8.1 Beskrivelse av gjennomføringen av en befolkningsstudie

For å definere en "undersøkelsespopulasjon", dvs. de som i en angitt periode har vært bosatt i et definert område, kan man ta utgangspunkt i data fra Folketellingene i 1960 og 1970 (og eventuelt 1980). Opplysninger som identifiserer personen og detaljert adresse i området kan finnes hos Statistisk sentralbyrå (SSB) eller eventuelt ved gjennomgang av skjemaene brukt i folketellingene i Riksarkivet. Framgangsmåten avhenger av om det utvalgte området er overensstemmende med kretsene i tellingene.

For nærmere undersøkelse av botiden i området kobles data elektronisk med data fra folketellingene i 1960, 1970, 1980, 1990 og flyttestatistikken f.o.m. 1965. For hver person etableres en antatt forstedato i området, og det etableres en bohistorie på kommunenivå. Personopplysningene fra folketellingene, SSB og Personregisteret kobles til Kreftregisteret som har registrert alle krefttilfeller i Norge siden 1953.

8.2 Gjennomføringen av alternative studier

a) Overhyppighet av kreft

Personer i undersøkelsespopulasjonen kan følges med hensyn til kreft. For de vanligste kreftformer sammenlignes det med hyppigheten av kreft i hele landet. Det legges vekt på kreftformer med en etablert forbindelse med ioniserende stråling som leukemi, kreft i skjoldkjertel, ben og bryst. Eventuelle funn vurderes ved hjelp av opplysninger om yrke, fødselshistorie og annen innhentet informasjon om undersøkelsespopulasjonen.

b) Analyse av helseeffekter relatert til utslippet

For en nærmere analyse av en eventuell effekt av utslippet, bør undersøkelsespopulasjonen utvides med personer som ikke har vært utsatt for utslippet. Det kan være passende å inkludere alle personer som var bosatt i nåværende Skedsmo kommune i 1960, 1970 (og evt 1980). Disse kobles med opplysninger i SSB som beskrevet ovenfor. For alle personer lages en eksponeringshistorie. Eksponering utenfor utslippsområdet settes lik null mens det for botid i utslippsområdet settes en eksponering ut fra vurderingene som er gjort av Strålevernet. Antatt eksponering kan differensieres mht til kjennetegn som adresse, kjønn, alder og tidspunkt. For hver person kumuleres eksponering over livsløpet og det analyseres om kreft hyppighet i populasjonen har en trend i forhold til antatt eksponering. Det legges hovedvekt på kreftformer med demonstrert sammenheng med ioniserende stråling. Analysen gjennomføres dynamisk, det vil si at en tar hensyn til endrede eksponeringssituasjoner underveis, og det justeres for kjente risikofaktorer som er tilgjengelig for undersøkelsespopulasjonen.

8.3 Betingelser for gjennomføringen

Dersom en befolkningsundersøkelse skal gjennomføres, vil det være nødvendig å ha etablert kontakt med Strålevernet, SSB og helsetjeneste, teknisk etat og folkeregister i Skedsmo kommune i form av en prosjektgruppe. Prosjektgruppen bør også inneholde en representant for de bosatte i området i gruppen. Før en eventuell studie settes i gang, bør denne gruppen bifalle analyseplaner f.eks. definisjon av utsatt befolkning i tid og rom, dosevurdering mm.

Videre er det avgjørende å få tilgang til data fra SSB og eventuelt Riksarkivet. Datatilsynet må tillate at data kobles til Kreftregisteret. Populasjonen er svært liten og en må på forhånd

diskutere med Datatilsynet hvordan resultater fra undersøkelsen kan offentliggjøres.

En antar at en slik undersøkelse vil kreve omlag 1,5 mill. til arbeid, gjennomføring og påfølgende informasjon til de som har utgjort undersøkelsespopulasjonen.

8.4 Vurdering

Undersøkelsen omfatter mange datakilder, og noen av dem har en ikke utnyttet på tilsvarende måte i tidligere epidemiologiske studier. Det er derfor noe usikkerhet rundt egnetheten av de eldste datakildene blant annet med hensyn til dokumentasjon, og hvor mye arbeid undersøkelsen vil kreve.

Mengden av arbeid med studien og gyldighet av resultatene vil avhenge av hva slags betingelser Datatilsynet knytter til en tillatelse.

Analysen av kreftforekomsten vil gi et svar på om det foreligger en overhyppighet per se i befolkningsgruppen. En slik studie vil ikke fange opp personer som flytter inn og ut av området mellom to folketellinger. Imidlertid vil dette være av mindre betydning, da vi antar at det har vært en lav flyttefrekvens i det aktuelle området.

Å relatere kreftforekomst til utslippet er langt mer problematisk. Det er svært få som har vært eksponert, og usikkerheten blir svært stor. Sammenlignet med naturlig bakgrunnsstråling, viser doseberegningene små stråledoser. Vi tviler på om analysen vil gi særlig ny kunnskap om effekten av utslippet.

9 Referanseliste

Dahlgren J et al (2003). Health effects on nearby residents of a wood treatment plant. *Environmental Research* 2003; 92: 92-98.

Gaertner RR, Theriault GP (2002). Risk of bladder cancer in foundry workers: a meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine* 2002; 59: 655-663.

Gray J et al (1995). Discharges to the environment from the Sellafield Site, 1952 – 1992. *Journal of Radiological Protection* 1995; 15: 99-131.

Green BL, Lindy JD, Grace M (1994). Psychological effects of toxic contamination. I: Ursano RJ et al, red. *Individual and community response to trauma and disaster: The structure of human chaos*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 154-176.

Holme JA, Refsnes M, Dybing E. (1999). Mulig kreftrisiko ved tilvirkning og bruk av kreosotimpregnert trevirke. *Tidskrift for den norske lægeförening* 1999; 119: 2664-2666.

Huang W et al (2004). Comparison of 1-hydroxypyrene exposure in the US population with that in occupational exposure studies. *International archives of occupational and environmental health* 2004; 77: 491-498.

Hunt GJ (1984). Simple models for prediction of external radiation exposure from aquatic pathways. *Radiation Protection Dosimetry* 1984; 8: 215-224.

Karlehagen S, Andersen A, Ohlson CG (1992). Cancer incidence among creosote-exposed workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1992; 18: 26-29.

Statens strålevern (1999). Radioaktive utslipp fra IFE Kjeller til Nitelva. *StrålevernRapport* 1999:11. Østerås: Statens Strålevern, 1999.

Statens strålevern (2002). Helsebekymringer relatert til virksomheten ved IFA/IFE - Kjeller. En studie blant lokalbefolkningen. *Strålevern-Rapport* 2002:2. Østerås: Statens Strålevern, 2002.

Statens strålevern (2004). Målinger av radioaktivitet i miljøet fra IFE-Kjellers utslipp på femti- og sekstitallet. *StrålevernInfo* 2004:15. Østerås: Statens Strålevern, 2004.

White PA, Claxton LD (2004). Mutagens in contaminated soil: a review. *Mutation Research* 2004; 567: 227-345.

Helse- og omsorgsdepartementet, brev datert 27.10.2004. Kartlegging av utslipp fra IFEs atomanlegg på Kjeller mv.

Institutt for energiteknikk, brev datert 16.12.2004. Vedrørende utfyllende informasjon om produksjon av radioisotoper og potensielt utslipp som følge av denne produksjonen i 1950- og 1960-årene.

Institutt for atomenergi (1961). A short survey of radioactive waste production and treatment at Institutt for atomenergi, Kjeller. Intern rapport, KIR-C-60, 1961. Kjeller 1961.

Institutt for energiteknikk (2004). En oversikt over utslipp av radioaktivitet fra Institutt for atomenergi i 1950- og 1960-årene. *Rapport IFE/KR/F-2004/194*. Kjeller 2004.

Institutt for energiteknikk (2002). En beregning av resulterende stråledoser fra utslipp av radioaktive nuklider fra IFE's anlegg på Kjeller. Intern rapport IFE 7I-2002/012. Kjeller 2002.

PC CREAM, National Radiological Protection Board. PC CREAM: A PC package to assess the consequence of radioactive discharges due to normal operations. EUR 17791 EN (NRPB-SR296). Chilton, Didcot: NRPB, 1997.

ICRP Publication 72 (1996). Age dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 5 compilation of ingestion and inhalation dose coefficients. Oxford: Elsevier, 1996. *Annals of the ICRP*, 1996; 26 (no. 1).

Vedlegg 1. Oversikt over utslipp

Utslipp av flytende radioaktivt avfall

Tabellene V1.1 – V1.9 er hentet fra IFE/KR/F-2004/194.

Tabell V1.1 Estimer for maksimale utslipp av radioaktive jod-, tellur- og fosfor-isotoper per uke i perioden 1954-1957

År	Anslått maksimalt utslipp per uke av nuklide				
	¹³¹ I	¹²⁷ Te	¹²⁹ Te	³² P	Volum
	(GBq)	(GBq)	(GBq)	(MBq)	(l)
28.04.1954	7,4	3,7	3,7	-	
31.05.1956	3,7	3,7	3,7	-	
30.10.1956	3,7	3,7	3,7	37	30
11.04.1957	11	3,7	3,7	37	30

Tabell V1.2 Produksjon og utslipp i perioden mai 1954 – mai 1957

Periode	¹³¹ I		³² P		Ukentlige utslipp		
	Antall forsendelser i perioden	Ukentlig produksjon	Antall forsendelser i perioden	Ukentlig produksjon	¹³¹ I	¹²⁷⁺¹²⁹ Te	³² P
Mai – mai		(GBq)		(GBq)	(GBq)	(GBq)	(GBq)
1954 – 1955	220	11	-	-	1,1	0,11	-
1955 – 1956	270	22	-	-	2,2	0,22	-
1956 – 1957	310	26	95	(ikke gitt)	2,6	0,26	0,037

Tabell V1.3 Utslipp av aktivitetmengder fra Isotoplaboratoriet og Avfallsanlegget fra august 1961 til og med desember 1962

År	1961			1962		
	Fra Isotoplab	Fra Avfalls-anlegg	Utslipp av naturlig uran	Fra Isotoplab	Fra Avfalls-anlegg	Utslipp av naturlig uran
Måned	(GBq)	(GBq)	(g)	(GBq)	(GBq)	(g)
Januar				0,31		
Februar				0,71		
Mars				2,8		
April				0		
Mai				0,57	0,065	
Juni				0,21		
Juli				1,3		
August	0,44			0,21		
September	1,4		<0,0035	0,052	0,093	
Oktober	2,7			0,28		
November	0,54		11			
Desember	0,41			0,2	1 [†]	
Totalt	5,5	0	11	6,6	0,16	0

[†]Desember 1962: Total beta-aktivitet: 3,2 MBq, total alfa-aktivitet: 0,028 MBq.

Tabell VI.4 Utslipp av aktivitetmengder fra Isotoplaboratoriet og Avfallsanlegget i 1963

Måned	Utslipp fra Avfallsanlegget		Utslipp av naturlig uran (g)	Utslipp fra Isotoplaboratoriet Total β (MBq)
	Total β (MBq)	Total α (MBq)		
Januar	560	0,43		0
Februar	6,7	0,85		1200
Mars	4,1	0		170
April	8,1	0,5		420
Mai	4,7	0	660	310
Juni	620	8		160
Juli				
August				
September				
Oktober	77		200	
November	65			
Desember	0			
Totalt	1300	9,8	860	2300

Tabell VI.5 Utslipp av aktivitetmengder fra Isotoplaboratoriet og Avfallsanlegget i 1964

Dato	Fra Avfallsanlegget			Fra Isotoplab.	Curie-ekvivalent [†]
	Total α (MBq)	Total β (MBq)	⁹⁰ Sr (MBq)	Total β (MBq)	Maks. over 30 dager (Ci-e)
Januar	1,4	460			
17.02.64	0,0	220	0,05		0,006
25.02.64	2,9	180	-		0,10
26.02.64	0,0	300			0,26
07.03.64	0,0	530	0,02		0,28
09.03.64	0,52	29	-		0,30
20.03.64				420	0,30
20.03.64	0,59	40	-		0,32
13.04.64				91	0,035
27.04.64				660	0,020
06.05.64	5,8	330	11		0,036
08.05.64				380	0,046
19.05.64				510	0,057
25.02.64				770	0,078
02.06.64				440	0,072
04.06.64				44	0,096
16.06.64				180	0,075
19.06.64	0,07	0,40			0,076
22.06.64				89	0,11
25.06.64				320	0,098
03.07.64				280	0,24
04.07.64				70	0,28
04.08.64	0,00	2,5	-		0,0014
13.08.64				160	0,089
14.08.64	1,2	300	-		0,25
19.08.64				260	0,39
21.08.64				1400	0,43
26.08.64				-	0,44
26.08.64	0,74	4,5	-		0,44
29.08.64	0,08	0,33	-		0,44

Forts. tabell VI.5

Dato	Fra Avfallsanlegget			Fra Isotoplab.	Curie-ekvivalent [†]
	Total α	Total β	⁹⁰ Sr	Total β	Maks. over 30 dager
	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(Ci-e)
01.09.64				1300	0,48
09.09.64				190	0,48
14.09.64	0,31	490	0,72		0,18
14.09.64	0,01	0,34	-		0,18
18.09.64	0,0	4,3	-		0,11
21.09.64				2400	0,18
24.09.64				620	0,15
07.10.64				1400	0,14
13.10.64				330	0,31
20.10.64				57	0,33
30.10.64				3800	0,35
05.11.64	0,0	300	0,44		0,36
09.11.64				46	0,35
23.11.64				220	0,26
02.12.64				230	0,28
08.12.64	0,0	2000	0,48		0,33
16.12.64				130	0,23

[†]Curie-ekvivalenter er beregnet som: Ci-e = $200 \cdot (\text{Ra}) + 20 \cdot ({}^{90}\text{Sr}) + 3 \cdot \alpha + \beta$

1 curie = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

Tabell VI.6 Nuklider og midlere aktivitetsmengder av radioaktive legemidler i perioden 1961-1964

Periode	Nuklide	Halveringstid	Antall produksjoner	Total produsert aktivitet
				(GBq)
01.03.1961-31.12.1964	¹³¹ I	8,0 dager	400	11000
15.03.1961-31.12.1964	³² P	14 dager	120	1700
13.04.1961-31.12.1964	¹⁹⁸ Au	2,7 dager	170	8000
22.03.1961-31.12.1964	⁴² K	12 timer	130	300
20.03.1961-31.12.1964	²⁴ Na	15 timer	130	200

Tabell VI.7 Utslipp av aktivitetmengder fra Isotoplaboratoriet og Avfallsanlegget i perioden 1964 til 19. mai 1967

Dato	Fra Avfallsanlegget			Fra Isotoplab.	Curie- ekvivalent†
	Total α	Total β	^{90}Sr	Total β	Maks. over 30 dager
	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(Ci-e)
18.01.65				92	0,15
19.01.65	3,1	330	5,7		0,16
05.02.65				270	0,21
12.02.65				80	0,25
23.02.65				30	0,21
19.03.65				110	0,07
24.03.65				180	0,17
05.04.65				300	0,32
09.04.65		170	-		0,41
26.04.65				370	0,45
20.05.65				17	0,21
31.05.65				540	0,30
14.06.65				80	0,34
24.06.65	5,9	980	10		0,37
01.07.65	1,2	89	-		0,12
01.07.65				70	0,16
17.08.65				620	0,34
30.08.65				180	0,45
03.09.65	1,1	4,1	-		0,45
17.09.65				230	0,24
23.09.65				160	0,33
11.10.65				12	0,22
11.10.65	0,5	8,9	-		0,24
12.10.65	56	140	-		0,30
21.10.65	4,6	1100	0,0		0,21
25.10.65				200	0,23
04.11.65				37	0,25
05.11.65	1,1	370	-		0,45
17.11.65	0,0	6,1	-		0,36
25.11.65				60	0,25
26.11.65	0,0	96	-		0,30
02.12.65	0,0	9,1	-		0,31
15.12.65				280	0,24
20.12.65	0,3	3,5	-		0,24

Forts. tabell VI.7

Dato	Fra Avfallsanlegget			Fra Isotoplab.	Curie- ekvivalent [†]
	Total α	Total β	⁹⁰ Sr	Total β	Maks. over 30 dager
	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(MBq)	(Ci-e)
21.01.66	0,0	430	-		0,23
31.01.66	7,4	11	-		0,24
01.02.66				120	0,30
07.02.66	16	15	-		0,32
09.02.66	0,9	280	1,1		0,32
18.02.66	18	16	-		0,33
22.02.66				580	0,12
23.02.66				600	0,14
14.03.66	5,9	12	-		0,05
21.03.66				85	0,09
01.04.66				37	0,07
19.04.66				2700	0,21
02.05.66				2700	0,22
20.05.66				1200	0,10
20.05.66	1,0	130			0,18
02.06.66	1,7	2,6	-		0,10
10.06.66				130	0,18
17.06.66				290	0,33
20.06.66				3400	0,41
01.07.66				130	0,49
11.08.66				41	0,03
12.08.66	1,1	2,4			0,02
15.08.66				70	0,06
01.09.66				63	0,10
23.09.66	0,4	2,6			0,04
27.09.66				22	0,05
27.09.66	0,5	550			0,35
11.10.66				96	0,37
02.11.66	0,4	23			0,06
04.11.66		93			0,12
18.11.66				1600	0,11
16.12.66	0,4	41			0,07
20.12.66				110	0,08

Forts. tabell VI.7

Dato	Fra Avfallsanlegget			Fra Isotoplab.	Curie-ekvivalent [†]
	Total α	Total β	⁹⁰ Sr	Total β	Maks. over 30 dager
18.01.67				37	0,08
06.02.67	0,7	-			0,02
09.02.67	-	37			0,05
09.02.67				8,0	0,03
13.02.67				140	0,12
13.02.67				56	0,15
06.03.67	0,0	1,7			0,13
15.03.67				120	0,17
15.03.67				160	0,26
17.03.67	3,0	150			0,23
30.03.67	1,1	36			0,25
12.04.67				80	0,29
19.04.67	0,7	3,3			0,06
11.05.67				210	0,16

[†]Curie-ekvivalenter er beregnet som: Ci-e = $200 \cdot (\text{Ra}) + 20 \cdot ({}^{90}\text{Sr}) + 3 \cdot \alpha + \beta$

1 curie = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

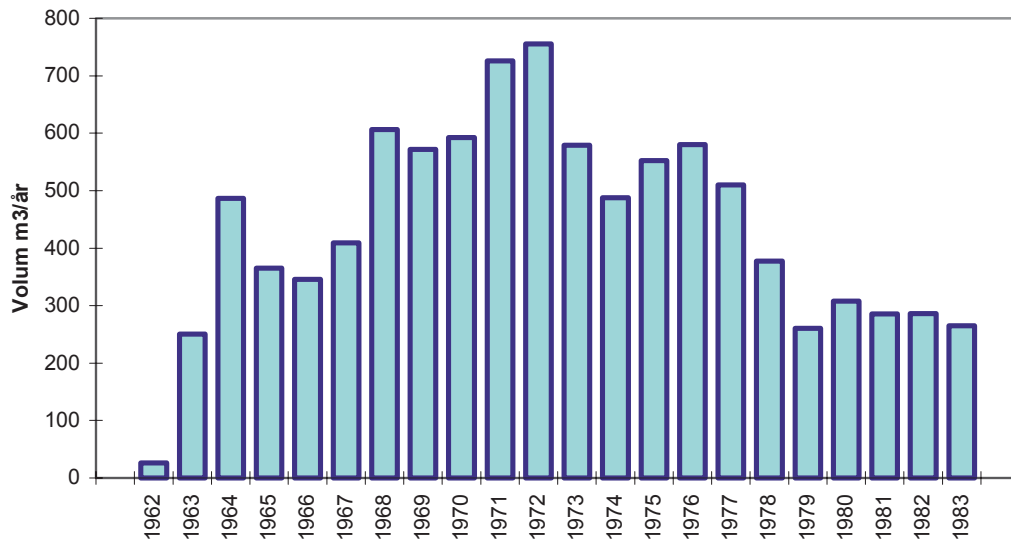
Utslipp til luft

Tabell VI.8 Utslipp av ⁴¹Ar fra Jeep I i periode 1951 til 1966

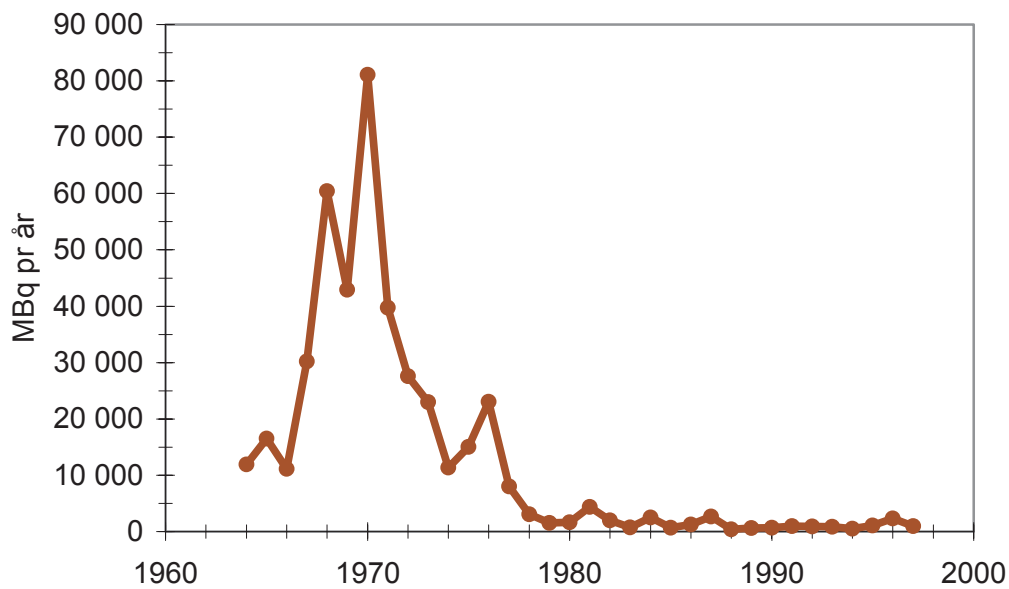
Driftsperiode	Energiproduksjon	Midlere effekt	Driftstid	Utslipp av ⁴¹ Ar
	(MWD)	(kW)	(timer)	(GBq)
Juni 51-Juli 52	0,16	7,6	500	310
Juni 52-Juli 53	25	ca. 150	4000	48000
Juni 53-Juli 54	38	250	3600	75000
Juni 54-Juli 55	50	250	4000	96000
Juni 55-Juli 56	70	250	6700	140000
Juni 56-Juli 57	92	450	4900	180000
Juni 57-Juli 58	110	450	5600	210000
Juni 58-Juli 59	92	450	4900	180000
Juni 59-Des 60	85	450	4500	170000
1661	100	450	5400	200000
1962	120	450	5700	200000
1963	110	450	5900	220000
1964	110	450	5900	220000
1965	110	450	6000	220000
1966	110	450	5900	220000

Tabell VI.9 Utslipp av ⁴¹Ar fra Jeep II i perioden 1967 til 1977

År	Driftstid	Utslipp av ⁴¹ Ar
	(timer)	(GBq)
1967	1400	37000
1968	6300	170000
1969	6400	180000
1970	6200	170000
1971	6500	180000
1972	6300	170000
1973	6400	180000
1974	6400	180000
1975	6300	180000
1976	5600	160000
1977	5200	140000



Figur VI.1 Mengde avfallsvann i perioden 1962-1983, uttrykt i m³/år. Etter 1983 er volum ikke rapportert i de årlige rapportene.



Figur VI.2 Oversikt over IFEs utslipp i perioden 1962 til 1997. Utslippet er angitt i Megabecquerel per år (millioner becquerel per år), og er beregnet på grunnlag av total alfa- og beta-målinger. Etter 1983 er utslippet basert på summen av utslipp av enkelt nuklider, men utslippet av tritium (³H) er ikke medregnet.

Tabell VI.10 Maksimale utslipp per måned fra FFI, avdeling Kjemi

Isotop	Maks utslipp
	(kBq)
³⁶ Cl	370
¹³¹ I	370
⁸⁹ Sr	3,7
⁹⁰ Sr - ⁹⁰ Y	3,7

Tabell VI.11 Maksimale utslipp per måned fra FFI, avdeling Fysikk

Isotop	Maks utslipp
	(kBq)
⁹⁰ Sr - ⁹⁰ Y	37
²²⁶ Ra	3,7

Tabell VI.12 Årlig forbruk og omtrentlig utslipp fra FFI på 60-tallet

Isotop	Årlig forbruk	Utslipp
	(MBq)	(MBq)
¹⁴ C	150	130
³ H	1500	1300

Vedlegg 2. Kilder til utslipp og alternative metoder for å beregne utslipp

De ulike anleggene som kan ha medført utslipp er:

Uranrenseanlegget

Uranrenseanlegget var i prøvedrift 1959 og i full drift i årene 1962 til 1968 og behandlet omlag 1,2 tonn brukt brensel fra den gamle Jeep I-reaktoren. Samlet plutoniumproduksjon var litt over 200 gram. Utslipp fra dette anlegget er ikke dokumentert separat, men inngår i oversiktene over utslipp til vann fra avfallsanlegget. Det vi kjenner til er at om lag 1 kg uran ble sluppet ut fra dette anlegget, og noen gram plutonium i forbindelse med nedleggelsen og opprydding i anlegget 1968-1970. Eventuelle utslipp til luft er ikke dokumentert.

Isotopproduksjon

Isotopproduksjonen på IFE startet i 1952. Vi regner med at hovedproduksjonen har vært ^{131}I . Produksjon av ^{131}I foregår ved å bestråle tellur, og radioaktive tellurisotoper oppstår derved som et avfallsprodukt. IFE rapporterer om utslipp av ^{127}Te og ^{129}Te (1/10 sammenliknet med jodutslippene), ^{32}P og ^{198}Au i mengder (fra 1750 GBq til 11 000 GBq over en treårsperiode fra 1961-64), samt ^{42}K og ^{24}Na i mindre mengder (200-300 GBq i samme periode), og prøveproduksjon av ^{86}Rb , $^{197\text{m}}\text{Hg}$, ^{197}Hg og ^{203}Hg , ^{60}Co , ^{99}Mo og ^{134}Cs (fra 0,3-1,5 GBq).

I de årene hvor totalt beta-utslipp fra isotopproduksjon til vann er rapportert, har disse målingene vært benyttet. Da har vi antatt at hele utslippet har bestått av ^{131}I . Fra 1994 har IFE rapportert utslipp av ^{125}I til vann. Disse varierer mellom 50 og 800 MBq/år – det foreligger ikke noen informasjon om utslipp før 1994. I følge IFE er ca. 0,2 % av det totale jodutslippet ^{125}I , og skyldes produksjon av legemidler. Videre fremholder IFE at det ikke produseres ^{125}I ved deres anlegg, og vi antar derfor at når vi finner forsendelser av ^{125}I i 1968 og 1970, så er dette videreforsendelser av ^{125}I produsert andre steder.

Når det gjelder utslipp til luft er det i første omgang jod og tellur som er flyktige stoffer, og vi regner derfor ikke med at produksjon av de andre nevnte nuklidene medførte utslipp til luft. Vi har tidligere hatt en gjennomgang når det gjelder ^{129}I , der IFE konkluderer med at utslipp av ^{129}I senere år utelukkende stammer fra behandling av ionebytttemasse fra Halden.

Undersøkelser av bestrålt brensel - Metlab

Etterundersøkelser av bestrålt brensel i Metlab har medført ulike typer avfall, i første rekke fast avfall i form av uran, plutonium og fisjonsprodukter. Det er i første rekke brenselstaver fra Halden-reaktoren som blir undersøkt. Alt flytende og fast avfall fra Metlab går til avfallsanlegget for behandling. Utslipp til vann har derfor gått inn i rapporteringen av utslipp fra avfallsbehandling. Etter 2000 har det ikke vært flytende utslipp fra Metlab. Eventuelle utslipp til luft er ikke dokumentert, men IFE har anslått at noe ^{85}Kr slippes til luft som følge av undersøkelsene i Metlab.

Forbrenningsanlegg

IFEs forbrenningsanlegg kom i drift i 1982 og det er ikke rapportert om utslipp til luft herifra. Avgassene fra forbrenningsanlegget blir renset ved kjøling, og passerer deretter et posefilter og et absoluttfilter. Avgassene blir i dag kontinuerlig overvåket for radioaktivitet, og det har ikke vært påvist utslipp av radioaktive stoffer fra anlegget. Avfall inneholdende alfa-emitterende radioaktivitet blir ikke behandlet i anlegget. Vi har derfor antatt at det ikke har forekommet utslipp av betydning fra forbrenningsanlegget.

Avfallsanlegget

Avfallsanlegget kom i drift i januar 1962. I prinsippet går alt utslippsvann gjennom avfallsanlegget før det slippes til utslippsledningen (NALFA-ledningen). Unntaket var de senere års sivevann fra de nedgravde tønnene, som etter måling gikk til overvannsledning. Dette sivevannet inneholdt imidlertid neglisjerbare mengder radioaktivitet i forhold til hva som gikk gjennom NALFA-ledningen. I tidligere år har nok utslipp gått direkte fra de ulike anleggene. Avfallsanlegget behandler også ionebyttmasse fra Halden-reaktoren. Dagens ionebyttmasse inneholder ca 70 % ^{137}Cs og 30 % ^{60}Co når det gjelder fordeling av gamma-emitterende nuklider, og uspesifiserte mengder ^3H og ^{90}Sr . I forbindelse med vurdering av ^{129}I har vi fått et anslag på ca. 17 kBq utslipp i året som følge av behandling av ionebyttmasse (dagens forhold). Vi har ikke oversikt over eventuelle utslipp til luft fra avfallsbehandlingsanlegget, men antar at dette er neglisjerbart.

Reaktordrift

NORA: I drift fra 1961 til 1968. Vi har antatt tilnærmet null-utslipp (null-effektsreaktor). IFE har oppgitt ^{41}Ar -utslipp tilsvarende 1/1000 av ^{41}Ar -utslipp fra Jeep II.

Jeep I: I drift fra 1951-1966. IFE har bare registrert utslipp av ^{41}Ar for denne perioden.

Jeep II: I drift fra 1967 frem til i dag. IFE oppgir at kun ^{41}Ar , ^{131}I og ^3H slippes ut i målbare mengder. Dagens forhold: Utslipp av andre radionuklider er så små at de ikke lar seg detektere med de metodene som brukes for å overvåke utslipp fra IFE, og de har derfor ikke blitt tatt hensyn til. Argon og andre edelgasser stammer fra bestråling av luft i reaktoren. Det er en kraftig nedgang i argonutslippene mellom 1983 og 1984. Dette skyldes at utslippene ble beregnet på en ny måte fra og med 1984. Tritium kommer fra bestråling av vann. Mengdene av disse isotopene vil derfor være avhengig av utformingen av reaktoren (luftfylte og vannfylte lommer) og antall driftstimer og effekt. Så lenge det ikke er brenselseil i reaktoren, vil det ikke være utslipp av fisjonsprodukter eller andre aktiveringsprodukter.

Uhell og utilsiktede utslipp

Det er kjent at det var brudd på primærkjølekretsen for Jeep I. Reaktortanken senere ble skiftet ut, ca 1961, på grunn av hull i selve tanken. Det ble i september 1961 målt økte jodkonsentrasjoner i luft, 1300 Bq/m³ av ^{131}I . Målingene ble foretatt inne på laboratoriet, og var nær 1000 ganger høyere enn normal konsentrasjon. Dette ble omtalt som et kontrollert eksperiment. I november 1964 ble ca. 7400 MBq ^{131}I sluppet ut som følge av en svikt i en produksjonsenhet. Igjen var dette jod som ble sluppet ut til laboratoriet, det er ikke kjent hvor mye som slapp ut til friluft.

I senere år er lekkasje i primærkjølekrets rapportert for Jeep II i 1986 (utslipp av ^3H), lekkasje og påfølgende utslipp fra en hanskeboks i Metlab 1993 (medførte i første rekke ^{137}Cs og ^{90}Sr utslipp). Endrede rutiner ved isotopproduksjonen medførte økte utslipp av ^{125}I i 2003, og samme år var det også

en økning i ^3H utslipp på grunn av ionebyttemasse fra Halden. Disse senere hendelsene har alle ligget innenfor rammen av hva IFE har tillatelse til å slippe ut. Det har ikke vært brenselsfeil ved Jeep II.

Anslag av utslipp der det ikke er gjort nuklidespesifikke målinger

I de årene det ble gjort total alfa- og beta-målinger hadde vi ikke tilstrekkelig informasjon til å anta en nuklidesammensetning. For å komplettere bildet, har Strålevernet derfor benyttet data for produksjon av nuklider ved IFE. IFE oppgir at det kan ha vært et tap på opptil 20 % av produsert mengde radioaktivitet. Et tenkt tilfelle kan derfor være at 10 % av total produksjon var utslipp til luft og 10 % av total produksjon var utslipp til vann. Dette er ikke et veldig sannsynlig utslipp, men et utgangspunkt for videre anslag av utslipp knyttet til isotopproduksjonen ved IFE. Siden det ikke finnes produksjonsdata for alle nuklidene som oppgis i årsrapporter fra IFE i perioden, og IFE sier selv av ikke alle isotoper IFE tilbød ble produsert ved deres anlegg, medfører dette ytterligere usikkerheter i anslagene.

Alt gross beta-utslipp fra avfallsbehandlingsanlegget antas å ha bestått av cesium eller strontium. Et utslipp av cesium vil gi en større stråledosebelastning per utslippsenhet enn strontium i dette tilfellet, og Strålevernet går derfor ut ifra utslipp som består av ^{137}Cs . Utslipp som består av ^{134}Cs vil utgjøre en større belastning, men vil være mer usannsynlig. Generelt ligger strontium-andelen av beta-utslippene fra avfallsproduksjonen mellom 1/100 og 1/10000. Mer sannsynlig er det nok at en stor andel av beta-utslippene har vært tritium (^3H) som gir lavere stråledoser enn for eksempel ^{137}Cs .

Alt gross alfa-utslipp antas å ha bestått av ^{239}Pu . Dette er lite sannsynlig for perioden før uranrenseanlegget kom i drift, da er hoveddelen av alfa-utslipp sannsynligvis uran. Vi har imidlertid bare informasjon om alfa-utslipp fra 1962, dvs. fra samme tidspunkt som uranrenseanlegget kom i drift.

Selv om utslippene til luft og vann med sikkerhet inneholdt andre nuklider, og ikke utelukkende ^{131}I , ^{137}Cs og ^{239}Pu , har vi altså valgt å la disse radionuklidene representere utslippet der nuklidespesifikk informasjon ikke foreligger.

Tabell V2.1 Oversikt over anslag over utslipp til vann fra IFE for hele perioden 1954 til 2003. I tillegg til disse radionuklidene har IFE rapportert ytterligere noen de siste årene. Årlig utslipp for disse nuklidene har imidlertid ikke overskredet 5 MBq, og de er derfor ikke inkludert.

År	¹³¹ I (MBq)	¹³⁴ Cs (MBq)	¹³⁷ Cs (MBq)	⁶⁰ Co (MBq)	³ H (MBq)	³⁵ S (MBq)	⁹⁰ Sr (MBq)	²³⁸ Pu (MBq)	²³⁹ Pu (MBq)	²⁴¹ Am (MBq)	⁶⁵ Zn (MBq)	¹²⁵ I (MBq)	¹²⁷ Te (MBq)	¹²⁹ Te (MBq)	³² P (MBq)
1954	384 800												192 400	192 400	192 400
1955	192 400												192 400	192 400	192 400
1956	192 400												192 400	192 400	192 400
1957	384 800												192 400	192 400	192 400
1958	0		0										192 400	192 400	192 400
1959	0		0										192 400	192 400	192 400
1960	0		0										192 400	192 400	192 400
1961	5 500		160					0,0022					192 400	192 400	192 400
1962	6 620		1 345					1,6					192 400	192 400	192 400
1963	2 284		5 225					1 396					192 400	192 400	192 400
1964	17 267		3 302		12,4			75					192 400	192 400	192 400
1965	3 913		1 614		15,8			76					192 400	192 400	192 400
1966	13 938		224		1,1			2 410					192 400	192 400	192 400
1967	808												192 400	192 400	192 400
1967	6 570		1 650										192 400	192 400	192 400
1968	19 330		4 800						2 829				192 400	192 400	192 400
1969	8 960		2 240						9 718				192 400	192 400	192 400
1970	8 540		2 130						388				192 400	192 400	192 400
1971	9 890		2 470						168				192 400	192 400	192 400
1972	11 350		2 840						16				192 400	192 400	192 400
1973	8 880								0				192 400	192 400	192 400
1974	3 330								0				192 400	192 400	192 400
1975	5 439								0				192 400	192 400	192 400
1976	4 440		3 610						2,3				192 400	192 400	192 400
1977	2 997		390						0				192 400	192 400	192 400
1978	470								0				192 400	192 400	192 400
1979	338	17	9	19	8 573	1 138	0,8		0,28				192 400	192 400	192 400
1980	577	4	4	81	12 207	988	0,5		1,90				192 400	192 400	192 400
1981	549	66	66	64	7 832	3 677	1,3		0,27				192 400	192 400	192 400
1982	520	13	13	2	170	1 430	5,3		0,43				192 400	192 400	192 400
1983	238	11	11	11	256	491	1,1		0,33				192 400	192 400	192 400

År	¹³¹ I (MBq)	¹³⁴ Cs (MBq)	¹³⁷ Cs (MBq)	⁶⁰ Co (MBq)	³ H (MBq)	³⁵ S (MBq)	⁹⁰ Sr (MBq)	²³⁸ Pu (MBq)	²³⁹ Pu (MBq)	²⁴¹ Am (MBq)	⁶⁵ Zn (MBq)	¹²⁵ I (MBq)	¹²⁷ Te (MBq)	¹²⁹ Te (MBq)	³² P (MBq)
1984	227		14	7 843	2 252	0,8			0,17						
1985	97		12	489	574	0,3			0,42						
1986	23		11	781 380	1 163	0,3			0,34						
1987	673		68	8 950	1 830	26,0			4,96						
1988	256		34	33 970	103	14,7			0,22						
1989	146		144	8 070	264	68,2			0,54						
1990	81	59	276	28 420	218	22,8			0,24						
1991	346	33	215	37 140	301	52,4			0,30						
1992	35	16	178	290 000	610	18,7			0,16						
1993	33	2	244	34 700	432	135			0						
1994	7	6,4	100	327 000	369	5,9			0,102		3,9	46			
1995	209	2,5	112	306 000	690	12,1			1,0		4,2	249			
1996	1 408	1,7	80	723 000	695	12,2			0,782		273	760			
1997	74	2,7	21	11 000	820	4,6			0,15		15	117			
1998	350	5	110	152 000	280	81			0,11		0,9	190			
1999	1 350	1,9	30	85 000	18,5	161			0,016		0,8	182			
2000	6	0,4	6,7	402 100	142	6,5		0,0004	0,17	0,37	0,9	91			
2001	107	2,5	25,7	1 512 000	0	1,2		0,0003	0,041	0,35	3,8	310			
2002	6	2,3	25	2 360 000	0	0,55		0,011	0,038	0,7	<0,4	350			
2003	15	1,2	22	2 830 000	0	0,33		0,002	0,034	0,005	0,27	540			

Felter markert med grønt eller gult er anslag enten basert på isotopproduksjon (de grønne feltene) og målinger av total alfa- og beta-aktivitet (de gule feltene).

Tabell V2.2 Oversikt over anslag over utslipp til luft i perioden 1951 til 2003

År	¹³¹ I (MBq)	⁴¹ Ar (MBq)	³ H (MBq)	⁸⁵ Kr (MBq)	¹²⁵ I (MBq)	⁸² Br (MBq)
1951						
1952		310 800	3 000 000			
1953		48 100 000	3 000 000			
1954		75 110 000	3 000 000			
1955		96 200 000	3 000 000			
1956		136 900 000	3 000 000			
1957		181 300 000	3 000 000			
1958		208 310 000	3 000 000			
1959		182 040 000	3 000 000			
1960		167 610 000	3 000 000			
1961	22 400	199 060 000	3 000 000	666 000		
1962	1 470	202 390 000	3 000 000	666 000		
1963	565 000	217 190 000	3 000 000	1 110 000		
1964	61 750	219 040 000	3 000 000	1 110 000		
1965	72 130	221 001 000	3 000 000	1 110 000		
1966		217 079 000	3 000 000	1 110 000		
1967		37 481 000	3 000 000	1 110 000		
1968	7 877	173 493 000	3 000 000	1 110 000		
1969	873	176 453 000	3 000 000	444 000		
1970	2 342	171 458 000	3 000 000	444 000		
1971	1 465	180 449 000	3 000 000	444 000		
1972	2 313	173 900 000	3 000 000	444 000		
1973	1 669	178 932 000	3 000 000	444 000		
1974	681	177 526 000	3 000 000	444 000		
1975	1 410	175 269 000	3 000 000	444 000		
1976	810	156 473 000	3 000 000	444 000		
1977	1 173	145 151 000	3 000 000	444 000		
1978	370	163 000 000	3 000 000	444 000		
1979	453	153 000 000	3 000 000	444 000		
1980	1 429	153 000 000	3 000 000	444 000		
1981	440	170 000 000	3 000 000	444 000		
1982	800	155 000 000	3 000 000	444 000		
1983	530	163 000 000	3 000 000	444 000		
1984	190	33 000 000	3 000 000	444 000		
1985	370	37 000 000	3 000 000	444 000		
1986	980	32 000 000	3 000 000	444 000		
1987	1 600	38 000 000	3 000 000	444 000		
1988	390	41 000 000	3 000 000	444 000		
1989	350	37 000 000	3 000 000	444 000		
1990	340	36 000 000	3 000 000	444 000		
1991	480	38 000 000	3 000 000	444 000		
1992	840	37 400 000	3 000 000	444 000		
1993	1 200	34 600 000	3 000 000	444 000		
1994	430	31 700 000	3 000 000	444 000		
1995	740	34 600 000	3 000 000	444 000		
1996	1 400	33 200 000	3 000 000	444 000		
1997	3 200	30 000 000	3 000 000	444 000		
1998	1 830	34 700 000	3 000 000	444 000		
1999	1 220	37 500 000	3 000 000	444 000		
2000	940	22 800 000	3 000 000	444 000		
2001	1 310	23 500 000	2 900 000	444 000		
2002	1 230	27 580 000	2 800 000	444 000		230
2003	1 330	28 000 000	6 040 000	444 000	7,3	

Kommentarer til tabellen:

¹³¹**I:** For perioden 1961-1964 er det beregnet ut fra gjennomsnittlig luftaktivitet per uke. Det høye utslippet i 1963 skyldes et defekt kullfilter. For årene 1968-1980 (de gule feltene) er det estimert på grunnlag av rapporterte utslipp av gross beta-aktivitet fra isotopproduksjon. Utslippene av jod er med all sannsynlighet lavere enn angitt for denne perioden. Perioden 1981-2003 er oppgitt som rapportert i årsrapporter fra IFE.

⁴¹**Ar:** Argonutslipp i perioden 1952-1977 har blitt rapportert fra IFE. For årene 1978-1984 er det estimert på bakgrunn av utslipp per driftstime og antall driftstimer. Utslipp i perioden 1985-2003 har blitt gjengitt i årsrapporter fra IFE. Den store nedgangen i utslipp fra 1983 til 1984 skyldes nye beregningsmetoder for utslippet av argon.

³**H:** For perioden 1951-2000 er dette er røft anslag. Har ikke opplysninger om tritiumutslipp for denne perioden. De tre siste årene er basert på oppgitte tall fra IFE.

⁸⁵**Kr:** Her har vi summert sammen anslagene fra IFE i forhold til maksimalt utslipp fra de ulike anleggene (rapport fra 1961) (de grønne feltene). Utslippene har med all sannsynlighet vært lavere enn dette.

Vedlegg 3. Doseberegninger og hvilke antagelser som ligger til grunn

For å kunne beregne dosebelastningen for befolkningen i området er det nødvendig med et fullstendig bilde av nuklidesammensetningen i utslippene. Siden det ikke foreligger noe fullstendig bilde av nuklidesammensetningen, har Strålevernet tatt utgangspunkt i et utvalg radionuklider for å få et inntrykk av det mulige omfanget av dosebelastningen. Dette er beskrevet i detalj i Vedlegg 2. Her følger en oversikt over hvilke antakelser som ligger til grunn for doseberegningene.

Parametere brukt i IFEs doseberegninger

Utslipp til luft

For utslipp til luft har IFE tatt utgangspunkt i en vindfrekvens basert på NILUs målinger på Kjeller flystasjon i perioden 1973-75 og en har benyttet en standard fordeling når det gjelder stabilitetsklasser for innlandsforhold. De har sett på tre nuklider i luft ^{41}Ar , ^3H og ^{131}I . Utslippene antas å ha skjedd i en høyde på 15 m.

IFE har sett på følgende eksponeringsveier: Konsum av forurenset kumelk, konsum av frukt og grønnsaker, inhalasjon av forurenset luft, ekstern gamma- og beta-stråling fra radionuklider i luft og ekstern gamma- og beta-stråling fra bakkedeponert radioaktivt materiale. De har sett på ^{131}I for spedbarn, barn og voksne, i tillegg til ^{41}Ar og ^3H for voksne. IFE har videre antatt en inhalasjonsrate på $1900 \text{ m}^3/\text{år}$ for spedbarn, $5500 \text{ m}^3/\text{år}$ for barn og $7300 \text{ m}^3/\text{år}$ for voksne.

IFE har regnet med et konsum av kumelk på 320 liter/år for spedbarn og 240 liter/år for barn og voksne. Det antas videre at den gruppen personer doseberegningene gjennomføres for (kritisk gruppe) oppholder seg 50 % av tiden utendørs.

Utslipp til vann

Nuklider som blir registrert i dag, eller som IFE forventer å kunne registrere i utslippsvannet er ^3H , ^{14}C , ^{35}S , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{125}I , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239/240}\text{Pu}$ og ^{241}Am . IFE har for Nitelva antatt en gjennomsnittlig årlig vannføring på $1,57 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{år}$ og en mengde suspendert materiale på $1,5 \cdot 10^5 \text{ tonn}/\text{m}^3$.

IFE har antatt en oppholdstid på 100 timer i året ved elvebredden, og et fiskekonsum på 20 kg per år. Verdiene som har blitt brukt kan ifølge IFE anses som konservative når det gjelder bruk av Nitelva til fiske og rekreasjon.

Parametere brukt i Strålevernets doseberegninger

Utslipp til luft

Strålevernet ser i likhet med IFE på ^3H , ^{41}Ar og ^{131}I . I tillegg ser Strålevernet også på ^{85}Kr . Utslippene antas å ha skjedd i en høyde på 15 m.

Følgende eksponeringsveier er vurdert: Konsum av forurenset kumelk, konsum av frukt og grønnsaker, inhalasjon av forurenset luft, ekstern gamma- og beta-stråling fra radionuklider i luft og ekstern gamma- og beta-stråling fra bakkedeponert radioaktivt materiale. Strålevernet har i tillegg inkludert konsum av andre melkeprodukter, konsum av storfekjøtt og -lever, samt sauekjøtt. Inhalasjonsrate benyttet er $1900\text{ m}^3/\text{år}$ for spedbarn, $5500\text{ m}^3/\text{år}$ for barn og $7300\text{ m}^3/\text{år}$ for voksne.

For den kritiske gruppen har Strålevernet sett på følgende inntaksmengder: Storfekjøtt: 10 kg/år for spedbarn, 30 kg/år for barn og 45 kg/år for voksne; Melk: 320 kg/år for spedbarn og 240 kg/år for barn og voksne; Melkeprodukter: 45 kg/år for spedbarn og barn, og 60 kg/år for voksne; Storfeliver: $2,3\text{ kg/år}$ for spedbarn, 5 kg/år for barn og 10 kg/år for voksne; Sauekjøtt: 3 kg/år for spedbarn, 10 kg/år for barn og 25 kg/år for voksne; Grønnsaker: 15 kg/år for spedbarn, 35 kg/år for voksne og 80 kg/år for voksne; Rotvekster: 45 kg/år for spedbarn, 95 kg/år for barn og 130 kg/år for voksne; Korn: 30 kg/år for spedbarn, 75 kg/år for barn og 100 kg/år for voksne; Frukt: 35 kg/år for spedbarn, 50 kg/år for barn og 75 kg/år for voksne.

Utslipp til vann

Strålevernet har på samme måte som IFE tatt utgangspunkt i en enkel fortynningsmodell med gjennomsnittlig vannføring og mengde suspendert materiale som viktige parametere. Strålevernet har beregnet doser til alle aldersgrupper for konsum av fisk og opphold på strand ved Sogna, i tillegg til eksponeringsveier som bading, samt ufrivillig inntak av vann og jord/slam. I senere periode har alle de nuklidene det har foreligget utslippsdata om blitt benyttet. I en tidlig periode er det utslipp av ^{32}P , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs og ^{239}Pu som ligger til grunn. Strålevernet har for Sogna antatt en årlig gjennomsnittlig vannføring på $0,1\text{ m}^3/\text{s}$ (i motsetning til IFEs estimat på $5\text{ m}^3/\text{s}$ for Nitelva) og en mengde suspendert materiale på $1,0 \cdot 10^{-6}\text{ tonn}/\text{m}^3$. For perioden etter 1967, er det verdier for Nitelva som er benyttet og en vannføring på $5\text{ m}^3/\text{s}$. Strålevernet har antatt en oppholdstid på 300 timer i året ved elvebredden og 100 timer bading i året for barn og voksne.

Tabell V3.1 Sammenligning av de ulike parametrene som er benyttet for bergning av stråledoser fra utslipp til luft

UTSLIPP TIL LUFT	IFE, modell for beregning av utslipp i dag	Strålevernet, beregning av historisk utslipp
Modell	PC-CREAM	PC-CREAM
Spredningsdata	NILUs målinger på Kjeller flystasjon i perioden 1973-75 og antatt standard fordeling mellom Pasquills stabilitetsklasser for innenlandsforhold	Basert på standardverdier, gjennomsnittlig spenn av værforhold for innland, antatt uniform fordeling av vindrose; (dvs. samme som IFE, men IFE bruker mer oppdatert data for vindrose)
Nuklider	Valg basert på hva som kan detekteres i utslipp; ⁴¹ Ar (fra nøytronbestråling av ventilasjonsluft fra Jeep II), ³ H (fra Jeep II) og ¹³¹ I (fra isotopproduksjon)	Sammensetning delvis basert på måldata (⁴¹ Ar og ¹³¹ I) og estimat av utslipp av ³ H og ⁸⁵ Kr.
Eksponeringsveier	Konsum av forurenset melk (³ H og ¹³¹ I), konsum av frukt og grønnsaker (³ H), inhalasjon av forurenset luft (³ H og ¹³¹ I), direkte gamma og beta fra luft (¹³¹ I og ⁴¹ Ar) og direkte gamma og beta fra deponert materiale (¹³¹ I)	Inhalasjon av forurenset luft, direkte gamma og beta fra luft, direkte gamma og beta fra deponert materiale, resuspendert materiale, konsum av frukt og grønnsaker, melk og melkeprodukter, storfekjøtt og -lever, samt sauekjøtt (alle nuklider)
Aldersgrupper	Spedbarn (¹³¹ I), barn (¹³¹ I) og voksne (¹³¹ I, ⁴¹ Ar og ³ H)	Spedbarn, barn og voksne (alle nuklider)
Konsum av næringsmidler	MELK: Spedbarn: 320 kg/år; barn og voksne: 240 kg/år	STORFEKJØTT: Spedbarn: 10 kg/år, barn: 30 kg/år, voksne: 45 kg/år; MELK: Spedbarn: 320 kg/år, barn og voksne: 240 kg/år; MELKEPRODUKTER: har antatt at dette er inkludert i melke-konsum; STORFELEVER: Spedbarn: 2,3 kg/år, barn: 5 kg/år, voksne: 10 kg/år; SAUEKJØTT: Spedbarn: 3 kg/år, barn: 10 kg/år, voksne: 25 kg/år; GRØNNSAKER: Spedbarn: 15 kg/år, barn: 35 kg/år, voksne: 80 kg/år; ROTVEKSTER: Spedbarn: 45 kg/år, barn 95 kg/år, voksne 130 kg/år; KORN: Spedbarn: 30 kg/år, barn: 75 kg/år, voksne: 100 kg/år; FRUKT: Spedbarn: 35 kg/år, barn: 50 kg/år, voksne: 75 kg/år
Inhalasjonsrate	Spedbarn: 1900 m ³ /år, barn: 5500 m ³ /år, voksne: 7300 m ³ /år	Spedbarn: 1900 m ³ /år, barn: 5500 m ³ /år, voksne: 7300 m ³ /år
Andel tid innendørs		0,5
Innendørs: eksponeringsfaktor for radioaktivitet i luft		0,6
Innendørs: eksponeringsfaktor for deponert materiale	0,31	0,31

Tabell V3.2 Sammenligning av de ulike parametrene som er benyttet for beregning av stråledoser fra utslipp til vann

UTSLIPP TIL VANN	IFE, Modell for beregning av utslipp i dag	Strålevernet, beregning av historisk utslipp
Modell	PC-CREAM	PC-CREAM
Spredningsmodell	Enkel fortynningsmodell som benytter parametere for gjennomsnittlig vannføring og mangde suspendert materiale i elva	Samme som IFE
Nuklider	Basert på registrerte nuklider eller forventes å kunne bli registrert i utslippsvannet; ^3H , ^{14}C , ^{35}S , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{125}I , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239/240}\text{Pu}$, ^{241}Am	I tidlig fase, der nuklidesammensetning ikke er kjent, eller bare delvis er kjent: ^{131}I , ^{32}P , ^{137}Cs , ^{90}Sr og ^{239}Pu . Senere basert på faktisk målt: ^3H , ^{32}P , ^{35}S , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{125}I , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am
Eksponeringsveier	Konsum av fisk fanget i Nitelva og opphold på strand ved Nitelva (bading og opphold i båt gir neglisjerbare doser, bruk som drikkevann anses ikke for å være reellt)	Direkte gamma og beta, konsum av forurenset fisk, utilsiktet inntak av vann, utilsiktet inntak av slam og jord, bading
Aldersgrupper	Voksne (antas å få de største stråledosene pga. høyere konsum av fisk)	Spedbarn, barn og voksne (alle nuklider)
Årlig gjennomsnittlig vannføring	Nitelva: $1,57\text{E}8 \text{ m}^3/\text{år}$, Øyeren $2,11\text{E}10 \text{ m}^3/\text{år}$	For utslipp i perioden 1954-1967, estimat for Sogna: $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. For utslipp gjennom NALFA-ledning $5 \text{ m}^3/\text{s}$ for Nitelva
Mengde suspendert materiale	Nitelva: $1,5\text{E}-5 \text{ tonn}/\text{m}^3$, Øyeren: $1,0\text{E}-6 \text{ tonn}/\text{m}^3$ (mangler data, har brukt mest mulig konservative estimat)	Estimat for Sogna: $1,0\text{E}-6 \text{ tonn}/\text{m}^3$
Oppholdstid, elvebredde	$100 \text{ t}/\text{år}$ (anses som konservativt i forhold til faktiske forhold når det gjelder bruk av Nitelva til fiske og rekreasjon)	$300 \text{ t}/\text{år}$
Oppholdstid, i vann Inntak av vann	Ikke brukt Ikke brukt	Spedbarn: $0 \text{ t}/\text{år}$, barn og voksne: $100 \text{ t}/\text{år}$ Spedbarn, barn og voksne: $2 \text{ liter}/\text{år}$ (simulerer inntak ved uhell)
Inntak av jord	Ikke brukt	Spedbarn: $44 \text{ gram}/\text{år}$, barn: $18 \text{ gram}/\text{år}$, voksne $8,3 \text{ gram}/\text{år}$
Konsum av fisk	Voksne: $20 \text{ kg}/\text{år}$ (anses som konservativt i forhold til faktiske forhold når det gjelder bruk av Nitelva til fiske og rekreasjon)	Spedbarn: $1 \text{ kg}/\text{år}$, barn: $5 \text{ kg}/\text{år}$, voksne: $5 \text{ kg}/\text{år}$. Har redusert konsumet av fisk, siden Sogna er antatt som fangststed
Distribusjonsfaktorer for sediment	Lett modifiserte standardverdier for Nitelva og Øyeren: H: $3,0\text{E}-2 \text{ m}^3/\text{tonn}$; C: $2,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; S: $3,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Co: $2,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Zn: $1,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Sr: $2,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; I: $3,0\text{E}+2 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Cs: $1,2\text{E}+4 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Pu: $1,0\text{E}+5 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Am: $4,0\text{E}+5 \text{ m}^3/\text{tonn}$	Standardverdier
Konsentrasjonsfaktorer i fisk	Standardverdier: H: $9,0\text{E}-1 \text{ m}^3/\text{tonn}$; C: $4,6\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; S: $2,0\text{E}+2 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Co: $3,0\text{E}+2 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Zn: $1,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Sr: $6,0\text{E}+1 \text{ m}^3/\text{tonn}$; I: $2,0\text{E}+1 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Cs: $2,0\text{E}+3 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Pu: $3,5\text{E}+0 \text{ m}^3/\text{tonn}$; Am: $2,5\text{E}+1 \text{ m}^3/\text{tonn}$	Standardverdier

Sammenlikning av doseberegningene

Vi har her gjort en sammenstilling av hvordan de ulike betingelsene påvirker de beregnede stråledosene. Tabellene V3.3 - V3.4 viser hvilket dosebidrag utslipp av 1 Bq gir.

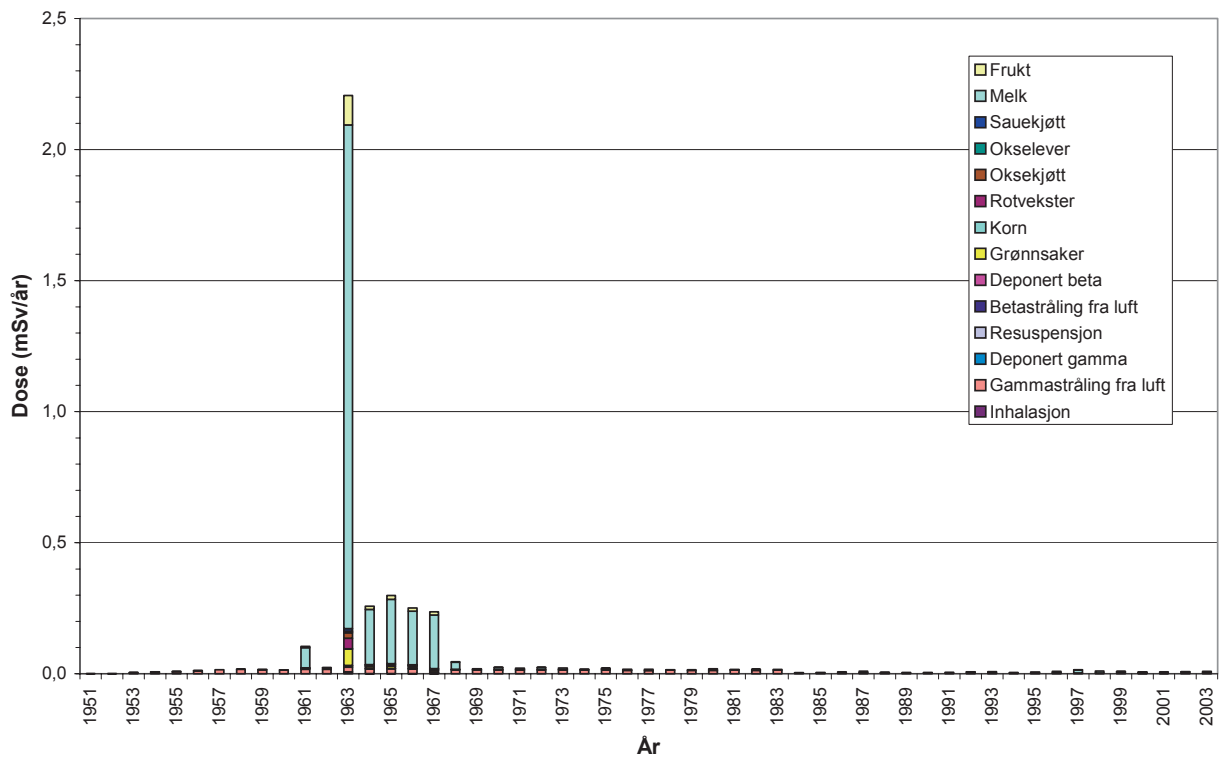
Tabell V3.3 Beregnede doser per Bq fra luftutslipp (små barn)

Nuklide	Strålevernet	Strålevernet	IFE (voksne)
	(små barn)	(voksne)	
	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)
³ H	2,60E-13	1,50E-13	1,50E-13
⁴¹ Ar	8,30E-14	8,30E-14	8,00E-14
¹³¹ I	8,30E-09	1,20E-09	3,90E-10
⁸⁵ Kr	5,50E-16	5,50E-16	

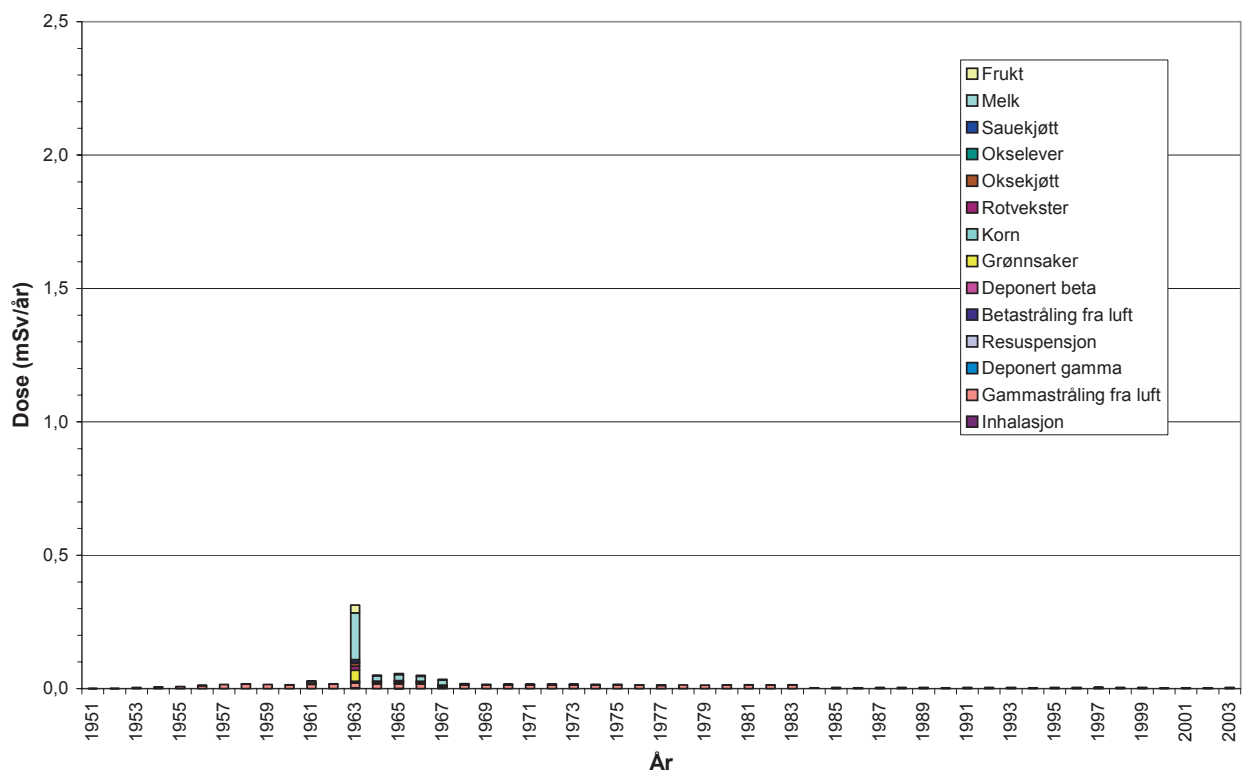
I forbindelse med undersøkelser av brukt brensel eller ved brenselsfeil i reaktoren kan en forvente å ha utslipp av fisjonsprodukt til luft. Utslippene til luft vil normalt være 1/10000 til 1/1000 av det som slippes ut til vann. Et utslipp av fisjonsprodukter til luft forutsetter enten utslipp fra Metlab i forbindelse med undersøkelser av brukt brensel eller ved brenselsfeil i selve reaktoren. Vi har ikke opplysninger om brenselsfeil ved Jeep I, men selv med svært konservative anslag, dvs. en relativt stor andel av disse nuklidene i luft, så utgjør disse nuklidene bare 0,7 % av dosebidraget når det gjelder luftutslipp i Strålevernets beregninger, og vi har derfor ikke inkludert denne muligheten.

Tabell V3.4 Beregnede doser per Bq fra utslipp til vann (små barn)

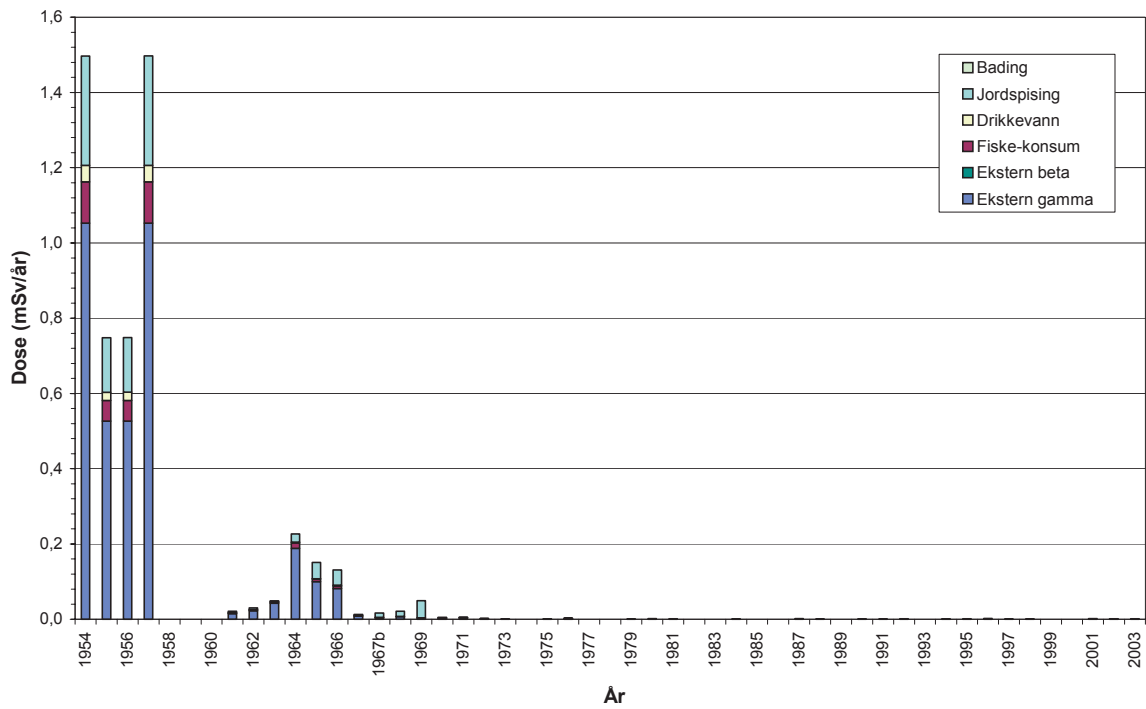
Nuklide	Strålevernet (små barn)		Strålevernet (voksne)		IFE (voksne)
	Sogna	Nitelva	Sogna	Nitelva	Nitelva
	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)	(mikroSv/år)
³ H	4,42E-14	6,14E-14	3,72E-14	2,50E-14	2,10E-15
¹⁴ C	2,36E-09	4,70E-11	4,18E-09	3,27E-10	3,30E-10
³⁵ S	5,71E-10	1,32E-11	2,50E-10	1,97E-11	1,80E-11
⁵⁸ Co	7,63E-07	1,20E-08	7,61E-07	1,20E-08	3,30E-10
⁶⁰ Co	1,96E-06	3,08E-08	1,95E-06	3,08E-08	9,10E-10
⁶⁵ Zn	2,85E-08	5,80E-10	2,94E-08	9,53E-10	5,80E-10
⁹⁰ Sr	3,47E-09	1,17E-10	2,82E-09	2,42E-10	2,10E-10
¹²⁵ I	9,17E-10	8,94E-11	9,91E-10	6,70E-11	4,00E-11
¹³¹ I	6,57E-09	3,42E-10	5,30E-09	1,75E-10	7,40E-11
¹³⁴ Cs	1,34E-07	2,62E-09	1,83E-07	7,12E-09	6,70E-09
¹³⁷ Cs	5,28E-08	1,04E-09	8,62E-08	4,11E-09	3,70E-09
²³⁸ Pu	5,16E-07	2,65E-10	6,30E-08	2,16E-10	5,30E-11
²³⁹ Pu	5,37E-07	2,41E-10	6,40E-08	1,95E-10	4,90E-11
²⁴⁰ Pu	5,41E-07	2,73E-10	6,77E-08	2,28E-10	5,60E-11
²⁴¹ Am	1,85E-06	1,56E-09	5,26E-07	1,61E-09	3,90E-10
⁵⁷ Co					9,50E-11
⁹⁵ Zr	1,66E-06	1,86E-08	1,66E-06	1,86E-08	
³² P	2,77E-10	2,38E-11	7,86E-12	3,01E-12	



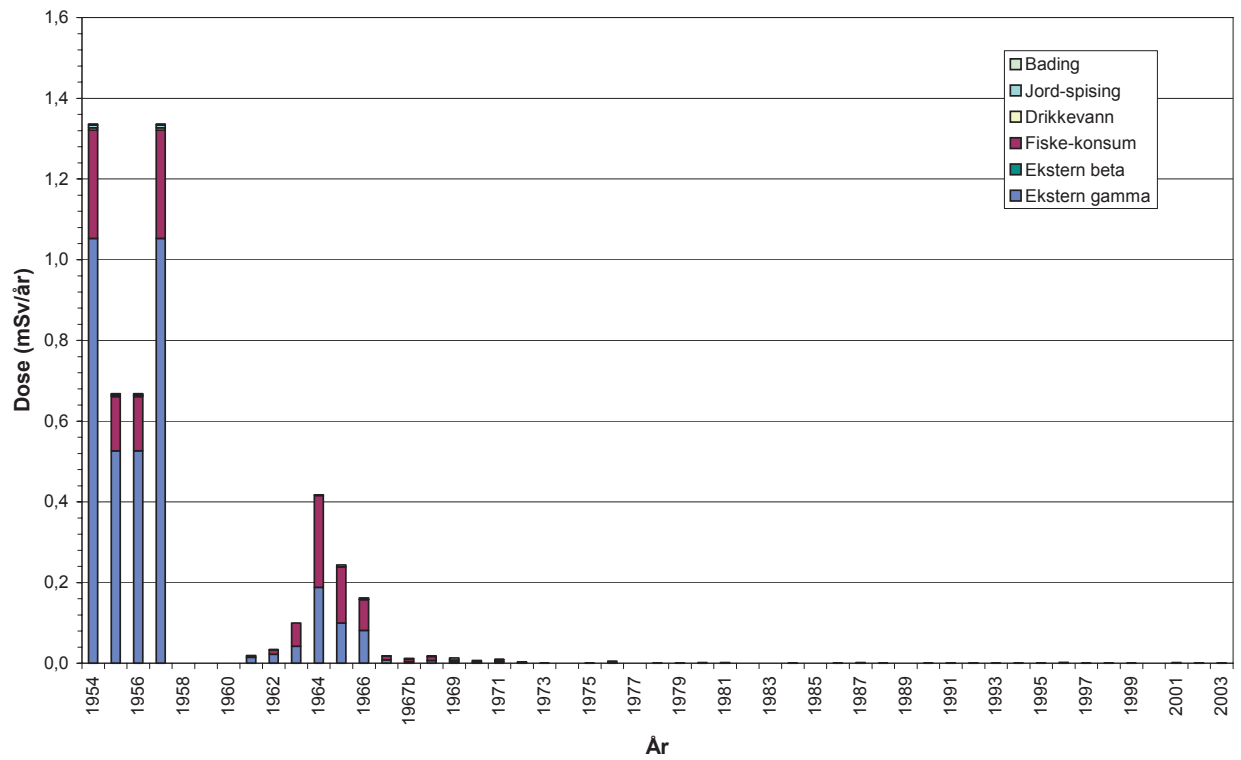
Figur V3.1 Beregnet bidrag fra de ulike eksponeringsveiene til årlig dose til små barn fra utslipp til luft



Figur V3.2 Beregnet bidrag fra de ulike eksponeringsveiene til årlig dose til voksne fra utslipp til luft



Figur V3.3 Beregnet bidrag fra de ulike eksponeringsveiene til årlig dose til små barn fra utslipp til vann



Figur V3.4 Beregnet bidrag fra de ulike eksponeringsveiene til årlig dose til voksne fra utslipp til vann

StrålevernRapport 2005:1
Virksomhetsplan 2005

StrålevernRapport 2005:2
Natural Radioactivity in Produced Water from the
Norwegian Oil and Gas Industry in 2003



ISSN 0804-4910