

Utgitt av:

Miljøstiftelsen Bellona

www.bellona.no

Oslo

Postboks 2141,
Grünerløkka
N-0505 Oslo
Norway
info@bellona.no

St. Petersburg

P.O. Box 258
191 028 St. Petersburg
Russia
bellona@ecopravo.info

Murmansk

P.O. Box 4310
183038 Murmansk
Russia
russbell@polarcom.ru

Bellona Europa

Rue du Sceptre, 25
1050 Brussels
Belgium
europe@bellona.org

USA

P.O. Box 53060
Washington D.C. 20009
USA

Denne rapporten er utgitt på norsk.
Ettertrykk anbefales mot kildehenvisning.
Kommentarer til rapporten mottas gjerne.

Emneord:

Sellafield, Calder Hall, THORP, Magnox, plutonium, MOX,
reprosessering, radioaktiv forurensning, atomkraft.

Forfatter:

Erik Martiniussen

Språkkonsulent:

Marte-Kine Sandengen

Grafisk design:

Philip Hauglin

Foto:

Oter Bildebyrå, Erik Martiniussen, Nils Bøhmer,
Per Eide, BNFL.

Trykk:

PDC Tangen

ISBN: 82-92318-07-0

ISSN: 0806-346X



Bellonas samarbeid med næringslivet

Bellona lanserte i 1998 sitt samarbeidsprogram B7 med næringslivet. Miljøprogrammet er faktabasert, løsningsorientert og teknologi-optimistisk, og baserer seg på en dialog med de i næringslivet som har ambisjoner om å ligge i forkant av utviklingen.

B7-PROGRAMMET BESTÅR I DAG AV FØLGENDE SAMARBEIDSPARTNERE:

Aker Kværner
Aker RGI
Applied Plasma Physics
Bertel O. Steen
Braathens
ConocoPhillips Norge
Coop Norge
E-CO
Eidesvik
Eiendomsspar
Energos
Energy and Industry
Eramet
Ferrolegeringens Forskningsforening
Fiskebåtredernes Forbund
Fred Olsen
Marine Harvest
NHO
Prosessindustriens Landsforening (PIL)
Posten Norge BA
Select Service Partner
Norske Shell as
Skretting
Statkraft
Statoil
Uniteam
Water Power Industries (WPI)

Dette er bedrifter som representerer bransjer, produkter og tjenester som er avgjørende i arbeidet med å definere fremtidens miljøkrav.

B7-programmet tar for seg de viktige og langsiktige rammevilkårene for miljø og samfunn, og partene ser på hverandre som sparringspartnere med motekspertise og spisskompetanse på jakt etter miljømessige og bedriftsøkonomiske forbedringer.

Rapportens hovedsponsor



Øvrige sponsor



Østfold fylkeskommune



SOGN OG FJORDANE FYLKESKOMMUNE



Rogaland Fylkeskommune
Regionalutviklingsavdelingen



En stor takk til

- B7 – partnere og sponsorer som har gjort det økonomisk mulig å utgi denne rapporten.
- Vårt nettverk blant B7-partnere og i forskning, næring og forvaltning som har kommet med nyttige faglige innspill underveis.
- Eksportutvalget for fisk for bilder.
- Og alle andre som velvillig har gitt oss hjelp i forbindelse med rapporten.

For ordens skyld fremhever vi at de ovenfor nevnte ikke har noe ansvar for rapportens innhold.

Forord

Første gang Bellona besøkte Sellafield-anlegget var i 1995. Helt siden dette besøket har vi arbeidet målrettet med å skaffe oss oversikt over den miljörisiko enkelte deler av anlegget representerer, samt hvilke opprydningsarbeider britene står ovenfor. Informasjonen i denne rapporten er derfor basert på både litteraturstudier og informasjon som er hentet inn gjennom en rekke besøk på anlegget.

Bellona rapport nr. 8: Sellafield gir en oversikt over den informasjon Bellona per dags dato har innhentet om det britiske reprosesseringsanlegget Sellafield. I media er det gjerne de radioaktive utslippene fra anlegget som skaper de store overskriftene. Men det finnes også en rekke andre store utfordringer inne på Sellafield. Helt siden anlegget sto ferdig tidlig på 1950 tallet har Sellafield vært sterkt knyttet til det britiske atomvåpenprogramet. Det er derfor ikke bare de radioaktive utslippene fra anlegget som skaper bekymring. 50 år med britisk våpenutvikling og atomforskning, har også etterlatt en rekke utfordringer i forhold til håndtering av radioaktivt avfall. En av de største utfordringene vil være å håndtere 1.570 m³ flytende høyaktivt atomavfall som i dag er lagret på tank inne på anlegget. For cesium-137 alene tilsvarer den nåværende mengde aktivitet i disse tankene mer enn 100 ganger det som ble frigitt under Tsjernobyl-ulykken. Tankanlegget utgjør derfor en stor risikofaktor, ikke bare for nærmiljøet, men også for nabolandene. Tilsvarende representerer Sellafields lager med 80 tonn plutonium en alvorlig risiko mot natur og miljø. Dette avfallet må håndteres på forsvarlig vis og deponeres.

Bellona har i en årrekke fokusert på det store opprydningsarbeidet den kalde krigen har etterlatt i Nordvest-Russland. Likevel er det ikke disse kildene som står for den radioaktiv forurensingen av eksempelvis Barentshavet. Måler man radioaktiv forurensingen i Barentshavet vil en fort kunne konstatere at de historiske utslippene fra Sellafield, ved siden av nedfall fra atomprøvesprengningene på Novaja Semlja, representerer den største kilden. I dag er det de store utslippene av radioaktivt technetium-99 (Tc-99) fra Sellafield som i størst grad forurenser Norskekysten og Barentshavet.

Samtidig viser denne konkrete saken at Bellonas politiske arbeid nytter. Våren 2003 tok Bellona og Lofoten mot Sellafield initiativ til en konferanse i Sellafield med fokus på Tc-99. I samarbeid med British Nuclear Fuels Plc. (BNFL) ble det der framlagt beviser for at det var praktisk mulig å stanse disse utslippene i påvente av at det utvikles en ny renseteknologi for det radioaktive avfallet. Resultatet lot ikke vente på seg. Britiske myndigheter har nå anmodet BNFL om å stanse utslippet av Tc-99 i påvente av den nye renseteknologien. Forsøk med kjemisk rensing ved bruk av fellsingsmiddelet TPP skal gjennomføres allerede i oktober 2003. Sellafield-saken er stadig i utvikling. De siste nyhetene finner du på www.bellona.no.

Vi skylder en stor takk til institusjoner og enkeltpersoner som har bidratt med hjelp under arbeidet med å samle inn og bearbeide informasjon. Martin Forwood fra Cumbrians Opposed to a Radioactive Environment (CORE), har vært behjelpelig med informasjon og guiding i lokalsamfunnet rundt Sellafield-anlegget. BNFL har lagt til rette informasjon og bildemateriell, og har ved flere anledninger gitt Bellona omvisninger inne på anlegget. Statens Strålevern har foretatt målinger av prøver Bellona har hentet inn av hummer fra norskekysten. Bellona skylder også en takk til økonomiske bidragsytere som har gjort det mulig for oss å produsere denne rapporten.

Selv vil jeg takke kolleger i Miljøstiftelsen Bellona. Frederic Hauge og Nils Bøhmer har bidratt både i informasjonsinnhenting og i faglige diskusjoner. Marius Holm har vært behjelpelig med informasjon angående utslippets virkning for norsk havbruksnæring.

Sist men ikke minst skal initiativtakerne bak Lofoten mot Sellafield ha takk for inspirerende og fruktbart samarbeid.

Oslo 20. august 2003
Erik Martiniussen

Ordforklaring

Alfa-partikler:	Radioaktiv stråling bestående av to protoner og to nøytroner.
Am-241:	Americium-241 .
B204:	Det første reprosesseringsanlegget ved Sellafield.
B205:	Magnox Reprocessing Plant.
B215:	Lagerbygning inne på Sellafield for høyaktivt flytende atomavfall.
B211:	Tankanlegg på Sellafield som inneholder store mengder Tc-99 avfall.
Beta-partikler:	Radioaktiv stråling bestående av et elektron.
BNFL:	British Nuclear Fuel Plc.; britisk atomselskap.
Becquerel (Bq):	Enhet for radioaktivitet; 1 Bq = 1 desintegrasjon per sekund.
Co-60:	Kobolt-60.
Cs-137:	Cesium-137.
DEFRA:	Department for Environment, Food and Rural Affairs; Det britiske miljøverndepartementet.
EA:	Environment Agency; britiske miljødirektorat.
EARP:	Enhanced Actinide Removal Plant; Renseanlegg på Sellafield.
FSA:	Food Standard Agency.
Gamma-stråling:	Høy energi elektromagnetisk stråling.
GBq:	Gigabecquerel (1 GBq = 1000 MBq).
H-3:	Tritium.
ICRP:	International Radiological Protection Commission.
HAL:	Highly Active Liquor: høyaktivt flytende radioaktivt avfall.
HSE:	Health & Safety Executive, britisk sikkerhetstilsyn.
MAC:	Medium Active Concentrate; Mellomaktivt flytende radioaktivt avfall.
MBq:	Megabecquerel (1 MBq = 1 million Bq).
MDF:	MOX Demonstration Facility.
MOX:	Mixed Oxide Fuel; Atombrensel produsert av uran og plutonium.
NII:	Nuclear Installation & Inspectorate; britiske atomtilsynet.
NIREX:	The Nuclear Industry Radioactive Waste Management Executive.
OSPAR:	Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic: Oslo-Paris konvensjonen for beskyttelse av det marine miljø i Nordøst Atlanteren.
Pu:	Plutonium.
PBq:	Petabecquerel = 10^{15} Bq.
RPII:	Radiological Protection Institute of Ireland.
Ru-106:	Ruthenium-106.
SEPA:	Scottish Environment Protection Agency.
SIXEP:	Salt Evaporator and Site Ion Exchange Effluent Plant; renseanlegg på Sellafield.
SMP:	Sellafield Mox-Plant.
Sr-90:	Strontium-90.
TBq:	Terabecquerel = 10^{12} Bq. (1 TBq = 1000 GBq).
Tc-99:	Technetium-99.
THORP:	Thermal Oxide Reprocessing Plant.
UKAEA:	UK Atomic Energy Agency, britisk atomselskap.
WVP:	Waste vitrification plant.

Innhold

Forord	7		
Innhold	9		
Innledning	10		
Kapittel 1			
Atomreaktorer på Sellafield-anlegget	13		
1.1 Historisk bakgrunn	14		
1.2 Windscale Piles	14		
1.3 Calder Hall	15		
1.4 Windscale AGR	17		
Kapittel 2			
Reprosesseringsanlegg	19		
2.1 Reprosesseringsanlegget B204	20		
2.2 Magnox Reprosesseringsanlegget (B205)	20		
2.3 Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP)	21		
2.3.1 Tekniske opplysninger	21		
2.3.2 Økonomi	21		
2.3.3 Kontrakter	22		
2.3.4 Forsinkelser	22		
2.3.5 Dekommisjonering av THORP	23		
Kapittel 3			
MOX produksjon	25		
3.1 MOX-Demonstartion Facility (MDF)	26		
3.2 Sellafield MOX- Plant (SMP)	26		
3.2.1 Kontrakter	27		
Kapittel 4			
Tidligere utslipp	29		
4.1 Utslipp i perioden 1951 – 1964	30		
4.2 Windscale brannen i 1957	30		
4.3 Utslipp i perioden 1964 - 1990	32		
4.3.1 Dannelsen av BNFL og innføring av utslippskontroll	33		
4.3.2 Utslipp på 1970- tallet	33		
4.3.3 Utslipp på 1980- tallet	34		
4.4 Utslipp de siste ti år	34		
Kapittel 5			
Utslipp til luft	37		
5.1 Utslipp fra THORP	38		
Kapittel 6			
Radioaktiv forurensning	41		
6.1 Irskesjøen	43		
6.2 Spredning	43		
6.3 Slam og sandprøver	44		
6.4 Forurensning i marine planter og dyr	45		
6.5 Andre prøver fra nærområdet til Sellafield	48		
6.6 Tilfeller av leukemi blant lokalbefolkningen	48		
Kapittel 7			
Utslipp av technetium-99	51		
7.1 Technetium-99 i det marine miljøet i Irskesjøen	52		
7.2 Techentium-99 i det norske marine miljø	54		
7.2.1 Tang	54		
7.2.2 Bløtdyr og skalldyr	55		
7.3 Truet verdiskaping	55		
7.4 Framtidige technetium-99 utslipp	56		
7.5 Renseløsninger for technetium-99	56		
7.5.1 Nytt renseanlegg	56		
7.5.2 Ny renseteknologi med tetrafenylfosforbromid (TPP)	56		
7.5.3 Vitrifisering	58		
Kapittel 8			
Framtidige utslipp	59		
8.1 OSPAR	60		
8.2 Alfa- og beta utslipp	60		
Kapittel 9			
Radioaktivt avfall	63		
9.1 Høyaktivt flytende avfall	64		
9.2 Tankanlegget (B215)	64		
9.3 Waste Vittrification Plant (WVP)	64		
9.3.1 Pålegg om å redusere mengden flytende avfall	65		
9.3.2 Ingen endelig deponeringsplan	66		
9.4 Lavaktivt avfall	66		
9.5 Plutonium lagret på Sellafield	66		
9.5.1 Fysisk sikring	67		
9.5.2 Ikke-spredning	67		
9.6 Transport av atomavfall	69		
Kapittel 10			
Diskusjon	71		
Appendiks 1			
Utslipp til sjø fra Sellafield 2000	74		
Appendiks 2			
Magnox-reaktorene	75		
Appendiks 3			
Andre reprosesseringsanlegg	77		
La Hague	77		
Dounreay	77		
Referanser/litteraturliste	78		
Artikler og notater	80		

Innledning

På den engelske nordvestkysten, 20 kilometer nord for havnebyen Barrow-in-Furness ved Irskesjøen, ligger det engelske reprosesseringsanlegget Sellafield. Anlegget drives og eies av det 100 prosent statlige britiske selskapet British Nuclear Fuels Plc. (BNFL). Anlegget er ett av tre store gjenværende reprosesseringsanlegg i verden. I tillegg til det engelske Sellafield, finnes det sivile kommersielle reprosesseringsanlegg i Frankrike (La Hague) og i Russland (Majak). Det andre britiske reprosesseringsanlegget i Dounreay (på nordspissen av Skottland) ble stengt i 1996. På Sellafield-anlegget er det i dag to reprosesseringsanlegg og et anlegg for behandling av høyaktivt flytende avfall. I tillegg er det flere reaktorer og andre typer anlegg som er stengt og under dekommisjonering. Det er driften av de to reprosesseringsanleggene som forårsaker de største radioaktive utslippene; utslipp som kan spores fra Irskesjøen, nordover langs kysten av Norge og til Barentshavet så langt nord som til Svalbard.

De største konsentrasjonene av radioaktivitet finnes langs kysten utenfor anlegget. Her er det målt høyere konsentrasjoner av plutonium enn det som ble målt i området rundt Tsjernobyl i etterkant av ulykken i 1986. Den radioaktive forurensningen gjenfinnes i alt fra skalldyr, fisk og sjøgress til sjøvann, sedimenter på bunnen av Irskesjøen og i sanden på strendene. I de kommende år planlegger BNFL Plc. å øke aktiviteten ved sine to reprosesseringsanlegg i Sellafield. Følgen av dette er naturligvis en økning i de radioaktive utslippene.

Reprosessering er en prosess for håndtering av brukt reaktorbrensel. Flere store atomkraftland, som USA og Sverige, har valgt å lagre det brukte reaktorbrenselet,

mens andre atomkraftland, som Storbritannia og Frankrike, har valgt å repossessere brenselet. I korthet innebærer repossessering at det brukte brenselet løses opp i syre slik at en kan skille ut uran og plutonium fra avfallet som i sin tur kan benyttes i nytt brensel. Når brenselet løses opp frigis imidlertid også alle de andre radioaktive nuklidene som har blitt dannet mens brenselet var i bruk i reaktoren. Dette er avfallsprodukter som for eksempel strontium-90, cesium-137 og technetium-99, som er stoffer man ikke har bruk for. Mye kan renses ut av det flytende avfallet og lagres på land, men det som ikke renses, slippes fortsatt ut i havet i lav- og mellomaktive konsentrasjoner.

På 1950- og 1960-tallet spilte Sellafield-anlegget en sentral rolle i det britiske atomvåpenprogrammet. Reprosessering ble da benyttet for å hente ut plutonium-239 som ble brukt i britiske atomvåpen. Senere har en repossesert for å kunne bruke plutoniumet på nytt i såkalte hurtigformeringsreaktorer (fast-breeders). Disse reaktorene skulle i prinsippet kunne drives på plutoniumsbrensel samtidig som de dannet mer plutonium, som igjen kunne benyttes som brensel i reaktoren. Utviklingen av disse reaktorene gikk imidlertid ikke som forventet, og Storbritannia avviklet derfor sitt breeder-program i 1994.

Etter at breeder-programmet ble avsluttet er det i dag få grunner til å repossessere brukt atombrensel. BNFL forsøker derfor å markedsføre repossessering som en måte å resirkulere uran og plutonium på for å bruke det på nytt i såkalt Mixed Oxide Fuel (Mox). Mesteparten av plutoniumet som er lagret på Sellafield-anlegget tilhører



imidlertid BNFL. Ettersom britiske reaktorer ikke bruker MOX-brensel finnes det ingen planer for hva man skal gjøre med dette plutoniumet, som utgjør 55 tonn. I tillegg kommer 25 tonn plutonium, eid av andre kunder, som enda ikke er benyttet i MOX-brensel. Samtidig opplever BNFL kundesvikt. Sentrale kunder har nylig sagt at de er i ferd med å miste all tillit til selskapet, og i 2002 gikk BNFL i underskudd med £ 1 milliard. Den britiske regjering har lenge planlagt å privatisere BNFL, men etter fjorårets gigantunderskudd er disse planene nå lagt til side.

Denne rapporten beskriver den historiske aktiviteten ved Sellafield-anlegget, fra 1950-tallets produksjon av våpenplutonium til dagens kommersielle reprosessering i THORP. Dokumentet beskriver de radioaktive utslip-

pene og den forurensning som kommer som følge av disse. Langs kysten av Norge kan vi i dag måle forhøyede verdier av det radioaktive stoffet technetium-99 (Tc-99), som har en halveringstid på 213.000 år. Konsentrasjonene av Tc-99, som spesielt oppkonsentreres i hummer og tang, har økt merkbart de siste årene.

Miljøstiftelsen Bellona går inn for at utslippene fra Sellafield stanses umiddelbart. Bellona kan ikke se at det finnes rasjonelle grunner for å produsere mer av det svært radiotoksiske stoffet plutonium. Etterhvert som Russland og USA oppfyller nedrustningsavtalen START 2, vil mengdene plutonium på lager i verden bli svært store. Bellona anser også videre produksjon av plutonium som en trussel mot ikke-spredningsformål. På dette grunnlag går Bellona inn for en avvikling av reprosessering.

Sellafield-anlegget på den engelske nordvestkysten.

Kapittel I

Atomreaktorer på

Sellafield-anlegget



Atomreaktorer på Sellafield-anlegget

Storbritannia har per 2003 27 atomreaktorer i drift fordelt på 12 atomkraftverk. 12 av reaktorene er av den eldre gasskjølte og grafittmodererte Magnox-typen, mens 14 er Avanserte Gasskjølte Reaktorer (AGR). Den siste atomreaktoren satt i drift i Storbritannia var trykkvannsreaktoren Sizewell B, som ble satt i drift i 1995. Storbritannia er i dag det eneste landet i verden som benytter seg av gasskjølte reaktorer. Både Magnox og AGR bruker gassen karbondioksid som kjølemiddel. På selve Sellafield-anlegget er det ikke lenger noen reaktorer i drift. Det siste kraftverket som ble stengt var Calder Hall-kraftverket med fire gasskjølte og grafittmodererte Magnox-reaktorer. Til sammen er det syv stengte reaktoren inne på Sellafield-anlegget. Arbeidet med å dekommissionere disse anleggene er ressurskrevende og utfordrende. Vi vil i dette kapitlet beskrive de forskjellige reaktorene som har vært i drift på Sellafield.

1.1 Historisk bakgrunn

Storbritannia var aktivt med i utviklingen av atomvåpen under den 2. verdenskrig og deltok også i det amerikanske Manhattan-prosjektet, som utviklet verdens første atom-bombe. I etterkant av krigen bestemte den britiske regjeringen at det skulle iverksettes et eget britisk atomvåpenprogram. Det var i denne sammenheng Windscale-anlegget ble beordret bygget i 1947, seinere omdøpt til Sellafield-anlegget. De første reaktorene på Sellafield-anlegget var de såkalte Windscale Piles. Dette var en helt spesiell type luftkjølte og grafittmodererte reaktorer som utelukkende ble brukt til å produsere plutonium til våpenindustrien. Plutoniumet ble så fraktet til Aldermaston, hvor atombombene ble framstilt. I oktober 1952 foretok britene sin egen første atomprøvesprengning over øya Montebello i Australia.

Lenge var avstanden mellom de sivile og militære atomprogrammene i Storbritannia små. De første Magnox-reaktorene produserte våpenplutonium, samtidig som de genererte elektrisk strøm. Noen avstand mellom sivil og militær atomindustri oppsto ikke før BNFL ble opprettet i 1972. Men fremdeles kan militært atombrensel behandles separat på Sellafield-anlegget. Sikkerhets-

kontrollene til det internasjonale atomenergibyrådet (IAEA) suspenderes i slike tilfeller.¹

1.2 Windscale Piles

De to første reaktorene i drift på Sellafield-anlegget var de såkalte Windscale Piles. Reaktorene var del i et topp hemmelig våpenprogram som også innebar byggingen av det første reprosesseringsanlegget (B204) og et felles bassenglager (B29) for det brukte brenselet fra de to reaktorene. Windscale Piles rommet 1.966 tonn grafitt hver, var 7,43 meter høye og 15,32 meter i diameter. De hadde 3.444 brenselkanaler, 977 horisontale isotopkanaler og en termisk effekt på 180 MW. Reaktorene brukte brensel-spinner av metallisk uran med en lengde på 285 mm og en diameter på 25 mm. Brenselet hadde en gjennomsnittlig utbrenning på 300 MWd/t.² Dette for mest effektivt å øke produksjonen av våpenplutonium, Pu-239.

Det brukte atombrenselet fra de to reaktorene ble i hele driftsperioden behandlet i B204. De to reaktorene produserte 35 kg våpenplutonium hvert år, og B204 framstilte i perioden 1951-57 totalt 385 kg våpenplutonium fra reaktorbrensel hentet fra de to reaktorene.³ Det var også reprocessert plutonium fra Windscale Piles som ble brukt i Storbritannias første atombombe. Den ble sprengt over Montebello-øyene i Australia i oktober 1952, og gjorde Storbritannia til verdens tredje største atommakt etter USA og Sovjetunionen.⁴

De to Windscale Pile-reaktorene var i drift fra 1950 til 1957, da en alvorlig brann i reaktor nr. 1 førte til radioaktiv forurensning av et større område. Etter brannen ble det klart at de luftkjølte reaktorene hadde hatt en farlig teknisk og sikkerhetsmessig design. Kombinasjonen av den brennbare grafitten i reaktorkjernen og tilførselen av luft som kjølemiddel for reaktorene, fungerte som en tidsinnstilt brannbombe. I etterkant av brannen ble det derfor av sikkerhetsmessige grunner besluttet å stenge også den andre av de to reaktorene. Det er aldri siden konstruert liknende luftkjølte reaktorer. Les mer om brannen i reaktor nr. 1 i kap 4.2.

I perioden 1958 til 1961 ble områdene rundt reaktoren renses for radioaktivt nedfall slik at resten av anlegget

Reaktor	Reaktortype	Effekt:	Første oppstart:	Stengt
Windscale Pile 1	ACR	180 MWt	1951	10/ 1957
Windscale Pile 2	ACR	180 MWt	1951	10/ 1957
Calder Hall 1	GCR (Magnox)	50 MWe	05/1956	31.03/ 2003
Calder Hall 2	GCR (Magnox)	50 MWe	11/1956	07/ 2001
Calder Hall 3	GCR (Magnox)	50MWe	03/1958	07/ 2001
Calder Hall 4	GCR (Magnox)	50MWe	12/1958	07/ 2001
Windscale AGR	AGR	36 MWe	08/1962	04/ 1981

Tabell 1: Reaktorer ved Sellafield-anlegget. MWe = Megawatt elektrisk effekt, MWt = Megawatt termisk effekt.

¹ Eriksen, V.O. 1995, side 45.

² UKAEA, 2001: Remote Control (Phase 1 decommissioning, Windscale Pile 1).

³ Albright, D. Berkhout, F. Walker, VV. 1997.

⁴ Bunyard, P. 1986: The Sellafield Discharges.

kunne gjenoppta normal aktivitet. Det som var igjen av uskadd brensel ble hentet ut av reaktoren, og reaktor nr. 2 ble tømt for brensel. Kontrollstavene ble skjøvet helt inn i den skadete reaktorkjernen, og hele reaktoren ble forseglet med betong. Slik sto de to reaktorene helt fram til 1990, da et dekommisjoneringsprogram ble iverksatt.

Det skal fremdeles være 17 tonn smeltet og delvis ødelagt reaktorbrensel igjen inne i reaktor 1.⁵ Andre kilder sier imidlertid 15 tonn.⁶ UK Atomic Energy Authority (UKAEA) anslår i dag at det er mer enn 6.700 ødelagte brenselelementer inne i den brannskadde reaktoren, og det er derfor uvisst om det overhodet vil bli mulig å ta hele reaktoren fra hverandre.⁷

Det er i dag UKAEA som står ansvarlig for Windscale-reaktorene, men BNFL har, som leder av et konsortium bestående av BNFL, Rolls-Royce og NUKEM, fått i oppdrag å dekommisjonere den brannskadde reaktoren. Arbeidet med å dekontaminere de karakteristiske pipene som kjennetegner reaktorene, er allerede igang. Mens pipen på reaktor 2 nå er tatt ned, er arbeidet med reaktor 1 så vidt begynt. Høy stråling fra reaktorkjernen hindrer menneskelig tilgang til luftsjaktene. BNFL har derfor tatt i bruk roboter til dette kompliserte arbeidet.

Det er også utført et arbeid for å rengjøre vannkanalene som går ut fra de to reaktorene. Midt mellom reaktorene står det som i sin tid var et felles vannbasseng (B29) for midlertidig lagring av brukt brensel. Fra reaktorene ble brenselet overført til bassenget via et eget kanalsystem. Dette kanalsystemet ble som følge av ulykken svært radioaktivt forurenset. Først etter ti års arbeid klarte man endelig i 1999 å tømme og rengjøre de forurensete kanalene for radioaktivt slam. Noe av dette ble overført til det gamle lagerbassenget (B29). I oppryddingsprosessen ble det funnet 210 gamle brenselsspinner på bunnen av de tomme kanalene.

Det er uvisst hvor lang tid det vil ta å dekommisjonere de to reaktorene. Så langt har man bare demontert pipen til reaktor nummer 2, samtidig som man har begynt å studere hvordan man kan ta fra hverandre den uskadde reaktoren. Hvordan en skal ta fra hverandre den brannskadde reaktoren blir en enda større utfordring.

1.3 Calder Hall

De fire reaktorene i Calder Hall ble beordret bygd i 1953 av daværende statsminister Winston Churchill. Opprinnelig var det planlagt å bygge kun en reaktor, men etterhvert ble det bestemt å bygge to kraftverk med to reaktorer hver - Calder Hall A og B. Tre år senere, 17. oktober 1956, sto dronning Elisabeth for den offisielle åpningen av den første reaktoren.⁸ De fire reaktorene ble offisielt stengt i mars 2003. Da hadde den eldste reaktoren vært i drift i nesten 57 år:



Windscale Piles. Stengt etter en katastrofal brann i reaktor nr 1 i 1957.

5 The Daily Telegraph, 01.01.1988.

6 Nuclear Engineering, april 2003, side 10.

Software helps remove Pile 1 at Windscale.

7 UKAEA, 2001: Remote Control (Phase 1 decommissioning, Windscale Pile 1).

8 BNFL press release, 02.09.1996.



Det er fire Magnox-reaktorer i Calder Hall kraftverket. Bildet er tatt i 1998 da alle reaktorene fremdeles var i drift.

Alle de fire reaktorene var av Magnox-typen, som er gasskjølte med karbondioksid og grafittemodererte. Reaktorkjernen besto av flere grafittbrikker, hver med en kjølekanal i midten. Arbeidet med å tømme reaktorene for brukt brensel vil settes i gang i løpet av 2003. Navnet Magnox kommer av det spesielle brenselet som benyttes i reaktorene. Mens de fleste reaktorer i dag benytter brensel i form av uranoksyd (UO_2) benytter Magnox-reaktorene naturlig, metallisk uran som kapsles inn i en særegen kapsling av magnesiumoksyd - derav navnet Magnox (mer om Magnox-reaktorene i Appendix 2). Brenselspinnene i Calder Hall var omtrent en meter lange, fem centimeter i diameter og veide mellom 10 og 12 kilo.⁹ Gass ble ledet fra bunnen av reaktortanken, opp gjennom reaktorkjernen, og ut på toppen av reaktortanken. Denne varmet så opp vann i sekundærkretsen til damp, som igjen drev en elektrisitetsgenerator. Trykket

i sekundærkretsen (som besto av vann) var høyere enn i primærkretsen som besto av gass. Dampen ble deretter kjølt ned til vann i store tårn. De fleste Magnox-reaktorer har store runde reaktortanker for å avlaste trykket inne i reaktoren. Calder Hall benyttet imidlertid sylindrerformede reaktortanker, noe som medvirket til å øke belastningen på reaktortanken. For å beskytte mot stråling var selve reaktortanken bygd inn i en stor firkantet betongkoloss. En svakhet ved de britiske Magnox-reaktorene er at de i likhet med en rekke russiske kraftverk, mangler en sekundær reaktorinneslutning.¹⁰ Under Three Miles Islandulykken i USA i 1979 var det nettopp en slik inneslutning som var med på å begrense de radioaktive utslippene. Reaktorene i Calder Hall spilte en sentral rolle i det britiske våpenprogrammet. Behovet for våpenplutonium på 1950-tallet var økende, og reaktorene i Calder Hall skulle, sammen med fire nye reaktorer i Chapelcross i Skottland,

⁹ Wise News Communiqué (no.552), 2001.

¹⁰ Naderson, R. et al. 1986, Summary and Conclusions.



forsyne forsvaret med den nødvendige mengden våpenplutonium. Men også sent på 1970-tallet skal Calder Hall ha forsynt det britiske forsvaret med våpenplutonium. Det antas at to av reaktoren i Calder Hall ble benyttet til å produsere våpenplutonium i 1978 og 1979. Det antas også at reaktorene så sent som i 1986-1989 produserte 400 kg våpenplutonium, som ble repressert i B205 og levert til det britiske forsvaret.¹¹ Til sammen skal de fire reaktorene dermed ha produsert over to tonn våpenplutonium.

Reaktorene var imidlertid også et ledd i "siviliseringen" av atomkraft ved at de var de første reaktorene i verden som også ble benyttet til sivil elektrisitetsforsyning. Opprinnelig var kraftverket bygd, drevet og eid av UKAEA. I dag er det BNFL som eier anlegget som nå er klar for dekommisjonering.

Kapasiteten til alle reaktorene var relativt lav, med en

effekt på bare 50 MWe. Til sammenlikning produserer de mest moderne atomreaktorene i dag over 1300 MWe. Samtidig var effekten til de fire reaktorene på kun 19 prosent, mens de mer moderne AGR-reaktorene har en effekt på omtrent 40 prosent.¹²

1.4 Windscale AGR

Windscale/Sellafield var det første atomanlegget i verden hvor det ble konstruert en avansert gasskjølt reaktor (AGR). Windscale AGR, som ble startet i 1962, var en testmodell for den nye generasjonen AGR-reaktorer. Reaktoren hadde en yteevne på rundt 30 MWe og ble påbegynt allerede i 1958.

Windscale AGR var resultatet av en videreutvikling av Magnox-reaktorene. Kapslingene på brenselet bestod imidlertid ikke av Magnox, men av rustfritt stål, og bren-

Windscale AGR, bedre kjent som golfballen på Sellafield, ble stengt i april 1981.

¹¹ Albright, D. et al. 1997, side 62.

¹² Nuclear Engineering International, 2001: World Nuclear Industry Handbook 2001, side 164.

selet var ikke metallisk, men bestod av keramisk uran-
oksyd anriket til litt over to prosent.¹³

En utvikling av Windscale-AGR ble på 1970- og 1980-
tallet den vanlige reaktoren. Til forskjell fra Magnox-reak-
torene hadde denne nye generasjonen reaktorer en langt
større yteevne. Alle på omkring 600 MW. Alle AGR-
reaktorene er imidlertid grafittmodererte og karbondi-
oksidkjølte, på samme måte som Magnox-reaktorene.
I tillegg til testreaktoren i Sellafield ble det bygd 14 AGR-
reaktorer, de fleste på slutten av 1970-tallet og tidlig på
1980-tallet. Den siste reaktoren av AGR-typen sto ferdig
i 1989.

Mens Windscale-AGR ble stengt i april 1981, er de 14
andre reaktorene fremdeles i drift og står for en stor del
av Storbritannias elforsyning.

Windscale-AGR er i dag den sentrale brikken i UK Atomic
Energy Authority (UKAEA) sitt prosjekt for dekommi-
sjonerings av atomreaktorer. Dekommisjoneringsarbeidet
er estimert å koste vel £ 80 millioner, tilsvarende omtrent
en milliard norske kroner¹⁴ I april 2003 ble de siste delene
av reaktorens grafittkjerne tatt ut av reaktoren.¹⁵ Hele
reaktoren vil ikke være endelig dekommisjonert før i år
2130, etter en overvåkingsperiode på over 100 år.¹⁶

¹³ Ibid, side 186.

¹⁴ UKAEA, 2001: Remote Control (Phase I decommissioning, Windscale Pile 1).

¹⁵ Nuclear Engineering, April 2003, side 2.

¹⁶ UKAEA, 2001: Remote Control (Phase I decommissioning, Windscale Pile 1).

Kapittel 2

Reprosesserings- anlegg



Reprosesseringsanlegg

Det har vært tre reprosesseringsanlegg i drift på Sellafield. Det første anlegget (B204) sto ferdig til bruk allerede i 1951 og ble utelukkende brukt til å produsere plutonium til det britiske atomvåpenprogrammet. B204 ble stengt i 1964. Siden den gang har to nye anlegg sett dagens lys: Magnox Reprocessing Plant (B205), som ble satt i drift i 1964, og det nyeste Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP), som sto klart så sent som i 1994.

2.1 Reprosesseringsanlegget B204

B204 var det første reprosesseringsanlegget i Storbritannia. Det var et militært anlegg med en kapasitet på 300 tonn brensel per år, eller maksimum 750 tonn lavt utbrent brensel.¹⁷

I april 1952 ble det første plutoniumet levert fra Windscale til Aldermaston, britenes forskningsanlegg for atomvåpen. Seks måneder senere, i oktober 1952,

sprengte britene sin første atombombe på Montebello, Australia, og ble med dette verdens tredje største atommakt.¹⁸

B204 produserte totalt 3,6 tonn våpenplutonium, hvorav nesten 400 kg i perioden 1951 til 1957 ble produsert av brensel fra Windscale-reaktorene, 3 tonn ble produsert av brensel fra Calder Hall og Chapelcross, mens 400 kg ble produsert av brensel fra andre Magnox-verk. Mye av det våpenplutoniumet som UKAEA produserte for det britiske forsvaret ble imidlertid produsert i "sivile" Magnox-reaktorer. Ikke før i 1969 ble det trukket et klart skille mellom sivilt og militært plutonium. Da valgte man å skille mellom våpenplutonium, som har en høyere konsentrasjon av Pu-239, og såkalt reaktorplutonium.¹⁹

I 1964 ble B204 erstattet av et større reprosesseringsanlegg som også skulle reprosessere brensel til sivilt bruk. Dette nye anlegget (B205) hadde en kapasitet som var nesten fem ganger så stor som B204, og kunne reprosessere brensel fra alle Magnox-reaktorene som etter hvert ble bygd rundt omkring i hele Storbritannia.

Det militære reprosesseringsanlegget B204 ble som følge av dette konvertert til et forbehandlingsanlegg. B204 skulle nå forbehandle uranoksydbrensel fra den nye generasjonen AGR-reaktorer slik at også dette kunne reprosesseres i det nye B205-anlegget. Også brensel fra utenlandske kok- og trykkvansreaktorer ble forbehandlet her før det ble reprosessert i B205. Det ombygde forbehandlingsanlegget sto ferdig i 1969.

I 1972 ble B205 stengt for ett års reparasjonsarbeid. Som følge av dette måtte også B204 stenge. Den 26. september 1973, skulle forbehandlingsanlegget gjenåpnes. Men da operatørene startet anlegget skjedde en kjemisk reaksjon, og en sky av radioaktiv gass ble utløst. Hele anlegget ble radioaktivt kontaminert, og 34 arbeidere ble eksponert for radioaktivt ruthenium-106. Anlegget er aldri siden tatt i bruk igjen.²⁰

2.2 Magnox-reprosesseringsanlegget (B205)

Sellafield Magnox Reprocessing Plant (B205) var ferdig og i kommersiell drift i januar 1964. Anlegget er fremdeles i drift og har en kapasitet på 1.500 tHM/y. De siste fem årene har anlegget imidlertid reprosessert mindre enn 800 tonn brensel per år. Anlegget benytter Purex-metoden, Plutonium-Uranium Extraction, som er den vanlige måten å reprosessere brukt reaktorbrensel på i dag.²¹ Prosessen innebærer bruk av tributyl-fosfat (TBP) som ekstraksjonsmiddel.

Etter at forbehandlingsanlegget (B204) ble stengt i 1973 har B205 bare kunnet behandle metallisk uranbrensel. I dag reprosesseres utelukkende Magnox-brensel fra

Reprosesseringsanlegget B204.



17 Sumner, D. Johnson, R. Peden, W. 2000, i Makhijani A. et al. 2000, side 412.

18 Bunyard, P. 1986: The Sellafield Discharges.

19 Albright, D. 1997, side 59 - 66

20 May, J. 1989, side 188.

21 Nuclear Engineering International. 2003:

World Nuclear Industry Handbook 2003, side 220.

britiske reaktorer. Anlegget er fordelt på flere bygninger, og både ekstraksjonsmiddel og løsninger med uran og plutonium transporteres fra bygg til bygg via rørledninger. En lekkasje fra ett av rørene vil dermed kunne føre til direkte utslipp til luften.

Anlegget ble opprinnelig bygd og drevet av UKAEA, men i 1971 ble det statlige selskapet British Nuclear Fuels Plc. (BNFL) dannet for å drive anlegget. Åpningen av reprosesseringsanlegget B205 har medvirket til at Sellafield i større og større grad har blitt ansett som et sivilt atom-anlegg. Ytterligere medvirkende faktorer til denne siviliseringen var måten BNFL på 1970- og 1980-tallet markedsførte reprosessering som en behandlingsform for brukt reaktorbrensel fra sivile atomkraftanlegg, og videre at de inngikk kontrakter for reprosessering av utenlandsk brensel.

De første 30 årene ble det repossert over 35.000 tonn Magnox-brensel og mer enn 15.000 tonn uran ved dette anlegget. Det meste av plutoniumet som er framstilt, lagres fremdeles på anlegget. Det er uvisst om noe av plutoniumet som er produsert i B205 noen gang har blitt tatt i bruk i annet brensel, eller om alt B205-produsert plutonium fremdeles ligger lagret på Sellafield-anlegget. I mai 2000 annonserte BNFL at de ville avvikle de fleste Magnox-reaktorene innen utgangen av 2010. Samme år vil selskapet avslutte produksjonen av Magnox-brensel i Springfields. Som følge av dette, planlegger BNFL å stenge Magnox-reprosesseringsanlegget B205 rundt 2012, da alt Magnox-brensel har blitt repossert. For å klare dette har BNFL beregnet at B205 må repossere en total mengde på 1.000 tonn brukt Magnox-brensel hvert år fram til 2012.²²

To år etter at dette vedtaket ble gjort har B205 behandlet omkring 1.600 tonn brensel, mens målsettingen for samme periode var 2.000 tonn. Stenging av B205 innen utgangen av 2012 vil derfor kreve at anlegget operer helt problemfritt de kommende årene.

2.3 Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP)

Etter stengingen av B204 i 1973 var det ikke lenger mulig for britene å repossere det mer og mer vanlige uran-oksydbrenselet. Dette passet dårlig inn i BNFLs kommersielle ambisjoner om å repossere brensel på oppdrag fra utlandet. En satte derfor i gang arbeidet med å planlegge enda et reprosesseringsanlegg, som kunne håndtere denne typen brensel.

Planene for den nye Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP) ble lagt ut på høring av det britiske miljøvern-departementet i mars 1977. BNFL hadde på det tidspunkt allerede hentet inn en rekke kontrakter for det nye anlegget som en regnet med ville stå ferdig om relativt

kort tid. Etter en 100-dagers høringsrunde ble det bestemt at det nye anlegget skulle bygges.

Byggingen tok imidlertid mye lenger tid enn forventet, og først i 1993, etter en rekke budsjettoverskridelser, sto THORP ferdig. I mellomtiden hadde de økonomiske fordelene ved å bygge anlegget falt dramatisk - prisen på uran hadde ikke steget slik BNFL hadde forventet, men tvert imot falt, og økonomien i å utvinne uran fra brukt brensel var blitt dårligere. Samtidig økte bekymringen for de radioaktive utslippene, og en rettsak om berettigelsen av anlegget forsinket driftsstart nok en gang, fram til mars 1994.

2.3.1 Tekniske opplysninger

THORP har kapasitet til å repossere 850 tHM/y, men produksjonen varierer fra år til år avhengig av kontraktene med utlandet. I likhet med Magnox-reprosesseringsanlegget bygger også THORP sin teknologi på Purex-metoden.²³

De første driftsårene var det store problemer med å få THORP til å oppnå de produksjonsmålene som var satt. Dette skyldtes i første omgang et problem med et av overføringssystemene for radioaktivt avfall.²⁴ I tillegg til andre, mindre problemer var dette med på å holde produksjonen på et lavt nivå, og helt fram til 2000 hadde en derfor problemer med å nå målet på 7.000 tonn repossert brensel innen april 2004.

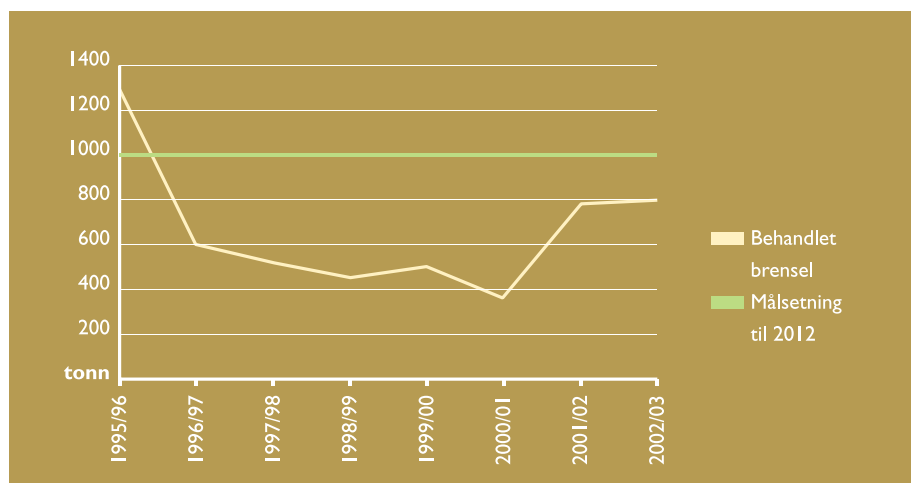
Ved utgangen av 1998 hadde THORP kun behandlet 1.460 tonn brensel.²⁵ I 2000 hadde en imidlertid færre problemer, og THORP behandlet 850 tonn brensel dette året, hvilket er full kapasitet og foreløpig årsrekord for anlegget.²⁶ I november 2000 ble THORP igjen stengt i fem måneder på grunn av nye tekniske problemer.

2.3.2 Økonomi

Det kostet £ 2,8 milliarder å bygge THORP (£ 1993). Det var tre ganger så mye som opprinnelig beregnet. Beløpet

Mengde brensel repossert i B205 i forhold til målsetting

* Tallene for regnskapsåret 2002/03 er foreløpige beregninger.



22 BNFL Press release, 23.05.2000.

23 Nuclear Engineering International, 2003; World Nuclear Industry Handbook 2003, side 220.
24 BNFL, 2000: Annual Report & Accounts 1999, side 24.
25 BNFL, 1999: Annual Report & Accounts 1998, side 16.
26 BNFL, 2001: Annual Report & Accounts 2000, side 18.

regnet en imidlertid med å tjene inn i form av inntekter fra repressering av utenlandsk brensel. BNFL forventet at anlegget ville gi en økonomisk avkastning på £ 50 millioner per år, eller £ 500 millioner i løpet av de første ti årene.²⁷ Men selv en avkastning på £ 500 millioner vil kun dekke 18 prosent av det det kostet å bygge THORP.

2.3.3 Kontrakter

Da THORP startet opp i mars 1994 hadde BNFL skaffet seg såkalte baseload-kontrakter for repressering av nesten 7.000 tonn brukt brensel. Dette var brensel som skulle represseres i løpet av anleggets ti første driftsår. Av dette var over 4.000 tonn fra utenlandske klienter fra åtte forskjellige land, resten var med britiske kunder.²⁸ Nesten 90 prosent av kontraktene var inngått mer enn ti år før anlegget sto ferdig, og en tredjedel av utenlands-kontraktene ble tegnet før 1976.

	1994 – 2004	Post 2004
Japan	2.676	
Tyskland	982	700
Sveits	471	
Spania	169	
Italia	147	
Nederland	53	
Sverige	140	
UK	2.158	2600
Totalt	6.796 tonn	3.300 tonn

Tabell 2: BNFLs kontrakter for THORP pr. 1993 (Kilde: Berkhout, F. 1993/ 1997).

2.3.4 Forsinkelser

Opprinnelig skulle BNFL ha repressert alt brensel omfattet av baseload-kontraktene innen april 2004. Tekniske problemer har imidlertid forsinket represseringen ved THORP. BNFL har derfor innrømmet at de ikke vil klare å repressere alle baseload-kontraktene innen fristen i april 2004, og har gjennom forhandlinger med baseload-kundene fått lov til å bruke et ekstra år. Den nye fristen er april 2005.

Flere av baseload-kontraktene BNFL tegnet på 1970-tallet var såkalt open ended, hvilket innebærer at BNFL kunne forandre prisene for repressering alt etter hva det koster å behandle brenselet. Ettersom prisen på repressering av brukt brensel har blitt svært mye dyrere enn man tidligere forventet, er slike kontrakter i dag svært lite gunstige for kundene. Flere selskaper har derfor anklaget BNFL for å øke prisene som følge av at selskapet selv ikke har klart å holde kontraktsfestede tidsfrister for repressering. I mai 2001 avslørte avisen The Independent at flere selskaper fra Tyskland, Japan, Sveits, Holland og Italia truet med å bryte kontrakter om repressering i THORP til en verdi av £ 6 milliarder.²⁹

Partene kom etterhvert fram til en midlertidig løsning, men nylig har konflikten blusset opp igjen.

De tekniske problemene i THORP har heller ikke opphørt. I 2002 måtte BNFL gjøre omfattende reparasjoner på anlegget, noe som har ført til ytterligere forsinkelser i behandlingen av kundens brensel.³⁰ Ved inngangen til sitt tiende driftsår, april 2003, har THORP fremdeles ikke repressert mer enn ca. 4.500 tonn av den totale mengden på 7.000 tonn som BNFL har bundet seg til i baseload-kontraktene. Det utgjør 64 prosent av kontraktene. De neste to årene må det derfor behandles mer enn 2.000 tonn brensel i THORP for å kunne imøtekomme inngåtte kontrakter. Med en årlig maksimalkapasitet på 850 tonn per år er dette praktisk umulig. Mye av brenselet som gjenstår å bli repressert har dessuten en høyere utbrenning enn tidligere behandlet brensel, noe som kan skape nye forsinkelser, og problemer med å operere anlegget innenfor de gitte utslippstillatelsene (se kap. 8).

BNFL har dermed et forklaringsproblem ovenfor sine kunder. Samtidig har det kommet nye trusler fra selskapets tyske kunder som nå vurderer om de skal kjøpe seg ut av de gamle kontraktene. Et av disse selskapene er Tysklands største atom-selskap EON Energie AG. Ifølge tidsskriftet "Nuclear Fuel" har de tyske selskapene regnet seg fram til at det vil bli billigere for dem å ta hånd om atombrenselet selv, framfor å sende det til Sellafield. Hvis kontraktene kanselleres vil det tyske brenselet isteden bli lagret i Tyskland for framtidig deponering der. To andre tyske kraftselskaper, RWE-AG og HEW-AG, kjøpte seg ut av liknende kontrakter med Sellafield på midten av 1990-tallet.³¹

Videre har BNFLs største represseringskunde, British Energy, signalisert at de vurderer å slutte med repressering og at de isteden er interessert i en avtale der BNFL kun mellomlagrer brenselet på Sellafield-anlegget. Direktøren for British Energy har tidligere uttalt at selskapet anser repressering som "economic nonsense".³² British Energy har allerede bygd et mellomlager for 2.000 tonn brukt AGR-brensel, og mellomlagrer alt reaktor-brensel fra Tomess-kraftverket i Skottland.

Som følge av de problemene BNFL har hatt med å fullføre inngåtte kontrakter, har det blitt svært vanskelig for dem å få til kontrakter for den neste tiårsperioden. I tillegg er forhåpningene om å utvikle plutoniumsdrivne atomreaktorer (Fast Breeders) skjøvet 40 til 50 år fram i tid, hvis de i det hele tatt vil bli realisert. Kontraktene BNFL har tegnet for den neste tiårsperioden er derfor stort sett med innenlandske kunder.³³

Den sittende styreformann i BNFL, Hugh R. Collum, har tidligere innrømmet at det er tvilsomt om BNFL klarer å forhandle til seg nye THORP-kontrakter med tyske selskaper, og at de forbereder seg på å vurdere alternativer

27 Greenpeace International, 1993: The THORP papers.

28 Forwood, M. 2001.

29 The Independent, 13.05.2001.

30 HM Nuclear Installations Inspectorate, mars 2002: Sellafield Quarterly Report.

31 Nuclear Fuel, Vol. 28 No. 4, 17.02.2003.

32 The Independent, 14.05.2001.

33 BNFL, 1999: Annual Report & Accounts 1998, side 16.

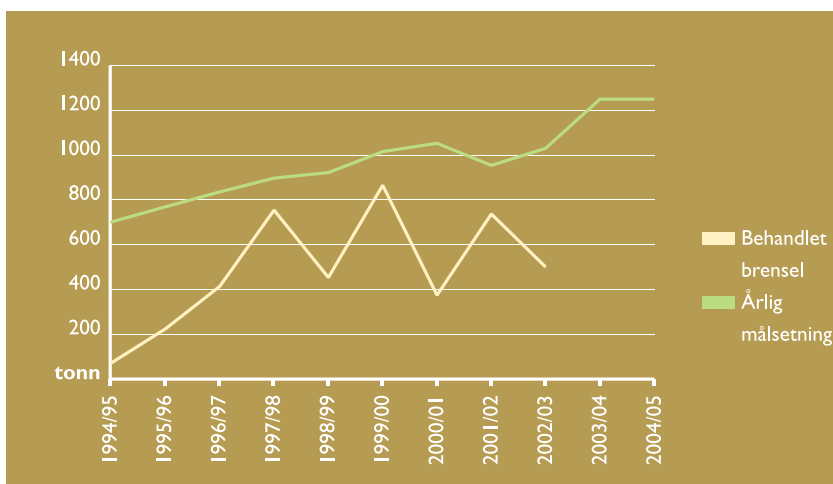


En av veteranene på Sellafield-anlegget, Phil Hindmarch, i det nesten 40 år gamle B205 anlegget under et Bellona besøk i 1998.

til repressering.³⁴ Tyskland og Japan har vært BNFLs største kunder utenfor Storbritannia. Uten kontrakter med disse landene vil videre drift ved THORP bli nesten umulig.

2.3.5 Dekommisjonering av THORP

I 1992 beregnet BNFL at det vil koste £ 900 millioner å dekomisjonere THORP. Etter planen skal THORP dekomisjoneres 50 år etter at anlegget er stengt, hvilket innebærer at det skal være ferdig dekomisjonert innen 2062. Beregningen er gjort med utgangspunkt i at anlegget skulle drives i 25 år og stenges før 2020.³⁵ Tyskerne stengte sitt pilotreprosesseringsverk i Karlsruhe (WAK) i 1991 og har beregnet kostnadene for dekomisjonering til £ 600 millioner.³⁶ Dette til tross for at WAK er et mye mindre verk enn THORP, med en kapasitet på under 5 prosent av THORP sin kapasitet.



Tabell 3 Mengde brensel repressert i THORP i forhold til målsetting (Kilde: Forwood, M. 2001, 2003)

* Årlig målsetting er beregnet ut fra at alt brensel skal være behandlet innen april 2005. Fram til regnskapsåret 2001/2002 var målsettingen at brenselet skulle behandles innen april 2004. Det er tatt høyde for denne justeringen i tabellen.

34 The Independent, 31.03.2000.
35 Berkhout, F. 1993, side 15.
36 Hanschke, C. et al. 1999.

Kapittel 3

MOX-produksjon



MOX-produksjon

I desember 2001 åpnet verdens største anlegg for produksjon av Mixed Oxide Fuel (MOX) i Sellafield. MOX er en spesiell type atombrensel som produseres av nytt uran og repressert plutonium. Sellafield MOX Plant (SMP) skal årlig kunne produsere 300 tonn MOX. Per august 2003 var det enda ikke produsert et eneste ferdig MOX-element i SMP. I tillegg til SMP eksisterer det også et forskningsanlegg for MOX på Sellafield; MOX-Demonstration Facility (MDF).

3.1 MOX-Demonstration Facility (MDF)

BNFL startet den første MOX-produksjonen i Sellafield i 1993. Det første MOX-brenselet ble produsert i Sellafield MOX-Demonstration Facility (MDF), et anlegg som i dag kun brukes til forskningsvirksomhet. På 1990-tallet ble imidlertid MOX-brensel fra MDF levert både til kunder i Sveits og Tyskland.

Høsten 1999 ble det inngått avtale om å levere MOX fra MDF til det japanske selskapet Kansai Electric Power Company. Den første transporten med MOX fra MDF ble sendt til Japan med skip i juli 1999. I september samme år ble det oppdaget at sikkerhetsanalysene av BNFLs MOX-brensel hadde blitt forfalsket, og i desember ble det avklart at dette også gjaldt brenselet som var levert til Japan. Som følge av dette, nektet Kansai Electric Power Company å benytte brenselet og krevde at britene snarest hentet det tilbake. Samtidig innførte japanske myndigheter et midlertidig brudd i alle handelsforbindelser med BNFL.³⁷

I mars 2000 oppdaget også det sveitsiske atomtilsynet (HSK) manglende sikkerhetsopplysninger om MOX-pellets i brensel levert til sveitsiske kunder. Tidligere var det oppdaget feil på enkelte av kapslingene til MOX-brenselet som var levert til den sveitsiske Beznau-reaktoren. Som følge av de nye feilene, bestemte HSK seg for å forby all bruk og import av MOX-brensel fra BNFL. Fra før hadde landet innført moratorium mot eksport av brensel til Sellafield. HSK uttalte at BNFL måtte vise "betydelige forbedringer" før forbudene eventuelt kunne oppheves.³⁸ Under opprulling av skandalen oppdaget britiske kjernekraftinspektører at operatørene ved MDF helt siden 1996 hadde forfalsket sikkerhetsanalysene av brenselet. I en rapport fra det britiske Nuclear Installations Inspectorate (NII) ble det fastslått at BNFL hadde "a serious safety culture problem" og "systematic management failure".³⁹ Skandalen førte til at også Tyskland forbød videre MOX-import fra Sellafield. Tyskland hadde, på linje med Sveits, hatt et moratorium på repressering i Sellafield etter at tyske strålevernmyndigheter i mai 1998 oppdaget forhøyede stråleverdier utenpå BNFL sine transportflasker.⁴⁰ Internt førte skandalen til en rekke oppsigelser samt en revurdering av alle tidligere sikkerhetsprosedyrer.

Administrerende direktør i BNFL, John Taylor, fratrådte dessuten sin stilling. MDF er i dag stengt og vil ikke bli åpnet igjen for kommersiell MOX-produksjon.⁴¹ Sverige hadde i 1999 planer om å sende 4,8 tonn brukt reaktorbrensel fra deres første forskningsreaktor RI til Sellafield for repressering. I etterkant av avsløringene omkring de forfalskede sikkerhetsanalysene av britisk MOX uttalte imidlertid Sveriges miljøvernminister Kjell Larsson at en slik handel nå ville bli "svært vanskelig, hvis ikke umulig" å rettferdiggjøre.⁴² Per juli 2003 har den svenske regjeringen fremdeles ikke tatt noen avgjørelse i denne saken.

I april 2001 opphevet Tyskland sitt moratorium mot Sellafield, og Sveits fulgte etter i mai.⁴³ Handelsforbindelsene med Japan har også normalisert seg etter at BNFL sommeren 2002 hentet tilbake det kontroversielle MOX-brenselet de hadde levert til Kansai tre år tidligere. All kommersiell virksomhet ved MDF har i dag opphørt, og anlegget benyttes nå bare i forskningsøyemed.

3.2 Sellafield MOX-Plant (SMP)

I 1996 hadde BNFL ferdigstilt en helt ny og mye større MOX-fabrikk, Sellafield Mox Plant (SMP), som har kapasitet til årlig å produsere 300 tonn MOX-brensel. Fabrikken kostet 482 millioner pund å realisere. SMP gikk i første omgang gjennom en testperiode, hvor en produserte vanlig uranoksydbrensel. Ved utgangen av 2000 hadde fabrikken produsert 150.000 UO₂ - pellets. Flere pellets utgjør til sammen en brenselspinne. I desember 2001 fikk BNFL tillatelse fra britiske myndigheter til å benytte plutoniumsoksyd for å begynne fabrikkasjon av MOX. Fordi fabrikken skal benytte repressert plutonium fra THORP i sin produksjon av MOX, er den viktig for hele Sellafield-anleggets framtid.⁴⁴

Flere eksperter advarte lenge mot å gi den nye MOX-fabrikken lisens. Deres bekymring var fundert i at nytt MOX-brensel enkelt kan benyttes av terrorister til bruk i såkalte skitne bomber. Noe som blant annet er fastslått i en rapport fra Oxford Research Group på oppdrag av det britiske miljøverndepartementet.⁴⁵

En uavhengig rapport, utarbeidet på oppdrag av den britiske regjering, viser at SMP de neste ti årene i beste fall vil kunne tjene inn 216 av de 460 millioner pundene det har kostet å bygge fabrikken.⁴⁶

Den irske regjeringen har protestert kraftig mot SMP og har reist to rettssaker mot Storbritannia knyttet til åpningen av den nye fabrikken. Den første rettssaken gjaldt Storbritannias plikt under OSPAR-konvensjonen til å dele informasjon om denne type anlegg med sine naboland. Irland hevdet blant annet at den britiske regjeringen hadde holdt tilbake informasjon som var nødvendig for å analysere nødvendigheten av å åpne fabrikken.

37 BBC-news 30.03.2000.

38 Greenpeace International, 17.04.2000.

39 The Daily Telegraph, 01.04.2001.

40 The Independent, 13.04.2001.

41 BNFL, 2001: Annual Report and Accounts 2000, side 18 og 19.

42 ENDS Daily, 01.03.2000.

43 BNFL, 29.05.2001: Shipments of Nuclear Material between Switzerland and the UK.

44 The Independent, 25.05.2001.

45 The Guardian, 31.05.2001.

46 BNFL press release, 27.07.2001.



Landsbyen Seascale, like sør for Sellafield-anlegget.

Irland mener i tillegg at fabrikken bryter forpliktelser i FNs havrettskonvensjon, og henviser til at det økende antall transporter med MOX-brensel som denne fabrikken fører med seg, utgjør en uakseptabel miljørisiko.

Begge sakene har vært til behandling i den faste voldgiftsdomstolen i Haag. Mens den første saken ble avvist av domstolen tidlig i juli 2003, er den andre saken fortsatt til behandling. En avgjørelse i denne saken ventes i løpet av høsten 2003. Så langt i prosessen har tribunalet kritisert Storbritannia for manglende samarbeid med Irland om atomsikkerhet, og pålagt de to landene å samarbeide tettere om sikkerheten.

3.2.1 Kontrakter

Per juli 2003 har BNFL sikret seg omtrent halvparten av kontraktene de trenger for å drive SMP de ti første årene. Den største kontrakten er inngått med det tyske

energiselskapet E.ON AG. BNFL mener kontrakten med E.ON vil utgjøre 15 prosent av kapasiteten i SMP. Ifølge Greenpeace innebærer E.ON-kontrakten at 5,8 tonn tysk plutonium skal omdannes til MOX. Tyske selskaper har per i dag 13,6 tonn plutonium lagret i Sellafield.⁴⁷

To andre kontrakter er inngått med blant annet svenske OKG AB og sveitsiske Nordostschweizerische Kraftwerke AG. BNFL har fremdeles til gode å forhandle fram MOX-kontrakter med japanske selskaper: En ny knute på tråden mellom BNFL og deres japanske kunder oppsto våren 2001 da innbyggerne i nærheten av Japans største atomkraftverk i en folkeavstemming stemte mot MOX- bruk i reaktoren.⁴⁸

OKG AB kontrakten

Den svenske OKG AB-kontrakten gjelder 850 kg svensk plutonium som i dag er lagret på Sellafield-anlegget.

⁴⁷ The Guardian, 25.05.2002.
⁴⁸ The Independent, 28.05.2001.

Plutoniumet er et produkt av svensk atombrensel og ble sendt til Sellafield mellom 1975 og 1982 og reprocessert så sent som i 1997.

Sverige endret sin politikk for behandling av brukt reaktor-brensel på midten av 1980-tallet, og sender ikke lenger brensel til Sellafield. I 1996 gjorde den svenske regjeringen imidlertid flere framstøt for å få det svenske atom-brenselet sendt tilbake til Sverige uten at det skulle bli reprocessert.⁴⁹ Ifølge brevveksling mellom det britiske Health & Safety Executive (HSE) og den svenske Kärnkraftinspektionen (SKI) var det ingen tekniske eller reguleringsmessige hindringer i veien for å returnere atombrenselet. Forhandlingene om å få returnert det svenske atombrenselet strandet imidlertid i 1997, da BNFL reprocesserte alt det svenske brenselet, 140 tonn i alt. Det er spekulert i om BNFL gjorde dette nettopp for å sikre seg framtidige MOX-kontrakter.

I desember 2002 fikk OKG AB tillatelse av den svenske regjeringen til å benytte MOX-brenselet i Oskarshamn-kraftverket. Det er uvisst når dette brenselet vil bli transportert til Sverige.

Sveitsiske kontrakter

Det første MOX-brenselet som blir ferdig i SMP vil bli sendt til det sveitsiske Beznau-kraftverket, et kraftverk som eies og drives av Nordostschweizerische Kraftwerke AG, og som opererer to Westinghouse-trykkvannsreaktorer.

Transportene med det sveitsiske MOX-brenselet vil skje fra BNFL sin kai i Workington, nord for Sellafield. Her skal brenselet lastes ombord i BNFLs Atlantic Ospray. I motsetning til BNFL sine andre MOX-skip har Atlantic Osprey bare enkel bunn, og ingen nødmotor i tilfelle motorstans.

Andre sjøtransporter til og fra Sellafield går som hovedregel via BNFL sitt private kaianlegg i Barrow som er sikkerhetsmessig bedre utstyrt.⁵⁰

⁴⁹ Reuters, 22.02.1996.

⁵⁰ Forwood, M. 2002: The Export of MOX fuel to Switzerland.

Kapittel 4

Historiske

utslipp



Historiske utslipp

Helt siden oppstart i 1951 har det vært store radioaktive utslipp fra Sellafield-anlegget både til luft og til vann. De første utslippene var et direkte resultat av landets atomvåpenprogram, og eksakt informasjon om mengde og type utslipp finnes ikke. I så henseende er statsminister Clement Attlees holdning da anleggets første utslippsledning ble bygd illustrerende. Attlee ønsket minst mulig oppmerksomhet rundt utslippet ettersom det ville trekke oppmerksomhet mot anlegget.⁵¹ Hans syn ble støttet av Minister of Supply, Duncan Sandys, som sa:

"Den eneste måten å sikre absolutt sikkerhet var å holde tilbake all informasjon om hele atomenergiprogrammet. Skulle det oppstå plutselige utslipp av radioaktivitet var jo alltid sjøen på en armlengdes avstand".⁵²

Det er det britiske miljøverndepartementet (DEFRA) som gir tillatelse til radioaktive utslipp i Storbritannia. Tillatelser blir i dag gitt etter den såkalte "Radioactive Substances Act 1993" (RAS 1993). Sellafield har en rekke slike tillatelser for utslipp til luft, sjø og land. Dagens utslippstillatelse trådte i kraft 1. januar 1994, men er siden revidert en rekke ganger. Siste revidering for radioaktive utslipp til luft og vann ble gjort i november 1999. Den nyeste tillatelsen trådte i kraft 1. januar 2000. Nye utslippsgrenser er foreslått og er for tiden (juli, 2003) til behandling i departementet.

4.1 Utslipp i perioden 1951-1964

Tidlig på 1950-tallet gjorde britene eksperimenter hvor de bevisst slapp ut store mengder radioaktivitet til Irskesjøen. Hensikten var å avklare hvordan alle de forskjellige radioaktive spaltningsproduktene ville oppføre seg i miljøet, og hvordan de reagerte i forhold til hverandre. Mannen som ledet eksperimenterne, Dr. John Dunster, var fysiker ved UKAEA og hadde på den tiden ansvaret for anlegget. I 1958, på den andre FN-konferansen om fredelig bruk av atomenergi fortalte Dunster delegatene om eksperimentet:

"The intention has been to discharge fairly substances amounts of radioactivity...the aims of this experiment would have been defeated if the level of radioactivity discharged had been kept to a minimum".

Han fortsatte med å gi uttrykk for at utslippene hadde vært:

"... high enough to obtain detectable levels in samples of fish, seaweed and shore sand, and the experiment is still proceeding. In 1956 the rate of discharge of radioactivity was deliberately increased, partly to dispose of unwanted was-

tes, but principally to yield better experimental data."

Det er siden framkommet at eksperimentet begynte i mai 1952 og pågikk til langt ut på 1950-tallet. Dunster selv ble på midten av 1980-tallet direktør i National Radiological Protection Board (NRPB), den institusjonen som gir anbefalinger om radioaktive dosegrenser for den britiske befolkningen.

4.2 Windscale-brannen i 1957

Tidlig på morgenen den 10. oktober 1957 begynte operatørene av Windscale Pile nr. 1 et arbeid for å utløse energi som hadde samlet seg i reaktorens grafitt (Wigner-energi). Ettersom reaktorens nøytronbombardement førte til at store mengder energi samlet seg i form av varme i grafitten, var dette en vanlig prosedyre som måtte gjennomføres med jevne mellomrom. Hvis ikke ville varmen akkumulere i grafitten og til slutt utløse en brann.

Hva som var den eksakte årsaken til brannen er fremdeles ikke kjent, men den mest sannsynlige ser ut til å være at operatørene ikke gjennomførte operasjonen med samme varsomhet som tidligere. Det fantes for øvrig ikke gode prosedyrer for hvordan operasjonen skulle gjennomføres. Reaktoren var i full brann før alarmen gikk. Operatørene forsøkte å trekke ut brensellementene av reaktoren, men operasjonen tok for lang tid. Resultatet var en omfattende brann i reaktorkjernen som varte i over 24 timer.⁵³

Brannen førte til to store utslipp av radioaktivitet. Det første store utslippet kom som et resultat av at det naturlige uranet i reaktorkjernen tok fyr. Det andre store utslippet skjedde tidlig på dagen fredag 11. oktober, da en i et forsøk på å slukke brannen overøstet reaktoren med vann. En stor dampsky førte med seg radioaktive partikler og gasser ut i atmosfæren. Den radioaktive skyen drev sørøstover, gjennom det meste av England, og fortsatte videre over Europa. Ved ellevetiden samme dag var brannen under kontroll. Over 20 prosent av reaktorkjernen ble ødelagt i brannen.⁵⁴ Inne på anleggsområdet hadde arbeiderne blitt utsatt for stråledoser som var 150 ganger høyere enn dosegrensene. Deler av lokalbefolkningen ble utsatt for stråledoser 10 ganger høyere enn maksimale livstidsdoser. UKAEA visste om de høye stråledosene, men valgte likevel å ikke evakuere befolkningen.⁵⁵

Dagen etter brannen stanset myndighetene distribusjonen av melk fra 17 gårdsbruk i distriktet, og den 12. oktober bestemte Det medisinske forskningsrådet at all melk som inneholdt over 3.700 Bq/l ikke skulle benyttes. Det ble antatt at denne grensen ville berøre all melkeproduksjon fra et område på ca. 500 km², og melk fra hele

51 Berkhout, F. 1991, side 140.
52 Berkhout, F. 1991, side 144.

53 May, J. 1989, side 116.
54 The Daily Telegraph, 01.01.1988.
55 May, J. 1989, side 116.



dette området ble trukket tilbake. Den høyeste aktiviteten som ble målt i en av melkeprøvene, lå på hele 50.000 Bq/l og stammet fra et gårdsbruk 15 kilometer fra reaktoren. Jodopptak i skjoldbruskkjertelen ble også registrert, og den høyeste registrerte dosen ble beregnet til 160 mGy.⁵⁶

Tre dager etter at det drastiske tiltaket ble iverksatt, oppdaget en imidlertid at noe melk produsert utenfor den fastlagte sonen, også var forurenset av jod-137. I melk fra en gård i Grasmere, Lake District, ble det tatt prøver som viste konsentrasjoner på mellom 4.400 Bq/l til 6.600 Bq/l. Til tross for de høye funnene ble imidlertid melken distribuert på markedet. Papirene som kunne dokumentere det, ble hemmeligstempelt av regjeringen for å hindre "unødvendig frykt" i befolkningen.⁵⁷ De fleste restriksjonene på distribusjon av melk ble opp-

hevet 4. november samme år. De resterende restriksjonene ble opphevet den 23. november, bare litt over en måned etter ulykken.⁵⁸ I alt ble to millioner liter melk som inneholdt jod-131 dumpet i sjøen eller i nærliggende elver.⁵⁹

Det er siden forsøkt å estimere størrelsen på de radioaktive utslippene, og det antas at ulykken førte til et utslipp på mellom 600 og 1.000 TBq med jod-131, mellom 444 og 596 TBq tellurium-132, mellom 22,2 og 45,5 TBq cesium-137 og omtrent 0,2 TBq strontium-90.⁶⁰

Den britiske statsministeren undertiden, Harold Macmillan, la lokk på all teknisk informasjon om ulykken. Statsministeren fryktet at ulykkesrapportens konklusjoner - at ulykken kom som resultat av operatørvikt og dårlige instrumenter, samt dens referanse til en tidligere ulykke i 1952 - ville svekke folks tillit til atomenergipro-

Informasjon om Windscale-brannen i 1957 ble holdt hemmelig helt fram til 1988.

⁵⁶ Henriksen, T. 1993, side 114.
⁵⁷ The Observer, 03.01.1988.

⁵⁸ Arnold, L. 1992, side 61.
⁵⁹ May, J. 1989, side 116.
⁶⁰ Arnold, L. 1992, side 185. Henriksen, T. 1993, side 114.



Fra dette utslippsrøret slipper BNFL daglig ut flere millioner liter flytende atomavfall til Irskesjøen.

grammet og utsette utviklingen av britiske atomvåpen. Macmillian uttalte at full offentlighet om ulykken ville true nasjonens sikkerhet.⁶¹

Det tok 25 år før det kom offisielle beregninger av hvilke helseeffekter brannen hadde hatt på befolkningen. I 1982 la det britiske National Radiological Protection Board fram en rapport de beskrev som den fulle sannheten om Windscale-brannen. Her ble det estimert at brannen forårsaket minst 260 krefttilfeller og 32 dødsfall. Uavhengige eksperter hevder imidlertid at brannen i det lange løp har medført mer enn 1.000 dødsfall.⁶²

I et forsøk på å kvitte seg med uheldige assosiasjoner omdøpte UKAEA hele anlegget i etterkant av ulykken fra Windscale til Sellafield - et navn som i dag er vel så belastet.

4.3 Utslipp i perioden 1964-1990

I løpet av 1960- og 1970-tallet økte utslippene fra Sellafield drastisk. Årsaken var i all hovedsak at UKAEA i

1964 åpnet det nye reprosesseringsanlegget B205, som var fem ganger så stort som det eldre B204. Alfautslippene stammet hovedsakelig fra dette anlegget, som på den tiden ble brukt til å produsere plutonium til våpenformål. Alfautslipp er en samlebetegnelse på utslipp av radionuklider som avgir alfastråling, som eksempelvis plutonium og americium-241. Disse stoffene er svært radiotoksiske, og inntak av selv små mengder kan være dødelig. På midten av 1960-tallet økte utslippene så kraftig at UKAEA, som på den tiden drev anlegget, måtte søke om å få øke sine alfautslipp ut over den fastsatte rammen på 66,6 TBq per år. I tillegg til utslippene fra selve reprosesseringsanlegget var utslipp fra brenselageret en medvirkende årsak til de høye utslippene. På 1960- og 1970-tallet ble nemlig kjølevannet fra brenselbassengene pumpet rett ut i sjøen.

At alt britisk reaktorbrensel på denne tiden var av Magnox-typen skapte ekstra store forurensningsproblemer. Ettersom Magnox-brenselet er av metallisk uran korroderte flere brenselelementer i bassenget. Alle

61 The Daily Telegraph, 01.01.1988.
62 May, J. 1989, side 117.

radioaktive lekkasjer fra elementene til bassenget ble dermed pumpet rett ut i sjøen. Tidlig på 1970-tallet ble disse problemene ytterligere forverret, da Magnox-reaktorene på den tiden økte sin utbrenning av brenselet fra 3.000 MW/d per tonn til 5.000 MW/d per tonn. Det høyt utbrente brenselet skapte tekniske problemer og forsinkelser under reprosesseringen, og førte til at brenselet ble stående lenger i lagringsbassengene. Dette medførte økte konsentrasjoner av strontium-90 og cesium-137 i lagringsbassengene, som igjen forårsaket økte utslipp når kjølevannet ble pumpet på sjøen. Lagringsproblemer innebar videre at arbeiderne på anlegget ble utsatt for større stråledoser enn tidligere.⁶³

4.3.1 Dannelsen av BNFL og innføring av utslippskontroll

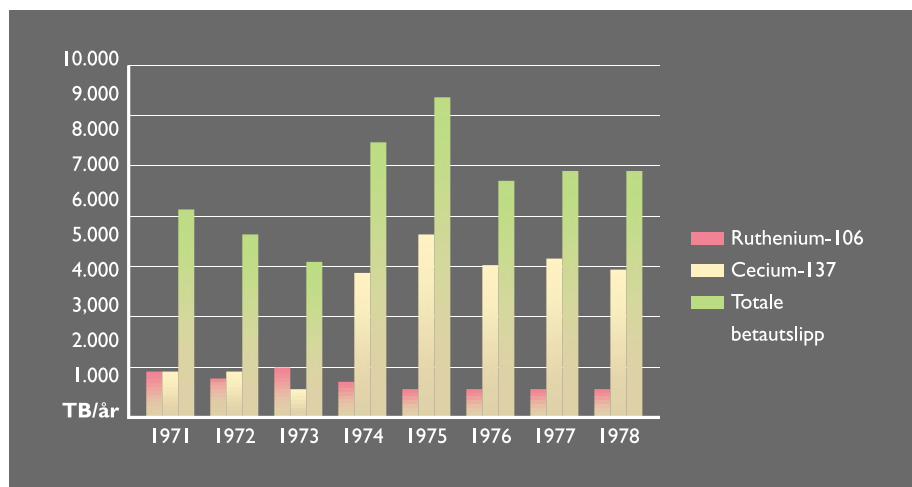
Så lenge Sellafield var et militært anlegg fantes ingen utslippskontroll. Utslippene fikk i prinsippet øke ukontrollert helt fram til 1971. Da ble BNFL dannet og gitt driftsansvaret for reprosesseringsanlegget. At det ble innført en formell kontroll av utslippene betydde imidlertid ikke at det ble innført en praktisk kontroll. Alle begrensninger var i realiteten et resultat av forhandlinger mellom BNFL og staten og ble aldri nedskrevet i en formell utslippstillatelse.⁶⁴ Det eksisterte heller ikke egne utslippsgrenser for de enkelte nuklidene. I stedet var utslippsgrensene en type "posetillatelse" som satte visse grenser for de totale alfa- og beta-utslippene, men ingen grenser for de enkelte nuklidene. I en periode med lave utslipp av en bestemt nuklid kunne en dermed øke utslippene av andre nuklider med samme egenskaper. Etter 1970 ble det imidlertid innført egne restriksjoner på strontium-90 og ruthenium-106.⁶⁵ Utslipptet av transuroner, som plutonium, begynte en ikke å kontrollere før i 1973. Dette var utslipp som var dekket av utslippstillatelsen, men som i realiteten aldri ble kontrollert. Full utslippskontroll ble ikke innført før renseanlegget Site Ion Exchange Plant (SIXEP) ble installert i 1984.⁶⁶ SIXEP har i oppgave å rense kjølevannet i bassengene for lagring av brukt reaktorbrønn.

4.3.2 Utslipp på 1970-tallet

Allerede i 1970 hadde myndighetene gitt UKAEA tillatelse til å øke grenseverdiene for de svært radiotoksiske alfaemitterne, som plutonium-239 og americium-241, med nesten 350 prosent, fra 66 TBq til hele 222 TBq.⁶⁷ Da BNFL overtok anlegget lå de totale radioaktive alfautslippene på nesten 100 TBq per år. Sellafield slapp årlig ut over 50 TBq plutonium. I tillegg slapp anlegget ut nesten 6.000 TBq betaemittere.⁶⁸ Det første de nye eierne av anlegget gjorde var å søke om å få øke utslippene ytterligere. I utgangspunktet ønsket departementet å begrense utslippene av cesium-137 til 370 TBq per kvartal, men

etter press fra BNFL gikk myndighetene med på å øke utslippsgrensen for dette stoffet til hele 555 TBq per kvartal. Begrunnelsen var de store korrosjonsproblemer BNFL hadde med brukt Magnox-brensel, og at det ville koste svært mye å redusere de høye cesium-utslippene.⁶⁹

På midten av 1970-tallet var utslippene fra anlegget på sitt høyeste. I femårsperioden 1974-1978 slapp Sellafield-anlegget ut nesten 40.000 TBq betaemittere. Fra 1968 til 1978 skal anlegget ha sluppet ut over 1.000 TBq alfaemittere. Bare i 1973 slapp anlegget ut over 180 TBq alfaemittere.⁷⁰

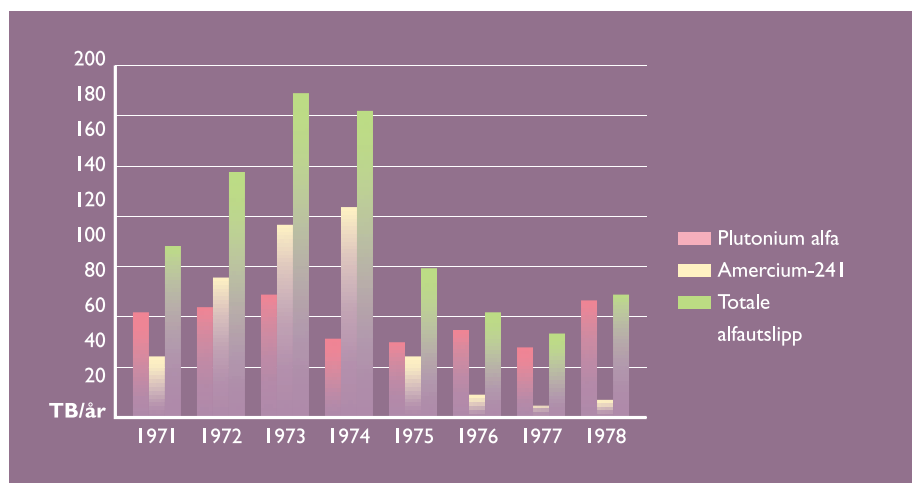


Tabell 4
Radioaktive beta-utslipp fra Sellafield fra 1971 til 1978

Sammenliknet med det franske reprosesseringsanlegget La Hague slapp Sellafield på denne tiden ut 8 ganger så mye betaemittere og hele 200 ganger så mye av de svært radiotoksiske alfaemitterne.⁷¹

Også utslippene av cesium-137 og plutonium var svært høye. I årene fra 1974 til 1978 lå anleggets årlige utslipp av cesium-137 på godt over 4.000 TBq. Plutoniumutslippene lå i samme periode på mellom 45 og 60 TBq

Tabell 5
Alfautslipp fra Sellafield på 1970-tallet.



63 Berkhout, F. 1991, side 148 - 149.
64 Sumner, D et al. 2000, side 415.
65 Sumner, D et al. 2000, side 416.
66 Berkhout, F. 1991, side 150.
67 Bunjard, P. 1986: The Sellafield Discharges.
68 BNFL. 2000: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment 1999, side 29.

69 Bunjard, P. 1986: The Sellafield Discharges.
70 BNFL. 2000: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment 1999, side 29
71 Bunjard, P. 1986: The Sellafield Discharges.



Etter en operatørfeil i 1983, måtte 20 km av strendene utenfor anlegget fysisk stenges for ferdsel på grunn av radioaktiv forurensning.

årlig, hvilket er svært høyt.⁷² Det ble i løpet av disse fem årene sluppet ut over dobbelt så mye plutonium fra Sellafield som det ble sluppet ut under Tsjernobyl-ulykken i 1986, der ca. 100 TBq plutonium ble sluppet ut.⁷³ På slutten av 1970-tallet var også utslippene av technetium-99 (Tc-99) høye. I treårsperioden 1978 til 1980 slapp Sellafield ut nesten 300 TBq Tc-99. Ut over på 80-tallet ble imidlertid mye av det flytende avfallet fra Magnox-verket lagret i store tanker på land, og utslippet av Tc-99 falt drastisk til rundt 6 TBq/år. Utslipet lå på dette nivået helt fram til 1994 da BNFL begynte å slippe ut det lagrede avfallet, og utslippene overgikk det som var sluppet ut på 1970-tallet. (se kap 7).

4.3.3 Utslipp på 1980- tallet

Selv om utslippene fra Sellafield-anlegget ble kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet forble anlegget Europas verste radioaktive forurensere.⁷⁴ Dette til tross for at BNFL hadde fått kontroll over de verste korrosjonsproblemene knyttet til brukt brensel. Sellafield var i 1984 ansvarlig for 90 prosent av den engelske befolkningens årsdose fra nukleære anlegg. Dette falt til 60 prosent i 1987.⁷⁵

18. november 1983 førte et uhell i BNFLs Magnox-reprosesseringsanlegg til ukontrollerte utslipp av store mengder radioaktivitet til sjøen. Utslipet spredde seg langs kysten og forurenset strendene i området. Radioaktiviteten i bl.a. tang langs strendene ble funnet å være så høy at det britiske miljøverndepartementet

valgte å stenge av over 20 kilometer av strandsonen. Et større arbeid for å rense strendene ble igangsatt, men den anbefalte restriksjonen mot å bruke strendene ble stående helt fram til påfølgende sommer. Myndighetene hevdet at de ikke ble informert om uhellet før en uke etter at det hadde skjedd, og etter en politietterforskning av saken ble BNFL ilagt en bot på £ 10.000 samt saksomkostninger på £ 60.000.⁷⁶

Tidlig på 1980-tallet fant britiske forskere at innholdet av plutonium i skaldyr utenfor kysten av Sellafield var fem ganger høyere enn tidligere. Dette førte til at en oppjusterte stoffets strålebidrag til den såkalte "kritiske gruppen" (dvs. den befolkningsgruppen som beregnet mottar størst stråledoser fra Sellafield) med en faktor på 15. I 1984 fastslo myndighetenes Waste Management Advisory Committee at deler av befolkningen i nærheten av Sellafield bare gjennom maten de spiste ville motta 69 prosent av de kritiske dosegrensene fastsatt av ICRP - International Radiological Protection Commission. Samtidig fastslo forskere tilknyttet Department of Environmental Studies at befolkningen i området også ble utsatt for stråling via spaltningsprodukter som ble skylt opp på strendene. De anslo at 45 prosent av de totale mengdene med radiotoksiske alfaemittere som var sluppet ut i perioden 1968 til 1978, var americium-241. Dette ble brakt opp på strendene med tidevannet sammen med fin sand, andre sedimenter eller via sjøsprøyt, og befolkningen ble så eksponert gjennom innånding.⁷⁷ Som et resultat av dette, var hele kystlinjen fra Maryport i nord til Wyre i sør svært forurenset av americium-241. De samme forskerne fastslo at plutonium hadde en større evne til å binde seg i organisk materiale på sjøbunnen enn tidligere antatt, og kunne dermed nå lettere fram til mennesker gjennom næringskjeden enn hvis det bare ble liggende igjen i ikke-organiske sedimenter. På bakgrunn av de nye funnene annonserte BNFL at de ville bruke £ 10 millioner på å redusere utslippene av plutonium og americium fra 37 TBq til rundt 7 TBq per år.

De største utslipps-reduksjonene kom på midten av 1980-tallet, da BNFL installerte et nytt renseanlegg, Salt Evaporator and Site Ion Exchange Effluent Plant (SIXEP). Som følge av dette sank blant annet utslippet av betaemittere fra ca. 575 TBq i 1985 til litt over 50 TBq i 1992.

4.4 Utslipp de siste ti år

De siste års utslipp fra Sellafield stammer i hovedsak fra reprosesseringsanleggene THORP og B205. I tillegg er det radioaktive utslipp forbundet med dekommissjoneringsarbeidet som foregår på området og fra lagrene for brukte reaktorbrensel. De store mengdene med radioaktivitet som blir igjen etter reprosesseringsrensing i all

72 BNFL, 1999: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment 1998, side 29.

73 AMAP, 1997, side 114.

74 Bunjard, P. 1986: The Sellafield Discharges.

75 Sumner, D. et al. 2000, side 417.

76 Berkhout, F. 1991, side 171.

77 Bunjard, P. 1986: The Sellafield Discharges.

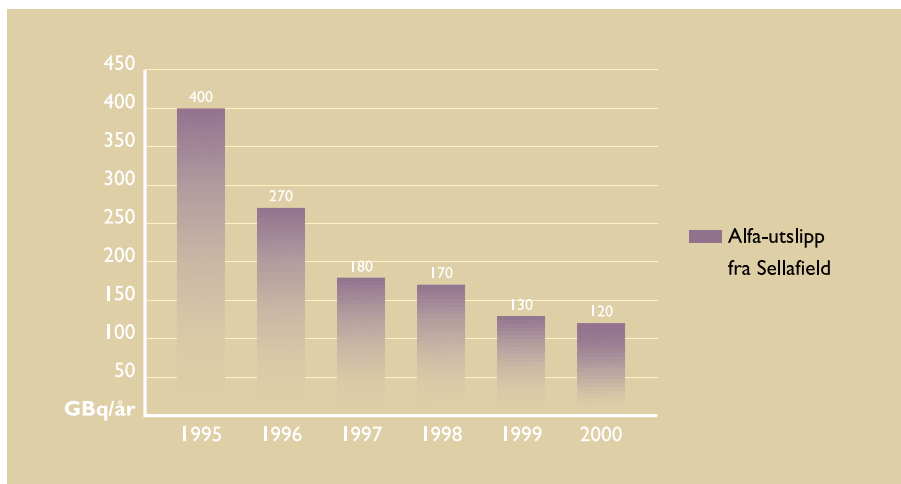
hovedsak ut i et eget renseanlegg på området (EARP). Utslippene fra lagerbassengene for brukt reaktorbrensel renses i et annet anlegg (SIXEP). Å rense ut all radioaktiviteten er imidlertid svært vanskelig og dyrt. Ingen av anleggene kan eksempelvis rense ut det radioaktive produktet technetium-99, som er et restprodukt etter represseringen. Disse isotopene slippes derfor urensset ut i Irskesjøen.

Flytende høyaktivt avfall som blir igjen etter represseringen vitriferes og lagres på anlegget.

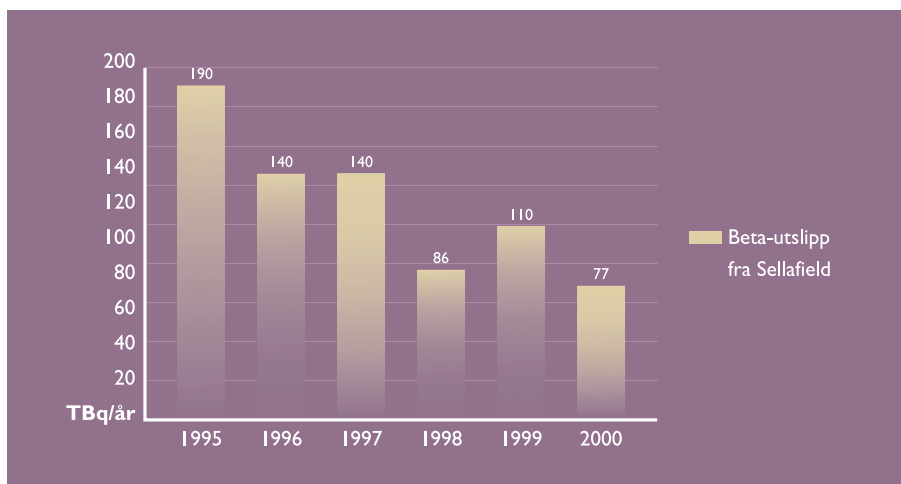
Noe av det mellomaktive flytende avfallet behandles også før det slippes ut i sjøen. Kjølevann fra lagrene med Magnox-brensel renses for cesium-137 og strontium-90. Alt lavaktivt flytende avfall slippes urensset ut i sjøen gjennom utslippsledningen.⁷⁸

I forbindelsen med åpningen av det nye represseringsanlegget THORP installerte BNFL også et nytt renseanlegg, Enhanced Actinide Removal Plant (EARP). Siden dette anlegget ble satt i drift i 1994 har både alfautslippene og betautslippene vært synkende. De totale alfautslippene fra Sellafield har gått ned fra 400 GBq i 1995 til 120 GBq i 2000.⁷⁹

I tillegg til ovennevnte utslipp kommer utslipp fra anleggets kloakkledninger, som også ledes ut i sjøen. Disse utslippene utgjorde i 2000 henholdsvis 0,035 GBq alfa-partikler og 0,49 GBq betapartikler.⁸⁰ Denne typen utslipp forventes å øke noe når ledningsnettet om kort tid ordnes slik at mer regnvann fra en større del av anleggsområdet ledes ned i kloakken.



Tabell 6
Alfautslipp fra Sellafield, målt i GBq.



Tabell 7
Betautslipp fra Sellafield, målt i TBq.

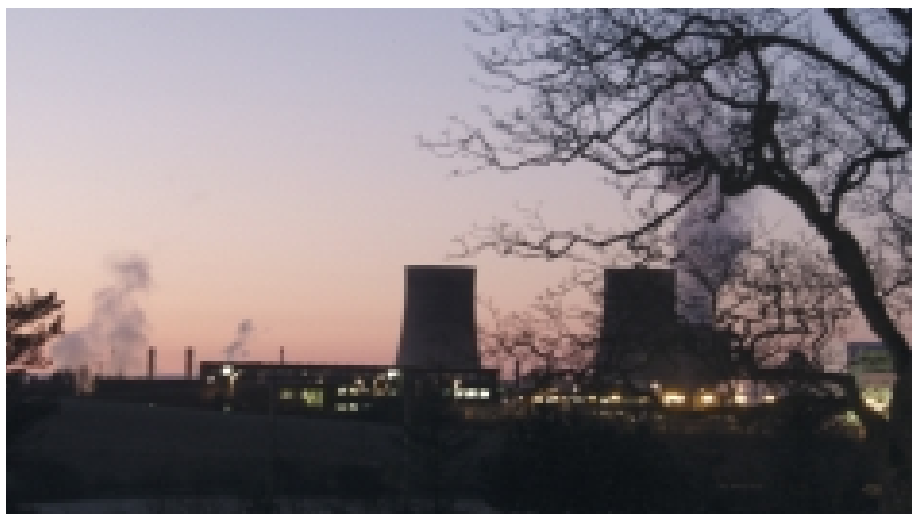
⁷⁸ Ibid.

⁷⁹ BNFL, 2001: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment in the UK, 2000, side 23.

⁸⁰ BNFL, 2001: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment in the UK, 2000, side 25.

Kapittel 5

Utslipp til luft



Utslipp til luft

Flere av anleggene på Sellafield avgir radioaktive utslipp til luft. De største luftutslippene stammer fra ventilasjonsanleggene på THORP, som slipper ut tritium (H-3), karbon-14, krypton-85, strontium-90, ruthenium-106, jod-129, cesium-137, americium-241, argon-41 samt små mengder plutonium.

Det britiske miljødirektoratet, Environment Agency (EA), har de siste tre årene foretatt en ny gjennomgang av samtlige utslipp fra Sellafield, og i august 2002 la EA fram sine forslag til nye utslippsgrenser for Sellafield. Dette forslaget er per juli 2003 fremdeles til behandling i det britiske helsedepartementet, og i Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA).

I forslaget til nye utslippsgrenser fra EA er flere av grensene oppjustert i forhold til det opprinnelige forslaget som var ute på høring høsten 2001. BNFL har i det seneste forslaget klart å forhandle fram høyere grenser både for de totale alfautslippene og for de totale beta-utslippene til luft. De foreslåtte utslippsgrensene ligger henholdsvis 76 og 68 prosent høyere enn de gjorde i høringsutkastet. I tillegg har EA fjernet utslippsgrensen for kobolt-60. Høringsinstansene ble i sin tid forelagt et forslag til grenseverdier som lå langt under det som nå ser ut til å bli implementert, noe som klart har svekket den demokratiske behandlingen av saken. BNFL har dermed gått seirende ut av høringsrunden og fått gjennomslag for krav om langt høyere utslippsgrenser enn det som var foreslått.

Følgende radionuklider har fått en høyere utslippstillatelse enn opprinnelig foreslått (% høyere): strontium-90 (4 %), ruthenium-106 (100 %), antimon-125 (64 %), cesium-

137 (4 %), plutonium-alfa (19 %), plutonium-241 (3 %), americium-241 + curium-242 (9 %).⁸¹

5.1 Utslipp fra THORP

Noen av de største luftutslippene fra Sellafield stammer fra THORP. De årlige utslippene fra THORP avhenger imidlertid av hvor mye atombrensel som behandles, spesielt gjelder det for utslippet av radioaktivt tritium (H-3). Dagens utslippstillatelse for tritium fra THORP er satt til 33 TBq/år - tillatelsen er gitt av det britiske miljøverndepartementet og trådte i kraft 17. januar 1994. Tillatelsen baserer seg på at det skal kunne represseres mellom 400 og 8.000 tonn brensel.⁸² Hvis det imidlertid represseres mer brensel, er tillatelsen 43 TBq per år, mens den ved 100-400 tonn repressert brensel ligger på 22 TBq per år.⁸³

Så langt har BNFL klart å holde utslippene innenfor disse utslippsgrensene, men dette skyldes i stor grad at THORP ikke har behandlet like mye brensel som forventet. Med de nye målsettingene om å repressere mer enn 1.000 tonn brensel per år kan dette bli vanskelig. Dessuten har mye av brenselet som skal represseres de nærmeste årene en høyere utbrenning og en kortere kjøletid enn det brenselet en tidligere har repressert i THORP. Dette kan medføre økte utslipp.

Framskrivninger for framtidige utslipp fra BNFL viser at selskapet i framtiden kan få problemer med å holde seg innenfor utslippsgrensene. BNFL planlegger en stor økning i sine tritiumutslipp de kommende årene og har ved flere anledninger gitt uttrykk for at utslippsgrensene er for

Radionuklid	Nåværende grense (GBq/år)	Foreslått grense (GBq/år)	Foreslått reduksjon i grense (%)
H-3	1 500 000	1 100 000	27
C-14	7300	3300	55
S-35	210	210	0
Ar-41	3 700 000	1 600 000	57
Co-60	0,92	-Ingen grense-	-
Kr-85	590 000 000	440 000 000	25,5
Sr-90	9,4	0,71	92
Ru-106	56	28	50
Sb-125	5	2,3	54
I-129	70	70	0
I-131	55	55	0
Cs-137	18	5,8	68
Pu-alfa	1,2	0,19	84
Pu-241	17	3	82
Am-241 + Cm-242	0,74	0,12	84
Total alfa	2,5	0,88	65
Total beta	340	42	88

Tabell 8: Gjeldende utslippstillatelse fra Sellafield til luft, samt foreslåtte endringer fra EA (Kilde: EA 2002).

⁸¹ Environment Agency, 2001/ 2002, referert i Amundsen, I. et al. 2003.

⁸² BNFL, 2001: Discharge and Monitoring of the Environment in the UK 2000, side 26.

⁸³ Forwood, M. 2001.



strengere. Skal BNFL holde seg innenfor utslippsgrensene kan det dermed se ut til at de må reprocessere mindre brensel enn planlagt og ytterligere tirre på seg allerede irriterte kunder. Alternativet er at BNFL må bryte de fastsatte utslippsgrensene.

I EAs siste utslippsvurdering for Sellafield er et av forslagene å redusere utslippsgrensene for Ru-106 fra THORP fra 50 GBq/år til 37 GBq/år. Ifølge BNFL kan dette medvirke til at de ikke når de reprosesseringsmålene som de har satt seg. BNFL skriver: "*There is a risk that this could constrain future THORP's business as there is a high degree of uncertainty in Ru-106 projections due to its relatively short half-life (extreme sensitivity to fuel cooling variations) and the current lack of experience in processing higher burn-up/short cooled fuels through THORP.*" BNFL skriver videre: "*Any further limit reductions at this time would clearly not be appropriate.*"

Tidligere utslippsberegninger fra THORP er gjort på basis av brensel som har stått til kjøling i opp til tolv år. De kommende årene vil BNFL reprocessere brensel som har hatt en kjøletid på bare fem år, og som har en mye høyere utbrenning enn brensel de har behandlet tidligere. Dette vil igjen kunne føre til høyere utslipp.⁸⁴

De årlige utslippene fra Sellafield avhenger av hvor mye atom-brensel som behandles i THORP.

⁸⁴ BNFL, 2000: Review of discharges and disposal of radioactive waste, side 10-11.

Kapittel 6

Radioaktiv

forurensning

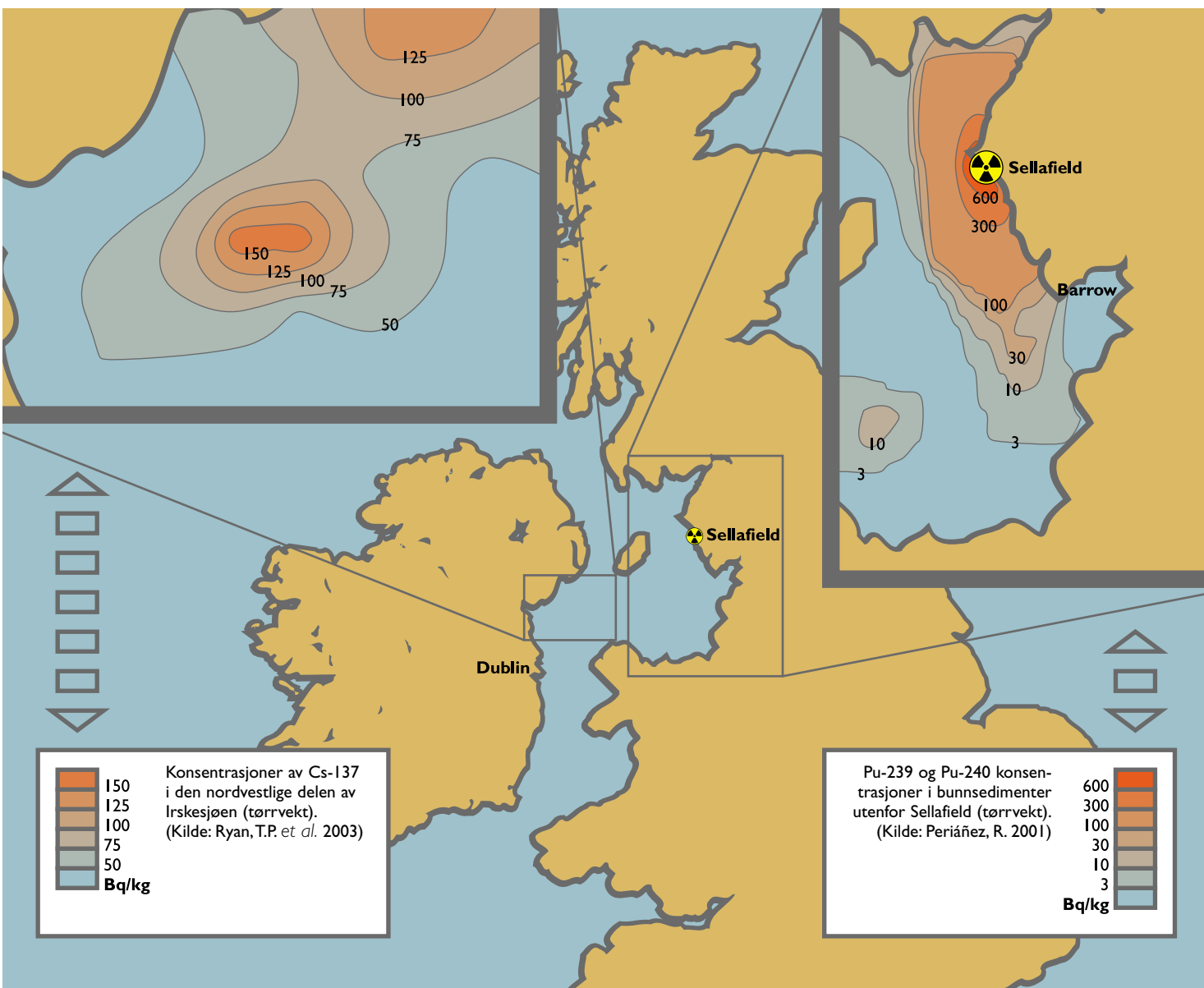


Radioaktiv forurensning

Radioaktiviteten som slippes ut fra Sellafield forplanter seg til miljøet i hele Irskesjøen. Radioaktive isotoper som er sluppet ut fra Sellafield finnes i større eller mindre konsentrasjoner både i sjømat, som fisk, skjell og krabbe, og i miljøet for øvrig som sjøvann, bunnsedimenter og i gress på land. Konsentrasjoner av radioaktivitet i det marine miljø reflekterer i hovedsak utslipp til sjøen, mens konsentrasjoner av radioaktivitet på land i hovedsak skyldes luftutslipp. Noe overlapping finner imidlertid sted, da radionuklider kan transporteres fra sjø til land med tidevannsbevegelser, sjøsprøyt og andre sjø-til-landprosesser. Konsentrasjoner av plutonium, cesium-137 og americium-241 skyldes i hovedsak historiske utslipp.⁸⁵ Det britiske miljødirektoratet, Environment Agency, har

et eget overvåkingsprogram for radioaktiv forurensning i miljøet rundt Sellafield. Under dette programmet gjøres det målinger av radioaktiviteten langs strendene i Cumbria, i sjøvannet langs kysten, samt i elver og innsjøer på land. I tillegg beregnes stråledoser til mennesker som ferdes langs strendene.

Et annet overvåkingsprogram gjennomføres av Food Standards Agency (FSA) i samarbeid med Scottish Environment Protection Agency (SEPA). Gjennom dette programmet overvåkes den radioaktive forurensningen i planter og dyr både på land og i vann i området rundt anlegget. I tillegg har BNFL sitt eget overvåkingsprogram. Dette kapittelet søker å sammenfatte informasjonen fra de forskjellige overvåkingsprogrammene.



85 BNFL, 2000: Discharges and Monitoring of the Environment in the UK Annual Report.

6.1 Irskesjøen

Radioaktive utslipp til sjø fra Sellafield havner i Irskesjøen. Irskesjøen utgjør det 2.400 km² store havområdet mellom England og Irland, som er delvis innesluttet med kun åpning i syd og i nord mot henholdsvis Den engelske kanal og Nordvest-Atlanteren. At havområdet er delvis innesluttet, hindrer i stor grad sirkulasjon av vannmassene, som i sin tur reduserer den effektive mengden vann til å fortynne radioaktive utslipp i Irskesjøen. I løpet av sommerhalvåret skapes en relativt lukket sirkulasjon, mens sirkulasjonen øker noe i vinterhalvåret.⁸⁶

Irskesjøen er i dag verdens mest radioaktivt forurensede havområde.⁸⁷ Ifølge Quality Status Report (QSR) for 2000 fra OSPAR, en konvensjon for beskyttelse av miljøet i Nordøst-Atlanteren, er Irskesjøen forurenset med omtrent 200 kilo plutonium.⁸⁸ Spor av kunstige radioaktive stoffer finnes i hele Irskesjøen, og i økende grad jo nærmere Sellafield-anlegget prøvene tas. Nivåene av cesium-137 i sjøvannet varierer fra omtrent 500 Bq/m³ i nærheten av utslippsrøret til 2 Bq/m³ på åpent hav.⁸⁹ Cesium-137 er den kunstige radionukliden som i størst grad bidrar til eksponering for mennesker. I Irland bidrar cesium-137 fra Sellafield til 60-70 prosent av den stråledosen den mest utsatte befolkningsgruppen mottar fra kunstige radioaktive stoffer.⁹⁰ I områder i nærheten av Sellafield spiller imidlertid andre radionuklider som technetium-99, plutonium-239, plutonium-240 og americium-241 en mer signifikant rolle i forhold til dosene til den mest utsatte befolkningsgruppen.⁹¹

Når det gjelder de økologiske virkningene denne radioaktive forurensningen kan ha på miljøet, hersker det usikkerhet. Følgende står å lese i OSPAR sin QSR fra 2000:

*"The interest in the behaviour of radionuclides in the marine environment has, until now been driven by the objective of protecting human health from ionising radiation through the food chain. While the system of human radiological protection has been well developed through the adoption of internationally recognised guidelines and standards, there are currently no internationally accepted radiological criteria for the protection of marine flora and fauna. The assumption has been that man is the most radiosensitive organism and that if man is adequately protected, then other living things are also likely to be sufficiently protected."*⁹²

De senere år har det blitt en større anerkjennelse for at radioaktiv forurensning kan skade miljøet, selv om det ikke i første omgang skader mennesket. Det er i dag en voksende enighet om at miljøet trenger egen beskyttelse. Det Internasjonale Atomenergibyrået (IAEA) erkjenner nå dette:

"There is a growing need to examine methods to explicitly address the protection of the marine environment from radiation. The concept of sustainable development places environmental protection on the equal footing with human protection, on the basis that it is necessary first to protect the environment in order to protect human populations" (IAEA 1999).⁹³

6.2 Spredning

De forskjellige radioaktive stoffene som slippes ut fra Sellafield sprer seg i ulik grad i miljøet. Av de radioaktive spaltningsproduktene som slippes ut er Tc-99 et av de mest mobile stoffene. Tc-99 sprer seg raskt med havstrømmene, og fra det er sluppet ut fra Sellafield tar det bare fem måneder før stoffet har nådd kysten av Irland. Videre bruker utslippet ni måneder på å spre seg til Nordsjøen og omtrent 2,5 år på å nå norskysten. Anslagsvis vil utslippet ha nådd Barentshavet etter seks år, men da er konsentrasjonene betraktelig redusert.

I sjøvannet utenfor Sellafield-anlegget lå konsentrasjonene av Tc-99 i 2000 på 25 Bq/m³.⁹⁴ Langs norskysten var den gjennomsnittlige konsentrasjonen i 2000 1,3 Bq/m³. I Nordsjøen varierer konsentrasjonene fra 0,22 Bq/m³ til 7,3 Bq/m³.⁹⁵

Tyngre radioaktive stoffer, som plutonium og cesium-137 synker i større grad ned på bunnen av Irskesjøen. Det er beregnet at 85 prosent av all plutonium som er sluppet ut fra Sellafield, fremdeles ligger igjen i sedimentene langs kysten utenfor anlegget. Men selv om disse stoffene synker til bunnen av Irskesjøen spres de likevel i miljøet, blant annet gjennom remobilisering av sedimentene. Det betyr at sedimentene ikke ligger stabilt. Irske studier viser tendenser til at sedimentene beveger seg sørover og vestover mot Irland.

Også skotske fjorder forurenses av de tunge radioaktive stoffene fra Sellafield. Sommeren 2003 rapporterte et irsk forskerteam om høye plutoniumsverdier i de skotske fjordene Solway og Esk. Prøvene var tatt året før, og viste såkalte hot-spots av plutonium og americium-241. Noen målinger viste verdier på hele 15.000 Bq/kg Am-241 og Pu. Dette var langt høyere verdier enn det skotske miljødirektoratet (SEPA) tidligere hadde kunnet påvise. Det irske forskerteamet hadde tatt prøver 80 cm nede i sedimentene, og på den måten fått andre resultater enn SEPA, som tar prøver fra havbunnens overflate.⁹⁶

I Barentshavet er det målt plutoniumskonsentrasjoner på 12,8 millibecquerel/kg. Hovedkilden til plutoniumsforurensning i Barentshavet er nedfall fra atompøvesprengninger, men Statens Strålevern utelukker ikke at det også finnes spor av plutonium fra Sellafield.⁹⁷

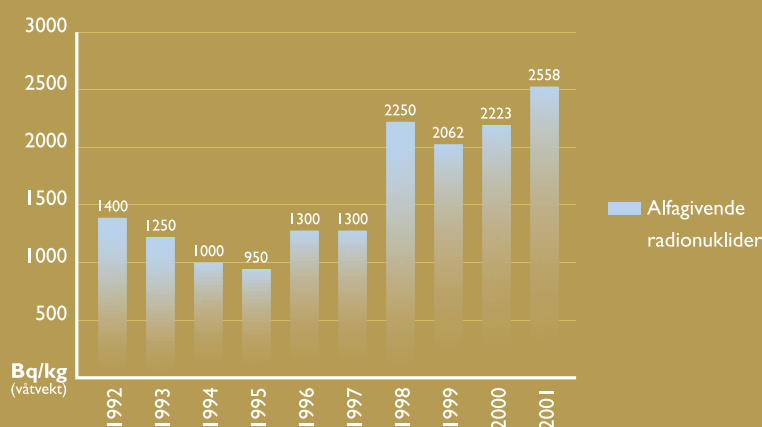
86 Hartnett, M. 2003. Appendix 7.
87 Nies, H. et al. 1999.
88 OSPAR, 2000, para. 4.9.3
89 OSPAR, 2000, para. 4.9.2
90 Ryan, T.P. et al. 2003.
91 OSPAR, 2000, para. 4.9.5
92 OSPAR, 2000, para. 5.3.13

93 OSPAR, 2000, para. 5.3.13
94 BNFL, 2001: Discharges and monitoring of the Environment 2000, side 35.
95 Kolstad, A.K. et al. 2002, side 9.
96 Sunday Herald, 29.06.2003.
97 Rudjord, A.L. et al. 2001, side 22.

6.3 Slam og sandprøver

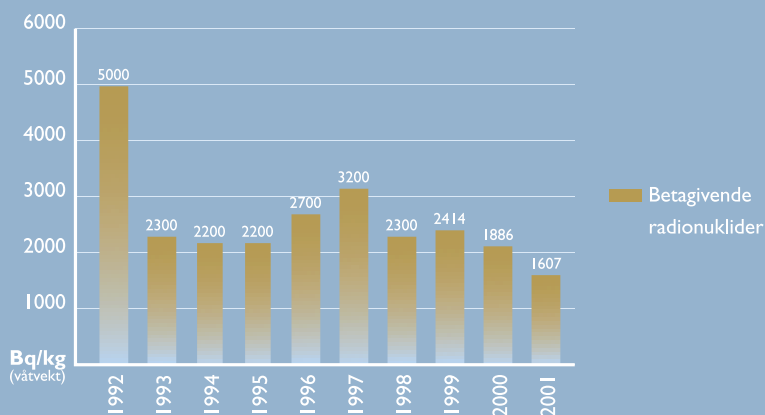
Både BNFL og Environment Agency (EA) tar rutinemessig prøver av sand og slam langs strendene i Cumbria-distriktet i Nordvest-England der Sellafield-anlegget ligger. EA presenterer imidlertid et bedre tallmateriale enn BNFL. Tabell 9 viser konsentrasjoner av alfagivende radionuklider i sedimenter i Newbiggin, noen kilometer sør for Sellafield-anlegget.

Tabell 9
Total mengde alfagivende radionuklider i sedimenter i Vest-Cumbria (Newbiggin). Gjennomsnittlige verdier (Kilde: Environment Agency 1999, 2000, 2001).



Tabell 9 viser at konsentrasjonene av radioaktiv alfagivende forurensning langs denne stranden er mer enn fordoblet siden begynnelsen av 1990-tallet. Tall fra EA viser at dette heller ikke er et enkeltstående tilfelle, men at konsentrasjonene av alfagivende radionuklider langs strender i Cumbria øker jevnt over. Fra 1999 til 2001 hadde konsentrasjonene av radioaktiv alfagivende forurensning langs strender i Vest-Cumbria økt ved 12 av 16 prøvesteder. Beregningene viser et gjennomsnitt av målinger tatt gjennom hele året. Tallmateriale fra EA viser også en tendens til at konsentrasjonene er høyere om høsten

Tabell 10
Total mengde betagivende radionuklider i sedimenter i Vest-Cumbria (Newbiggin). Gjennomsnittlige verdier (Kilde: Environment Agency 1999, 2000, 2001).



enn om våren. Tallmateriale fra 2001 (Newbiggin) viser alfakonsentrasjoner på 3.016 Bq/kg i tredje kvartal. På samme måte viser tallmateriale fra 2000 konsentrasjoner på alfagivende nuklider på 3.469 Bq/kg i fjerde kvartal. Tallmateriale fra 1999 bekrefter også denne tendensen. EA fastslår at denne økningen i alfagivende radioaktiv forurensning antakelig skyldes remobilisering av gamle forurensede sedimenter som ligger på havbunnen utenfor Sellafield. Remobilisering av disse sedimentene spiller en stor rolle i forhold til forurensningssituasjonen i hele Irskesjøen. Tidvis skyldes disse sedimentene i land, eksempelvis ved springflo og tørke, slik at plutonium og andre radioaktive spaltningsprodukter kan spre seg med vinden, eller tas opp i næringskjeden via gress og planter. Til tross for omfattende forskning er det vanskelig å fastslå hvordan disse sedimentene transporteres rundt i Irskesjøen. Informasjonen fra tabell 9 viser imidlertid at sedimentene enkelte steder har en tendens til å bli fraktet opp på land, noe som igjen skaper et økende forurensningsproblem i Cumbria-distriktet.

Går vi nærmere inn på de enkelte prøvene fra Newbiggin vil vi også se at det er de svært radiotoksiske isotopene plutonium-239/240 og americium-241 som i størst grad har forårsaket de høye verdiene. Plutonium-239/240 og americium-241 er tre av de aller mest helseskadelige radionuklidene som finnes, og innånding av selv ørsmå mengder alfagivende plutonium kan føre til kreft.

Tallmateriale viser blant annet plutoniumsverdier på mer enn 850 Bq/kg i fjerde kvartal 2000. Dette bekreftes også av BNFL som i 2000 rapporterte om plutoniumkonsentrasjoner på 820 Bq per kilo slam i samme område (Ravenglass, fem kilometer sør for Sellafield).

FSA har gjennomført egne analyser av hvorvidt sjø-til-land-transport av radioaktiv forurensning i Ravenglass-området gir utslag i næringskjeden. Deres konklusjon er at sjø-til-land-transport av denne forurensningen foreløpig ikke har gitt slike utslag.⁹⁸ Det er imidlertid vanskelig å gjøre framskrivninger for hvordan de radioaktive spaltningsproduktene som nå skyldes opp på strendene vil oppføre seg i kommende århundrer.

Environment Agency har beregnet gjennomsnittsverdiene av plutonium i sedimentene langs strendene i Vest-Cumbria til 500 Bq/kg. Gjennomsnittsverdiene av cesium-137 er beregnet til 346 Bq/kg, og 704 Bq/kg for americium.⁹⁹

Som vi ser av tabell 10 økte betaforurensningen langs strendene i Cumbria på midten av 1990-tallet. Vi kan imidlertid anta at dette i hovedsak skyldtes de høye utslippene av betagivende Tc-99. Fordi Tc-99 så lett transporteres videre med havstrømmene kan vi også se at de radioaktive konsentrasjonene i miljøet har variert i forhold til økende og synkende utslipp av Tc-99 de siste årene.

⁹⁸ FSA/ SEPA, 2002: Radioactivity in Food and the Environment, 2001, side 53.
⁹⁹ EA, 2001: Radioactivity in the Environment. Report for 2001, side 46.



Ingen av de rapportene Bellona har gjennomgått gir imidlertid informasjon om konsentrasjonene av plutonium og andre alfagivende radionuklider på sjøbunnen utenfor selve Sellafield-anlegget. Slik informasjon er nødvendig for å kunne dokumentere kildene til framtidig forurensning. Ingen har heller forsøkt å fastslå den eksakte mengden med forurensede sedimenter som i dag ligger på sjøbunnen utenfor anlegget. OSPAR hevder imidlertid at Irskesjøen kan være forurenset med mer enn 200 kilo plutonium.¹⁰⁰ Tidligere rapporter har også vist at plutonium og americium akkumuleres i slam på sjøbunnen. Britiske miljømyndigheter har tidligere anslått at det 30 kilometer lange kystområdet utenfor Sellafield er forurenset med minst 240 TBq Pu-239/240 og 290 TBq americium-241.¹⁰¹

6.4 Forurensning i marine planter og dyr

Overvåking av hvordan den radioaktive forurensningen fra Sellafield forplanter seg i næringskjeden skjer som en del av det britiske Food Standard Agency sitt nasjonale overvåkingsprogram. Det eksisterer derfor ikke noe eget overvåkingsprogram for området rundt Sellafield. Dette gir seg blant annet utslag i at det tas svært få prøver av de

enkelte plante- og dyreartene, og at de enkelte prøvene ikke analyseres for alle de nødvendige isotopene. Eksempelvis ble det i 2001 bare tatt mellom en og to prøver av de forskjellige fiskeslagene i kystområdet utenfor Sellafield. Ingen av fiskeslagene ble analysert for strontium-90.

Prøver av blæretang ble bare tatt to steder i nærheten av anlegget, og av blåskjell ble det kun tatt fire prøver. Enkelte fiskeslag er ikke analysert i det hele tatt. For kystområdet utenfor Sellafield-anlegget gjelder dette blant annet flyndre og makrell.

I mange tilfeller er man derfor prisgitt data fra operatøren av anlegget, BNFL. BNFL sitt overvåkingsprogram begrenser seg imidlertid til de nærmeste områdene rundt anlegget i tillegg til et område på østkysten av Isle of Man. I likhet med tallmaterialet fra FSA representerer funnene gjerne et gjennomsnitt av flere funn, men i motsetning til FSA oppgir ikke BNFL hvor mange prøver de har tatt av hver enkelt biotop. Det betyr at det kan ha blitt gjort enkeltfunn med mye høyere verdier enn det som presenteres i rapportene.

En svakhet med tallmaterialet til både FSA og BNFL er at alle prøver presenteres i form av våtvekt. Prøver i tørrvekt ville gitt høyere verdier. En del produkter fra

All fisk som fanges i Irskesjøen inneholder spor av radioaktiv forurensning fra Sellafield.

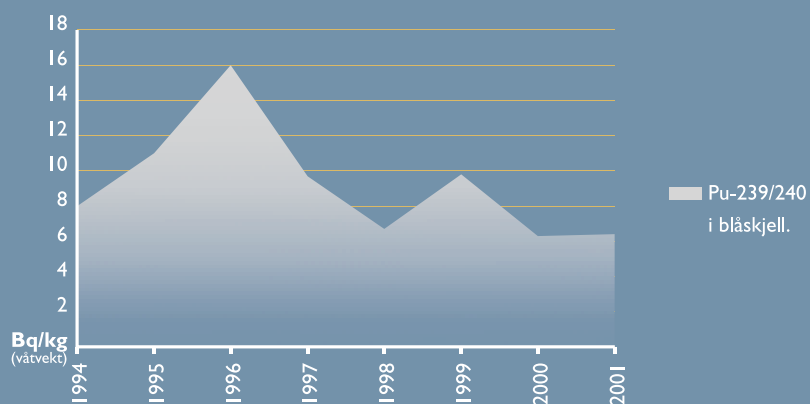
¹⁰⁰ OSPAR, 2000, para. 4.9.3.
¹⁰¹ Kershaw, Pj. et al. 1992.

Tabell 11:
Radioaktiv forurensning i fisk
(utvalgte radionuklider)
Bq/kg våtvekt.
Sellafield kystområde
(BNFL: 2001).

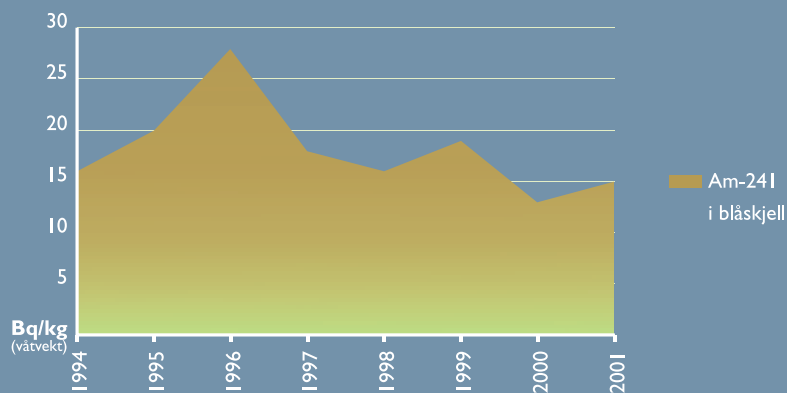
Fisk	Plutonium (alfa)	Am-241	Tc-99	Cs-137	Sr-90	Total beta (FSA 2002)
Rødspette	0,03	0,05	5.1	5.6	<0.14	140
Torsk	0,02	<0,02	3.8	7.7	<0.15	170
Flyndre	0,03	0,03	2.1	21	<0.12	
Makrell	0,04	0,05	7.3	2.9	<0.12	

Tabell 12:
Radioaktiv forurensning
i bløtdyr/skalldyr
(utvalgte radionuklider)
Bq/kg våtvekt. (BNFL 2001).
* Alle prøver er hentet i St Bees,
fire kilometer nord for Sellafield,
unntatt kamskjell som er hentet
offshore.

Bløtdyr/ Skalldyr	Plutonium (alfa)	Am-241	Tc-99	Cs-137	Sr-90	Pu-241 (FSA 2002)
Blåskjell	9	17	1100	3	1.8	68
Albueskjell	12	22	2200	9.6	5.7	66
Kamskjell	1.5	0.8	23	1.3	<0.24	
Krabbe	0.58	1.8	79	0.4	1.5	4,3
Hummer	0.35	6.1	3700	2.9	0.42	4,3
Strandsnegle	16	27	850	10	3.4	100



Tabell 13: Verdier av Pu-239 og Pu-240 i blåskjell utenfor Sellafield. (Kilde: MAFF/ FSA).



Tabell 14: Verdier av Am-241 i blåskjell utenfor Sellafield. (Kilde: MAFF/ FSA).

havet, som for eksempel tang, konsumeres i visse tilfeller i tørrvekt, eller det blir, blant annet i enkelte områder rundt Sellafield, brukt som gjødsel. Prøvene fra Sellafield kystområde er hentet fra en kystlinje som strekker seg 15 kilometer nord og sør for Sellafield-anlegget, samt 11 kilometer ut i havet. Dette gjelder både for BNFL og FSA sine prøver.

Av tabell 11 kan vi også se at flyndren tar opp i seg mer av det historiske avfallet med Cs-137, som i dag er blandet med sedimentene langs kysten. Dette kan skyldes at flyndren i større grad holder til nede på havbunnen. I tillegg kan det se ut til at makrell har en større evne til å ta opp i seg Tc-99 enn de andre fiskeslagene. Prøven av torsk er tatt i Whitehaven.

Tall fra FSA viser relativt høye Tc-99 konsentrasjoner i rødspette (kongeflyndre) og tungeflyndre som er fanget "offshore" for Sellafield. Disse inneholdt henholdsvis 64 og 67 Bq/kg Tc-99.¹⁰²

De høye konsentrasjonene av Tc-99 bekrefter at denne nukliden oppkonsentreres i bløtdyr og skalldyr, og da spesielt i hummer (Tabell 12).

Selv om BNFL har rapportert lavere utslipp av plutonium og americium etter åpningen av renseanlegget EARP i 1994, er likevel konsentrasjonene av disse radioaktive stoffene i det marine miljøet mer eller mindre konstante. På slutten av 1990-tallet økte konsentrasjonen av Am-241, Pu-239 og Pu-240 i blåskjell utenfor Sellafield. Det viser undersøkelser gjennomført av Ministry of Agriculture Fisheries and Food (MAFF), forløperen til FSA. Nye tall fra FSA bekrefter at verdiene heller ikke ser ut til å synke (Tabell 13).

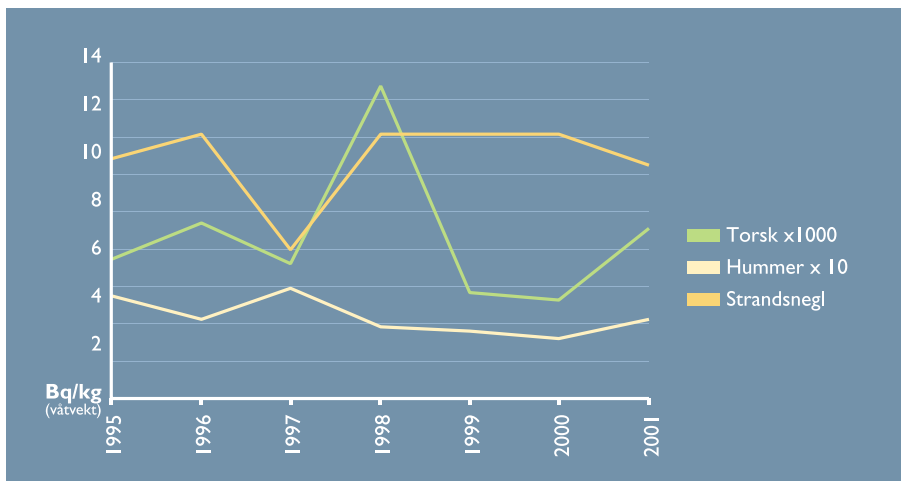
¹⁰² FSA/ SEPA 2002: Radioactivity in Food and the Environment, 2001.



Radioaktivt Tc-99 oppkonsentreres i blant annet blåskjell.

Tabell 15 viser liknende tendenser. Selv om utslippet av radiotoksisk plutonium er redusert, forblir konsentrasjonene i miljøet stabile.

Også i Irland har man de siste årene sett økende verdier av plutonium i blant annet blåskjell. Undersøkelser gjennomført av Radiological Protection Institute of Ireland (RPII) viser at konsentrasjonene av plutonium og americium i irske blåskjell ved Carlingford, ble fordoblet i perioden 1992 til 1998.¹⁰³ Konsentrasjonene av plutonium-239/-240 i irske blåskjell ligger i dag på mellom 0,015 og 0,016 Bq/kg.¹⁰⁴ Plutonium-239 og americium-241 har en halveringstid på 24.100 år og 432 år. Konsentrasjonene av disse radionuklidene i irsk sjømat kan variere radikalt fra år til år som følge av remobilisering av forurensede bunnsedimenter i Irskesjøen. RPII framhever spesielt remobilisering av forurensede bunnsedimenter som den viktigste årsaken til den radioaktive forurensningen langs kysten av Irskesjøen. Cesium-137 er den dominerende radionukliden. Den står ifølge RPII for



Tabell 15: Konsentrasjoner av Pu-239/240 i torsk, hummer og strandsnegl (FSA/SEPA 1996-2002).

¹⁰³ Greenpeace International, 1998.
¹⁰⁴ Ryan, T.P. et al. 2003, side 15.

60-70 prosent av den totale stråledosen til de som livnærer seg på sjømat fra Irskesjøen.¹⁰⁵

6.4.1 Forurensning i tang

BNFL og FSA tar også prøver av blæretang utenfor Sellafield. Tc-99 oppkonsentreres i særlig stor grad i denne tangarten. Andre tang- og tarearter, som sagtang, fingertare og grisetang, eksisterer det ikke tallmateriale for. Det tas imidlertid prøver av fjærehinne (*Porphyra umbilicalis*), som tidligere ble høstet langs lokale strender til produksjon av brød, men som også kan brukes som krydderstoff.

En svakhet med tallmaterialet er at det representerer tang i våtvekt. Ettersom tang og tangprodukter stort sett benyttes i tørrvekt gir tallmaterialet derfor en noe uriktig framstilling. Blæretang har imidlertid et vanninnhold på ca. 72 prosent, og det vil derfor være rimelig å anta at man kan beregne tørrvektsverdiene ved å multiplisere prøveresultatene med 3,6.¹⁰⁶

Tang og tare	Plutonium (alfa)	Am-241	Tc-99	Cs-137	Sr-90
Blæretang/ <i>Fucus vesiculosus</i> (tørrvekt)	30 (108)	8 (29)	25.000 (90.000)	6,9 (25)	<9 (32)
Fjærehinne/ <i>Prophyra umbilicalis</i>	7,3	12	96	4,5	<7

Tabell 16: Radioaktiv forurensning i tang og tare (utvalgte radionuklider) Bq/kg (tørrvekt i parentes).

* Prøver av blæretang er hentet ved Drigg, 3 kilometer sør for Sellafield-anlegget. Prøver av fjærehinne er hentet fra St. Bees, fire kilometer nord for Sellafield. Tallene er fra 2000.¹⁰⁷

6.5 Andre prøver fra nærområdet til Sellafield

I området rundt Sellafield er det ved flere anledninger funnet konsentrasjoner av plutonium og americium-241 som er høyere enn det som er funnet i den forbudte sonen rundt Tsjernobyl. I en studie av radioaktiv forurensning i Wales, utført av Her Majesty's Inspectorate of Pollution, framkommer det at det i nærheten av Sellafield er funnet plutoniumsforurensning på 17.300 Bq/m² og americium-241 konsentrasjoner på 15.300 Bq/m². Disse nivåene av plutoniumsforurensning er nesten 100 ganger høyere enn det som ble funnet i prøver tatt 50 kilometer nord for Tsjernobyl etter ulykken i 1986, som var 188 Bq/m².¹⁰⁸ Her Majesty's Inspectorate of Pollution er i dag en del av Environment Agency.

Greenpeace International har gjort liknende målinger. Jordprøver organisasjonen tok i 1998 syv kilometer sør for Sellafield ble analysert av Universitetet i Bremen, og viste americium-241 konsentrasjoner på 30.000 Bq/kg. Til sammenligning viser prøver tatt 800 meter fra Tsjernobyl-reaktoren konsentrasjoner på omtrent 1.300 Bq/kg. Sellafield-prøven viste også kobolt-60 konsentra-

sjoner på 40 Bq/kg og cesium-137 konsentrasjoner på 9.400 Bq/kg. 13 kilometer fra Tsjernobyl-reaktoren ligger kobolt-60 konsentrasjonene på 10 Bq/kg og konsentrasjoner av cesium-137 på omtrent 7.300 Bq per kilo jord.¹⁰⁹ Prøver Environment Agency tok noen kilometer sør for Sellafield i Carlton Marsh i 2001, viste kobolt-60 konsentrasjoner på 83 Bq/kg.¹¹⁰ Kobolt-60 avgir sterk gammastråling. Den totale radioaktive forurensningen i Tsjernobyl-området er selvfølgelig mye høyere.

6.6 Tilfeller av leukemi blant lokalbefolkningen

Flere studier har vist at risikoen for å utvikle leukemi og lymfekreft er større blant befolkningen som vokser opp i nærheten av Sellafield enn blant resten av befolkningen i Storbritannia. Et forskerteam fra universitetet i Southampton, ledet av professor i epidemiologi Martin J. Gardner, publiserte i 1990 en femårig studie som fant ti

ganger flere tilfeller av leukemi i landsbyen Seascale, to kilometer sør for Sellafield, enn statistisk forventet.¹¹¹ Studien som ble publisert i British Medical Journal, fant fem tilfeller av leukemi, hvor det normalt bare skulle ha vært 0,5. Samme studie fant at 4,5 ganger så mange barn døde av kreft i Vest-Cumbria mellom 1968 og 1978 enn i resten av landet. Dette til tross for at flere tilfeller av kreft ikke hadde kommet med i studien.¹¹²

Tidligere hadde et britisk tv-team gjort liknende funn. Et dokumentarsteam fra Yorkshire Television publiserte i 1983 funn som viste over syv ganger så mange leukemifall blant barn og unge i Seascale enn normalt. Alle barna som hadde utviklet leukemi, var født og oppvokst i Seascale, ingen var tilflyttet.¹¹³ Flere grundige undersøkelser har kunnet vise liknende sammenhenger.¹¹⁴ Studien fra 1990 konkluderer med at barn av Sellafield-arbeidere hadde en større risiko for å utvikle leukemi og lymfekreft enn andre barn. Studien utpeker ioniserende stråling ved Sellafield-anlegget som den mest sannsynlige årsaken, og antyder at denne strålingen har ført til at fedrene med større sannsynlighet vil få barn som utvikler leukemi (Gardner-hypotesen).

Gardner-tesen er nylig blitt underbygget av et team fra

105 Ryan, T.P. et al. 2003, side 15.

106 Amundsen, I. 2003, (Etter forespørsel).

Vanninnhold i blæretang fra Hillesøy målt av Statens Strålevern

107 BNFL, 2001: Annual Report on Discharges in the UK, 2000, side 34.

108 Greenpeace International, 1990: Coastal Pollution in the Irish Sea.

109 Greenpeace International press release, 09.10.1998.

110 Environment Agency, 2003: Radioactivity in the Environment. Report for 2001.

111 Gardner, M.J., et al. 1990.

112 Downs, S. 1990.

113 Gardner, M.J., et al. 1987.

114 Beral, V. et al. 1993.



universitetet i Newcastle. Deres studie anslår at barn av fedre som har jobbet på det omstridte anlegget, med dobbelt så stor sannsynlighet som andre barn kan utvikle leukemi og lymfekreft. Studien sammenliknet de medisinske journalene til 9.859 barn av fedre som har arbeidet på Sellafield, med 256.851 andre barn i Cumbria-distriktet fra perioden 1950 til 1991. Studien viste også at barn under syv år, født i Seascale mellom 1950 og 1991 med 15 ganger større sannsynlighet enn andre barn ville utvikle lymfekreft eller leukemi. Studien legger vekt på at ansatte ved anlegget ble utsatt for mye høyere stråledoser for tretti år siden enn det som er vanlig i dag.¹¹⁵

Til tross for disse statistiske sammenhengene har forskere ikke kunnet gi en sikker forklaring på de mulige årsakssammenhengene mellom Sellafield og økende risiko for å utvikle visse typer kreft. Stadig flere forskere argumenterer derfor for at det er de vitenskapelige modellene som ligger til grunn som er utilstrekkelige til å påvise en slik årsakssammenheng.

BNFL legger i større grad vekt på andre årsakssammenhenger og støtter seg på en tese utviklet av professor Leo Kinlen. Kinlen legger vekt på at den miksing av

befolkningen som oppstod da folk flyttet til området, blant annet for å arbeide ved anlegget, resulterte i spredningen av et virus som forårsaket leukemi.¹¹⁶ Teorien ble første gang utviklet av Kinlen i 1988, men har oppnådd svært liten anerkjennelse internasjonalt. Det er heller aldri påvist noe slikt virus som Kinlen refererer til.

Disse barna leker på den radioaktivt forurensede stranda utenfor landsbyen Seascale. I bakgrunnen sees Sellafield.

¹¹⁵ Dickinson, H.O. and Parker, L. 2002.

¹¹⁶ Doll, R. 1999.

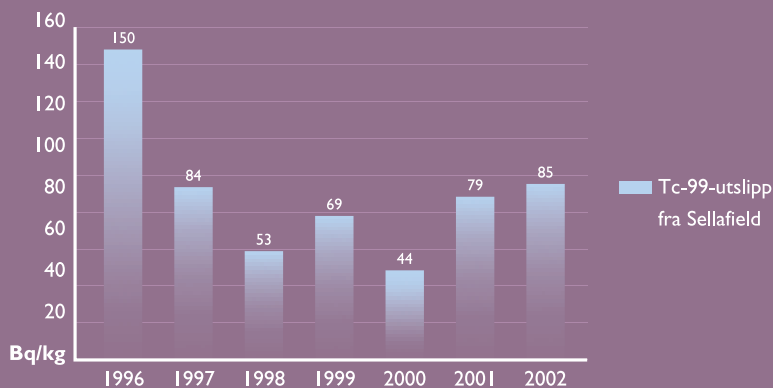
Kapittel 7

Utslipp av

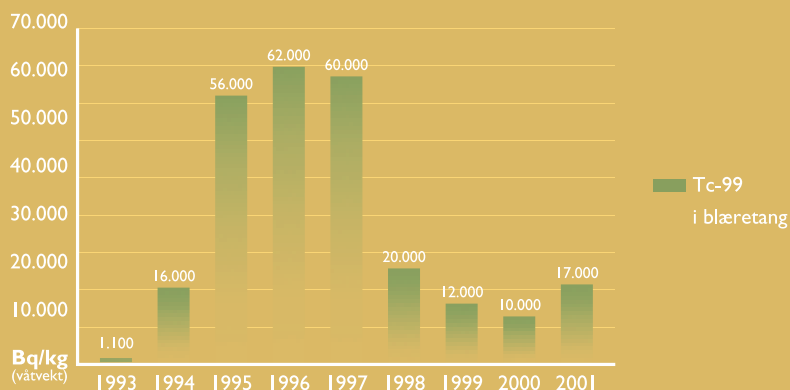
technetium-99



Utslipp av technetium-99

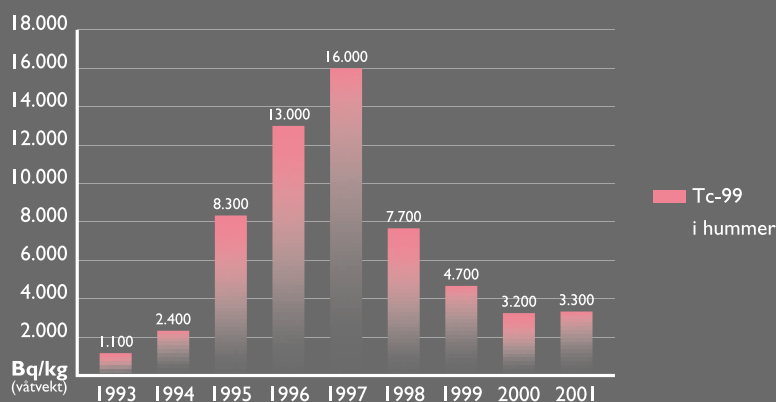


Tabell 17: Utslipp av Tc-99 fra Sellafield til sjø de siste syv år (TBq).



Tabell 18: Tc-99 verdier i blæretang (*Fucus vesiculosus*) utenfor Sellafield (Kilde: FSA/SEPA).

* Prøvene av blæretang representerer et årlig gjennomsnitt av fire prøver hentet utenfor Sellafield.



Tabell 19: Tc-99 verdier i hummer utenfor Sellafield (Kilde: FSA/SEPA).

* Prøvene av hummer representerer et årlig gjennomsnitt av åtte prøver hentet utenfor Sellafield.

I 1994 begynte BNFL nye store utslipp av radioaktivt technetium-99 (Tc-99) fra Sellafield. Fra å ha ligget på mellom 4-6 TBq/år gjennom hele 1980-tallet, økte utslippene til hele 190 TBq i 1995. I femårsperioden 1994-1998 slapp BNFL hele 530 TBq Tc-99 fra Sellafield.¹¹⁷ Utslippene sank noe på slutten av 1990-tallet, men har de siste tre årene igjen steget (se tabell 17). Tc-99 er et kunstig radioaktivt spaltningsprodukt som avgir betastråling, og som har en halveringstid på 213.000 år. Den lange halveringstiden innebærer i realiteten at utslippet er irreversibelt; altså at stoffet når det først er sluppet ut i miljøet vil bli der nærmest for alltid. Stoffet er svært mobilt og transporteres lett med havstrømmene til andre områder, noe som har forårsaket forurensning av blant annet tang og hummer langs norskekysten.

Utslippene stammer fra reprosessering av Magnox-brensel. Flytende mellomaktivt avfall (MAC) fra BNFLs reprosesseringsanlegg for Magnox (B205) ble tidlig på 1980-tallet lagret i store tanker på området (bygning B211) i påvente av det nye renseanlegget Enhanced Actinide Removal Plant (EARP). Da EARP ble satt i drift i 1994 begynte en å slippe det flytende avfallet ut i sjøen etter at det hadde blitt rensert i EARP. Men selv om EARP renser ut plutonium, cesium-137 og strontium-90 fra det historiske avfallet, renser det ikke ut Tc-99.

Også ved THORP dannes det Tc-99 som avfallsstoff fra reprosessering. Utslippene av Tc-99 fra THORP blir imidlertid vitrifisert sammen med annen høyaktivt væske fra dette anlegget.

I januar 2000 ble utslippstillatelsen for Tc-99 for Sellafield-anlegget redusert fra 200 TBq i året, til 90 TBq i året. Den nye utslippsgrensen er likevel ni ganger høyere enn den var i 1993, da den lå på 10 TBq per år.¹¹⁸ Det kan derfor virke som om utslippstillatelsen har blitt endret etter BNFL sine behov og ikke av hensyn til stoffets virkning på det marine miljø. Det britiske miljøverndepartementet har heller ikke satt noen grenser for hvor mye Tc-99 BNFL skal få lov til å slippe ut totalt. BNFL har dermed tillatelse til å slippe ut så mye Tc-99 de bare vil, så lenge de fordeler utslippet over en lenger periode.

7.1 Technetium-99 i det marine miljøet i Irskesjøen

De enorme utslippøkningene har hatt store miljømessige konsekvenser for nærområdene rundt Sellafield-anlegget og miljøet i resten av Irskesjøen. Tc-99 har en spesiell evne til å oppkonsentreres i skaldyr og visse tangarter. Spesielt oppkonsentreres Tc-99 i hummer og blæretang (*Fucus vesiculosus*). Både BNFL og FSA tar prøver av blæretang og hummer utenfor Sellafield.

¹¹⁷ BNFL 2000: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment in the UK 1999, side 28.

¹¹⁸ CORE Research Paper: 05.03.1998.

I Norge høstes tang til produksjon av tangmel og til bruk som tilsetningsstoff i helsekostprodukter. I Norge og Irland er det derfor vanlig å presentere målinger av radioaktivitet i tang i tørrvekt. Britene på sin side presenterer målinger i våtvekt, noe som gir inntrykk av lavere verdier. Fordi blæretang har et vanninnhold på ca. 72 prosent, er det imidlertid rimelig å anta at man kan beregne tørrvektverdier av blæretang ved å multiplisere prøve-resultatene målt i våtvekt med 3,6.¹¹⁹

Tc-99 har også en tendens til å oppkonsentreres i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og sagtang (*Fucus serratus*). Men verken BNFL eller FSA tar prøver av disse tangartene utenfor Sellafield. FSA har tatt noen få prøver av grisetang i Skottland.

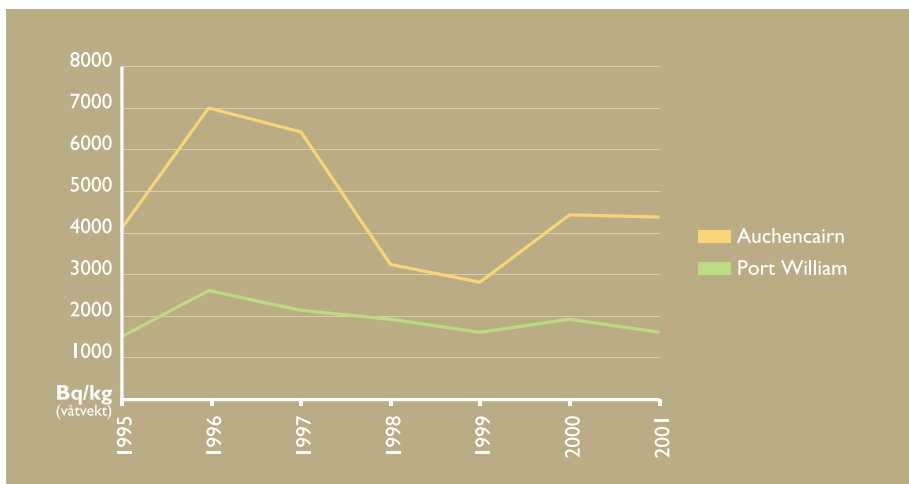
Tabell 18 og 19 viser hvordan konsentrasjonene av Tc-99 i tang og hummer raskt økte etter at Tc-99 utslippet startet i 1994. EUs tiltaksgrenser for radioaktivitet i mat, som skal gjelde ved en framtidig atomulykke, er på 1.250 Bq/kg.¹²⁰ Tc-99 konsentrasjonene i tang og hummer utenfor Sellafield ligger fremdeles skyhøyt over denne tiltaksgrensen.

Både BNFL og Environment Agency rapporterer dessuten høyere konsentrasjoner av Tc-99 i tang og hummer enn det FSA har gjort de siste årene. Så sent som i 2000 målte BNFL konsentrasjoner på 25.000 Bq/kg Tc-99 (våtvekt) i blæretang utenfor Sellafield. Samme år rapporterte selskapet konsentrasjoner i hummer på 3.700 Bq/kg (våtvekt).¹²¹ Environment Agency rapporterte i 2000 og 2001 verdier i blæretang utenfor Sellafield på henholdsvis 19.900 Bq/kg (våtvekt) og 8.980 Bq/kg (våtvekt) - altså nesten dobbelt så høye verdier som det FSA rapporterte.¹²² Tall fra BNFL sin årsrapport for 1998 viser prøver av blæretang i Drigg, 3 kilometer sør for Sellafield, med verdier på hele 72.000 Bq/kg Tc-99 (våtvekt). Dette var mer enn tre ganger så mye som det FSA rapporterte.¹²³

I BNFLs kvartalsrapporter er det imidlertid notert enda høyere konsentrasjoner. Blant annet i en kvartalsrapport fra 1997 rapporteres det om hummer med 52.000 Bq/kg Tc-99 (våtvekt), og verdier på 140.000 Bq/kg i blæretang. Funnet på 52.000 Bq/kg i hummer ble referert til i kvartalsrapporten som ".subject to management investigation".¹²⁴

Den store variasjonen i de enkelte organisasjonenes måleprogram viser at FSA sitt tallmateriale er konservativt. Deres tallmateriale viser på ingen måte "worst case"-tilfellene i det lokale marine miljø.

I Norge har Statens Strålevern kunnet konstatere at Tc-99 verdiene i tang ser ut til å stige i vinterhalvåret.¹²⁵ Dette kan kanskje forklare de store variasjonene mellom de funn BNFL, FSA og EA har rapportert de siste årene. Verken BNFL eller FSA opplyser når på året de har tatt sine prøver.



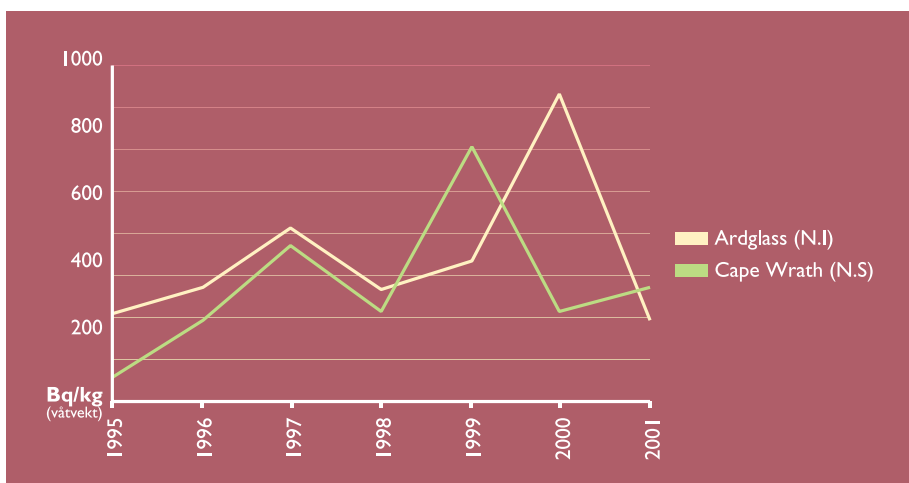
Tabell 20
Tc-99 konsentrasjoner i blæretang fra Sørvest-Skottland (Kilde: FSA/ SEPA).

I motsetning til norsk tang, blir tang fra kysten av Sellafield i liten grad tatt i bruk til videreforedling og konsum. FSA opplyser imidlertid at tang fra kysten utenfor Sellafield i noen tilfeller blir brukt som gjødsel på land.

Fisk har en mindre evne til å ta opp i seg Tc-99 enn hummer og krabbe, men også i fisken finner en konsentrasjoner av Tc-99. I havnebyen Barrow, sør for Sellafield, ble det i 1998 målt konsentrasjoner på 14 Bq Tc-99 i rødspette. Tall fra BNFL kan tyde på at det er makrell som har størst evne til å ta opp i seg Tc-99, men det var først i 2000 at BNFL begynte å ta prøver av dette fiskeslaget. Tall fra 2000 viste verdier av Tc-99 i makrell på 7,3 Bq/kg.¹²⁶

Tabell 20 og 21 viser konsentrasjoner av Tc-99 i blæretang fra Skottland og Nord-Irland. Verdiene i blæretang i Port William har økt tretti ganger i perioden 1992 til 1996. Bare fra 1995 til 1996 økte verdiene med 73 prosent, fra 1.500 Bq/kg til 2.600 Bq/kg. De høyeste verdiene som foreløpig er funnet i Skottland, er på 7.300 Bq/kg (våtvekt) og ble registrert i blæretang i Dumfries i 1998. Det irske strålevernet (RPII) gjør også målinger av Tc-99,

Tabell 21
Tc-99 konsentrasjoner i blæretang i Nord-Skottland og Nord-Irland (Kilde: FSA/ SEPA).



119 Amundsen, I. 2003. (Etter forespørsel.)

120 Brown, J. et al. 1998.

121 BNFL, 2001: Discharges and Monitoring of the environment in the UK 2000.

122 Environment Agency, 2000: Radioactivity in the Environment, side 107.

123 BNFL, 1999: Annual Report on Discharges and monitoring of the Environment 1998, side 41

124 BNFL, 1997: Quarterly reports, referert i CORE Briefing No. 4. 05.03.1998.

125 Kolstad, A.K. og Lind, B. 2002.

126 BNFL, 2001: Annual Report on Discharges and monitoring of the Environment 2000, side 37.

både i tang og hummer. RPII måler imidlertid tang i tørrvekt. Etter at utslippet av Tc-99 startet i 1994 ble det i løpet av det første året målt en fire- til femdobling av Tc-99 innholdet i blæretang i Irland. I Greenore fant irske myndigheter i 1995 blæretang med verdier på 4.640 Bq/kg (tørrvekt). I 2000 var verdiene i samme område på 5.613 Bq/kg.¹²⁷

Undersøkelsene til FSA og SEPA viser videre at verdiene av Tc-99 i hummer på den skotske nordkysten ble tredoblet fra 1994 til 1996, og doblet fra 1995 til 1996. Hummer i Nord-Irland har i dag et Tc-99 innhold på 180 Bq/kg (våtvekt). De høyeste verdiene som ble målt i irsk hummer i 2001 viste verdier på 322 Bq/kg (våtvekt).¹²⁸

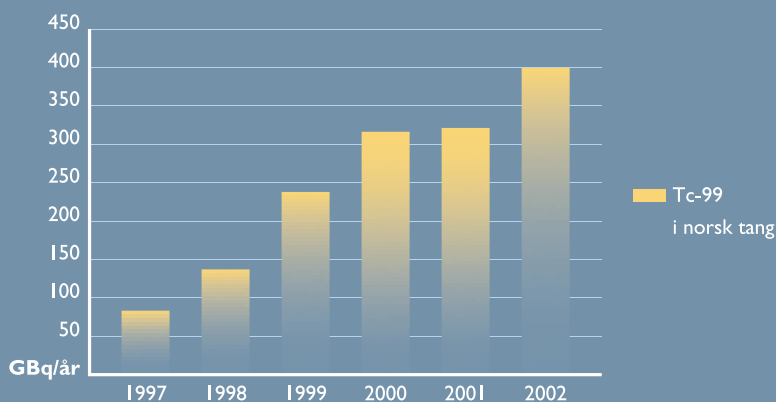
7.2 Technetium-99 i det norske marine miljø

Tc-99 utslipp fra Sellafield bruker omtrent 2,5 år på å nå kysten av Norge. Ganske raskt etter den kraftige utslipp-søkningen fra Sellafield i 1994 ble det derfor målt forhøyede verdier av stoffet langs hele norskekysten. Allerede i november 1996 hadde Tc-99 konsentrasjoner nådd kysten av Rogaland, og i desember 1997 hadde stoffet nådd kysten av Troms. Prøver utført av Statens Strålevern i 2000 viser at technetium-99 kan spores helt til Svalbard.

I løpet av 1996-97 ble Tc-99 funnet i tang, blåskjell, reker og hummer langs hele norskekysten. Prøver tatt i ytre Oslofjord viste at konsentrasjonene av Tc-99 i blæretang hadde blitt femdoblet på bare ett år, fra 36 Bq/kg i 1996 til 170 Bq/kg (tørrvekt) i 1997.¹²⁹ I 1998 hadde disse verdiene igjen økt til 285 Bq/kg. Verdiene målt i reker og blåskjell var mye lavere (varierte fra 2,2 Bq/kg. til 7,6 Bq/kg).

7.2.1 Tang

Tabell 22 viser gjennomsnittlige årlige verdier av Tc-99 i blæretang ved Hillesøy i Troms. Konsentrasjonene varierer i løpet av et år, med noe høyere konsentrasjoner i vinterhalvåret. Konsentrasjonene er totalt sett stigende. De høyeste verdiene ble målt i januar 2002 med 425 Bq/kg (tørrvekt). Den siste overvåkingsrapporten fra Statens Strålevern viser at konsentrasjonene av Tc-99 i norsk blæretang og grisetang holder seg relativt stabile, eller øker.



Tabell 22: Gjennomsnittlige årlige verdier av Tc-99 i norsk blæretang (*Fucus vesiculosus*) ved Hillesøy i Troms (tørrvekt). Tallene er omtrentlige (Kilde: Kolstad, A.K. et al., 2002).

Art	Lokalitet	Bq/kg (tørrvekt)	Innsamlingsdato
Blæretang (<i>Fucus vesiculosus</i>)	Lista (Rogaland)	470	05.08.00
Sagtang (<i>Fucus serratus</i>)	Lista	150	04.10.01
Fingertare (<i>Laminaria digitata</i>)	Lista	26,9	04.10.01
Grisetang (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	Narestø (Aust Agder)	660	28.06.00
Grisetang (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	Narestø	435	05.10.01

Tabell 23: Konsentrasjoner av Tc-99 i tang og tare 2000 og 2001 (Kilde: Koldstad, A.K. et al., 2002).

Lokalitet	Stortare blad (Bq/kg tørrvekt)	Stortare stengel (Bq/kg tørrvekt)	Innsamlingsdato
Kvitsøy (Rogaland)	37,7	71,5	30.08.1998
Buskøy (Sogn og Fjordane)	24,1	30,7	31.08.1998
Smøla (Møre og Romsdal)	20,5	47,4	30.09.1998

Tabell 24: Konsentrasjoner av Tc-99 i stortare (*Laminera hyperborea*). (Kilde: Kolstad, A.K. et al., 2000).

¹²⁷ Ryan, T.P. et al. 2003, side 35.
¹²⁸ Ryan, T.P. et al. 2003, side 48.

¹²⁹ Brown, J. et al. 1998, side 14-15.

Verdier i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) ble i 2000 målt til 660 Bq/kg ved Narestø, utenfor Arendal.

Stortare består av et stort blad med en opptil to meter lang stengel. Av tabell 23 og 24 kan vi se at Tc-99 i noe mindre grad oppkonsentreres i stortare enn eksempelvis blæretang og grisetang. Aktiviteten er noe høyere i stengelen enn i bladet.

7.2.2 Bløtdyr og skalldyr

Den høyeste konsentrasjonen av Tc-99 som ble målt i norsk hummer i 2001, var 41,5 Bq/kg våtvekt (Tabell 25). Det er omtrent samme nivå som i 1997, da de høyeste konsentrasjonene ble målt til 42 Bq/kg i hummer i Sunnhordaland.¹³⁰ Det er stor forskjell på konsentrasjoner i hann- og hunnhummer; de høyeste konsentrasjonene finner vi i hunnhummer.

mindre evne til å ta opp i seg Tc-99 enn reker som det har blitt tatt prøver av. Man kan dermed regne med at Tc-99 konsentrasjoner i norsk torsk vil være på grensen av det som kan måles. Fisk som beiter på bunndyr og skalldyr tar i større grad opp i seg Tc-99. Dette gjelder blant annet kongeflyndre og tungeflyndre.

7.3 Truet verdiskaping

Det er uklart i hvilken grad den radioaktive forurensningen av norsk tang og hummer over tid kan ha en negativ effekt på miljøet. Sikkert er det imidlertid at eksportmarkedene for produkter fra havet er svært følsomt for radioaktiv forurensning. Om forurensningen er liten eller stor er ofte av mindre betydning for dem som skal kjøpe produktene. Allerede i dag er høsting av for-

Lokalitet	Hunndyr (variasjon)	Hanndyr (variasjon)	Antall prøver
Kvitsøy (Rogaland)	34,2 (31,1 – 41,5)	6,6 (2,2 – 12,7)	4 F 17 M
Steffjord (Nordland)	20,2	2,8	1 F 1 M

Tabell 25: Gjennomsnittlig Tc-99 konsentrasjoner i norsk hummer 2001, Bq/kg våtvekt (Kilde: Kolstad et al., 2002).

Bellona tok seks prøver av hummer ved Kvitsøy i oktober 2001. Bellona sine prøver viste maksimale konsentrasjoner på 32,9 Bq/kg i hunnhummer og 12,7 Bq/kg i hannhummer. Disse prøvene danner en del av tallmaterialet i tabell 25.¹³¹

Av tabell 26 kan vi se at Tc-99 konsentrasjoner i blant annet blåskjell og reker er mindre enn 1 Bq/kg. Nivåene i sjøkreps er imidlertid sammenliknbare med hummer. Statens Strålevern, som har gjennomført prøvene, oppgir imidlertid ikke om det er gjort flere undersøkelser på sjøkreps, og om det er variasjoner i opptak av Tc-99 mellom kjønnene, slik det er på hummer. En kan dermed anta at konsentrasjonene i norsk sjøkreps enkelte steder er høyere enn det som er kjent.

Når det gjelder fisk er det gjort få undersøkelser i Norge. Av undersøkelser i Irskesjøen vet vi imidlertid at fisk i liten grad tar opp i seg Tc-99, og torsk vet vi har en

skjellige tang og tarearter milliardbutikk i Norge. Eksportverdien av bearbejdede tangprodukter fra Norge er beregnet til minst 500 millioner kroner.

I hovedsak høstes stortare (*Laminaria hyperborea*) (ca. 160.000 tonn våtvekt), men det høstes også 16.000 tonn grisetang. Ekstrakter fra stortare og grisetang brukes blant annet til produksjon av alginat som igjen brukes som fortykningsmiddel og stabilisatorer blant annet i medisin, maling, is, kakefyll og dyrefor.¹³²

Bellona har hatt kontakt med flere selskaper som eksporterer forskjellige produkter produsert av ekstrakter fra tang. Enkelte firmaer er allerede blitt møtt med krav fra japanske kunder om redusert pris på produktene, som følge av at disse ikke lenger ansees som helt rene. Statens Strålevern har gjort undersøkelser av Tc-99 i alginat fra stortare langs kysten av Norge. Disse viste lave verdier av Tc-99 (under 1 Bq/kg tørrvekt).

Art	Bq/kg (våtvekt)	Innsamlingsdato	Innsamlingssted
Sjöstjerne (Asteroidea)	0,16	05.10.01	Arendal
Taskekrabbe (Cancer pagurus)	0,18	08.08.00	Lista
Strandsnegl	2,95	05.10.01	Tjøme
Sjøpinnsvin	0,22 (tørrvekt)	18.10.00	71°15'N, 25°26'E
Krabbe	0,06	20.11.01	57°59'N, 04°26'E
Blåskjell	0,75	15.05.00	Rødtangen (Buskerud)
Sjøkreps	11,5	30.01.1998	Rogaland
Reker	0,11	30.01.1998	Rogaland

Tabell 26: Konsentrasjoner av Tc-99 i annen sjømat (Kilde: Kolstad et al., 2000/ 2002).

¹³⁰ Brown, J. et al. 1998.
¹³¹ Kolstad, A.K. 2002: Målerapport nr. 1 2002.

¹³² Iversen, S.A. (red.), 2001, side 119-121.

Hummer har også blitt regnet som en mulig eksportnæring for Norge i framtiden. Det er gjort flere vellykkede forsøk med utsetting av hummer, blant annet på Kvitsøy i Rogaland. Det er mulig at radioaktiv forurensning i norsk hummer kan skade utviklingen av denne næringen.

7.4 Framtidige technetium-99 utslipp

Etter pålegg fra EA begynte BNFL sommeren 2000 å vitrifisere all ny MAC som stammer fra Magnox-reprosesserer i B205. Dagens utslipp av Tc-99 stammer derfor utelukkende fra tankanlegget B211. Utslipet fra dette tankanlegget er regulert til 90 TBq per år.

Det er til sammen 10 tanker i B211. Fem av tankene brukes til lagring av mellomaktivt flytende radioaktivt avfall (MAC), to tanker benyttes til lagring av oppløsningsmiddel fra avfallet, to andre tanker inneholder flytende avfall fra THORP, mens den siste tanken er en tom buffertank.¹³³ Tankanlegget ble bygd i 1951 og er dermed over 50 år gammelt. Det har konsesjon til og med utgangen av 2006, men Health and Safety Executive (HSE) har uttrykt bekymringer i forhold til bygningens tilstand. Blant annet er det store rustskader i bærebjeldene.

Per juni 2003 er det mer enn 2.300 kubikkmeter flytende MAC lagret på B211. Dette avfallet inneholder omtrent 230 TBq Tc-99. På grunn av tankenes alder er BNFL pålagt å tømme dem innen utgangen av 2006. Med mindre det settes igang rensing av Tc-99 vil dermed utslippene fortsette fram til utgangen av 2006, for så å bli kraftig redusert når tankene er tømt. EA har foreslått at utslippstillatelsen for Tc-99 skal reduseres til 10 TBq, men først etter 2006.

Strategien fikk i desember 2002 støtte av daværende miljøvernministeren Michael Meacher. En liten åpning for stans i Tc-99 utslippene ble imidlertid lagt til grunn når Meacher ba EA vurdere mulighetene for å innføre et moratorium på utslippene av Tc-99 fra B211. EA har vurdert dette forslaget, og i et brev til DEFRA datert 7. januar 2002 avvises dette forslaget som "ikke konstruktivt".¹³⁴

Forsøk med rensing av Tc-99 skal gjennomføres i EARP i løpet av 2003.



Norges miljøvernminister Børge Brende har presset hardt på for å få en stans i utslippene av Tc-99. Irland og Nordisk Råd har også protestert. I mai 2003 hadde Brende et to timer langt møte med Meacher i London, der de gjennomgikk alle sider av saken. Et av forslagene Brende hadde med seg til London var et Bellona-forslag, om å innføre et 12 måneders moratorium på utslippene i påvente av at ny renseteknologi utvikles. Dette forslaget fikk siden gjennomslag, og i juni 2003 sendte Margaret Beckett, Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs, et brev til Brende der hun fastslo at hun ønsket å innføre et ni måneders moratorium på Tc-99 utslippene. Dette vedtaket ble også nedfelt i ministerdeklarasjonen under OSPAR-møtet i Bremen samme måned.

I juli 2003 bestemte BNFL seg for å gjøre et storskala-forsøk med TPP. Hvis man får på plass denne nye renseteknologien, vil utslippene av Tc-99 reduseres kraftig. Dette vil bli avgjort av den nye britiske miljøvernministeren, Elliot Morley.

7.5 Renseløsninger for technetium-99

Det er i prinsippet tre måter å rense ut Tc-99 fra flytende radioaktivt avfall på Sellafield-anlegget: Det kan bygges et nytt rensanlegg, en kan utvide det eksisterende rensanlegget med ny teknologi eller en kan velge å vitrifisere all den Tc-99 forurensede væsken som er lagret i B211.

7.5.1 Nytt rensanlegg

For å håndtere Tc-99 avfallet kan man velge å bygge et nytt rensanlegg i tillegg til EARP. Et slikt anlegg kan eksempelvis benytte en form for ion exchange-prosess (med bruk av organisk kvae), eller en kjemisk prosess med bruk av en natriumløsning som skiller ut Tc-99 og et filter. Det er usikkerhet knyttet til hvor godt disse teknikkene vil fungere. BNFL har anslått at et nytt rensanlegg av denne typen vil koste mellom 100 og 150 millioner pund, og at det ville ta omtrent fem år å bygge.

7.5.2 Ny renseteknologi med tetrafenylfosforbromid (TPP).

En annen mulighet for håndtering av Tc-99 utslippene er å ta i bruk en ny type renseteknologi. Denne renseteknikken innebærer å tilføre fellingskjemikaliet tetrafenylfosforbromid (TPP) til det flytende avfallet som behandles i EARP. Prosessen skaper et utfellingsprodukt (tetrafenylfosfonium), som vil blande seg med de andre fellingsproduktene som skapes i EARP-prosessen. Dette vil så bli rensert ut av de eksisterende filtrene i EARP, sementert og lagret på land som såkalt intermediate level waste, en form for mellomaktivt avfall. Teknologien er nesten ferdig utviklet, og implementering av løsningen

¹³³ Environment Agency, 2000: Explanatory Document, side 55.
¹³⁴ Environment Agency, 07.01.2003.



koster ikke mer enn £ 3 millioner, inklusive utviklingskostnader.¹³⁵

TPP-prosessen medfører imidlertid at man får et par tusen ekstra ståltønner med Tc-99 avfall lagret i betong. Ettersom Tc-99 er en relativt mobil radionuklid er det reist tvil om betongen vil klare å binde nukliden ved en langvarig, framtidig deponering. Det britiske selskapet med ansvar for å planlegge et framtidig atomdeponi i Storbritannia, NIREX, var derfor lenge i tvil om de kunne håndtere den nye avfallsformen som TPP-metoden ville skape. Og uten godkjenning fra NIREX kunne BNFL heller ikke ta teknologien i bruk. Et paradoks i denne

sammenheng er imidlertid at stråledoser fra eventuelle framtidige lekkasjer av Tc-99 fra et deponi på land, uansett vil være lavere enn de stråledosene den mest utsatte befolkningsgruppen i dag blir eksponert for som følge av utslipp til sjø.

Nye undersøkelser NIREX gjennomførte våren 2003 viste imidlertid at TPP-avfall er mindre problematisk enn tidligere antatt. Årsaken var at tidligere framskrivninger var basert på foreldede beregningsmodeller.¹³⁶

En utfordring ved bruk av TPP som rensmiddel er stoffets effekt på det marine miljø. Undersøkelser av TPP viser at for alger, virvelløse dyr, fiskelarver og ung fisk var

Miljøvernminister Børge Brende og hans britiske kollega Elliot Morley under OSPAR-møtet i Bremen i juni 2003.

¹³⁵ Environment Agency, 2001: Decision Document, side 159

¹³⁶ NIREX, 20.06.2003.

den dødelige konsentrasjonen for TPP på 1.200 µg/liter. Det vil si at 50 prosent av testdyrene døde ved denne konsentrasjonen i sjøvannet. Utslipp av TPP til miljøet må derfor begrenses ved bruk av denne renseteknologien. I påvente av nasjonale/internasjonale standarder for TPP har EA satt terskelverdien for TPP i sjøvann til 120 µg/liter. Ved lavere konsentrasjoner forventes ingen effekt. Verdien er satt for korttidseksposering, mens for langtidseksposering er grensene satt til 12 µg/liter.¹³⁷ Det trengs derfor mer testing av TPP-giftighet i miljøet og av mulighetene for å begrense TPP-utslippene hvis dette skal benyttes som rensmiddel.

7.5.3 Vitrifisering

Vitrifisering er en lagringsmetode for flytende avfall som innebærer glassifisering av avfallet. En mulighet er å vitrifieres alt det flytende avfallet fra B21 I. Dette kan gjøres i Sellafield WVP (Waste Vitrification Plant). Til sammen dreier dette seg om ca. 2.300 kubikkmeter med flytende mellomaktivt avfall (MAC).

Det eksisterer allerede en rørledning mellom MAC-fordampningsanlegget (B268) og WVP. Det bør derfor ikke være noe praktisk problem å overføre avfallet til vitrifisering. Det er for øvrig også bestemt at all framtidig MAC som genereres i B205 skal vitrifieres.

En utfordring ved å vitrifieres alt det historiske avfallet i B21 I er at kapasiteten til WVP allerede er presset. BNFL er pålagt å redusere de store mengdene med historisk, flytende høyaktivt avfall (HAL) som i dag er lagret på tank inne på anlegget. For å få til dette må BNFL vitrifieres store mengder HAL hvert år. Hvis bedriften i tillegg skal vitrifieres det flytende avfallet i B21 I, kan dette skape problemer med å redusere mengdene HAL. Health and Safety Executive (HSE) har beregnet kapasiteten til vitrifieringsanlegget til 475 tønner per år.

BNFL argumenterer også for at konsentrasjonene av jern og natrium i det historiske MAC-avfallet er så høyt at det ikke er egnet til behandling i WVP. Årsaken er at dette gamle avfallet har vært til fordampning flere ganger (for å minimere volumet). BNFL har selv fastsatt grenser for hvor høye konsentrasjonene av jern, salt og natrium kan være i MAC før behandling i WVP. I det historiske MAC-avfallet er det 1 kg. jern og 1 kg. natrium per kubikkmeter MAC.¹³⁸ En måte å løse problemet på vil være en gradvis og forsiktig innblanding av MAC i den kontinuerlige strømmen med høyaktivt flytende avfall som behandles i WVP. Dette vil imidlertid være en tidkrevende prosess. Med tanke på den tekniske tilstanden til B21 I vil dette kunne kreve at det enten bygges et nytt overbygg over B21 I, eller at det bygges et nytt tankanlegg. BNFL anslår at et nytt overbygg over B21 I vil koste £ 100 millioner, mens et nytt tankanlegg vil kunne koste så mye som £ 300 millioner.¹³⁹



Lager for høyaktivt avfall.

¹³⁷ Amundsen, I et al. 2003, side 22.

¹³⁸ BNFL, 25.07.2000: Brev til Environment Agency referert

¹ Environment Agency, 2001, Explanatory document, Appendices and annexes.

¹³⁹ Environment Agency, 07.01.2003.

Kapittel 8

Framtidige utslipp



Framtidige utslipp

8.1 OSPAR

I juli 1998 undertegnet den britiske regjering en avtale som i realiteten betyr at de må stanse alle radioaktive utslipp fra Sellafield innen 2020. Avtalen ble undertegnet i Sintra i Portugal, under et ministermøte i OSPAR-konvensjonen for bevaring av det marine miljøet i Nordøst-Atlanteren. Avtalen, som ble undertegnet av alle de femten OSPAR-landene i tillegg til Europakommisjonen, sier:

*"..the objective of the Commission with regard to radioactive substances, including waste, is to prevent pollution of the maritime area from ionising radiation through progressive and substantial reductions of discharges, emissions and losses of radioactive substances, with the ultimate aim of concentrations in the environment near background values for naturally occurring radioactive substances and close to zero for artificial radioactive substances."*¹⁴⁰

Ved å undertegne denne avtalen har OSPAR-landene, inkludert Storbritannia og Frankrike, innrømmet at det er uakseptabelt å slippe ut radioaktiv forurensning til miljøet slik det blir gjort i dag. Avtalen sier:

*"The Commission will ensure that discharges, emissions and losses of radioactive substances are reduced to levels where the additional concentrations in the marine environment above historic levels, resulting from such discharges, emissions and losses, are close to zero."*¹⁴¹

Det betyr at de radioaktive utslippene skal reduseres slik at de gjenværende konsentrasjonene av radioaktivitet i det marine miljøet i 2020 er tilnærmet null (sett bort ifra det som allerede er der som følge av tidligere utslipp).

I praksis betyr dette at de radioaktive utslippene fra reprosesseringsanleggene i Sellafield og La Hague må stanses snarest. Hvis ikke, vil de radioaktive konsentrasjonene i miljøet fortsette å øke, og være høyere i 2020

enn det de er i dag. Dette fordi mange av de radioaktive spaltningsproduktene forblir i miljøet i langt mer enn 20 år. Under OSPAR-møtet i København i 2000 ble OSPAR-landene i tillegg enige om å vurdere alternativer til reprosessering, for eksempel tørrlagring av brukt brensel. Storbritannia og Frankrike reservert seg imidlertid mot denne erklæringen. Det siste ministermøtet i OSPAR-konvensjonen ble avholdt i Bremen i juni 2003. Her ble det blant annet fastslått at britene skal innføre et ni måneders moratorium på utslipp av Tc-99.

8.2 Alfa- og betautslipp

Til tross for sine forpliktelser gjennom OSPAR-konvensjonen viser prognoser fra BNFL at selskapet vil øke utslippene av en rekke radioaktive spaltningsprodukter de kommende årene. Det kommer fram i et dokument framlagt av BNFL for EA i januar 2000.¹⁴² Dokumentet viser hvordan BNFL vil øke de totale alfautslippene til sjø med over 400 prosent, fra 170 GBq til mer enn 800 GBq, og opprettholde dette høye utslippsnivået fram til 2009. En framstilling av dette finnes i tabell 28. Plutoniums-utslippene vil øke med over 200 prosent, fra 140 GBq i 1998 til mer enn 400 GBq. Også utslippet av den svært radiotoksiske alfaemitteren americium-241 vil øke, med nesten 280 prosent sammenliknet med utslippene i 1998. I tillegg vil cesium-137 utslippene øke med 140 prosent, strontium-90 utslippene øker med 200 prosent og kobolt-60 utslippene med 85 prosent.¹⁴³

I verste tilfelle vil de framtidige utslippene være høyere enn det som i dag er utslippsgrensene. BNFL skriver:

*"Comparison of the total worst case discharges with the current authorised limits (...) shows that discharges of over half of the currently authorised radionuclides are predicted to be at levels approaching or above the limits."*¹⁴⁴

Dette er bekreftet av det britiske miljøverndeparte-

Radionuklid	Worst Case (TBq)	Utslipp 1999 (TBq)	Utslippstillatelse (TBq)	Worst case/ tillatelse
C-14	28,8	5,8	20,8	138,3 %
Sr-90	47,1	31	48	98,2 %
Tc-99	90,2	69	90	100,2 %
Ru-106	64,8	2,7	63	102,9 %
I-129	1,82	0,48	2	91 %
Pu-241	46,8	2,9	27	173,3 %
Am-241	0,366	0,03	0,3	122 %
Pu-alfa	0,833	0,11	0,7	119 %
Totale alfa	1,7	0,13	1	171 %
Totale beta	361	110	400	90,3 %
Uran (kg)	3390	540	2040	162,2 %

Tabell 27: Utslipp til sjøen. Worst case-utslipp, sammenliknet med utslippstillatelsen (Kilde: BNFL 2001).

140 OSPAR, 1998, side 17.
141 OSPAR, 1998, side 17.

142 BNFL, 2000: Review of Discharges, Appendix 2, side 19.
143 BNFL, 2000: Review of Discharges, Appendix 2, side 19.
144 BNFL, 2000: Review of Discharges, Appendix 2, side 7.

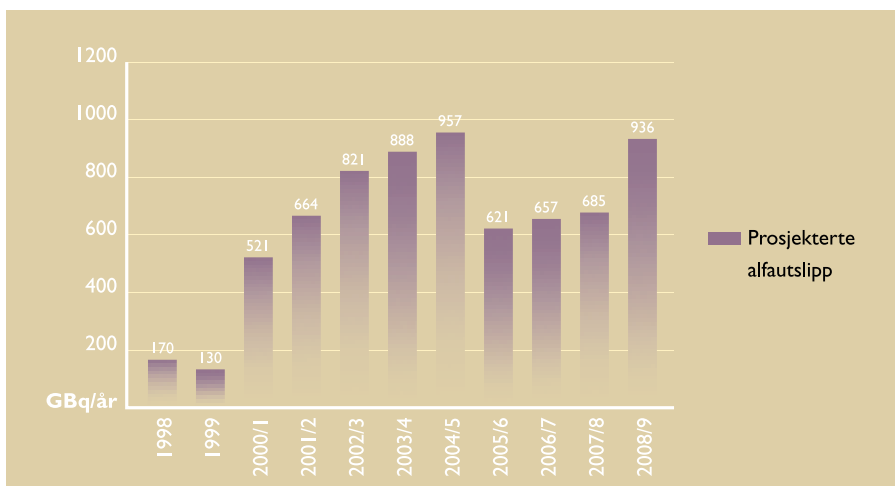
mentet.¹⁴⁵ Utslippene av plutonium-241 kan i verste tilfelle overstige dagens utslippstillatelse med 73 prosent, americium-241 kan overstige med 22 prosent og de totale alfautslippene vil ifølge BNFL kunne sprengje tillatelsen og havne på 1.710 GBq.¹⁴⁶ I dag ligger tillatelsen for americium-241 på 1.000 GBq. Betautslippene vil også kunne bli svært høye, men vil ikke bryte utslippstillatelsen som ligger på 400 TBq.

Det har tidligere vært bekreftet fra britiske myndigheter at en utslippssøkning i forhold til 1998-nivå var planlagt, men ikke at utslippssøkningen ville være så stor. Som følge av at myndighetene hadde undertegnet den nye OSPAR-avtalen, der de forpliktet seg til å redusere de radioaktive utslippene fram til 2020, ble britiske myndigheter også forpliktet til å vise hvordan de skulle gjennomføre målsettingen. Dette presenterte de under OSPAR-møtet i København i 2000. I dokumentet "UK Strategy for Radioactive Discharges 2001-2020" tegner det britiske miljøverndepartementet et bilde av hvordan utslippene skal reduseres. Også dette dokumentet viste at alfautslippene ville øke til omtrent 300 GBq i 2008. Tallene fra BNFL er imidlertid enda høyere, og worst case-tallene er nesten fem ganger så høye.

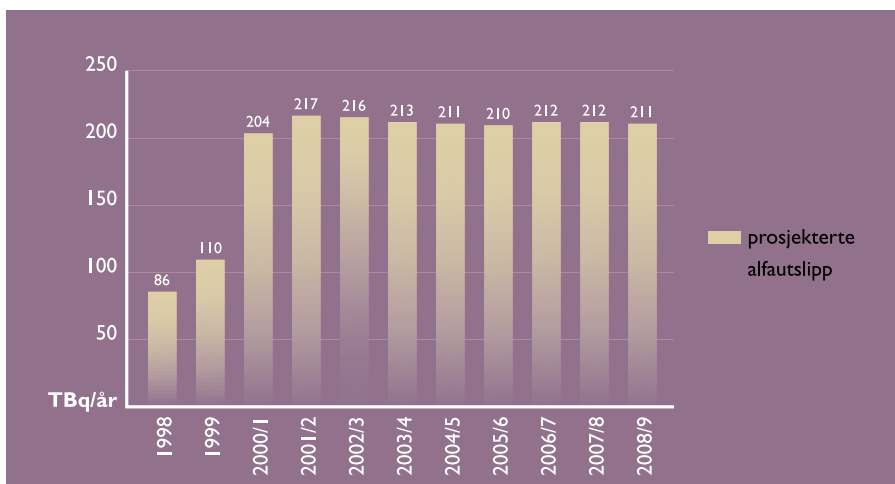
Også betautslippene planlegger BNFL å øke. I forhold til 1998 vil utslippene øke med nesten 150 prosent, fra 86 TBq i 1998 til mer enn 200 TBq de neste årene. Strontium-90 utslippene vil alene øke med 200 prosent. BNFL planlegger å opprettholde utslippet på dette nivået fram til inngangen av 2009.

Denne dramatiske utslippssøkningen skyldes i all hovedsak to forhold. For det første planlegger BNFL å reprocessere alt Magnox-brensel som er igjen i Magnox-verkene, før de i 2012 vil stenge B205. For det andre må THORP reprocessere store mengder brensel de kommende årene for at BNFL skal klare å imøtekomme de kontraktene de har inngått med sine baseload-kunder. Mye av dette brenselet har også en høyere utbrenning enn annet brensel reprocessert i THORP, noe som ifølge BNFL vil kunne skape problemer med å imøtekomme alle utslippskrav.

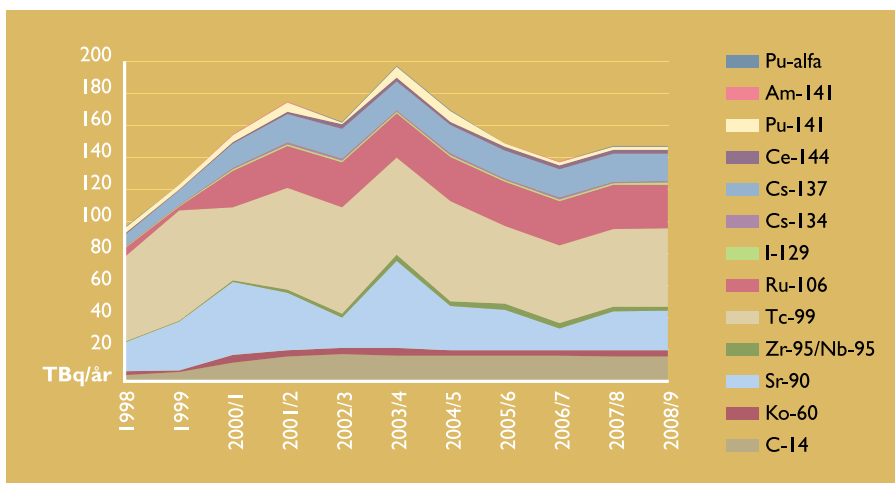
Tabell 31 - 35 viser prosjekterte utslipp fra Sellafield. Framskrivningene ble gjort i 2000. Tekniske problemer med THORP og B205 har ført til forsinkelser i driften, og mindre brensel enn det som var planlagt har blitt behandlet i de to anleggene. Dette har igjen ført til en forskyvning av utslippssøkningene med noen år.



Tabell 28: Prosjekterte alfautslipp.¹⁴⁷



Tabell 29: Prosjekterte betautslipp.¹⁴⁸



Tabell 30: Framtidige utslipp. Individuelle radionuklider¹⁴⁹

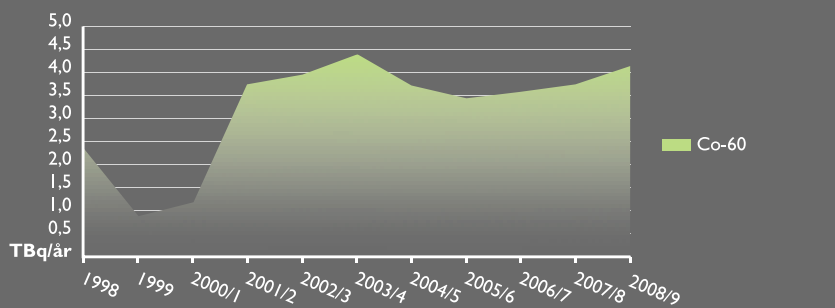
¹⁴⁵ The Daily Telegraph, 26.06.2001.

¹⁴⁶ BNFL, 2000: Review of Discharge, Appendix 2, tabell 19.

¹⁴⁷ BNFL, 2000: Review of Discharge, Appendix 1, tabell 16.

¹⁴⁸ BNFL, 2000: Review of Discharge, Appendix 1, tabell 16.

¹⁴⁹ BNFL, 2000: Review of Discharge, Appendix 1, tabell 16.



Tabell 31

Rapporterte utslipp av Co-60 til sjø til og med 2000, og prognoser for utslipp fra 2001 - 2009

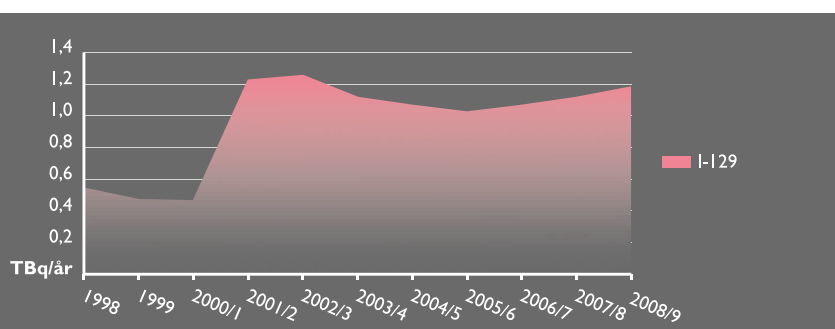
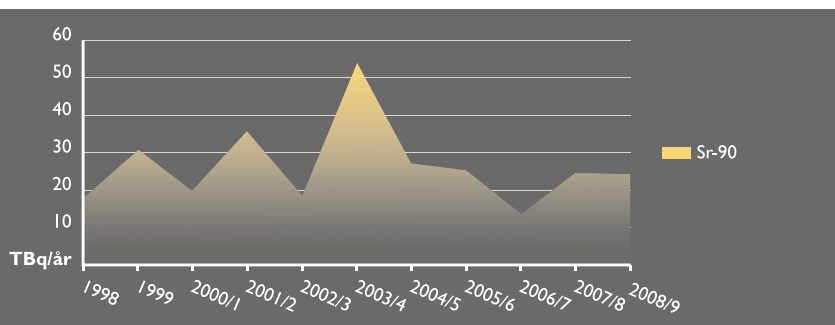


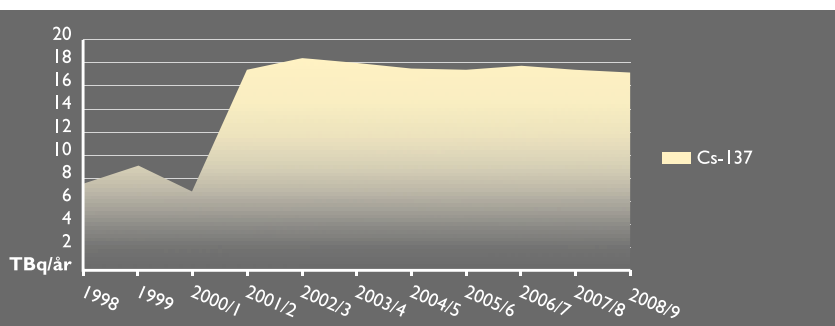
Table 32

Rapporterte utslipp av I-129 til sjø til og med 2000, og prognoser for utslipp fra 2001 - 2009



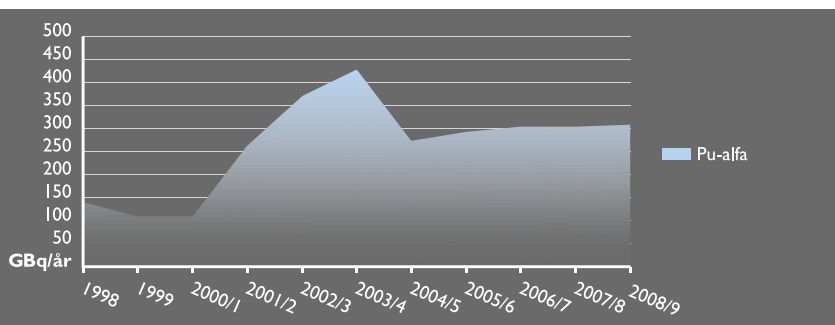
Tabell 33

Rapporterte utslipp av Sr-90 til sjø til og med 2000, og prognoser for utslipp fra 2001 - 2009



Tabell 34

Rapporterte utslipp av Cs-137 til sjø til og med 2000, og prognoser for utslipp fra 2001 - 2009.



Tabell 35

Rapporterte utslipp av pu-alfa til sjø til og med 2000, og prognoser for utslipp fra 2001 - 2009

Kapittel 9

Radioaktivt avfall



Radioaktivt avfall

Reprosessering av brukt reaktorbrensel skaper nye former for radioaktivt avfall. I volum blir det radioaktive avfallet mangedoblet ved reprosessering sammenlignet med direkte lagring av brukt brensel på land. Dette skyldes at alt utstyr involvert i reprosesseringen, som f.eks. løsning, syre, containere, filtre, og deler av maskinparken, blir radioaktivt kontaminert. Den totale mengden radioaktivitet forblir omtrent den samme som før brenselet reprosesserer, men når de radioaktive spaltningsproduktene frigis fra brenselet blir de mikset inn i nye kjemiske og fysiske former, som i mange tilfeller er vanskeligere og dyrere å behandle. I tillegg produseres store mengder plutonium som krever sikker lagring.

9.1 Høyaktivt flytende avfall

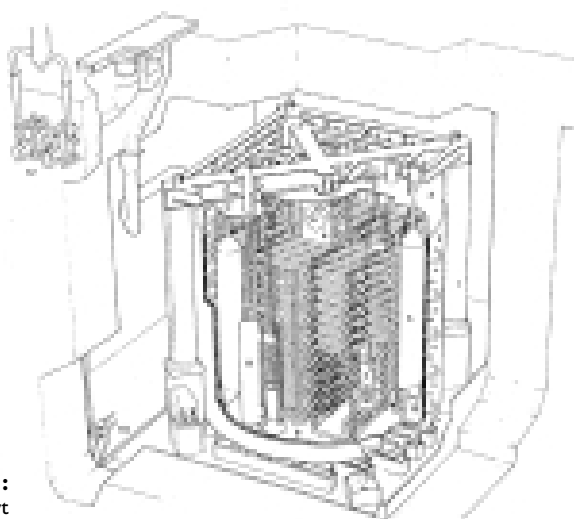
Reprosessering i THORP og B205 resulterer i store mengder høyradioaktiv væske som inneholder en rekke spaltningsprodukter. Målt i radioaktivitet representerer denne væsken (Highly Active Liquor, HAL) over 95 prosent av den totale radioaktiviteten som var i brenselet før det ble behandlet.

Etter at plutoniumet og uranet er ekstrahert fra væsken, overføres resten til egne tanker for oppbevaring av slik væske (Highly Active Storage Tanks). Hensikten er å overføre all denne væsken til fast form i Sellafields vitrifikasjonsanlegg.

På Sellafield-anlegget er det i dag lagret over 1.570 m³ med høyaktivt flytende avfall.

9.2 Tankanlegget (B215)

Det høyaktive flytende avfallet (HAL) er lagret i til sammen 21 tanker (Highly Active Storage Tanks (HAST)) i bygning



Illustrasjon 1:
I slike tanker lagres høyaktivt flytende atomavfall. Hver tank rommer 150 m³ med avfall.

B215. Avfallet stammer fra reprosesseringsanleggene B205 og THORP. Før avfallet blir lagret på tank minimeres volumet i tre fordampningsanlegg.

De eldste tankene i B215 ble tatt i bruk i 1955 og er nå nesten 50 år gamle. Bellona har ved to anledninger inspirert anlegget. De 21 tankene kan deles inn i to typer design. De åtte første tankene ble tatt i bruk i tidsrommet 1955 til 1968 og er plassert i en egen del av bygningen. Alle disse tankene har en kapasitet på 70 m³. De er produsert i rustfritt stål og er horisontale med en lengde på 10,6 meter og en diameter på 3 meter. De fire eldste tankene har bare en kjølekrets, mens de fire andre har tre kjølekretser. De to eldste tankene inneholder avfall fra det militære reprosesseringsanlegget B204. Tank 4-6 inneholder avfall fra B205. I disse tankene har store mengder radioaktivt avfall avleiret seg på bunnen. Tank 7 og 8 er tomme buffertanker.

De resterende tankene (HAST 9-21) har alle en kapasitet på 150 m³ (Se illustrasjon 1). Disse tankene er sylindreformet, 6,2 meter i diameter og 6,2 meter høye. Tankene ble tatt i bruk i tidsrommet 1970 til 1990. Alle tankene har syv kjølekretser. Tank 10, 14 og 17 er av sikkerhets-hensyn tomme buffertanker.

Avfallet holder en temperatur på mellom 50 og 60 grader celsius. Innholdet i tankene varierer fra tank til tank. Aktiv kjøling kreves for at avfallet i tankene ikke skal begynne å koke.

Avfall i slike tanker utgjør et alvorlig sikkerhetsproblem. Eksempelvis var det en slik tank som i 1957 eksploderte ved det sovjetiske reprosesseringsanlegget i Majak. Eksplosjonsstyrken tilsvarte i det tilfellet 75 tonn TNT og var forårsaket av at kjølingen ved en av tankene ved anlegget sviktet.¹⁵⁰ Ulykken førte til at et område på 15.000 kvadratkilometer ble radioaktivt forurenset av strontium-90, og over 10.000 mennesker ble evakuert fra området. Landsbyer ble brent ned til grunnen, og de øverste jordlagene ble skrapet vekk og behandlet som avfall. En liknende ulykke i Sellafield ville ha katastrofale følger.

95 prosent av aktiviteten i HAL-tankene skyldes cesium-137 og strontium-90. For cesium-137 tilsvarer den nåværende mengden aktivitet i tankene mer enn 100 ganger det som ble frigitt under Tsjernoby-ulykken.¹⁵²

9.3 Waste Vitrification Plant (WVP)

I 1990 åpnet BNFL et anlegg for vitrifikering (glassifisering) av de store mengdene høyaktivt flytende avfall som produseres ved reprosessering. Anlegget ble bygd med to produksjonslinjer, og en regnet med at det ville kunne produseres omkring 600 tønner med vitrifisert avfall hvert år.¹⁵³ På grunn av en rekke problemer har anlegget imidlertid ikke fungert som forventet. I gjennomsnitt har

150 Nilsen, T. et al. 1995.

151 HM Nuclear Installations Inspectorate, 2000.

152 Amundsen, I. et al. 2003, side 2.

153 HM Nuclear Installations Inspectorate, 2000, para. 3.2.6.



Høyaktivt flytende atomavfall glassifiseres og lagres i slike ståltønner.

anlegget kun vitrifisert 34 prosent av den mengden avfall anlegget er designet for å behandle. I 2001 hadde fabriken produsert 2.280 tønner vitrifisert avfall.¹⁵⁴ Anleggets tredje produksjonslinje til en verdi av £ 100 millioner sto ferdig ved utgangen av 2001. Med den nye produksjonslinjen på plass har BNFL satt som mål å produsere 600 tønner glass per år. Det britiske Nuclear Installations Inspectorate (NII) har imidlertid anslått at anlegget med tre produksjonslinjer bare vil kunne produsere 475 tønner per år. I et brev til BNFL datert 31. januar 2001 skriver NII: "BNFLs performance predictions for the Waste Vitrification Plant have historically proved over-optimistic." Med tre produksjonslinjer i drift produserte WVP i finansåret 2001/2002 320 tønner med vitrifisert avfall.¹⁵⁵

9.3.1 Pålegg om å redusere mengden flytende avfall

Det britiske Nuclear Installations Inspectorate (NII) har pålagt BNFL å redusere volumet med lagret høyaktivt flytende avfall til en "strategisk mengde" på 200 m³ innen 2015. I praksis betyr dette at BNFL må vitrifisere mer høyaktivt væske enn de klarer å produsere. Om de vil klare å nå disse målsettingene avhenger i stor grad av kapa-

siteten til vitrifiseringsanlegget. Foreløpig har imidlertid vitrifiseringsanlegget ikke klart å produsere i det tempoet som var forventet, noe som har forsinket prosessen med å overføre de store lagrene med høyaktiv væske til fast form.¹⁵⁶

Hvis BNFL ikke klarer å øke produksjonskapasiteten i WVP, vil BNFL enten måtte redusere mengdene brensel de represserer, for på den måten å redusere produksjonen av høyaktiv væske, eller de må bygge en fjerde produksjonslinje i WVP.¹⁵⁷ På grunn av den lave anrikningsgraden i Magnox-brensel kan WVP behandle fem ganger mer væske generert gjennom Magnox-repressering enn det klarer å behandle av væske fra oksydbrensel. Dette er bekreftet av BNFL.¹⁵⁸ Kapasiteten i WVP begrenser derfor hvor mye oksydbrensel som kan represseres i THORP. Ut ifra de pålegg BNFL har fått fra NII kan det derfor bli vanskelig for BNFL å fullføre sine lovede base-load-kontrakter innen fristen i april 2005. For å nå dette målet må THORP årlig repressere mer enn 1.000 tonn oksydbrensel. Dette i tillegg til 1.000 tonn Magnox-brensel som BNFL planlegger å repressere hvert år. Med slike produksjonsmengder vil det med dagens WVP-kapasitet bli umulig å redusere de lagrede mengdene med høyaktiv væske.

¹⁵⁴ Forwood, M. 2001.
¹⁵⁵ The Whitehaven news, 05.05.2003.

¹⁵⁶ HM Nuclear Installations Inspectorate. 2000, summary.
¹⁵⁷ HM Nuclear Installations Inspectorate. 2000, summary.
¹⁵⁸ BNFL-Engineering No. 9. 1997. Vitrification Line 3, referert av Forwood, M. 2001.

9.3.2 Ingen endelig deponeringsplan

Det glassifiserte høyaktive avfallet lagres i et eget bygg inne på Sellafield-anlegget. Så langt er det produsert mer enn 2.000 m³ glassifisert høyaktivt avfall, som er pakket i spesielle stålcontainere. Dette volumet vokser proporsjonalt med behandlingen av høyaktivt flytende avfall i WVP.

På Sellafield-anlegget lagres også det langlivete, mellomaktive avfallet (intermediate-level waste, ILW). Dette er ikke glassifisert, men sementert inn i tønner. Arbeidet med å sementere ILW begynte i 1990. Det er mye historisk avfall som skal behandles, og så langt er omtrent 17.000 tønner sementert avfall produsert.¹⁵⁹

Planen er at både ILW-avfallet og det høyaktive avfallet en eller annen gang i framtiden skal deponeres i dype geologiske formasjoner. The Nuclear Industry Radioactive Waste Management Executive (NIREX) er et selskap som er dannet på oppdrag av den britiske atomindustrien for å vurdere strategier for alt det radioaktive avfallet, inkludert det høyaktive, glassifiserte avfallet. I 1991 hadde NIREX pekt ut et område like i nærheten av Sellafield-anlegget som et mulig sted å deponere avfallet. Her ville NIREX bygge et laboratorium dypt under jorden, for å gjøre videre studier på lokaliteten. I dag er planene lagt til side, og NIREX kraftig kritisert for sin framgangsmåte under sakens politiske behandling. Det ble blant annet hevdet at lokaliteten var valgt ut ifra politiske bekvemlighetsgrunner og ikke nødvendigvis på grunn av stedets geologi. I ettertid har det framkommet at NIREX holdt tilbake vitenskapelig informasjon og forsøkte å framstille Sellafield som mer egnet lokalitet til deponering enn deres undersøkelser hadde vist.¹⁶⁰ Som følge av skandalen,

er arbeidet med et endelig deponi satt flere år tilbake. Det er de største produsentene av britisk atomavfall som eier NIREX, dvs. BNFL Plc, UKAEA og British Energy. Den britiske regjeringen ga imidlertid i juli 2003 signaler om at NIREX skal gjøres mer uavhengig av atomindustrien.¹⁶¹

9.4 Lavaktivt avfall

Lavaktivt avfall oppstår daglig som følge av driften ved anleggene på Sellafield, og i større og større grad på grunn av arbeidet med å dekommissionere gamle anlegg. Lavaktivt avfall i fast form sendes til deponiet Drigg, som ligger noen kilometer sør for Sellafield, mens det flytende lavaktive avfallet slippes ut i sjøen.

Drigg er utformet som et stort betongbasseng på bakkenivå. Før avfall plasseres i deponiet må det omformes til fast form. Deponiet fylles etter hvert med tønner, og planen er til slutt å fylle igjen "bassenget" med sement og dekke til med jord. Sett bort ifra et UKAEA-deponi for lavaktivt avfall på Dounreay-området, er Drigg det eneste deponiet for radioaktivt avfall i Storbritannia. Lavaktivt avfall fra hele landet transporteres derfor til Drigg. I 1995 tok BNFL i bruk et anlegg for komprimering av lavaktivt avfall, Waste Monitoring and Compaction Plant (WAMAC).¹⁶² Dette anlegget ble tatt i bruk som et resultat av at Drigg er i ferd med å fylles til randen. Dreneringsvann fra Drigg inneholder noe radioaktivitet. Dette havner i elven Irt og føres videre til elvemunningen i Ravenglass, noen kilometer sør for Sellafield.

Mye av grunnen under Sellafield-anlegget er også radioaktivt forurenset og kategoriseres som lavaktivt avfall. Denne forurensete jorden har imidlertid BNFL fått tillatelse til å deponere på et eget sted (The South Tip) inne på anleggsområde.¹⁶³

9.5 Plutonium lagret på Sellafield

Per 2003 er det lagret omtrent 80 tonn plutonium på Sellafield-anlegget. 55 tonn av dette eies av BNFL. Dette er plutonium som gjennom mange år er blitt separert fra brukt reaktorbrensel gjennom reprosessering. Plutoniumet er i dag lagret i form av plutoniumdioksid i pulverform på rustfrie ståltønner, i egne bygninger inne på Sellafield-anlegget (B302 og B302.1).

Det er knyttet to risikofaktorer til dette omfattende lageret av plutonium. Først og fremst er plutonium lagret som plutoniumdioksid direkte anvendelig til produksjon av atomvåpen. Av ikkespredningshensyn er det derfor viktig at plutoniumet ikke kommer på avveie.

Den andre utfordringen som knytter seg til det store plutoniumslageret er den kontinuerlige risikoen for at det skal oppstå en situasjon der det lagrede plutoniumet

BNFLs kaianlegg i Barrow



159 NIREX, 2001: Introduction to Radioactive Waste.

160 The Guardian, 23.07.2001.

161 NIREX, press statement, 16.07.2003.

162 BNFL, 2000: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment 1999, side 31.

163 BNFL, 2000: Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment 1999, side 31.



slippes ut til natur og miljø. Denne risikoen er knyttet til eventuelle terroraksjoner mot anlegget, eller større branner og eksplosjoner ved Sellafield-anlegget.

9.5.1 Fysisk sikring

Bygningene som inneholder 80 tonn plutonium er en relativt enkel konstruksjon, bygd på overflatenivå inne på Sellafield-anlegget. Det finnes med andre ord ingen fjellbarriere over lageret. En ny regjeringsrapport kritiserte nylig den fysiske sikringen rundt plutoniumslageret. Ifølge rapporten er bygningstrukturen svak og gir dårlig beskyttelse mot eventuelle branner eller eksplosjoner ved Sellafield-anlegget. Utvalget som står bak rapporten, ble nedsatt av den britiske regjeringen i etterkant av terroraksjonene i USA den 11. september 2001, for å vurdere sikkerheten ved Sellafield. Gruppen besto blant annet av medlemmer fra den britiske etterretningstjenesten MI5 og det britiske tilsynet for atominstallasjoner (NII). Uavhengige eksperter som har gjennomgått tegninger av

anlegget mener bygningene ikke er tilfredsstillende, og at de ikke vil kunne motstå større anslag, eksempelvis flystyr. ¹⁶⁴ Det er i dag flyforbudssone over Sellafield-anlegget. Det er også foreslått å sette opp kanoner som eventuelt skal kunne skyte ned fly med kurs for anlegget. Til tross for disse tiltakene er det imidlertid ingen tvil om at bygningene som i dag inneholder de store mengdene med plutonium, må sikres ytterligere mot eventuelle terroranslag.

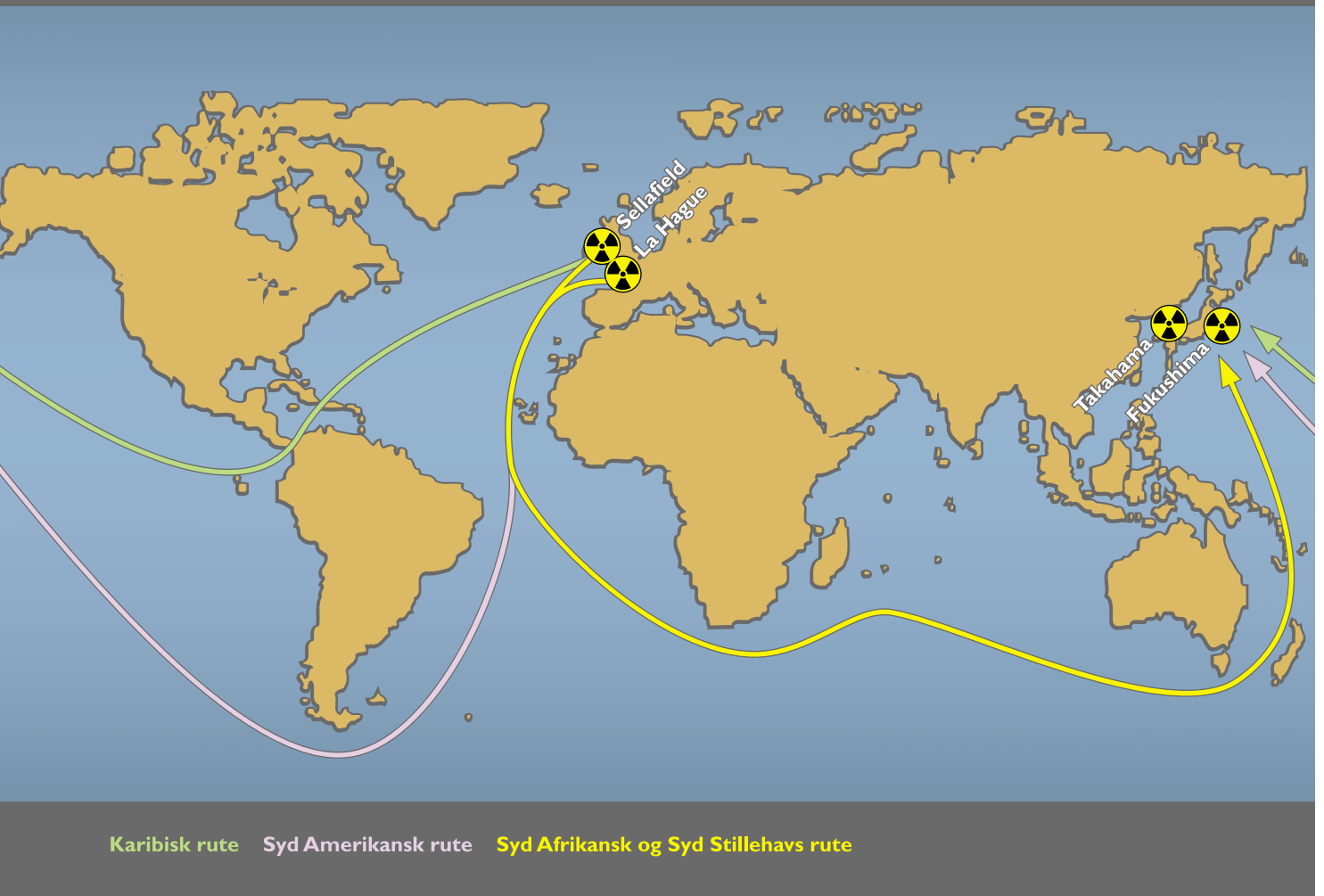
9.5.2 Ikke-spredning

Plutonium er et nukleært eksplosiv i enhver form, enten det er våpenplutonium eller reaktorplutonium. USA har tradisjonelt framholdt dette synet, og demonstrerte det da de i 1962 sprengte en atombombe laget av reaktorplutonium. Plutonium-239 er likevel den isotop som våpenkonstruktørene foretrekker. Plutonium-240 og andre høyere isotoper (Pu-241 og Pu-242) forringer den militære verdien av plutoniumet. I sikkerhetspolitisk

Atomtransportskipene Pacific Pintail og Pacific Teal i havnen Barrow.

¹⁶⁴The Guardian, 20.01.2002.

Forskjellige transportruter for skipslaster med plutonium til Japan



Karibisk rute Syd Amerikansk rute Syd Afrikansk og Syd Stillehavs rute

sammenheng opererer man derfor med forskjellige kategorier plutonium, avhengig av prosentandel Pu-240. Inneholder det lagrede plutoniumet mindre enn 7 prosent plutonium-240 regnes det som våpenkvalitet.¹⁶⁵

Den betydelige mengden plutonium som er lagret på Sellafield-anlegget vil kunne klassifiseres som reaktorplutonium. Med utgangspunkt i at det trengs 20 kg reaktorplutonium for å produsere en atombombe, er det dermed mulig å produsere 4.000 atombomber av plutoniumet som er lagret på Sellafield-anlegget. Men ettersom anlegget tidligere har produsert plutonium til våpenformål, er det naturlig å anta at det også er lagret våpenplutonium på anlegget. Med plutonium av våpenkvalitet vil 3 kg være mer enn nok til å produsere et våpen med betydelig sprengkraft (1 kilotonn).¹⁶⁶

Uavhengig av klassifisering må imidlertid plutoniumslageret bevoktes slik at ikke materialet kommer på avveie. Det

føres derfor grundig regnskap med det lagrede plutoniumet; det regnes blant annet som en egen sikkerhetszone, og vanlig ansatte på anlegget skal dermed ikke ha tilgang til lageret.

På lang sikt er det imidlertid ikke tilfredsstillende at så store mengder plutonium lagres i en form som er direkte anvendelig i våpenproduksjon. Det er derfor fremmet en rekke forslag til hvordan plutoniumet kan konverteres til en passiv, sikrere og mer utilgjengelig form.

BNFL ønsker å produsere MOX av det lagrede plutoniumet, for så å benytte dette i sine nye reaktorer AP-600 og AP-1000, som selskapet ønsker å bygge. Det er imidlertid usikkert om regjeringen vil åpne for et nytt reaktorprogram. Det siste atomkraftverket som ble bygd i Storbritannia, Sizwell B, sto ferdig i 1988. Det er også usikkert om Storbritannias eksisterende gasskjølte reaktorer er egnet til å benytte MOX-brensel. Magnox-

165 Eriksen, V.O. 1995: Kjernevåpen - hva nå?
166 Eriksen, V.O. 1995: Kjernevåpen - hva nå?, side 194.

167 The Environment Council, 2003: Plutonium working Group, final report.
168 BNFL, 1999: Annual Report & Accounts 1998.
169 BNFL, 2001: Annual Report and Accounts 2000.

reaktorene kan ikke benytte MOX. Et sikkerhetsmessig problem med bruk av MOX vil være at det øker antallet transporter med MOX i Storbritannia. Og i og med at MOX-brensel inneholder opptil 10 prosent plutonium, kan det dermed utgjøre et attraktivt terrormål. MOX-brensel kan også være attraktivt som materiale i såkalte skitne bomber:

Det er også mulig å produsere andre former for blandingsbrensel av plutonium, som så kan benyttes i reaktorer rundt omkring i landet. Et alternativ er såkalt Inter Matrix Fuel.

En annen mulighet er å immobilisere plutoniumet, det vil si å blande plutoniumet med annet flytende atomavfall, for så å støpe det inn i keramiske strukturer. Det keramiske avfallet kan så deponeres i dype geologiske formasjoner. Immobilisert plutonium er nærmest umulig å utvinne. Dette alternativet krever at det blir bygd et anlegg som kan drive storskala immobilisering. BNFL har beregnet at minst 5 prosent av det lagrede plutoniumet uansett må immobiliseres fordi det er uegnet til bruk i nytt atombrensel.¹⁶⁷

9.6 Transport av atomavfall

I 1998 startet BNFL et eget transportselskap ved navn Direct Rail Services (DRS). Selskapet har ansvar for å transportere med tog alt brensel fra havnebyen Barrow-in-Furness til Sellafield. Selskapet har også ansvar for alle transporter av brensel til og fra British Energy sine AGR-reaktorer samt transporter fra BNFL sine egne Magnox-verk til Sellafield-anlegget.¹⁶⁸

BNFL har også et eget selskap for sjøtransport av nukleært materiale. Dette selskapet, Pacific Nuclear Transport Ltd. (PNTL), ble opprettet i 1976. BNFL er hovedeier, med japanske og franske selskaper som deleiere. Skipene transporterer brukt reaktorbrensel fra japanske atomreaktorer til reprosessering i Sellafield og franske La Hague.

PNTL har syv skip i sin flåte. Skipene laster av og på brensel ved BNFLs private kaianlegg i Barrow, i Cumbria-distriktet. Skipene er autorisert som INFR3, som er den høyeste sikkerhetsklassifisering slike skip kan få fra

International Maritime Organisation (IMO).¹⁶⁹ To av skipene, Pacific Pintail og Pacific Teal har begge installert en 30 mm kanon på akterdekket. Hvis skipene transporter plutonium eller MOX-brensel skal det også være bevæpnet personell ombord. Rommene der brenselet er lagret under transport er forseglet, og det finnes ingen kraner ombord på selve skipet. Dette gjør det vanskeligere å eventuelt stjele transportflaskene. European Shearwater er ett av de andre skipene som er mye i bruk. Dette blir i hovedsak benyttet til å transportere sveitsisk og tysk brensel fra Cherbourg.

Både Chile, Argentina, Sør-Afrika og New Zealand har protestert mot at BNFL transporterer MOX, brukt reaktorbrensel og høyaktivt atomavfall i nærheten av deres territorialfarvann. Den siste transporten med MOX til og fra Japan fulgte den såkalte Sør-Afrika/Stillehavs-ruten. På grunn av de sterke protestene har japanske selskaper (Federation of Electric Power Companies) forhandlet med russiske myndigheter om å benytte Nordøst-passasjen som framtidig transportåre for høyaktivt, vitrifisert avfall fra La Hague og Sellafield. I så tilfelle vil transportene følge kysten av Norge før de ved hjelp av russiske atomisbrytere tråkler seg gjennom Nordøst-passasjen på vei til Japan.

BNFL kjøpte nylig et syvende skip til sin flåte - MV Arneb. Skipet har nå fått navnet Atlantic Osprey og skal blant annet brukes til å transportere MOX-brensel mellom Sellafield og det europeiske fastlandet. Den største forskjellen på dette skipet og de andre BNFL-skipene er at dette er et roll-on/roll-off-skip (ro-ro) bygd for transport av lastebiler som frakter selve brenselet. Dette vil gjøre transportene med MOX-brensel mer fleksibel. De andre skipene er vanlig lasteskip, der brensel må lastes ombord med kran fra land.

En rekke organisasjoner har uttrykt skepsis til bruken av dette ro-ro skipet ved transport av MOX. Atlantic Osprey har nemlig en lavere sikkerhetsklarering (klassifisert som INFR2) fra IMO enn de andre transportskipene, det har en lavere sikkerhetsstandard enn Pacific Pintail og Pacific Teal, det har ingen reservemotor til å ta over ved en eventuell motorstans og det har dessuten bare enkel bunn.

Navn på skip	Bygd	UO2-kapasitet (flasker)	Magnox-kapasitet	Dødvekt
Pacific Swan	1978	20	4	3,800
Pacific Crane	1980	24		3,800
Pacific Teal	1982	24		3,700
Pacific Sandpiper	1985	20	9	3,775
Pacific Pintail	1987	24		3,865
Mediterranean Shearwater	1982	6	6	1,600
Atlantic Osprey	1986			2515

Tabell 36: BNFLs transportskip for reaktorbrensel og høyaktivt atomavfall

Kapittel 10

Diskusjon



Diskusjon

Sellafield regnes i dag som en av de største kildene til radioaktiv forurensning av de arktiske havområdene. Forurensning fra anlegget kan spores i miljøet fra Irskesjøen til Barentshavet. Som følge av utslippene er Irskesjøen i dag verdens mest radioaktive havområde.

Det finnes fremdeles liten kunnskap om hvordan radioaktive spaltningsprodukter og transuraner beveger seg i miljøet og hvordan de påvirker mennesker og miljø, og da spesielt det sårbare miljøet i Arktis. En rekke av de stoffene som slippes ut fra Sellafield har i tillegg så lang halveringstid, at når de først er sluppet ut i miljøet forblir de der omtrent for alltid - sett fra et menneskes tidsperspektiv. Det er dessuten umulig å reversere de skader utslippene eventuelt påfører miljøet. En rekke studier viser også at utslippene fra Sellafield ikke bare forblir i det marine miljø, men at de også transporteres til land via sedimenter med flo og fjære, via sjøsprøyt og via sand fra strendene rundt hele Irskesjøen. Det er i dag ingen som vet hvilke konsekvenser disse radioaktive konsentrasjonene vil ha på mennesker og miljø i et lengre tidsperspektiv.

Under et ministermøte i OSPAR-konvensjonen i 1998 forpliktet Storbritannia seg til å redusere utslippene fra Sellafield slik at de gjenværende radioaktive konsentrasjonene i det marine miljø skal være tilnærmet null i 2020, eksklusiv de konsentrasjonene som allerede er der som følge av tidligere utslipp. Dette innebærer i realiteten at utslippene må reduseres umiddelbart, for på sikt å kunne opphøre. Hvis ikke vil de radioaktive konsentrasjonene i miljøet være høyere i 2020 enn de var når avtalen ble undertegnet i 1998. Slik det framkommer i denne rapporten planlegger BNFL likevel å øke utslippene fra Sellafield.

I tillegg til den de betydelige radioaktive utslippene fra Sellafield, har de økonomiske rammebetingelsene for å reprocessere endret seg drastisk siden slutten av 1970-tallet. Den gang var det en stigende bekymring for at verdens reservoarer av uran ville bli brukt opp innen utgangen av det 20. århundre. Det ble derfor sett på som fornuftig å utvinne uran fra brukt reaktorbrensel. Spådommene om uranmangel har imidlertid ikke slått til, og prisene på uran er i dag lavere enn noensinne.

Utviklingen av de såkalte breeder-reaktorene har heller ikke gått som forventet. En breeder-reaktor er en type reaktor drevet på uran-/plutoniums brensel (MOX-brensel), som var ment å skulle produsere mer plutonium enn den brukte, som dermed kunne benyttes som nytt brensel i reaktoren. Mens det på 1970-tallet var stor tro på at dette ville bli framtidens reaktorer, har en i dag et annet syn. Den største breeder-reaktoren, den franske Superphénix, ble etter en rekke alvorlige problemer og lekkasjer fra primærkretsen, endelig stengt i 1998.¹⁷⁰ Det britiske breeder-programmet ble avsluttet i 1994, og den tyske breeder-reaktoren i Kalka kom ikke en gang i drift. I dag er det bare Japan og Russland som fremdeles forsker på breeder-reaktorer.

Per juli 2003 er minst 80 tonn plutonium lagret på Sellafield-anlegget. Tatt i betraktning de ytterligere 50 tonnene som er lagret ved det franske reprocesseringsanlegget La Hague og de titalls tonnene med våpenplutonium som etter hvert kommer for en dag når USA og Russland skal iverksette nedrustningsavtalen START 2, er det ikke lenger behov for å "gjenvinne" plutonium fra brukt reaktorbrensel. De store lagrene med forskjellige former for plutonium som eksisterer på Sellafield-anlegget er et vedvarende sikkerhetsproblem og en potensiell trussel mot miljøet. Før en har fornuftige måter å håndtere de mengder som allerede eksisterer, vil ytterligere produksjon av plutonium derfor ikke være forsvarlig. Med dagens teknologi er det dessuten umulig å rense ut alle de radioaktive stoffene som skapes gjennom reprocessing.

Av hensyn til helse, miljø og sikkerhet anser Bellona det derfor ikke som forsvarlig at reprocessingen får fortsette. Miljøet rundt Sellafield er allerede så forurenset at enhver ny tilførsel av radioaktive utslipp vil være et brudd på OSPAR-konvensjonen og mot helse og miljøsikkerheten i området. Samtidig må utslippene av technetium-99 stanses en gang for alle. Hvis utslippene fra Sellafield får fortsette, vil Storbritannia fremstå som Europas radioaktive forurensere nr. 1.

¹⁷⁰ Reuters, 03.02.1998.

Appendiks I

Utslipp til sjø fra Sellafield 2000.

Radionuklid	Utslippstillatelse (GBq per år)	Forslag til ny utslippstillatelse (GBq per år)	Rapporterte utslipp (GBq per år)
Karbon-14	21 000	21 000	4 600
Svovel-35			360
Magnesium-54			10
Jern-55			40
Kobolt-60	13 000	3 600	1 200
Nikkel-63			430
Sink-65			30
Strontium-89			640
Strontium-90	48 000	48 000	20 000
Zirconium-95			110
Niobium-95			90
(Zr-95 + Nb-95)	9 000	3 800	200
Technetium-99	90 000	90 000	44 000
Ruthenium-103			110
Ruthenium-106	63 000	63 000	2 700
Sølv-110m			80
Antimony-125		(Ny grense) 25 000	7 800
Jod-129	2 000	2 000	470
Cesium-134	6 600	1 600	230
Cesium-137	75 000	34 000	6 900
Cerium-144	8 000	4 000	550
Promethium-147			350
Europium-152			70
Europium-154			60
Europium-155			50
Neptunium-237		(ny grense) 1 000	30
Plutonium-alfa	700	700	110
Plutonium-241	27 000	25 000	3 200
Americium-241	300	300	30
Curium-243+244		(Ny grense) 69	3
Uran (Kg)	2000	2000	610
Tritium (H-3)	30 000 000	20 000 000	2 300 000
Total alfa	1 000	1 000	120
Total beta	400 000	220 000	77 000

(Kilde: OSPAR 2000, BNFL 2001, EA, 2002).

Appendix 2

Magnox-reaktorene

Reaktorene i Calder Hall på Sellafield-anlegget var de første blant en hel generasjon reaktorer i Storbritannia, som siden har blitt hetende Magnox-reaktorer. Totalt ble det bygd 26 slike reaktorer i Storbritannia. Bortsett fra Calder Hall og søsterkraftverket Chapelcross ble alle disse ferdigstilt i perioden 1960-1970. 12 av disse reaktorene er fortsatt i drift, fordelt på fem forskjellige kraftverk. Magnox-reaktorene har lav elektrisitetsproduksjon, og de operative Magnox-reaktorene står til sammen bare for ca. 5 prosent av England og Wales sin elektrisitetsproduksjon.¹⁷¹

Calder Hall og Chapelcross ble bygd og drevet av United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA), men tidlig på 1970-tallet ble driften av alle Magnox-verk skilt ut i et eget statlig selskap under navnet Magnox Electric Plc. Dette selskapet ble i 1998 slått sammen med BNFL som i dag står som både eier og driftsansvarlig for alle Magnox-reaktorene. Det brukte brenselet fra alle Magnox-reaktorene reprocesseres i BNFLs Magnox-reprosesseringsanlegg (B205) i Sellafield.

I dag er det bare Storbritannia som har Magnox-reaktorer i drift. Tidlig på 1960-tallet leverte britene en Magnox-reaktor til Japan og en Magnox-reaktor til Italia, men begge disse reaktorene er i dag stengt. Japan stengte sitt Magnox-verk i mars 1998.¹⁷²

Navnet Magnox kommer av det spesielle brenselet som benyttes i reaktorene. Mens de fleste reaktorer i dag benytter brensel i form av uranoksyd (UO₂), benytter Magnox-reaktorene naturlig, metallisk uran. Dette er kapslet inn i en særegen kapsling av magnesiumoksyd, som har gitt det navnet Magnox.

Det metalliske Magnox-brenselet har skapt store miljømessige og sikkerhetsmessige problemer. Metallisk uran korroderer mye lettere i kontakt med vann og fuktighet enn det keramiske uranoksydet. I kontakt med fuktighet forfaller metallisk uran til uranoksyd og uranhydrid, som begge er brennbare stoffer. Korrodert brensel utgjør derfor et stort sikkerhetsproblem.

Bortsett fra Wylfa-kraftverket, benytter alle de britiske Magnox-kraftverkene vannbassenger som lagringsplass for brukt brensel. Dette var den naturlige lagringsmåten for alt brukt brensel på 1960-tallet. I motsetning til tørrlagring øker naturligvis risikoen for at brenselet skal

korrodere og bli ødelagt ved våtlagring av Magnox. For å minimalisere denne risikoen er det derfor en målsetting for BNFL å reprocessere brenselet snarest mulig etter at det er hentet ut av reaktorene.

BNFL produserer selv sitt Magnox-brensel i Springfields, nær Preston. Springfields-anlegget ble startet i 1960 og produserer 700 tonn Magnox i året. Kapasiteten er nesten det dobbelte.¹⁷³

I mai 2000 annonserte BNFL at de ville avvikle de fleste Magnox-reaktorene innen utgangen av 2010. Samme år vil produksjonen av Magnox-brensel i Springfields avsluttes. Som et resultat av dette, er tre Magnox-kraftverk allerede stengt; Hinkley Point (2000), Bradwell (2002) og Calder Hall (2003). Calder Hall skulle egentlig operere fram til 2006, men tekniske problemer med anlegget førte til at alle de fire reaktorene ble stengt i løpet av 2002/2003. BNFL har lovet at de resterende Magnox-kraftverkene ikke vil operere utover 2010, og at de avhengig av sikkerhetsmessig og markedsmessig forhold kan framskynde avviklingen.¹⁷⁴ BNFL hadde lenge planer om å forlenge levetiden til noen av Magnox-kraftverkene ved å utvikle et nytt keramisk atombrensel, kalt Magrox, spesielt designet for disse kraftverkene.¹⁷⁵ Tekniske og økonomiske problemer førte imidlertid til at Magrox-planene strandet i 2001.

De siste årene har BNFL hatt alvorlige problemer med sine gamle Magnox-reaktorer. Store tekniske problemer har ført til at alle fire reaktorer ved Hinkley Point og Bradwell var ute av drift i nesten hele 2000.

Som følge av problemene, bestemte BNFL seg for å stenge Hinkley Point for godt. Avgjørelsen ble endelig etter en økonomisk studie som konkluderte med at det ville kreves investeringer på flere millioner pund for å holde verket gående. Som følge av problemene, falt den allerede lave elektrisitetsproduksjon fra Magnox-verkene med hele 15 prosent fra 1999 til 2000.¹⁷⁷

Den 5. juli 2001 oppsto det igjen problemer da en beholder med 24 brukte brenselsspinner falt i gulvet ved Chapelcross Magnox-verk i Skottland.¹⁷⁸ Som følge av uhellet, innførte BNFL en midlertidig stans i alle brenselbytter ved Chapelcross og Calder Hall, som benytter samme system for å bytte brensel.¹⁷⁹ Det hele resulterte i at BNFL til slutt måtte framskynde stengingen av de to

Verkets navn	Antall reaktorer	BNFL planlegger stenging	Alder ved planlagt stenging	Output
Chapelcross	4	2005	45/47	196 MW
Dungeness A	2	2006	40	450 MW
Sizewell A	2	2006	40	420 MW
Oldbury	2	2008	40	434 MW
Wylfa	2	2010	38	980 MW

Tabell 37: Magnox-reaktorer som fortsatt er i drift.¹⁷⁶

171 BNFL, 2002: Annual Report and Accounts 2001.

172 Nuclear Engineering International, 2001:

World Nuclear Industry Handbook 2001, side 158-159.

173 Nuclear Engineering International, 2001:

World Nuclear Industry Handbook 2001, side 243.

174 BNFL, 23.05.2000.

175 BNFL, 23.05.2000.

176 BNFL, 2003: EH&S Report 2001-2002, side 15.

177 BNFL, 2001: Annual Report and Accounts 2000, side 16.

178 Wise-News Commenique 552.

179 BNFL press release, 08.07.2001.

gamle kraftverkene til henholdsvis 2003 for Calder Hall og 2005 for Chapelcross.

Wylfa-kraftverket er det tredje Magnox-verket BNFL har hatt problemer med. Begge reaktorene i dette verket, som sto ferdig i 1971, ble stengt i april 2000, da det ble oppdaget svakheter i reaktorens betongkonstruksjon.¹⁸⁰ Verket ble holdt stengt i 15 måneder før kraftproduksjonen ble gjenopptatt i august 2001.

BNFL ønsker å bygge fire til seks nye lettvannsreaktorer på samme sted som noen av de nedlagte Magnox-reaktorene i dag står. De planlagte reaktorene er utviklet av det BNFL-eide selskapet Westinghouse, og har fått navnet AP 600 og AP 1000.

Den britiske regjeringen har foreslått en målsetting om å redusere landets CO₂-utslipp med 60 prosent innen 2020. For å få til dette vil den britiske regjeringen satse på alternativ energi, og utbyggingen av nye atomkraftverk er foreløpig lagt på is. Regjeringen har imidlertid åpnet for en ny vurdering av atomkraft på et senere tidspunkt.¹⁸¹

¹⁸⁰ Large, J.H. 2001, side 9.

¹⁸¹ DEFRA, 2003: Energy White Paper.

Appendiks 3:

Andre reprosesseringsanlegg

La Hague

Det franske reprosesseringsanlegget La Hague er ved siden av Sellafield den største kilden til radioaktiv forurensning av Nordøst-Atlanteren, Nordsjøen og Barentshavet. Selv om utslippene fra La Hague er mindre enn utslippene fra Sellafield kan også disse utslippene spores hele veien til Barentshavet. Det som finnes av radioaktive transuraner langs kysten av Norge er en kombinasjon av utslipp fra Sellafield og La Hague.

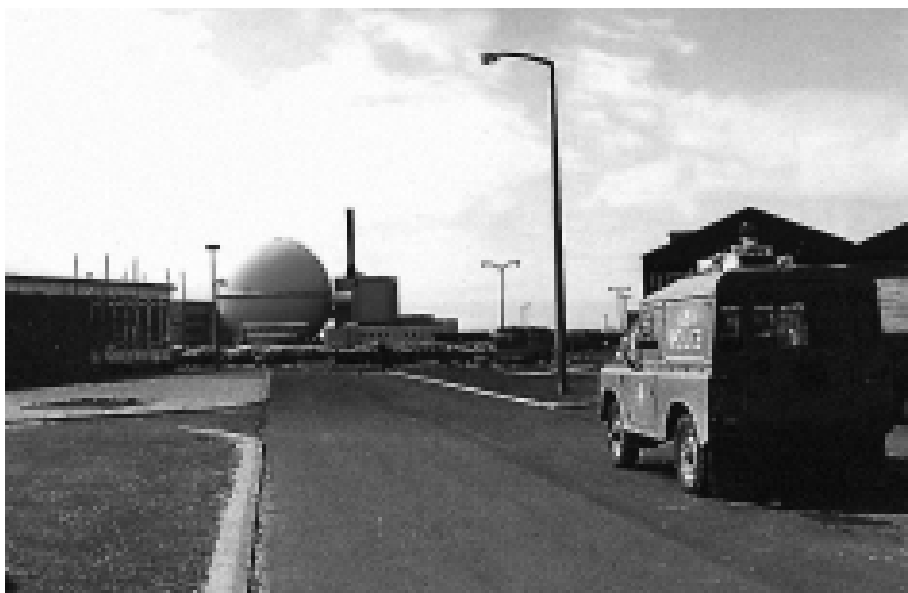
Det er to store reprosesseringsanlegg i La Hague. Disse er UP2 som ble satt i drift i 1966, og UP3 som ble satt i drift i 1990. Utslippene slippes ut gjennom en utslippsledning 1.700 meter fra land. Siden 1966 har anlegget repressert mer enn 16.000 tonn brensel.

Generelt er utslippene fra La Hague betraktelig lavere enn utslippene fra Sellafield. Unntaket er utslipp av tritium (H-3) og jod-129, som er betydelig større fra La Hague enn fra Sellafield. Utslippene av Tc-99 fra La Hague er mindre enn 1 TBq, og alfautslippene lå i 2000 på 37 GBq.¹⁸² Det er en tredjedel av alfautslippene fra Sellafield, som var 120 GBq. La Hague planlegger imidlertid også å repressere brensel med høyere utbrenning, noe som vil kunne øke utslippene fra anlegget de kommende årene. I tillegg til dette planlegges det repressering av MOX. Til tross for lave utslipp ved La Hague ligger de franske utslippstillatelsene høyere enn de britiske. Dette innebærer at La Hague har større spillerom til å øke utslippene om de mener det er nødvendig. Eksempelvis ligger utslippstillatelsen for alfautslipp til sjøen på 1.700 GBq i Frankrike mot 1.000 GBq i Storbritannia. Utslippene av jod-129 fra La Hague er svært høye, og lå i 2000 på 1.400 GBq mot 470 GBq fra Sellafield.¹⁸³ Jod-129 har en halveringstid på 17 millioner år og er svært mobil i miljøet. Den lange halveringstiden kombinert med at stoffet sprer seg relativt lett, innebærer at stoffet vil kunne akkumulere i næringskjeden.

Dounreay

Dounreay i Skottland har vært Storbritannias senter for moderne reaktorforskning. På anlegget eksisterte to reprosesseringsanlegg og to fast breeder-reaktorer. Det største reprosesseringsanlegget kunne behandle 8 tonn brensel i året og ble åpnet i 1980.

Ideen med de såkalte fast breeder-reaktorene var at de ved å bruke atombrensel produsert av blant annet plutonium skulle produsere mer brensel (plutonium-239) enn de brukte (uran-235). Til tross for nesten 40 år med breeder-forskning har imidlertid ikke reaktorene fungert som en hadde forestilt seg, og det kostbare britiske breeder-programmet ble endelig avviklet i april 1994. Reprosesseringsanlegget i Dounreay ble endelig stengt i 1996, etter at det oppsto alvorlige problemer med det tekniske systemet.



Det nedlagte reprosesseringsanlegget i Dounreay.

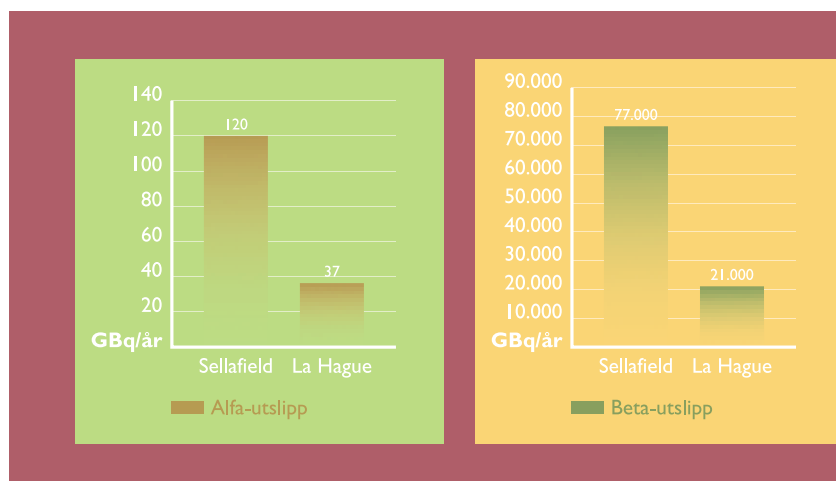
Det er fremdeles lagret 25 tonn med brukt brensel i Dounreay. Så sent som i juli 2001 bestemte den britiske regjering at heller ikke dette brenselet skulle represseres i Dounreay, som dermed ble stengt for godt. Det gjør La Hague og Sellafield til de siste kommersielle reprosesseringsanlegg i Europa.

Om brenselet som er lageret i Dounreay, vil bli sendt til Sellafield for repressering eller om det vil bli lagret i Dounreay, er ikke avklart.¹⁸⁴

Majak

Det russiske reprosesseringsanlegget Majak er grundig omtalt i Bellona Working Paper No. 4: 1995: "Reprocessing Plants in Siberia", og er derfor ikke nærmere omtalt her.

Tabell 38.
Sammenlikning av alfa- og beta-utslipp fra Sellafield og La Hague i 2000 (GBq/år).
(Kilde: OSPAR, 2002).



¹⁸² COGEMA, 2001: Yearly assessment 2000 of COGEMA-La Hague plant releases.
¹⁸³ OSPAR, 2002: Liquid Discharges from Nuclear Installations in 2000.

¹⁸⁴ Bellona Web, 26.07.2001.

Referanser/Litteraturliste

- **Albright, D. Berkhout, F. Walker, W. 1997:** *Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996*. World Inventories, Capabilities and Policies. Oxford University Press, Walton Street. Oxford, 1997.
- **Alstad, I. Eikelmann, I.M.H. 2001:** *Kartlegging og overvåking av radioaktivitet i saltvannsfisk i nordområdene*. Rapport 5. Statens Næringsmiddeltilsyn. Oslo, 2002.
- **Amundsen, I. Brekken, A. Liland, A. 2003:** *Utslipp av radioaktive stoffer fra Sellafield-anleggene. En gjennomgang av britiske myndigheters regulering av utslippstillatelser*. Statens Strålevern, 2003.
- **AMAP. 1997:** *Arctic Pollution Issues. A state of the Arctic Environment Report*. Arctic Monitoring and assessment program. Oslo, 1997. ISBN 82-7655-060-6.
- **Arnold, L. 1995:** *Windscale 1957, Anatomy of a Nuclear Accident*. Palgrave Macmillan, London/Basingstoke - UK, 1995. ISBN: 0333482530.
- **Aubrey, C. Grunberg, D. Hildyard, N. 1991.** *Nuclear Power, Shut it down!* The Ecologist 1991. Ecosystems Ltd. London, 1991.
- **Beral, V. Roman, E. Bobrow, M. (edt.). 1993:** *Childhood cancer and nuclear installations*. British Medical Journal Publishing Group. London. 1993.
- **Beral, V. Maconochie, M. Doyle, P. Roman, E. Davies, G. Smith, P.G. 1999:** *The nuclear industry family study: linkage of occupational exposures to reproduction and child health*. BMJ Publishing Group. London, 1999.
- **Berkhout, F. 1991:** *Radioactive Waste. Politics and Technology*. Routledge, London and New York, 1991.
- **Berkhout, F. 1993:** *Fuel reprocessing at THORP: Profitability and public Liabilities*. Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University. New Jersey, 1993.
- **BNFL. 1997:** *Annual Report 1996*.
- **BNFL. 1998:** *A Company Profile 1998*.
- **BNFL. 1999:** *Annual Report and Accounts 1998*.
- **BNFL. 1999:** *Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment, 1998*.
- **BNFL. 2000:** *Annual Report and Accounts 1999*.
- **BNFL. 2000:** *Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment in the UK, 1999*.
- **BNFL. 2000:** *Review of discharges and disposal of radioactive waste and effluents from the premises of BNFL at the Sellafield site*. Appendices 1 and 2. BNFL Plc. February 2000.
- **BNFL. 2001:** *Annual Report and Accounts 2000*.
- **BNFL. 2001:** *Annual Report on Discharges and Monitoring of the Environment in the UK, 2000*.
- **BNFL. 2001:** *Environment, Health and Safety Report 1999 - 2000*.
- **BNFL. 2003:** *EH&S Report 2001-2002*.
- **Brown, J. Kolstad, A.K. Lind, B. Rudjord, A.L. Strand, P. 1998:** *Technetium-99 Contamination in the North Sea and in Norwegian Coastal Areas 1996 and 1997*. Rapport nr. 3. Statens Strålevern. Østerås, 1998.
- **Brungot, A.L. Føyn, L. Carroll, J. Brown, J. Kolstad, A.K. Bøe, B. Hellstrøm, T. Rudjord, A.L. 1999:** *Radioactive contamination in the marine environment- Report no 3 from the national surveillance programme*. Rapport 6. Statens Strålevern. Østerås, 1999.
- **COGEMA. 2001:** *Yearly assessment 2000 of COGEMA-La Hague plant releases*. [Online]. Tilgjengelig fra <http://www.Cogemalahague.com>. [Nedlastet juli 2001].
- **DEFRA. 2002:** *UK strategy for radioactive discharges 2001-2020*. Department for Environment, Food & Rural Affairs. London, July 2002.
- **DEFRA, Dtl. 2003:** *Our energy future- creating a low carbon economy/ Energy White Paper*. DEFRA, Dtl. London, 24.02.2003
- **Dickinson, H.O. Parker, L. 2002:** *Leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in children of male Sellafield radiation workers*. International Journal of Cancer. Volume 99, Issue 3. 20.05.2002. Online ISSN: 1097-0215 Print ISSN: 0020-7136
- **Doll, R. 1999:** *The Seascale cluster: a probable explanation*. British Journal of Cancer, Vol. 81, Issue 1, September 1999. Cancer Research UK.
- **Environment Council. 2000:** *BNFL National stakeholder dialogue. Discharges working group, interim report*. The Environment Council. London, 28.02.2000.
- **Environment Council. 2003:** *BNFL National stakeholder dialogue. Plutonium working group, final report*. The Environment Council. London, March 2003.
- **Environment Agency. 1999:** *Radioactivity in the Environment Report for 2000. A summary and radiological assessment of the Environment Agency's monitoring programs*. Environment Agency, National Compliance Assessment Service. Lancaster, 1999.
- **Environment Agency. 2000:** *Radioactivity in the Environment Report for 2000. A summary and radiological assessment of the Environment Agency's monitoring programs*. Environment Agency, National Compliance Assessment Service. Lancaster, 2000.
- **Environment Agency. 2000:** *Supporting information. A package of information in support of the EA's Review of Tc-99 discharges from BNFL Plc. Sellafield into the Irish Sea*. Environment Agency. Warrington, 2000.
- **Environment Agency. 2000:** *Scope and methodology for the full re-examination of the Sellafield authorisations for the disposal of radioactive waste*. Environment Agency. February 2000.
- **Environment Agency. 2001:** *Radioactivity in the Environment Report for 2000. A summary and radiological assessment of the Environment Agency's monitoring programs*. Environment Agency, National Compliance Assessment Service. Lancaster, 2001.
- **Environment Agency. 2001:** *Explanatory document, to assist public consultation on proposal for the future regulation of disposal of radioactive waste from BNFL Plc. Sellafield*. Environment Agency. 30.07.2001.
- **Environment Agency. 2001:** *Explanatory document, Appendices and annexes*. Environment Agency. 30.07.2001.
- **Environment Agency. 2001:** *Proposed decision on the future regulation of Tc-99 discharges from BNFL Plc. Sellafield into the Irish Sea*. Decision Document. Environment Agency. Warrington, September 2001.
- **Environment Agency. 2002:** *Proposed decision for the future regulation of disposals of radioactive waste from BNFL Plc. Sellafield*. Decision Document. Environment Agency. Warrington, August 2002.
- **Eriksen, V. O. 1995:** *Kjernevedpen - hva nå?* Villa Sole Forlag. Kjeller, 1995.

- **Food Standards Agency and Scottish Environment Protection Agency. 2002:** *Radioactivity in Food and the Environment, 2001*. Rife-7. FSA. London, September 2002.
- **Forwood, M. 2001:** *BNFL & Reprocessing: The Deception of Customers Continues*. CORE. Cumbria, 2001.
- **Forwood, M. 2002:** *The Export of MOX fuel to Switzerland*. CORE. Cumbria, 2002.
- **Gardner, M.J, Snee, M.P, Hall, A.J, Powell, C.A, Downes, S, Terrell, J.D. 1990:** *Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria*. British Medical Journal 300, 17.02.1990. (6722):423-9.
- **Hartnett, M. 2003:** *A Review of the Oceanography of the Irish Sea*. Vol 2, Appendix 7.
- **Henriksen, T. 1993:** *Stråling og Helse*. Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo. Oslo, 1993.
- **HM Nuclear Installations Inspectorate. 2000:** *The Storage of Liquid High Level Waste at BNFL Sellafield*. Health & Safety Executive. February 2000.
- **HM Nuclear Installations Inspectorate. 2002:** *BNFL Sellafield and Drigg and UKAEA Windscale Local Liaison Committee report*. Quarterly Reports for 2000, 2001, 2002 and 2003. Tilgjengelig fra <http://www.sllc.co.uk/nii.html>
- **Iversen, S.A (red.). 2002:** *Havets ressurser 2002*. Fisken og Havet, særnummer 1-2002. Havforskningsinstituttet. Bergen, 2002.
- **Kansai Electric Power Co. Inc. 2000:** *Summary of the Investigation into BNFL MOX Fuel Issue*. Tokyo 2000.
- **Kershaw, P.J, Pentreath, R.J, Woodhead, D.S, Hunt, G.J. 1992:** *A review of radioactivity in the Irish Sea*. MAFF Aquatic Environment Monitoring report No. 32.
- **Kolstad, A.K, og Rudjord, A.L. 2000:** *Radioaktiv forurensning i marint miljø. Tc-99 i sjøvann og biota 1998 og 1999*. Rapport 7. Statens Strålevern. Østerås, 2000.
- **Kolstad, A.K. 2002:** *Målerapport nr 1*. 2002. Statens Strålevern. Østerås, 2002. Oppdragsgiver; Bellona.
- **Kolstad, A.K, Lind, B. 2002:** *Radioactivity in the Marine Environment 2000 and 2001. Technetium-99 concentrations in Norwegian coastal waters and biota*. Rapport 6. Statens Strålevern, Østerås, 2002.
- **Large, J.H. 2001:** *Review of Ageing Processes and their influence on safety and performance of Wylfa Nuclear Power Station*. Large and Associates Consulting Engineers. Report No. R3049-A1.
- **MacKerron, G. 2000:** *Analysis of Fuel Cycle Assumption in Draft 5 og NEA/OECD - Radiological Impact of Spent Fuel Management Option*. SPUR - Science and Technology Policy Research University of Sussex. Paper prepared for Greenpeace International.
- **McCubbin, D, Leonard, K.S, Maher, B.A, Hamilton, E.I. 1999:** *Association of ²¹⁰Pb(²¹⁰Pb) ²³⁹+²⁴⁰Pu and ²⁴¹Am with different mineral fractions of a beach sand at Seascale, Cumbria, UK*. The Science of the Total Environment 254 (2000) 1-15.
- **Makhijani, A, Hu, H, Yih, K. (edt.) 2000:** *Nuclear Wastelands. A Global guide to nuclear weapons production and its health and environmental effects*. By a special commission of International Physicians for the Prevention of Nuclear War and The Institute for Energy and Environmental Research (IEER). MIT Press, 2000. Cambridge, Massachusetts, London. ISBN: 0-262-13307-5.
- **Martiniussen, E. 2001:** *Sellafield reprocesseringsanlegg i Storbritannia*. Bellona Arbeidsnotat 5:2001. Miljøstiftelsen Bellona. Oslo, 29.08.2001.
- **Mathishov, G.G, Mathishov, D.G, Szczypa, J. 1993:** *Radionuclides in the bottom sediments and biota of the Shelf and Barents Sea coast*. Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk 1993.
- **May, J. 1989:** *The Greenpeace Book of the Nuclear Age. The hidden history, the human cost*. Victor Gollancz Ltd. London, 1989. ISBN 0-575-04567-1.
- **Naderson, R, Benecke, J, Donderer, R, Etemad, S, Hirsch, H, Kjellström, B, Large, J, Scheer, J, Schneider, M, Schumacher, H, Schumacher, O, Scott, M, Takagi, J, Thompson, G, Torrie, R, Zieggl, H. 1986:** *International Nuclear reactor hazard study*. Volume 1: Summary and Conclusions. The Hannover Ecology Group. Hanover, September 1986.
- **Nies, H, Herrmann, J 1999:** *Temporal Trends of Artificial Radioactivity in European Seas*. pp. 314-317. In: Radiation Res. Vol. 2: Proceedings. (Edt.) Moriarty, M, Mothersill, C, Seymour, C, Edington, M, Ward, J.F, Fry, R.J.M. 11th International Congress of Radiation Research. Dublin, Ireland, July 18th -23rd, 1999.
- **NIREX. 2001.** *Introduction to Radioactive Waste*.
- NIREX. 20.06.2003. Update on Nirex Position on Disposability of Tc-99 as ILW.
- **Nilsen, T, Bøhmer, N. 1995:** *Reprocessing plants in Siberia*. Bellona Working Paper 4: 1995. Miljøstiftelsen Bellona. Oslo, 1995.
- **Nilsen, T, Bøhmer, N. 1994:** *Kilder til radioaktiv forurensning i Murmansk og Arkhangelsk fylker*. Bellona Rapport 1: 1994. Miljøstiftelsen Bellona. Oslo, 1994.
- **Nuclear Engineering International. 2001:** *World Nuclear Industry Handbook 2001*. Wilmington Publishing Ltd. Wilmington UK, 2001.
- **Nuclear Engineering International 2003:** *World Nuclear Industry handbook 2003*. Wilmington Publishing Ltd. Wilmington UK 2003.
- **OSPAR. 1998:** *OSPAR Strategy with regard to Radioactive Substances*. (Reference Number: 1998-17). OSPAR Secretariat. London, 1998.
- **OSPAR. 2000:** *Quality Status Report 2000 for the North-East Atlantic*. OSPAR Secretariat, London 2000.
- **OSPAR. 2002:** *Liquid Discharges from Nuclear Installations in 2000*. OSPAR Secretariat, London 2002.
- **OSPAR. 2003:** *Bremen Statement. Ministerial Meeting of the OSPAR Commission*. Bremen 25.06.2003. OSPAR Secretariat, London.
- **Periáñez, R. 2001:** *Kinetic modelling of the dispersion of plutonium in the eastern Irish Sea: two approaches*. Journal of marine systems 38 (2003) 259-275.
- **Ryan, T.P, McMahon, C.A, Dowdall, A, Fegan, M, Sequeira, S, Murray, M, McKittrick, L, Hayden, E, Wong, J, Colgan, P.A. 2003:** *Radioactivity monitoring of the Irish marine environment 2000 and 2001*. Radiological Protection Institute of Ireland (RPII). Dublin, April 2003.

- **Rudjord, A.L. Føyn, L. Brungot, A.L. Kolstad, A.K. Helldal, H.E. Brown, J. Iosjpe, M. Christensen, G. 2001:** *Radioactivity in the Marine Environment (RAME) 1999*. NRPA Report 2001:9. Statens Strålevern. Østerås, 2001.
- **Sadnicki, M. 23.05.2001:** *The Sellafield Mox Plant (SMP) Justification Consultation*. Examination of new Information Presented by BNFL and DETR in the March 2001 Round of Consultation.
- **Sumner, D. 2000:** *Radioactive Discharges from La Hague*. Version 3, 23.05.2000. Greenpeace International, 2000. Tilgjengelig fra: <http://archive.greenpeace.org/~nuclear/ospar2000/html/content/ospar00/docs/reports/OSPARsumner.pdf>
- **Sumner, D. Johnson, R. Peden, VV. 2000:** *The United Kingdom, i Makhijani, A. Hu, H. Yih, K. (red): Nuclear Wastelands*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, 2000.
- **BNFL press release 08.07.2001:** *Chapelcross fuelling machine issue*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bnfl.com> [Nedlastet 08.07.2001].
- **BNFL 29.05.2001:** *Shipments of Nuclear Material Between Switzerland and the UK*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bnfl.com> [Nedlastet juni 2001].
- **BNFL. Januar 2003:** *BNFL Response to the Secretary of State Regarding the Ministers' Decision on the Environment Agency's Proposed Decision on the Future Regulation of Tc-99 Discharges*.
- **BNFL. 1997:** "Reprocessing". *Briefing notes on aspects of BNFL*.
- Bunyard, P. 1986. *The Sellafield Discharges*. The Ecologist Vol 16, No 4/5 1986. Ecosystems Ltd. London, 1986.
- **CORE. 1990:** *Thorp report*. CORE. Barrow-in-Furness, 1990.
- **CORE. 05.03.1998:** *Technetium 99 - BNFL discharges to the Irish Sea*. A CORE reasearch paper. CORE. Barrow-in-Furness, 1998.
- **CORE. 1998:** *Nuclear reprocessing accidents at Sellafield 1950 - 1996*. CORE. Barrow-in-Furness, 1998.
- **CORE. 1997:** *NRPB Cancer Study*. CORE-Briefing No. 13/97. CORE. Barrow-in-Furness, 1997.
- **CORE. 1997:** *Sellafield Radiation Leak*. CORE-Briefing 14/97. CORE. Barrow-in-Furness. 1997.
- **CORE. 2001:** *Chapelcross shut down after fuel rod accident*. Wise News Comenique 552, WISE-Amsterdam, 2001.
- **Deere-Jones T. 1991:** *Back to the land: The sea-to-land transfer of radioactive pollution*. The Ecologist. Jan./Feb. 1991. The Ecologist, Ecosystems Ltd. London, 1991.
- **DEFRA. December 2002:** *DRAFT, The Technetium-99 (Future regulatin of Discharges from Sellafield) Direction 2002*.
- **Downs S. 1990:** *The 10 years of investigation into the health impact of the Sellafield Reprocessing Plant on local communities in Cumbria*. The THORP report, CORE, Barrow-in-Furness 1990.
- **Environment Agency. 07.01.2003:** *Response to DEFRA consultation proposed direction to the EA to report on the possibility of imposing a moratorium on the discharges of Tc-99 pending the introduction of TPP abatement technology*. Environment Agency. London, 2003.
- **ENDS Daily. 01.03.2000:** *Sweden stops Sellafield spent fuel shipment*. Environmental Data Services. London, 2000.
- **Forwood, M. 20.02.2003:** Personlig meddelelse.
- **Greenpeace International. 1990:** *Coastal pollution in the Irish sea*. Greenpeace International. London, 1990.
- **Greenpeace International. 1993:** *The THORP Papers, a response to British Nuclear Fuels briefing: THORP the FACTS*. Greenpeace International. London, 1993.
- **Greenpeace International. 1998:** *Additional Evidence of Failure to Reduce and Eliminate Marine pollution from Nuclear Reprocessing Discharges since the OSPAR Ministerial Meeting*. OSPAR. 1998 (MMC 98/6/NGO.03-add.1-e).
- **Greenpeace International. 1998:** *Radioactive Contamination in Scotland from BNFLs Sellafield reprocessing plant*. Greenpeace International. London, 1998.
- **Greenpeace International press realise. 09.10.1998:** *Sellafield as heavy contaminated with radioactivity as Chernobyle*. Greenpeace International. Amsterdam, 1998.

Artikler og notater

- **BBC-news. 30.03.2000:** *Sellafield affair 'badly damaged'* BNFL. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/694996.stm> [Nedlastet 19.07.2003].
- **BBC-news. 06.04.2000:** *Nuclear plant bosses admit safety breach*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/703911.stm> [Nedlastet 04.07.2001].
- **BBC-news. 14.06.2001:** *Ireland takes UK to court over Sellafield*. [Online]. Tilgjengleig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/1388626.stm> [Nedlastet 14.06.2001].
- **BBC-news. 05.10.2000:** *BNFL fined over Sellafield safety*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/957080.stm> [Nedlastet 10.07.2001].
- **BBC-news. 22.07.2000.** *MOX: The voyage home*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/828638.stm> [Nedlastet 03.07.2001].
- **BBC-news. 17.02.2000.** *Sellafield nuclear records faked*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/646230.stm> [Nedlastet 03.07.2001].
- **Bellona Web. 26.07.2001:** *Britene stenger Dounreay*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bellona.no/no/energi/atomkraft/sellafield/21420.html> [Nedlastet 26.07.2001]. Miljøstiftelsen Bellona. Oslo, 2001.
- **Bellona Web. 21.02.2003:** *German's may pull plug on reprocessing*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bellona.no/en/energy/nuclear/sellafield/28624.html> [Nedlastet 08.05.2003]. Miljøstiftelsen Bellona. Oslo, 2003.
- **Berkhout F. 1997:** *The International Civilian Reprocessing Business*. Energy and Security No. 2 1997. Institute for Energy and Environmental Research. Takoma Park, Maryland, USA 1997.
- **BNFL press release 02.09.1996:** *Calder Hall celebrates 40 years of Operation*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bnfl.com> [Nedlastet 08.07.2003].
- **BNFL press release 23.05.2000:** *BNFL confirms Magnox station lifetimes*. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bnfl.com> [Nedlastet juli 2001].

- **Greenpeace International. 21.02.2000:** *BNFL - MOX fiasco.* Greenpeace International. London, 2000. [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.greenpeace.org.uk/contentlookup.cfm?CFID=173535&CFTOKEN=26150477&ucidparam=20000217153831> [Nedlastet juni 2001]
- **Greenpeace International. 17.04.2000:** *Rotten to the core. Revelations about BNFL's business and Sellafield since publication of the three nuclear installations inspectorate safety reports.* Greenpeace International. London, 2000.
- **Guardian Unlimited. 28.07.2001:** *Mothballed plutonium plant faces £250m loss.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,528724,00.html [Nedlastet 28.07.2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 15.09.2000:** *BNFL losses all-time high.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.guardian.co.uk/business/story/0,3604,368539,00.html> [Nedlastet juni 2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2000.
- **Guardian Unlimited. 31.05.2001:** *Scientist says BNFL plant is terrorist risk.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,499014,00.html [Nedlastet juni 2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 18.07.2001:** *Government warned off Mox.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.guardian.co.uk/business/story/0,3604,523377,00.html> [Nedlastet 18.07.2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 23.07.2001:** *Nirex admits culture of secrecy.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,525844,00.html [Nedlastet 23.07.2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 25.05.2002:** *BNFL in Mox deal with E.ON.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.guardian.co.uk/business/story/0,3604,721851,00.html> [Nedlastet 25.05.2002]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2002.
- **Guardian Unlimited. 28.06.2001:** *Mothballed plutonium plant faces £250m loss.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,528724,00.html [Nedlastet 28.06.2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 23.07.2001:** *Nirex admits culture of secrecy.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,525844,00.html [Nedlastet 23.07.2001]. Guardian Newspapers Ltd. London, 2001.
- **Guardian Unlimited. 20.01.2002:** *UK's plutonium 'kept in a shed'.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://observer.guardian.co.uk/politics/story/0,6903,636450,00.html> [Nedlastet 21.01.2002].
- **Guardian Unlimited. 2003:** *Special report. The nuclear industry.* Diverse artikler [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.guardian.co.uk/nuclear> Guardian Newspapers Ltd. London, 2003.
- **Hanschke C, Finsterwalder L, Jungmann C.R, Prüßmann S, Wiese H. 1999:** *Experience with dismantling and the German reprocessing plant WAK, CONFERENCE, FEBRUARY 28 _ MARCH 4, 1999.*
- **Kolstad. A.K. 2002:** *Målerapport nr. 1 2002.* Statens Strålevern, seksjon miljøovervåkning 24.03.2002.
- **Martiniussen, E. 1998:** *I den internasjonale atomindustriens bakgård.* Natur og Samfunn nr. 3. 1998. Natur og Ungdom. Oslo, 1998.
- **Natur og Ungdom. 2000:** *Sellafield øker sine utslipp.* Bakgrunnsnotat 27.06.2000. Natur og Ungdom. Oslo, 2000.
- **NIREX. 16.07.2003:** *Nirex to be made independent.* NIREX press statement. NIREX Ltd. Harwel, 2003.
- **NIREX. 2001:** *Introduction to radioactive waste.* NIREX Ltd. Harwel.
- **Nuclear Engineering. April 2003:** *World's first commercial reactor is shut down after 47 years.* Nuclear Engineering International. Wilmington, UK, 2003.
- **Nuclear Engineering. April 2003:** *Software helps remove Pile 1 at Windscale.* Nuclear Engineering International. Wilmington, UK, 2003.
- **Nuclear Fuel Vol. 28 No. 4. 17.02.2003.**
- **Reuters 22.02.1996:** *Sweeden may reclaim nuclear fuels from Britain.*
- **Reuters 03.02.1998:** *France shuts one nuclear breeder reactor and restarts another one.* Referert av CCNR-news [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.ccnr.org/news/news_briefs_98.html#table [Nedlastet 17.01.2001].
- **Seth, A. 1997:** *Reprocessing Where and How.* Energy and Security No. 2. 1997. Institute for Energy and Environmental Research. Takoma Park, Maryland, USA.
- **The Daily Telegraph. 01.01.1988:** *Full extent of Windscale fire revealed, 1957 contamination was worse than 3 Mile Island.*
- **The Daily Telegraph. 01.04.2001:** *British Nuclear Fuels plunges into the red.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.telegraph.co.uk/money/main.jhtml?xml=%2Fmoney%2F2001%2F04%2F01%2Fcnuc01.xml&secureRefresh=true&_requestid=329430 [Nedlastet 08.07.2003]. Telegraph Group Ltd. London, 2001.
- **The Daily Telegraph. 26.06.2001:** *Sellafield emissions predicted to rise.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=%2Fnews%2F2001%2F06%2F25%2Fnuke26.xml> [Nedlastet 08.07.2003]. Telegraph Group Ltd. London, 2001.
- **The Daily Telegraph. 25.10.2001:** *BNFL mission to charm Japan.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.telegraph.co.uk/money/main.jhtml?xml=%2Fmoney%2F2001%2F10%2F25%2Fcbnfl25.xml> [Nedlastet 08.07.2003]. Telegraph Group Ltd. London, 2001.
- **The Independent. 31.03.2000:** *Reprocessing? No thanks.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.independent.co.uk/uk/environment/story.jsp?story=4880> [Nedlastet 19.07.2003].
- **The Independent. 13.04.2001:** *Germans will restart Sellafield shipments.* [Online]. Tilgjengelig fra: http://news.independent.co.uk/uk/this_britain/story.jsp?story=66474 [Nedlastet 17.07.2001].
- **The Independent. 13.05.2001:** *Foreign firms threaten crisis for Sellafield.* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://news.independent.co.uk/uk/environment/story.jsp?story=71897> [Nedlastet 17.07.2001].

- **The Independent. 14.05.2001:** *BNFL moves to head off revolt by foreign firms.* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://news.independent.co.uk/business/news/story.jsp?story=72049>
 [Nedlastet 17.07.2001].
- **The Independent. 25.05.2001:** *Ministers face court over secret report on Sellafield.* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://news.independent.co.uk/uk/environment/story.jsp?story=74456>
 [Nedlastet 17.07.2001].
- **The Independent 28.05.2001:** *Historic Japanese vote deals blow to BNFL fuel prospects.* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://news.independent.co.uk/business/news/story.jsp?story=74939>
 [Nedlastet 17.07.2001].
- **The Observer. 03.01.1988:** *Windscale fall-out milk was sold to public.*
- **The Sunday Herald. 29.06.2003:** *Radioactive pollution in Solway '100 times higher than expected'.* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.sundayherald.com/34913> [Nedlastet 29.06.2003].
- **UKAEA. 2001:** *The WAGR Project.* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.ukaea.org.uk/wagr/wagr.htm#> [Nedlastet 09.07.2001].
- **UKAEA. 06.07.2001:** *Remote Control (Phase 1 decommissioning, Windscale Pile 1).* [Online]. Tilgjengelig fra:
<http://www.ukaea.org.uk/windscale/nearestarticle.htm> [Nedlastet 09.07.2003].
- **Wise News Communiqué (nr. 552). 17.07.2001:** *UK: Chapelcross shut down after fuel rod accident.* World Information Service on Energy (WISE). Amsterdam, 2001.
- **Whitehaven News. 05.05.2003:** *It's a glass act from BNFL.*