

Atomtrusler



Referanse:

Statens strålevern. Atomtrusler.
StrålevernRapport 2008:11. Østerås: Statens strålevern, 2008.

Emneord:

Trusselvurdering. Kilder og scenarier. Nukleare og radiologiske konsekvenser. Norge.

Resymé:

Sannsynligheten for at en alvorlig atomhendelse skal inntreffe og ramme Norge eller norske interesser vurderes som liten. Men hvis en hendelse først inntreffer, kan det medføre svært store helsemessige, miljømessige eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Enkelte grupper i befolkningen, særlig knyttet til reindrift eller utmarksbruk, er spesielt sårbare.

Reference:

Norwegian Radiation Protection Authority. Nuclear and radiological threats.
StrålevernRapport 2008:11. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2008.
Language: Norwegian.

Key words:

Threat assessments. Scenarios. Nuclear and radiological consequences. Norway.

Abstract:

The likelihood for a severe nuclear or radiological incident to occur and have impact in Norway or to Norwegian interests is regarded to be small. But if such an incident was to occur, the consequences for Norwegian citizens, environment or society may be considerable. Some parts of the population, especially with connection to reindeer herding or outdoor use, are particularly vulnerable.

Prosjektleder: Øyvind Gjølme Selnæs.

Godkjent:



Per Strand, avdelingsdirektør, Avdeling beredskap og miljø

47 sider.

Utgitt 28-10-2008.

Opplag 300 (10-2008).

Form, omslag: LoboMedia AS.

Trykk: LoboMedia AS, Oslo.

Bestilles fra:

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

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

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

Illustrasjon forside og side 13:

Statens strålevern/Inger Sandved Anfinsen

www.koboltdesign.no

Atomtrusler

Forord

Denne rapporten er skrevet for Kriseutvalget for atomberedskap og den norske atomberedskapsorganisasjonen. Den danner et grunnlag for videreutvikling av den norske atomberedskapen. Rapporten er det første dokumentet i en planlagt tredelt prosess:

1. *Trusselvurdering*: En oversikt over kilder, mulige hendelser og konsekvenser av disse som den norske atomberedskapsorganisasjonen står ovenfor.
2. *Utfordringer for atomberedskapsorganisasjonen*: En oversikt over handlinger atomberedskapsorganisasjonen må iverksette ved de forskjellige scenariene. Dette vil være en gjennomgang av tiltaksstrategier, måle- og overvåkningsprogram, informasjonsutfordringer og lignende.
3. *Ressursbehov*: En oversikt over nødvendige ressurser som kreves for å gjennomføre ulike handlinger. Dette vil være en gjennomgang av behov for beslutningsstøttesystemer, måleutstyr, kompetanse, prognoseverktøy, beredskapsplaner, medikamenter og medisinsk utstyr, kommunikasjonsmidler og lignende.

Formålet med dette arbeidet er å fremme anbefalinger om videreutvikling av beredskapen til Kriseutvalget, i forbindelse med revisjon av Kriseutvalgets langtidsplan for oppgradering av norsk atomberedskap og videreutvikling av krisehåndteringsplanene i alle sektorer og på alle nivåer.

Denne rapporten, ”Atomtrusler”, gir en oversikt over mulige hendelser og konsekvenser den norske atomberedskapsorganisasjonen står ovenfor.

Rapporten er utarbeidet for Kriseutvalget av Statens strålevern i samarbeid en arbeidsgruppe med medlemmer fra Forsvarets forskningsinstitutt, Institutt for energiteknikk, Meteorologisk institutt, Norsk utenrikspolitiske institutt og Universitetet for miljø- og biovitenskap.

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn for vurderingene	9
1.2 Norsk atomberedskap i dag	9
1.3 Tidligere vurderinger	10
1.4 Denne vurderingen	10
2 Bakgrunn	10
2.1 Sannsynlighet og konsekvens	11
2.1.1 <i>Sannsynlighet</i>	11
2.1.2 <i>Eventuelle konsekvenser</i>	12
2.1.3 <i>Betydningen av værforhold</i>	15
2.2 Tidligere hendelser	16
2.3 Kilder i og i nærheten av Norge	19
2.3.1 <i>Kjernekraftverk</i>	19
2.3.2 <i>Mindre kjernereaktorer</i>	20
2.3.3 <i>Avfall og brukt brensel</i>	20
2.3.4 <i>Øvrige strålekilder</i>	20
2.3.5 <i>Kjernevåpen</i>	21
2.4 Nordmenn i utlandet	21
2.5 Terrorisme og vilde handlinger	21
2.6 Kategorisering av trusler	22
2.7 Nye atomtrusler	24
3 Kilder og scenarier	24
3.1 Utenlandske kjernekraftverk	24
3.1.1 <i>Øst-europeiske kjernekraftverk</i>	25
3.1.2 <i>Eldre britiske kjernekraftverk</i>	26
3.1.3 <i>Øvrige vestlige kjernekraftverk</i>	26
3.1.4 <i>Terrorangrep mot kjernekraftverk</i>	26
3.2 Norske forskningsreaktorer	27
3.2.1 <i>Svikt i kjølesystem ved reaktoren på Kjeller (JEEP II)</i>	27
3.2.2 <i>Svikt i kjølesystem ved reaktoren i Halden</i>	27
3.3 Reaktordrevne fartøy	28
3.4 Anlegg for produksjon og behandling av reaktorbrensel eller annet spaltbart materiale	29
3.4.1 <i>Anleggene ved Sellafield og La Hague</i>	29
3.4.2 <i>Anlegg i Russland</i>	29
3.5 Anlegg for lagring av brukt brensel og annet radioaktivt avfall	29

3.6	Strålekilder i bruk i industri, helsevesen og forskning	30
	3.6.1 Kilder på avveie	30
3.7	Transport av brukt brensel og annet radioaktivt materiale av omfang	31
	3.7.1 Transport av radioaktivt materiale i Norge	31
	3.7.2 Transport av radioaktivt materiale til havs	31
3.8	Styrt av satellitt med radioaktivt materiale	32
3.9	Kjernevåpen	33
	3.9.1 Detonasjon av kjernevåpen i Norge	33
	3.9.2 Utilsiktet eller uautorisert detonasjon av kjernevåpen på Kolahalvøya	33
	3.9.3 Russiske underjordiske kjernefysiske prøvesprengninger	33
	3.9.4 Kjernevåpen internasjonalt og kjernefysisk krig	33
	3.9.5 Terrorisme og kjernevåpen	34
	3.9.6 Besøk fra allierte kjernevåpenstater	34
4	Oppsummering	34
5	Referanser	44
A	Noen begreper	45
A.1	Forsvar i dybden, Design Basis Accident og Beyond Design Basis Accident	45
A.2	Design Basis Threat	46
A.3	Ordforklaringer	46

Sammendrag

Den nasjonale atomberedskapen er hjemlet i kongelig resolusjon av 17. februar 2006. Kriseutvalget for atomberedskap er opprettet for å oppnå en effektiv og hurtig håndtering av akuttfasen ved atomhendelser, rådgi departementer og andre myndighetsorganer i senfasen av en hendelse og gi en faglig tilfredsstillende behandling i det løpende beredskapsarbeidet.

For å ha en beredskap som sikrer god, koordinert, kontrollert, rett-tidig og effektiv håndtering av enhver radiologisk eller nukleær hendelse på skadested, lokalt, regionalt, sentralt og internasjonalt, er det nødvendig å ha en god forståelse av mulige hendelser og konsekvensene de kan gi. Norske myndigheter vurderer og oppdaterer derfor trusselbildet kontinuerlig slik at negative konsekvenser for liv, helse, miljø og andre viktige samfunnsinteresser i størst mulig unngås ved eventuelle kriser.

Arbeid for å redusere sannsynlighet for ulykker og uønskede hendelser har vært og er et hovedprinsipp i nukleær virksomhet og ved kildebruk. Sannsynligheten for større atomhendelser er dermed generelt liten.

Konsekvensvurderinger danner et viktig grunnlag for vurderingen av forskjellige trusler. I tillegg har vi erfaring fra historiske hendelser. Det er særlig noen hendelser som på hver sin måte preger trusselforståelsen vår i dag:

- Three Mile Island-ulykken i 1979 viste at lite sannsynlige atomulykker kan inntreffe.
- Tsjernobylulykken i 1986 viste at konsekvensene av en lite sannsynlig atomulykke kan bli langt mer omfattende enn tidligere antatt, og at vesentlig større områder enn tidligere antatt kan bli berørt.
- Goiânia-ulykken i 1987 viste hvilke utfordringer beredskapen kan stå ovenfor ved forurensning av mennesker

og omgivelser fra en radioaktiv strålekilde.

- Angrep med kjernevåpen mot Hiroshima og Nagasaki under 2. verdenskrig viste hvordan stater kan legitimere bruk av slike virkemidler i en konfliktsituasjon og hvilke konsekvenser bruk av slike våpen kan gi.
- Angrepene mot World Trade Center og Pentagon 11. september 2001 viste at enkeltgrupperinger både har vilje og evne til å gjennomføre terroranslag i stor skala.
- Tsunamikatastrofen i Sørøst-Asia i 2004 viste at hendelser i utlandet kan få store konsekvenser for nordmenn og norske interesser, selv om norske territorier ikke blir direkte berørt.
- Forgiftningen av Alexander Litvinenko i London i november 2006 viste hvordan vilde handlinger rettet mot enkeltpersoner også kan få samfunnsmessige konsekvenser.

Politiets sikkerhetstjeneste (PST) vurderer løpende sannsynligheten for terrorisme eller andre vilde handlinger i Norge. I disse vurderingene ses det som lite sannsynlig at en ikke-statlig aktør kan gjennomføre et terroranslag med nukleære eller radiologiske midler i Norge med massedød som resultat (PST 2008). Internasjonal terrorisme, herunder bruk av masseødeleggelsesvåpen, vil likevel være en alvorlig sikkerhetsutfordring for mange land i årene framover (NOU 2007:15). I denne rapporten er disse vurderingene lagt til grunn.

Atomtrusler i dag

Sannsynligheten for at en alvorlig atomhendelse skal inntreffe og ramme Norge eller norske interesser vurderes som liten. Men hvis en hendelse først inntreffer, kan konsekvensene bli svært store. Forurensning, nedfall og eksponering for ioniserende stråling kan føre til helsemessige konsekvenser for befolkningen i form av akutte stråleskader, senskader og/eller psykologiske virkninger. Utslipp og spredning av radioaktive stoffer kan også føre

til konsekvenser for miljøet. I tillegg kan radioaktiv forurensning gi samfunnsmessige konsekvenser som forurensning av næringsmidler, økonomiske konsekvenser som følge av tap av markedsanseelse, forurensning av eiendom og landområder, tap av infrastruktur, behov for midlertidig evakuering eller permanent flytting av lokalsamfunn og samfunnsmessig uro og usikkerhet. Enkelte grupper i befolkningen, for eksempel knyttet til reindrift eller utmarksbruk, er spesielt sårbare.

Der er begrenset nukleær virksomhet i Norge. Institutt for energiteknikk opererer to forskningsreaktorer på Kjeller og i Halden. Hendelser ved disse anleggene kan kreve iverksettelse av tiltak i nærområdet.

Norge grenser også til farvann hvor det tradisjonelt har vært stor trafikk av reaktordrevne fartøy, og allierte reaktordrevne fartøy anløper jevnlig norske farvann og norske anløpshavner. Atomhendelser ved kystnære reaktordrevne fartøy kan få store konsekvenser for befolkning og miljø.

En rekke små og store strålekilder er i bruk i helsevesen, industri og forskning i det norske samfunnet. De største strålekildene er bestrålingsanlegg, store strålekilder ved enkelte sykehus og industrielle radiografikilder. Hendelser med store strålekilder kan gi konsekvenser for enkeltpersoner, og kan medføre betydelig opprydningsarbeid lokalt.

Strålekilder på avveie og villedede handlinger med strålekilder vil gi spesielle utfordringer. Generelt vil slike hendelser ha lokale virkninger, som helseeffekter til de berørte og forurensning av nærmiljøet. Bruk av radiologiske våpen, som skitne bomber, kan gi stor uro i befolkningen og ressurskrevende opprydning.

Det er rundt 200 km fra den norske grensen til nærmeste utenlandske kjernekraftverk. De nærmeste kjernekraftverkene finnes i Russland, Litauen, Sverige, Finland, England og Tyskland. Lagre med store mengder brukt kjernebrensel og annet radioaktivt materiale finnes blant annet flere steder på Kolahalvøya i Russland og er i utilfredsstillende stand. Både Storbritannia, Frankrike og Russland har gjenvinningsanlegg for brukt reaktorbrensel. Hendelser ved atomanlegg kan gi vidt forskjellige konsekvenser, alt fra mindre lekkasjer til marint miljø til store utslipp til luft

som gir nedfall over store geografiske områder.

Styrt av satellitter eller andre romfartøy med radioaktivt materiale om bord kan berøre Norge eller norske interesser. Denne type hendelser vil som regel være forutsigbare en tid før de inntreffer. Utfordringen vil i første rekke være knyttet til forberedelser og opprydning i etterkant.

Økt globalisering har ført til at nordmenn på reise i utlandet i større grad enn før kan bli rammet av hendelser som ikke berører norsk territorium. Nordmenn som tjenestegjør i konfliktområder kan være spesielt utsatt for strålekilder som har kommet på avveie, men også for sabotasje- og terrorhandlinger.

Kjernevåpen er i en særstilling. Konsekvensene av en kjernefysisk detonasjon vil være øyeblikkelige og enorme, og vil gi langt mer alvorlige konsekvenser enn øvrige atomhendelser. Det finnes store arsenaler av kjernevåpen på Kolahalvøya, og våpenbærende fartøyer i våre nærområder. Bruk av kjernevåpen mot Norge anses i dag som svært lite sannsynlig.

Nye utfordringer

Noen framtidige utfordringer må følges spesielt nøye.

Kjernekraft har fått en renessanse. Stadig flere ser på kjernekraft som en naturlig løsning på klimautfordringene og et stadig økende energibehov. Russiske myndigheter utvikler flytende kjernekraftverk for bruk på vanskelig tilgjengelige steder i Arktis.

Det økonomiske potensialet i nord har fått stadig større oppmerksomhet, noe som innebærer nye utfordringer med en økende norsk næringsvirksomhet i et område med mange kilder som kan gi store radioaktive utslipp.

Det er en tiltagende aktivitet hos det russiske forsvaret i nordområdene. Russiske reaktordrevne fartøy vil trolig dra ut oftere og på lengre tokt. Dette gjør at Norge i større grad kan bli utsatt for hendelser knyttet til operative fartøy på tokt enn tidligere.

Klimaendringer kan føre til nye utfordringer i forbindelse med atomanlegg og i forhold til radioaktiv forurensning.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for vurderingene

Det har tidligere vært flere alvorlige atomhendelser rundt om i verden, hvor stråledosene har medført helseskade og til dels alvorlige miljøkonsekvenser. Noen av de mest alvorlige hendelsene har vært knyttet til utslipp som følge av eksplosjoner eller brann i kjernefysiske anlegg og høye stråledoser fra radioaktive strålekilder på avveie.

Norske myndigheter har siden Tsjernobyl-ulykken i 1986 hatt en egen beredskap for atomulykker og andre nukleære eller radiologiske hendelser. For å ha en beredskap som sikrer en god, koordinert, kontrollert, rett-tidig og effektiv håndtering av enhver radiologisk eller nukleær hendelse på skadested, lokalt, regionalt, sentralt og internasjonalt, er det nødvendig å ha en god forståelse av mulige hendelser og tilhørende konsekvenser. Norske myndigheter vurderer og oppdaterer derfor trusselbildet kontinuerlig.

Norsk atomberedskap har i stor grad vært rettet mot mulige hendelser ved utenlandske atomanlegg som kan føre til at radioaktive luftmasser kommer inn over Norge og gir nedfall over deler av landet. Flere atomanlegg på Kolahalvøya i Russland ligger nært Norge og har vært i utilfredsstillende stand, og norsk atomberedskap har derfor tidligere vektlagt mulige hendelser ved disse anleggene.

Sikkerheten ved flere av disse anleggene har blitt bedret i de siste årene ved hjelp av betydelige midler fra blant annet Norge, i samarbeid med Russland og andre land.

Angrepene i USA 11. september 2001 tydeliggjorde at terrororganisasjoner har andre motiver og større ressurser enn tidligere. En ser derfor nå nærmere på en ny type scenarier, som for eksempel massive angrep på atomanlegg. I tillegg har aldrende kjernekraftverk, storstilt dekommisjoneringsarbeid og spredning av kjernevåpenkapasitet også ført til at trusselbildet nå er i endring.

Det er særlig fem atomhendelser som på hver sin måte preger trusselforståelsen vår i dag:

- Reaktorulykken ved Three Mile Island i USA i 1979 viste at selv lite sannsynlige atomulykker kan inntreffe,

- Tsjernobyl-ulykken i daværende Sovjetunionen i 1986 viste at konsekvensene ved lite sannsynlige atomulykker kan bli langt mer omfattende og vidtrekkende enn tidligere antatt.
- Stråleterapikilden som ble forlatt og senere spredt rundt i samfunnet i byen Goiânia i Brasil i 1987 viste hvor vidtrekkende og omfattende konsekvenser forurensing fra strålekilder kan ha.
- De amerikanske angrepene med kjernevåpen mot Hiroshima og Nagasaki under 2. verdenskrig viste hvordan stater kan legitimere bruk av slike virkemidler i en konfliktsituasjon og hvilke konsekvenser bruk av slike våpen kan gi.
- Forgiftningen av Alexander Litvinenko i London i november 2006 viste hvordan villede handlinger rettet mot enkeltpersoner også kan få samfunnsmessige konsekvenser.

I tillegg er det to hendelser uten radiologisk relevans som viser hvilke utfordringer atomberedskapsorganisasjonen kan stå ovenfor i framtiden:

- Angrepene på World Trade Center og Pentagon i USA i 2001 viste at enkelte grupperinger har både vilje og evne til å gjennomføre terroranslag i stor skala.
- Tsunamikatastrofen i Sørøst-Asia i 2004 demonstrerte at hendelser i utlandet kan få store konsekvenser for nordmenn og norske interesser, selv om norske territorier ikke blir berørt.

Til nå har det ikke blitt gjennomført terroraksjoner med nukleære eller radiologiske kilder som har medført radioaktiv forurensing. Flere grupperinger har imidlertid uttrykt vilje til å gjennomføre slike aksjoner. Det er derfor nødvendig å vurdere konsekvenser av slike hendelser.

1.2 Norsk atomberedskap i dag

Den nasjonale atomberedskapen vi har i dag er hjemlet i kongelig resolusjon av 17. februar 2006 (Statens strålevern 2006a). Kriseutvalget for atomberedskap er opprettet for å oppnå en

effektiv og hurtig håndtering av akutfasen ved atomhendelser, rådgi departementer og andre myndighetsorganer i senfasen av en hendelse og gi en faglig tilfredsstillende behandling i det løpende beredskapsarbeidet. Hovedmålet er å beskytte liv, helse, miljø og andre viktige samfunnsinteresser.

Norge har i tillegg internasjonale forpliktelser innen atomberedskap gjennom Det internasjonale atomenergibyrådet, IAEA, og bilaterale avtaler med andre land.

Statens strålevern har som leder av og sekretariat for Kriseutvalget for atomberedskap ansvar for at det alltid foreligger en oppdatert vurdering av trusselbildet.

1.3 Tidligere vurderinger

Som en følge av Tsjernobyl-ulykken i april 1986, ble det i 1991 opprettet en interdepartemental arbeidsgruppe for å utrede hvordan norsk beredskap ved atomulykker kunne styrkes. Denne utredningen ble publisert som NOU 1992:5 *"Tiltak mot atomulykker"* og beskrev konsekvenser og sannsynlighet for en rekke forskjellige ulykkes scenarier, men med hovedvekt på kilder i tidligere Sovjetunionen.

I 1999 oppnevnte Regjeringen et offentlig utvalg for å utrede sårbarheten og beredskapen i det norske samfunnet, deriblant også atomtrusselen. Denne utredningen ble publisert som NOU 2000:24 *"Et sårbart samfunn"*. Rapporten fra Sårbarhetsutvalgets underutvalg for atomsaker ble også publisert som en egen Strålevernrapport (Statens strålevern 2000). Denne utredningen ser i større grad på mulighetene for terrorisme knyttet til bruk av kjernevåpen, radiologiske våpen, eller annen bruk av radioaktivt materiale.

Angrepene på World Trade Center og Pentagon i USA 11. september 2001 førte til økt oppmerksomhet rundt faren for terrorhandlinger som omfatter direkte angrep på atomanlegg, og Statens strålevern utarbeidet i slutten av 2001 en intern rapport for Kriseutvalget som inneholdt en oppdatering av trusselbildet (Statens strålevern 2001). Konklusjonen var da at angrep på nukleære anlegg eller bruk eller trussel om bruk av radiologiske eller nukleære våpen er en viktig side av trusselbildet.

I 2002 utarbeidet Statens strålevern i tillegg et notat på oppdrag fra Justisdepartementet med

en vurdering av sikkerheten ved norske radioaktive kilder (Statens strålevern 2002a).

Trusselbildet blir i tillegg kontinuerlig vurdert og oppdatert blant annet gjennom internasjonalt samarbeid, og da spesielt gjennom det arktiske overvåknings- og vurderingsprogrammet AMAP (AMAP 1998 og AMAP 2004), det nordiske samarbeidet innen kjernesikkerhetsforskning (NKS) og det norsk-russiske samarbeidet om atomsikkerhet i nordområdene.

1.4 Denne vurderingen

Denne trusselvurderingen er en videreføring av de tidligere vurderingene. Den gir en oversikt over ulike typer kilder og mulige hendelser innen- og utenlands, og beskriver omfanget av eventuelle konsekvenser for Norge og norske interesser i utlandet. I tillegg blir noen framtidige utfordringer belyst.

Politiets sikkerhetstjeneste (PST) vurderer løpende sannsynligheten for terrorisme eller andre vilde handlinger i Norge. I disse vurderingene ses det som lite sannsynlig at en ikke-statlig aktør kan gjennomføre et terroranslag med nukleære eller radiologiske midler i Norge med massedød som resultat (PST 2008). Internasjonal terrorisme, herunder bruk av masseødeleggelsesvåpen, vil likevel være en alvorlig sikkerhetsutfordring for mange land i årene framover (NOU 2007:15). I denne rapporten er disse vurderingene lagt til grunn.

2 Bakgrunn

Denne trusselvurderingen omfatter en beskrivelse av nukleære og radiologiske kilder som potensielt kan gi doser til mennesker og miljø og mulige konsekvenser av slike hendelser i Norge og for nordmenn og norske interesser i utlandet.

Det finnes en rekke nukleære og radiologiske kilder, både i Norge og i utlandet, som ved ulykker, terrorhandlinger eller andre hendelser kan gi doser til mennesker og miljø. Ved å betrakte ulike kategorier av kilder, kan en i tillegg til historiske erfaringer med atomulykker (kapittel 2.1.12) forestille seg en rekke hendelser som kan medføre enten utslipp

av radioaktivitet eller doser fra strålekilder. Det er vanskelig å anslå sannsynlighet for framtidige atomhendelser, spesielt i forbindelse med terrorhandlinger. Derimot er det lettere å estimere hvilke konsekvenser slike hendelser kan medføre for mennesker, miljø og samfunn. Betrachninger knyttet til potensielle kilder, mulige hendelser og sannsynlige konsekvenser er gjennomgått i kapittel 3.

2.1 Sannsynlighet og konsekvens

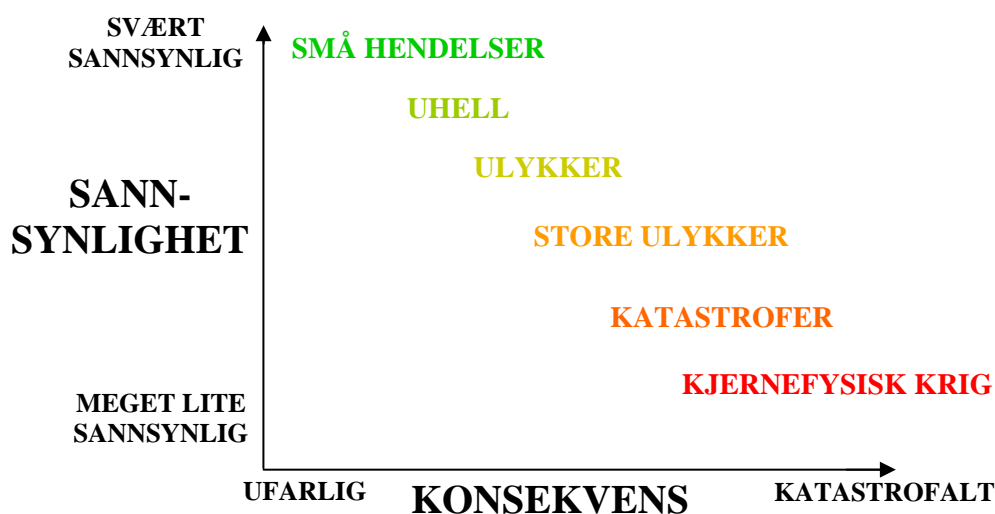
Risikoen for en gitt hendelse er en funksjon av sannsynligheten for og konsekvensene av hendelsen. Sannsynlighet blir ofte angitt på en skala fra "meget lite sannsynlig" til "svært sannsynlig" (Figur 2.1). På samme måte kan konsekvenser beskrives på en skala fra "ufarlig" til "katastrofalt".

Sannsynligheten for eventuelle utilsiktede hendelser eller ulykker vil variere med teknisk standard, vedlikehold, organisasjon,

myndighetskontroll, kunnskap og sikkerhetskultur ved de forskjellige kildene. Sannsynligheten for vilde handlinger vil i tillegg være avhengig av vilje og evne til de som eventuelt vil utøve handlingen og graden av fysisk sikring av kildene.

Konsekvenser av forskjellige hendelser vil være avhengig av kildens innhold av radioaktivt materiale, hvilke konsekvensreducerende tiltak som er innført ved kilden, hvordan et eventuelt utslipp foregår og hvilke radioaktive stoffer som frigis, på hvilken måte befolkningen og miljøet eksponeres for det radioaktive materialet, og hvilket omfang dette vil få for Norge og norske interesser.

I tillegg vil meteorologiske forhold være avgjørende, både for spredningen av radioaktive stoffer fra et eventuelt utslipp og hvor store konsekvensene blir.



Figur 2.1: Konsekvens sett i forhold til sannsynlighet for atomhendelser

2.1.1 Sannsynlighet

Det er generelt lav sannsynlighet for at det skal skje en atomulykke eller en annen nukleær eller radiologisk hendelse som medfører betydelige konsekvenser utenfor et svært begrenset område.

Utover dette kan det være vanskelig å kvantisere sannsynligheten for at atomhendelser skal inntreffe. Internasjonalt benyttes i stor grad anerkjente og utprøvde metoder for å analysere sannsynligheten for uhell ved nukleære anlegg. Sannsynlighetsanalyser

benyttes i stor utstrekning og har vist seg å være et egnet verktøy i design, vedlikehold og drift av et anlegg. Analysene bygger blant annet på erfaringsdata fra drift av anlegg, tekniske løsninger ved drift og overvåking av anleggene og kopling mellom ulike hendelseskjeder.

Resultatene av en slik analyse benyttes for å vurdere om et uhell kan medføre konsekvenser for anlegget og/eller omgivelsene. Videre benyttes sannsynlighetsanalysene for å finne de beste strategiene for å redusere sannsynligheten for konsekvensene av et uhell.

Analysemetodene tar hensyn til både operasjoner som kan medføre uhell og konsekvensreducerende operasjoner etter at et uhell har skjedd. Resultater fra analysene benyttes blant annet til å gjennomføre nødvendige tekniske og organisatoriske endringer ved anlegget for ytterligere å redusere sannsynligheten for hendelser.

IAEA anbefaler at sannsynligheten for skade i en reaktorkjerne bør være mindre enn 10^{-4} pr. reaktor pr. år for eksisterende kraftverk og mindre enn 10^{-5} pr. reaktor pr. år for nye anlegg. Tilsvarende anbefales det at sannsynligheten for større utslipp bør være mindre enn 10^{-5} for eksisterende og mindre enn 10^{-6} for nye anlegg pr. reaktor pr. år. Se også vedlegg A.

Sannsynligheten for kriminelle handlinger med nukleære eller radiologiske konsekvenser vil variere over tid. Det er derfor nødvendig å basere seg på trusselvurderingene som blir utført av myndighetene i enkelte land, og den utveksling som er mellom land om slik informasjon. I Norge har Politiets sikkerhetstjeneste (PST) det faglige ansvaret for denne typen trusselvurderinger.

2.1.2 Eventuelle konsekvenser

En atomhendelse kan ha konsekvenser for liv, helse, miljø og andre viktige samfunnsinteresser.

Omfanget av konsekvensene vil avhenge av både hendelsesforløpet, hvilke radioaktive stoffer som er involvert, hvordan et eventuelt utslipp blir transportert av vær og havstrømmer, og i hvor stor grad vi kan redusere konsekvensene ved å iverksette egnede tiltak.

Helsekonsekvenser

I forbindelse med en atomhendelse kan mennesker bli utsatt for stråling fra omgivelsene eller fra radioaktive stoffer de får i seg (ICRP 1993).

I umiddelbar nærhet til et hendelsessted og/eller kort tid etter en atomhendelse vil eksponering for ioniserende stråling først og fremst skyldes direkte stråling fra en eller flere strålekilder, stråling fra partikler/fragmenter avsatt i åpne sår, radioaktive stoffer avsatt på bakken eller andre overflater, forurensning på hud eller klær, eller gjennom innånding av forurenset luft eller partikler/fragmenter.

Eksponering lengre tid etter en atomhendelse vil først og fremst skyldes opphold i svært forurensete områder eller opptak av radioaktive stoffer gjennom næringskjedene. Særlig for barn kan det også inkludere inntak av radioaktive stoffer sammen med badevann eller jord/grus i forbindelse med lek.

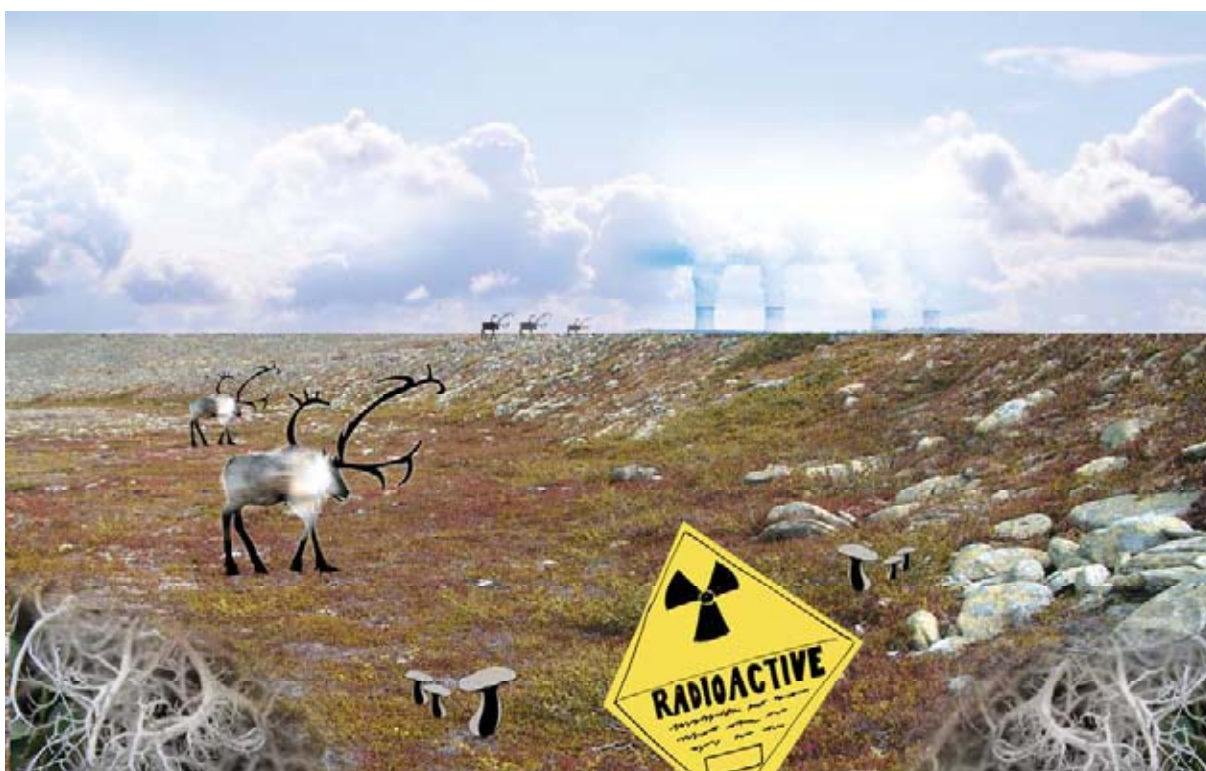
I beredskapssammenheng rettes særlig oppmerksomhet mot langlivede radioaktive stoffer som reagerer biokjemisk på samme måte som enkelte næringsstoffer og som derfor blir oppkonsentrert i kroppen. Mest relevante i ulykkesammenheng er stoffer som

- radioaktivt cesium, som går til blod og muskelmasse
- radioaktivt strontium, som går til tenner og benvev
- radioaktivt jod, som oppkonsentreres i skjoldbruskkjertelen.

Se også Figur 2.2 og Figur 2.3.



Figur 2.2: Eksponering kort tid etter en atomhendelse vil først og fremst skyldes direkte stråling fra et hendelsessted eller radioaktive stoffer avsatt på bakken eller andre overflater, eller gjennom innånding av forurenset luft.



Figur 2.3: Eksponering lengre tid etter en atomhendelse vil først og fremst skyldes opptak av radioaktive stoffer gjennom næringskjeder.

Tabell 2.1: Akutte stråledoser og virkninger

Stråledose	Virkninger
6000 mSv	Medfører trolig dødsfall hvis dosen mottas i løpet av få timer
1000 mSv	Gir symptom på strålesyke (som trøtthet, kvalme) hvis dosen mottas i løpet av et døgn
500 mSv	Målbare endringer i blodet
150 mSv	Gir midlertidig sterilitet

Stråledoser til mennesker måles vanligvis i sievert (Sv).

Tabell 2.1 gir noen eksempler på akutte stråledoser og virkninger på mennesker. Til sammenligning kan yrkeseksponerte i Norge årlig motta opptil 20 mSv. Gjennomsnittlig årlig stråledose for personer i Norge er 4 mSv.

Helsekonsekvenser som følge av stråledoser i forbindelse med en atomhendelse kan være:

- *Akutte stråleskader*; som oppstår ved høye stråledoser, som regel som følge av ekstern bestråling fra strålekilder. Slike skader opptrer timer eller dager etter bestråling (deterministiske skader). Akutte stråleskader er sjeldne, men alvorlige.
- *Sensskader*; som innebærer økt sannsynlighet for utvikling av kreft, nedsatt forplantningsevne eller genetiske skader. Sensskader kan for eksempel oppstå som følge av direkte bestråling fra radioaktive kilder eller radioaktive stoffer på bakken og i luft, inhalasjon av radioaktiv luft eller inntak av forurensede næringsmidler eller drikkevann. Virkningene vil være merkbare først lang tid etter eksponering, og det kan være vanskelig å fastslå sammenheng mellom årsak og virkninger og å sette forekomst av sykdommer i direkte sammenheng med eksponering for radioaktivitet (stokastiske skader).
- *Psykologiske virkninger*; som kan oppstå som følge av angst og usikkerhet, manglende informasjon eller bortfall av næringsvirksomhet. Slike virkninger kan også være en

direkte følge av iverksettelse og gjennomføring av tiltak og andre samfunnsmessige endringer som en atomhendelse kan medføre. Psykologiske virkninger kan både være psykosomatiske (stressreaksjoner, som for eksempel frykt for å ha mottatt store stråledoser, uro og usikkerhet) eller psykososiale (som for eksempel frykt for å miste jobb eller næringsgrunnlag).

Miljøkonsekvenser

Utslipp av radioaktive stoffer kan også føre til konsekvenser for ytre miljø. Sårbare og næringsfattige økosystemer er spesielt utsatt, dette gjelder blant annet særlig i arktiske områder hvor økosystemene er preget av korte næringskjeder og effektiv oppkonsentrering av næringsstoffer i mange plante- og dyrearter.

Direkte konsekvenser for miljøet som følge av et radioaktivt utslipp kan være:

- *Korttidseffekter i landmiljø*; som skyldes direkte bestråling av biologisk materiale ved direkte nedfall eller biologisk opptak av store mengder radioaktive stoffer. Dette ble blant annet observert som vekstforstyrrelser i nærområdet etter Tsjernobyl-ulykken.
- *Langtidseffekter i landmiljø*; som skyldes nedfall, opptak og oppkonsentrasjon av radioaktive stoffer i biologiske organismer. Radioaktive stoffer kan overføres i næringskjeden og kan bidra til vekstforstyrrelser, genetiske skader og reproduksjonsskader. I enkelte forurensede områder har også arter forsvunnet helt fra et område som en

følge av høye stråledoser, noe som også kan gi uante ringvirkninger i økosystemet for øvrig.

- *Langtidseffekter i havmiljø*; som følge av opptak og oppkonsentrasjon av radioaktive stoffer. Utslipp til marint miljø vil over tid fortynnes i vannmassene, men vil oppkonsentreres i enkelte plante- og dyrearter. Konsekvensene av små utslipp til miljøet er usikre, og det er en del uklårheter knyttet til oppkonsentrering av langlivede radioaktive stoffer i et lengre tidsperspektiv.
- *Andre miljøkonsekvenser*; som følge av forurensning som forringer miljøets kvalitet.

Øvrige samfunnsmessige konsekvenser

I tillegg til helse- og miljømessige konsekvenser som følge av selve strålingen, kan radioaktiv forurensning også føre til store samfunnsmessige konsekvenser:

- *Forurensning av næringsmidler*; utslipp og nedfall til jordbruksområder og utmark, vann og hav, kan føre til forurensning av næringsmidler. Restriksjoner på matvareproduksjon og -omsetning vil kunne medføre store konsekvenser for landbruk, fiskeri-næring, reindrift og næringsmiddel-industri. Dette kan i ytterste konsekvens også få betydning for matforsyningen. Utsatte befolknings-grupper som har et stort forbruk av vilt og andre utmarksprodukter som reinsdyrkjøtt, sopp, bær og ferskvannsfisk kan oppleve å måtte endre levestet.
- *Økonomiske konsekvenser som følge av tap av anseelse i markedene*; primærnæringene og andre næringer kan også bli skadelidende som følge av tapt markedsanseelse, selv om de miljømessige konsekvensene i seg selv er ubetydelige. Dette gjelder særlig for eksporterende næringer. Turist-næringen kan på samme måte bli skadelidende som følge av sviktende interesse innenfor målgruppene. Transportsektoren kan også rammes

som følge av forurensning eller frykt for forurensning.

- *Forurensning av eiendom og landområder*; forurensning av eiendom og landområder kan medføre betydelige kostnader i forbindelse med fjerning av radioaktiv forurensning, eventuelt kan det bli nødvendig å begrense bruken av områdene eller omdisponere dem til annet bruk.
- *Tap av infrastruktur*; infrastruktur kan bli avsperrret eller gjort utilgjengelig som følge av betydelig radioaktiv forurensning. Infrastruktur kan også falle bort som følge av konvensjonelle skader, og kan være sårbar ovenfor elektromagnetiske pulser fra kjerne-våpen.
- *Behov for midlertidig evakuering eller permanent flytting av lokalsamfunn*; i noen ekstreme tilfeller hvor svært radioaktivt avfall rammer deler av norsk territorium, kan stråledosene bli så høye at befolkningen må fraflytte området midlertidig eller permanent.
- *Samfunnsmessig uro og usikkerhet*; i tillegg til den psykologiske belastningen hver enkelt kan bli utsatt for, kan samfunnet som helhet oppleve uro og usikkerhet, spesielt i en tidlig fase. Dette kan gi seg utslag i trafikk-problemer, krav om kontrollmålinger eller medisinsk oppfølging, omfattende sykemeldinger og lignende. Dette gjelder også for nordmenn i utlandet, både i forbindelse med hendelser de utsettes for i utlandet og i forbindelse med alvorlige hendelser hjemme i Norge. Det vil alltid være et betydelig behov for informasjon til publikum og media som følge av en alvorlig atomhendelse.

2.1.3 Betydningen av værforhold

Værforhold har generelt stor betydning for konsekvensene ved en atomhendelse. Hvis store mengder radioaktive stoffer slipper ut i atmosfæren, vil værmessige mekanismer spre forurensning over store områder. Forurensede luftmasser kombinert med nedbør kan gi konsentrert nedfall av radioaktive stoffer.

Ved utslipp har en tidligere antatt at jo lenger i tid og avstand fra kilden en befant seg, jo mer fortennet ville konsentrasjonen av forurensningene bli. En trodde seg trygg for konsekvensene bare en befant seg på betryggende avstand fra utslippsstedet. Dette er på en måte riktig, så lenge en bare ser på prosessen "diffusjon" og tørrdeposisjon. Imidlertid medfører ikke spredning av radioaktive stoffer i luft nødvendigvis ensidig fortykning.

Det er særlig våtdeposisjon (med nedbør) som her kan motvirke spredning og fortykning. Storskala vær fenomener med frontnedbør (knyttet til lavtrykk) er særlig viktig i denne sammenhengen. Fronter kan noen ganger opptre som stasjonære hindre for horisontal bevegelse i atmosfæren. Luften blir derfor hevet, ny luft strømmes til og mer radioaktivt materiale fra utslippet følger med, vandamp kondenseres og nedbør felles ut (og med den -radioaktiv forurensning). Om frontflaten beveger seg lite vil den stadige tilførselen av forurensninger kunne felles ut på samme sted. Dette fører til en oppkonsentrering av nedfallet, en anti-diffusiv prosess, noe vi så et typisk eksempel på i Gävle-området i Sverige under Tsjernobyl-ulykken. Slike prosesser kan finne sted nesten uavhengig av avstand fra utslippet.

Lokalskala vær fenomener kan også påvirke den transportruten radioaktive forurensninger følger. For eksempel kan tordenvær med dype konveksjonsceller forflytte bakkenære luftmasser til stor høyde, i mange tilfeller helt opp til stratosfæren (til mer enn 10 000 meters høyde). Dette vil virke som skorsteiner for vertikal transport. Ved Tsjernobyl-ulykken førte varmeutviklingen ved brannen i grafitten i reaktorkjernen til at utslippet ble delvis løftet ut av atmosfærens grenselag og fraktet mer enn 2000 km til Norge.

Lavtrykk med nedbør kommer hyppigst fra vest og sørvest for Norge. Det vil ta kort tid før virkninger av et utslipp kan nå Norge, og den norske atombereidskapen kan bli stilt overfor minst like store utfordringer som vi opplevde under Tsjernobyl-ulykken.

2.2 Tidligere hendelser

En rekke atomhendelser har inntruffet opp igjennom tiden, og flere av disse har skjedd i nærområdene til Norge.

Noen eksempler på tidligere hendelser rundt om i verden er:

Hendelser knyttet til atomanlegg

Kyshtym: I 1957 eksploderte en lagertank med høyaktivt radioaktivt avfall ved gjenvinningsanlegget Majak PA i Ural i Russland. Radioaktive stoffer fra tanken ble løftet opp til en høyde på rundt 1 km og spredt med vinden i et belte på opp til 300 km fra anlegget. Rundt 10 000 innbyggere ble evakuert i forbindelse med ulykken.

Windscale: I oktober 1957 førte et rutinemessig vedlikeholdsarbeid ved en reaktor ved Windscale-anlegget i Storbritannia til at det oppstod full brann i reaktoren. Brannen varte i to dager, og førte til to store utslipp av radioaktive stoffer. Ulykken førte til at radioaktiv melk måtte kasseres i en tid etter ulykken, og radioaktive stoffer ble også transportert til Norge. Etter ulykken skiftet anlegget navn til Sellafield.

Karachay-innsjøen: I 1967 tørket Karachay-innsjøen ved Majak PA delvis inn i løpet av den lange nedbørfattige sommeren. Innsjøen inneholdt store mengder radioaktive stoffer, som da ble spredt som støv med vinden over store deler av nærområdet til anlegget.



Figur 2.4: Noen tidligere atomhendelser

Three Mile Island: I mars 1979 skjedde det en delvis kjernenedsmeltning på den ene reaktoren ved Three Mile Island kjernekraftverk i Pennsylvania, USA. Utslippet av radioaktive stoffer var ubetydelig, men ulykken tydeliggjorde at selv usannsynlige hendelser kan inntreffe.

Tsjernobyl: I april 1986 inntraff verdens hittil mest alvorlige atomulykke ved Tsjernobyl kjernekraftverk i det nåværende Ukraina, som følge av kjernenedsmeltning av reaktor 4 ved anlegget. Påfølgende eksplosjoner og brann, som varte i over en uke, ga et betydelig utslipp av radioaktive stoffer som spredte seg over store deler av Europa og østre deler av Nord-Amerika. Under arbeidet med å slukke brannen fikk ca. 30 redningsarbeidere akutte stråleskader og døde. I alt var rundt 600 000 arbeidere involvert i opprydningsarbeidet, som varte fram til 1990. Reaktoren er nå innstøpt i en betongsarkofag. Som følge av ulykken ble over 336 000 mennesker evakuert og forflyttet fra nærområdene i Ukraina og Hviterussland. Ulykken fikk også store konsekvenser for næringsmiddelproduksjon i store deler av Europa. Konsekvensene for Norge var store, og det ble iverksatt omfattende tiltak innenfor de norske primærnæringene. I dag, 22 år etter ulykken, blir det hvert år fortsatt iverksatt tiltak i Norge for å redusere doser fra inntak av

forurensede matvarer. Reindriftsnæringen ble spesielt skadelidende etter ulykken, og norske myndigheter iverksatte spesielle tiltak for å sikre sørsamisk kultur og reindriftstradisjoner.

Tomsj-7: I april 1993 førte en kjemisk reaksjon til en eksplosjon i en tank med høyaktivt urannitrat ved Siberian Chemical Combine ved Tomsj-7 (Seversk), en av verdens største anlegg for produksjon av kjernevåpenmateriale. Hendelsen førte til at over 100 km² ble forurenset av radioaktive stoffer fra anlegget.

Hendelser med reaktordrevne ubåter

Chazma-bukta: I august 1985 oppstod det en kritikalitet og påfølgende brann under et rutinemessig brenselskifte ved en reaktordrevet ubåt ved havn i Chazma-bukta ved Vladivostok i Russland. Ulykken medførte et betydelig utslipp av radioaktive stoffer til omgivelsene.

Komsomolets: I april 1989 sank den russiske reaktordrevne Mike-ubåten Komsomolets i Norskehavet som følge av en brann om bord. I tillegg til reaktorbrenselet hadde ubåten to kjernevåpen om bord (torpedoer). Komsomolets ligger nå på 1685 meters dyp.

Echo II-ubåt: I juni 1989 fikk en russisk Echo II-ubåt et reaktorhavari i Norskehavet som førte til utslipp av radioaktive stoffer til luft og sjøvann. Hendelsen ga forhøyede stråledoser (beregnet til under 1,6 mSv) til norsk redningspersonell som ble sendt til området. Ubåten ble slept til havn i daværende Sovjetunionen.

Kursk: I august 2000 sank den russiske reaktordrevne Oscar II-ubåten Kursk under en marineøvelse i Barentshavet som følge av eksplosjoner om bord. Ubåten ble hevet i oktober 2001.

K-159: I august 2003 sank den utrangerte ubåten K-159 like utenfor Kolafjorden under sleping til opphuggingsverftet. Ubåten var en reaktordrevet ubåt av Novemberklassen, og sank med brukt brensel om bord. Ubåten ligger nå på 240 meters dyp.

Hendelser med kjernevåpen

Palomares, Spania: I januar 1966 førte en kollisjon mellom to amerikanske fly over Palomares i Spania til at to kjernevåpen traff bakken i høy hastighet, slik at det konvensjonelle sprengstoffet eksploderte og et stort område ble forurenset med plutonium fra våpnene.

Thule, Grønland: I januar 1968 førte en brann om bord på et amerikansk fly i området over Thule på Grønland til at flyet styrtet. Det konvensjonelle sprengstoffet i fire kjernevåpen eksploderte og et stort område ble forurenset med plutonium.

Prøvesprengninger av kjernevåpen: Siden 1945 har det blitt gjennomført prøvesprengninger i atmosfæren, under vann, under jorden og i verdensrommet. Særlig de atmosfæriske prøvesprengningene på 1950- og 60-tallet ga store mengder nedfall over hele kloden. Det ble også gjennomført en rekke sikkerhetstester ("safety"-tester) i testområdene, hvor nukleære kilder ble sprengt konvensjonelt. Av spesiell norsk interesse er de sovjetrussiske prøvesprengningene i perioden 1949–1990 ved prøvesprengningsfeltene på Novaja Semlja og i Semipalatinsk, Kasakhstan. Etter 1962 ble alle russiske prøvesprengninger foretatt under jorden.

"Fredelige" kjernefysiske sprengninger: I perioden 1965–1988 gjennomførte Sovjetunionen i alt 122 forskjellige "fredelige"

kjernefysiske detonasjoner. En del av disse ble utført i arktiske områder, deriblant på Kolahalvøya. Disse detonasjonene ble blant annet brukt til å konstruere vannreservoarer og dammer, olje- og gassleting, gruvedrift, utvikling av deponier og underjordiske lagre, samt geologiske undersøkelser. Også USA gjennomførte slike sprengninger.

Styrt av satellitter med radioaktivt materiale om bord

Cosmos 954: I januar 1978 styrtet den russiske reaktordrevne havovervåkningssatellitten Cosmos 954 i nærheten av Store slavesjø i Canada, og forurenset et område på rundt 124 000 km². Søkemannskap klarte å lokalisere tolv større biter fra reaktoren som hver utgjorde en betydelig strålefare. Størstedelen av reaktoren har ikke blitt funnet.

Hendelser med store strålekilder

Goiânia, Brasil: I september 1987 ble en kraftig kilde fra et fraflyttet privat stråleterapisenter i Goiânia fjernet som skrapmetall. Kilden ble funnet av personer som ikke hadde kunnskap om strålefare og spredt i omgivelsene. Dette forårsaket fire dødsfall og 249 forurensete personer. 112 000 innbyggere måtte kontrollmåles og 3500 m³ radioaktivt avfall måtte deponeres.

Georgia: I perioden april - august 1997 fikk ni soldater ved Lilo treningsleir i Georgia akutte stråleskader som følge av strålekilder som var på avveie i leiren. Disse kildene ble lagt igjen da sovjetrussiske styrker overlot leiren til den georgiske hæren i 1992.

Villedede handlinger

Forgiftning: I november 2006 ble den russiske statsborgeren Alexander Litvinenko forgiftet med ²¹⁰Po under et besøk i London. Han døde tre uker senere av forgiftningen. Under etterforskningen av saken ble det funnet spor av ²¹⁰Po flere steder i London og om bord på fly. Et større antall personer fra hele verden, deriblant flere nordmenn, måtte kontrollmåles og følges opp etter hendelsen.

2.3 Kilder i og i nærheten av Norge

Den norske nukleære virksomheten er beskjeden. Norge har to forskningsreaktorer, en i Halden og en på Kjeller, og et avfallslager i Himdalen for lav- og middelaktivt avfall. Et nytt avfallslager i Gulen for lavradioaktivt avfall fra norsk oljeindustri fikk godkjenning våren 2008, og et mellomlager for høyaktivt avfall fra forskningsreaktorene er under utredning. I tillegg er det mange små og større strålekilder i bruk i helsevesen, industri og forskning i det norske samfunnet.



Figur 2.5: Forskningsreaktorer, lager for lav- og middelaktivt avfall og godkjente anløpskvarterer for reaktordrevne fartøyer i Norge.

Det er rundt 200 km fra den norske grensen til det nærmeste utenlandske kjernekraftverket. Kjernekraftverk finnes i både Russland, Ukraina, Litauen, Sverige, Finland, England, Nederland, Belgia, Frankrike og Tyskland.

Norge grenser også til Kolahalvøya, hvor det i løpet av den kalde krigen foregikk betydelige utbygginger med både kjernekraftverk, marinebaser for reaktordrevne fartøyer, avfallslagere og våpenarsenaler. Dette har ført til at Norge

ligger like ved en av verdens mest problemfylte ansamlinger av kjernefysisk materiale. Norge grenser også til farvann hvor det tradisjonelt har vært stor trafikk av reaktordrevne fartøyer, og allierte reaktordrevne fartøyer foretar også jevnlig flåtebesøk ved norske havner.

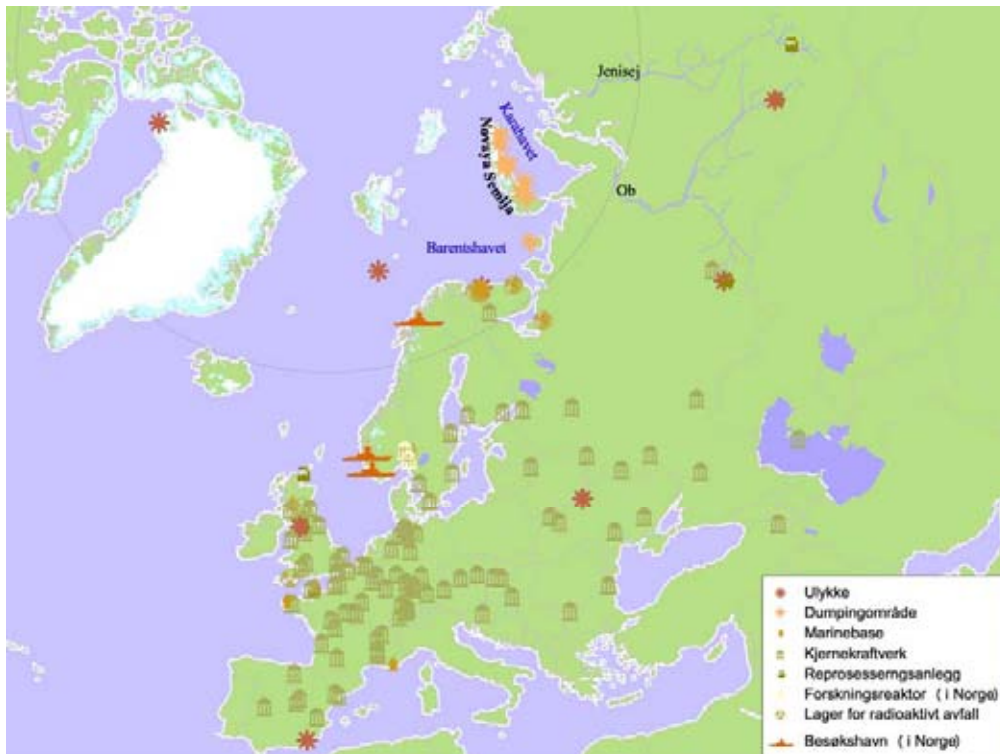
I tillegg finnes det gjenvinningsanlegg for brukt reaktorbrensel ved Sellafield i Storbritannia og i La Hague i Frankrike. Russiske anlegg for behandling av kjernefysisk materiale ligger i nedslagsfeltet for elvene Ob og Jenisej, som begge har utløp i Karahavet.

2.3.1 Kjernekraftverk

Sikkerheten ved kjernekraftverk bygger på tre sentrale sikkerhetsfunksjoner: kontroll av effekt (kritikalitet), kjøling av brensel og inneslutning av radioaktivt materiale. Kritikalitetsulykker med nedsmeltning av kjernen som følge av tap av kjøling av reaktoren kan føre til store utslipp av radioaktivt materiale. Sikkerhetssystemene ved et anlegg vil ha stor innvirkning på hva slags hendelser som kan oppstå og hvorvidt de kan gi konsekvenser for omgivelsene. Særlig de fysiske barrierene og eventuell sikkerhetsinneslutning ved anlegget vil være avgjørende.

Kjernekraftverk har konstruksjonsmessige forskjeller som gir dem ulik grad av sikkerhet. Ytre barrierer, fysiske egenskaper i reaktorkjernen, ulike brenseltyper og forskjellig driftskultur vil påvirke både sannsynligheten for at uhell skal oppstå, i hvor stor grad uhell kan utvikle seg og hvorvidt et uhell vil føre til utslipp av radioaktive stoffer til omgivelsene. Brann i grafittmodererte reaktorer kan føre til at ulykken bli langt mer alvorlig enn i øvrige reaktorer.

Under planlegging av et kjernekraftverk er det vanlig å utrede et såkalt *design basis accident* (DBA), som beskriver det verst tenkelige uhell kraftverket er konstruert for å kunne håndtere. Dette referanseuhellet innebærer som regel flere grunnleggende forskjellige svikt som oppstår samtidig, og som hver har liten sannsynlighet.



Figur 2.6: Noen mulige kilder til radioaktiv forurensning i de norske nærområdene.

2.3.2 Mindre kjernereaktorer

Forskningsreaktorer, mindre militære reaktorer og reaktorer om bord på fartøy eller satellitter har lavere effekt enn de reaktorene som brukes i kjernekraftverk. De inneholder dermed mindre brensel og det produseres mindre mengder fisjonsprodukter i reaktorkjernen. Forskningsreaktorer brukes til utprøving og analyse av materialer, produksjon av radioaktive stoffer, forskning og utdanning.

Om bord på fartøy eller satellitter er det strenge krav til de fysiske egenskapene til reaktorene. Det er i utgangspunktet svært lite kunnskap om reaktorer på fartøy, også om driftssikkerheten. Plassbegrensninger, krav til støysvakhet og færre fysiske barrierer gir andre betingelser enn ved kjernekraftverk. I tillegg har brenselet som regel en langt høyere anrikning.

Også for mindre kjernereaktorer vil de alvorligste uhellene være knyttet til kritikalitetsulykker i brenselet eller tap av reaktorkjøling.

2.3.3 Avfall og brukt brensel

Brukt brensel avgir varme på grunn av henfall av radioaktive stoffer i brenselet. Varmeproduksjonen er høyest den første tiden etter at brenselet har blitt brukt, og det vil være behov for tvungen kjøling av brenselet. Anlegg hvor det oppbevares høyaktivt avfall kan derfor være sårbare når det gjelder kjøling av avfallet.

I anlegg hvor det lagres lav- og middelaktivt avfall vil den største trusselen være lekkasjer av radioaktive stoffer til omgivelsene.

2.3.4 Øvrige strålekilder

Enkelt personer kan bli utsatt for stråling fra strålekilder ved uforvarende å komme i kontakt med strålekilder på avveie. Strålekilder kan også bli brukt med hensikt for å påføre enkelt personer stråledoser.

Strålekilder kan bli ødelagte og spredt i omgivelsene, enten ved et uhell eller med hensikt. Brann eller eksplosjon ved anlegg hvor det oppbevares sterke strålekilder kan føre til at radioaktive stoffer fra slike strålekilder blir spredt i luft. Slike hendelser kan medføre store konsekvenser for mennesker og miljø.

2.3.5 Kjernevåpen

Kjernevåpen er i en særstilling. Det anses som svært lite sannsynlig at norsk territorium vil bli berørt av en kjernefysisk detonasjon. Imidlertid kan konsekvensene være øyeblikkelige og enorme.

Kjernevåpen har til nå blitt brukt i krig to ganger: over Hiroshima og Nagasaki i Japan i august 1945. Kjernefysiske ladninger har etter dette bare blitt brukt i prøvesprengninger og såkalte "fredelige kjernefysiske eksplosjoner" (PNE). Totalt har mer enn 2000 kjernefysiske eksplosjoner funnet sted. Den siste fant trolig sted da Nord-Korea gjennomførte sin første prøvesprengning 9. oktober 2006.

Kjernevåpen befinner seg hovedsakelig på territoriene til et lite antall kjernevåpenstater, om bord i ubåter, skip og fly eller er til en viss grad utplassert hos deres allierte. I dag er det kjent at USA, Russland, Kina, Storbritannia, Frankrike, Israel, India og Pakistan har kjernevåpen (Norris 2006). Nord-Korea har utført en prøvesprengning. Sør-Afrika har tidligere hatt kjernevåpen, men har avskaffet dem.

Kjernevåpen utgjør i dag i hovedsak en trussel i lokale og regionale konflikter. Eksisterende kjernevåpen i tillegg til ustabile politiske forhold gjør at en ikke helt kan utelukke detonasjon av kjernefysiske ladninger, tilsiktet eller ved uhell.

Kjernevåpen og våpenmateriale kan komme på avveie og bli brukt av uvedkommende stater eller ikke-statlige organisasjoner.

I tillegg kan det skje ulykker med kjernevåpen under transport eller lagring. Kjernevåpen kan bli utsatt for brann, konvensjonelle eksplosjoner og lignende uten at våpnene detonerer kjernefysisk. Slike hendelser vil gi langt mindre alvorlige konsekvenser enn kjernefysiske detonasjoner.

2.4 Nordmenn i utlandet

Den økte globaliseringen har ført til at nordmenn på reise i utlandet i større grad enn før kan bli rammet av hendelser som ikke berører norsk territorium. Økt næringsvirksomhet i nordområdene fører til økt norsk satsning i Nordvest-Russland. Flere norske selskap etablerer seg i området, og norsk tilstedeværelse blir større. Hendelser ved

utenlandske atomanlegg eller strålekilder på avveie kan medføre store konsekvenser for enkeltpersoner i nærheten av anleggene eller ved strålekilden.

I tillegg kan nordmenn på oppdrag i utlandet bli utsatt for stråling som følge av utslipp av radioaktive stoffer eller kontakt med strålekilder. I mange områder er slike kilder utbredt innen industri eller landbruk. Imidlertid har mange land et annet og svakere regelverk for kontroll av sterke radioaktive strålekilder enn hva tilfellet er i Norge, eller mangler ressurser og infrastruktur til å håndtere et slikt regelverk. I konfliktområder kan i tillegg strålekilder lett komme på avveie, noe som kan utgjøre en fare for sivilbefolkningen og nordmenn som tjenestegjør i området.

2.5 Terrorisme og villedte handlinger

Bruk eller trussel om bruk av radiologiske våpen eller kjernevåpen, angrep på kjernefysisk virksomhet eller annen virksomhet hvor det finnes sterke radioaktive strålekilder, eller annen bruk av eller angrep mot radioaktivt materiale kan ikke utelukkes.

Slike handlinger kan blant annet omfatte:

- utplassering av radioaktive strålekilder på offentlige steder,
- bruk av radiologiske våpen, for eksempel såkalte skitne bomber hvor radioaktive stoffer blir spredt ved hjelp av konvensjonelt sprengstoff,
- spredning av radioaktive stoffer på andre måter, for eksempel ved utslipp av radioaktive gasser til luft eller direkte forurensning av landområder eller eiendom,
- forurensning av matvarer og drikkevann,
- bruk av kjernevåpen som har kommet på avveie eller egenproduserte kjernevåpen,
- angrep på kjernefysiske anlegg eller bestrålingsanlegg,
- angrep mot eller kapring av transport av radioaktivt materiale, eller
- angrep mot eller kapring av reaktordrevne eller våpenbærende fartøy.

Hittil er det få kjente tilfeller hvor radioaktivt materiale har blitt brukt i terrorformål. Det har imidlertid flere ganger blitt satt fram trusler om slik bruk, og det har forekommet noen enkelttilfeller hvor mennesker har blitt utsatt for stråling som følge av overlagte handlinger. Svært mange strålekilder er utenfor myndighetenes kontroll verden over, dette gjelder ikke minst i det tidligere Sovjetunionen. Også i Norge finnes det strålekilder som regnes for å ha kommet på avveie.

Generelt vil utplassering av strålekilder, bruk av skitne bomber og forurensning bidra til lokale effekter, mens angrep på atomanlegg kan ha store konsekvenser. Ved bruk av skitne bomber kan skader særlig oppstå som følge av den konvensjonelle sprengningen og ved at det oppstår panikk blant menneskene som oppholder seg nær eksplosjonsstedet, og i mindre grad som følge av stråledosene fra det radioaktive materialet.

Det er vanskelig å anslå konsekvensene av nukleær eller radiologisk terrorisme. Slike situasjoner innebærer som regel stor usikkerhet, og opprydning og eventuell dekontaminering kan kreve store ressurser. I områder med stor befolkning kan spredning av selv relativt beskjedne mengder radioaktive stoffer kreve betydelige ressurser for å vurdere doser og omfanget av personforurensning, samt nødvendig medisinsk oppfølging. De største konsekvensene blir likevel ansett for å være den psykologiske belastningen og den offentlige uroen en slik hendelse vil medføre. Selv trusler om slike aksjoner vil kunne skape stor uro (NOU 2000:24).

Terrorismebegrepet knyttes først og fremst til handlinger utført av ikke-statlige grupper. Det er imidlertid viktig å understreke at også stater kan utøve vilde handlinger som kan medføre konsekvenser for Norge.

Jf. for øvrig Statens strålevern 2000, Mærli 1999, Mærli 2004, Arnesen 2005 og Ferguson 2004a.

2.6 Kategorisering av trusler

IAEA gir retningslinjer for kategorisering av ulike strålingsrelaterte trusler som grunnlag for nasjonal beredskapsplanlegging (IAEA 2002). Kategoriene I - III gir indikasjon på hvilket omfang konsekvensene av en hendelse kan få. Kategori IV er hendelser med kilder som kan skje "hvor som helst". Kategori IV og V representerer trusler alle land må være forberedt på å håndtere. Tabell 2.2 viser trusselkategoriseringen brukt på kilder i Norge. Kategoriseringen omfatter ikke detonasjon av kjernevåpen.

IAEA har også en egen kategorisering for kapslede strålekilder, som kan brukes opp mot kategoriene III og IV. Denne kategoriseringen beskriver strålekildenes farepotensial (IAEA 2005) og kategori 1 og 2 inngår i hovedsak i kategori III over, mens kategori 3 inngår i IV over. Kategori 4 og 5 omfatter i hovedsak strålekilder som ikke forårsaker betydelige helseeffekter.

Tabell 2.2: IAEAs kategorisering av nukleære og strålingsrelaterte kilder

Trusselkategori	Kildebeskrivelse	Kilder i Norge som potensielt kan bidra til stråledoser
I	Nasjonale anlegg, for eksempel kjernekraftverk, som kan føre til betydelige akutte helseeffekter utenfor anleggsområdet.	Ingen.
II	Nasjonale anlegg, for eksempel forskningsreaktorer, som kan forårsake doser utenfor anleggsområdet som krever iverksettelse av tidlige tiltak utenfor anleggsområdet.	JEEP II-reaktoren på Kjeller, Halden-reaktoren. Anløp av reaktordrevne fartøy.
III	Nasjonale anlegg, for eksempel industrielle bestrålingsanlegg, som kan føre til doser eller forurensning som gjør det nødvendig å iverksette tidlige tiltak på anleggsområdet.	Bestrålingsanlegget på Kjeller, store strålekilder på enkelte sykehus.
IV	Kilder hvor nukleær eller radiologisk hendelse kan kreve iverksettelse av tiltak på ukjent sted; dette omfatter radiotermiske generatorer, satellitter med radioaktivt materiale, industrielle radiografikilder, transport av radioaktivt materiale, ulykker med kjernevåpen (ikke detonasjon) ulovlige kilder og så videre.	Transport, kilder, overekspone- ring, radiologisk terrorisme og uhell med spredning av kjerne- våpenmateriale.
V	Aktiviteter som normalt ikke involverer stråle- kilder, men som kan bli forurenset som følge av hendelser i kategori I eller II (inkludert anlegg i andre land), til et nivå som krever umiddelbare restriksjoner på produkter.	Hendelser ved kjernekraftverk og andre anlegg i andre land som gir konsekvenser i Norge, og import av forurensete matvarer eller materialer.

Tabell 2.3: IAEAs kategorisering av strålekilder

Kategori (IAEA)	Beskrivelse	Strålekilder i Norge
1	Kapslede strålekilder, kan medføre dødsfall innen minutter opptil én time	Stråleterapikniv (1), forskning / dosi- metri (2), sterilisering (1)
2	Kapslede strålekilder, kan medføre dødsfall innen timer eller dager	Blodbestråling (ca 11), brakyterapi (4), industriell radiografi (~150 foretak / 500 radiografer)
3	Kapslede strålekilder, kan medføre varige mén i løpet av dager eller uker; kan også medføre dødsfall, men ikke sannsynlig	Fuktighets- og tetthetsmålere, veier (~100), nivåmålere i brannslukkings- utstyr, industrielt måleutstyr, brønn- logging (50-100 / ca 10 foretak)
4	Trolig ingen helseeffekter	Utstyr for industriell prosesskontroll (~2000), poloniumkilder
5	Ingen helseeffekter	Måleutstyr for mineralsammen- setninger, røykvarslere, gasskromato- grafi

2.7 Nye atomtrusler

Det reduserte spenningsnivået etter Sovjetunionens fall har sakte, men sikkert medført reduksjoner i russisk militært nærvær på Kolahalvøya og i de nordlige havområder (Åtland 2003). Etter en periode med svært lite aktivitet siden starten av 1990-tallet, har imidlertid den bedre økonomiske situasjonen i Russland ført til at det er en tiltagende aktivitet hos det russiske forsvaret i området. Russiske reaktordrevne fartøy drar ut oftere og på lengre tokt, noe som også trolig innebærer økt transport og utprøving av nye våpen-systemer.

Samtidig har det økonomiske potensialet i nord, særlig innenfor olje- og gasssektoren, fått stadig større oppmerksomhet. Dette innebærer nye utfordringer med en stadig økende internasjonal næringsvirksomhet i et område med stadig mange utfordringer knyttet til radioaktivitet. Dette medfører i større grad enn tidligere en bevisstgjøring av norske myndigheters ansvar for å ivareta nordmenn og norske interesser i området, også i atomberedskapssammenheng. Se også Åtland 2003.

Kjernekraftindustrien internasjonalt er i vekst. I Finland bygges en ny reaktor, og ytterligere en reaktor er under utredning. I andre land planlegges nye reaktorer. Disse planlegges etter en høy sikkerhetsstandard, men nye atomhendelser kan likevel ikke utelukkes.

Russiske myndigheter ønsker også å satse på kjernekraft i den framtidige energiforsyningen sin. Dette vil føre til økt utbygging av kjernekraftverk i Russland i tiden framover. Russiske myndigheter utvikler for tiden flytende kjernekraftverk basert på teknologi fra den reaktordrevne isbryterflåten, for bruk til energiforsyning på vanskelig tilgjengelige steder. Det er også en diskusjon i Russland om ombygging av reaktordrevne fartøy for bruk til energiforsyning til framtidige oljeinstallasjoner i Barentshavet.

Det har tidligere vært lagt fram planer for import av brukt brensel til Russland og transport av brensel til Japan, noe som kan medføre transport av brensel langs kysten av Norge. En eventuell realisering av slike planer vil ligge langt fram i tid.

Klimaendringer kan påvirke trusselbildet gjennom blant annet bortfall av permafrost og

økt havnivå, noe som kan påvirke situasjonen ved enkelte atomanlegg. Isfrie havområder i nord kan føre til økt trafikk med reaktordrevne fartøy og transport av radioaktivt materiale.

3 Kilder og scenarier

3.1 Utenlandske kjernekraftverk

Norge kan bli berørt ved en ulykke eller hendelse ved en rekke kjernekraftverk i utlandet. Det er først og fremst de øst-europeiske kjernekraftverkene som er av bekymring. Vestlige kraftverk generelt har gode sikkerhetssystemer, hvor det blant annet har blitt lagt vekt på prinsippet om forsvar i dybden (se vedlegg A.1) og konsekvens- og sannsynlighetsreducerende tiltak. Sikkerhetssystemene er bygd med tanke på redundans og diversitet og reaktorene er bygget inn i egne sikkerhetsinneslutninger. De eldre øst-europeiske kraftverkene har imidlertid ikke blitt bygd etter den samme sikkerhetsfilosofien. De sikkerhetsmessige manglene ved disse reaktorene ble grundig dokumentert gjennom IAEAs arbeid tidlig på 1990-tallet. Også noen eldre og mindre britiske kjernekraftverk har en lavere sikkerhetsstandard.

Sannsynligheten for alvorlige ulykker ved øst-europeiske kjernekraftverk har blitt anslått til å være 10 til 100 ganger større enn hva tilfellet er for vestlige kjernekraftverk.

Det har det siste tiåret blitt brukt store ressurser på å bedre sikkerheten ved flere øst-europeiske kjernekraftverk. Tiltakene, som er av både konstruksjonsmessig og driftsmessig karakter, har medført at sikkerheten i dag er betraktelig bedre enn for 20 år siden. Mange av årsakene til Tsjernobyl-ulykken har blitt fjernet ved tilsvarende anlegg ved å bruke andre brenseltyper, omkonfigurere reaktorkjernene og endre driftsform. Likevel medfører fundamentale forhold i konstruksjonen av reaktorene at sikkerheten ved disse anleggene aldri vil være helt tilfredsstillende.

Lauritzen 2004 har gjennomgått status ved utenlandske kjernekraftverk. Se også Statens strålevern 1999, 2006b og 2006c.

3.1.1 Øst-europeiske kjernekraftverk

For nordiske myndigheter har oppmerksomheten i første rekke vært rettet mot kjernekraftverkene på Kola og ved Sosnovy Bor (utenfor St. Petersburg) i Russland, Ignalina i Litauen, samt kjernekraftverkene i Kursk og Smolensk i Russland. Kola kjernekraftverk ligger rundt 250 km fra den norske grensen, og har på grunn av den korte avstanden til Norge og de bekymringsverdige forholdene ved de gamle reaktorene, blitt brukt som et referanseanlegg for den norske atomberedskapen.

Det har blitt gjennomført en vurdering av tre forskjellige utslippsscenarioer fra Kola, hvor det ble antatt realistiske utslipp og forskjellig utvikling av værforholdene (Statens strålevern 1999). Ett scenario ble valgt fordi det innebar en svært hurtig transport av radioaktive stoffer fra kjernekraftverket til Øst-Finnmark, noe som gir korte varslingsstider (Kirkenes-scenariet). Det andre scenariet medførte store mengder våtdeponert nedfall på Finnmarksvidda, noe som vil få store konsekvenser for reindriftsnæringen i området (Kautokeino-scenariet). I det tredje scenariet ble det sett på transport av radioaktiv forurensning til Østlandet, og hvilke konsekvenser et slikt utslipp kan få for store befolkningssentra (Oslo-scenariet).

De største stråledosene den første uken etter ulykken vil skyldes inhalasjon av radioaktiv luft og direkte stråling fra nedfall på bakken. Effektiv stråledose til en voksen person ble beregnet til å være 1 mSv, 0,8 mSv og 0,08 mSv for henholdsvis Kirkenes-, Kautokeino- og Oslo-scenariet. I løpet av det første året vil de effektive stråledosene i første rekke skyldes direkte stråling fra bakkenedfall (hovedsakelig cesium), og ble beregnet til å være henholdsvis 4 mSv, 5 mSv og 0,3 mSv.

Et alvorlig utslipp fra Kola kan føre til betydelige langtidskonsekvenser for Norge, spesielt for reindriftsnæringen. Det har blitt gjennomført en studie av disse konsekvensene for Nord-Norge, hvor Kautokeino-scenariet er av særlig interesse (JNREG 2002). De eksterne dosene vil være neglisjerbare i forhold til de interne dosene som følge av forhøyet radioaktivitetsinnhold i mat. Den totale interne dosen i løpet av det første året vil overstige 1 mSv for alle befolkningsgrupper i det studerte området. For reindriftsutøvere vil den årlige

interne dosen overstige 1 mSv de første 40 årene.

Disse studiene ser utelukkende på transport av radioaktiv gass og aerosoler fra kjernekraftverket. Imidlertid har historien vist at de fleste alvorlige atomulykker som involverer reaktorer også gir utslipp av fragmenter og brenselpartikler (IAEA 2001a, Salbu 2005). Ved Tsjernobyl-ulykken ble 6 - 8 tonn brensel sluppet ut i form av partikler og fragmenter, og små partikler har blitt funnet i Norge mer enn 2000 km fra ulykkesstedet. Radioaktive partikler kan inneholde uran eller plutonium samt en rekke fisjons- og aktiveringsprodukter. Partiklene kan ha meget høy aktivitet og fungere som punktkilder. Ved inhalasjon eller avsetning på hud kan dosene bli store. Over tid vil partikler som er avsatt i miljøet løses opp og radioaktive stoffer frigjøres og blir transportert i næringskjedene. For områder som er forurenset av partikler kan derfor planter og dyr forurennes mange år etter nedfallet. Et scenario for Kola har derfor blitt re-analysert ved at brenselpartikler med uran med de samme egenskapene som partikler fra Tsjernobyl har blitt inkludert i det simulerte utslippet (Bartnicki 2005).

Reaktorene ved kjernekraftverket på Kola er letvannsmodererte, noe som gjør at faren for store utslipp som følge av brann i reaktoren er mindre enn ved grafittmodererte reaktorer. Ignalina kjernekraftverk i Visaginas i Litauen og Leningrad kjernekraftverk i Sosnovy Bor i Russland befinner seg begge omtrent 800 km fra norske områder, og har begge grafittmodererte reaktorer. Hvis det antas at det inntreffer et havari med grafittbrann tilsvarende det som skjedde i Tsjernobyl og at varmeutviklingen og utslipp ikke er under kontroll før det har gått en uke, har det i NOU 1992:5 blitt anslått at luftaktiviteten i Norge kan bli rundt ti ganger større enn fra Tsjernobyl-ulykken. Over noen områder kan luftaktiviteten bli 100 - 1000 ganger større enn etter Tsjernobyl-ulykken, mens bakkenedfallet i de mest berørte områdene kan bli 10 - 100 ganger større.

Fra tidlig på 1990-tallet og fram til nå har det vært gjort omfattende oppgraderinger av sikkerheten ved Kola kjernekraftverk, spesielt ved de to eldste reaktorene. Sikkerhetstiltak har medført at dokumenterte mangler har blitt rettet og det er en betydelig reduksjon i antallet

irregulære hendelser ved anlegget. Sannsynligheten for en alvorlig ulykke er derfor vesentlig redusert (Statens strålevern 2006c).

Det er utført danske og finske konsekvensutredninger for Ignalina og Leningrad kjernekraftverk. Lauritzen et al. (1996) har vurdert konsekvensene for Danmark som følge av et alvorlig havari ved Ignalina kjernekraftverk. De anslår en gjennomsnittlig total dosebelastning for en voksen person på 5 mSv som følge av direkte bestråling av bakkedepoert nedfall og 15 mSv som følge av konsum av forurensede matvarer, hvis det ikke blir iverksatt noen tiltak. Lahtinen et al. (1993) har vurdert konsekvensene som følge av en reaktorulykke ved Leningrad kjernekraftverk for to forskjellige finske steder, Kotka og Helsinki, henholdsvis 140 km og 220 km fra kraftverket. De totale effektive persondosene ble beregnet til å være 60 mSv i Kotka og 40 mSv i Helsinki. Den største andelen av dosene vil stamme fra inhalasjon av radioaktive stoffer, først og fremst jod. Doser til skjoldbruskkjertel hos voksne ble anslått til 470 mGy i Kotka og 300 mGy i Helsinki.

3.1.2 Eldre britiske kjernekraftverk

I tillegg til de øst-europeiske reaktorene, gir også noen av de eldre britiske reaktorene grunn til spesiell bekymring. Disse reaktorene er relativt små, men grafittmodererte og mangler sikkerhetsinneslutning.

3.1.3 Øvrige vestlige kjernekraftverk

Norge kan også bli berørt av alvorlige reaktorhavari i andre vestlige kjernekraftverk. De svenske og finske kjernekraftverkene ligger nærmest Norge, og det nærmeste kjernekraftverket er Ringhals i Sverige, som ligger 200 km fra den norske grensen og 250 km fra sentrale østlandsområder. Sannsynligheten for et alvorlig reaktorhavari ved ett av disse anleggene er betydelig lavere enn for enkelte av de øst-europeiske anleggene.

Et reaktorhavari ved Ringhals kan føre til utslipp på opptil 0,1 prosent av reaktorens innhold av radioaktivt materiale. Svenske myndigheter har i tillegg vurdert et rent hypotetisk og ekstremt scenario med et utslipp av 50 prosent fra Ringhals. I NOU 1992:5 skisseres det at et slikt utslipp vil kunne medføre doser fra bakkenedfall på 1 - 10 mSv til befolkning på norsk område i løpet av det første døgnet.

3.1.4 Terrorangrep mot kjernekraftverk

En koordinert terroraksjon mot et kjernekraftverk kan føre til store utslipp. Fysisk sikring og redundante sikkerhets- og avlastningssystemer bidrar imidlertid til at utfordringene ved gjennomføring vil være store.

Sivile kjernekraftreaktorer har generelt en reaktorinneslutning som ikke er laget for å motstå styrt av store passasjerfly. Noen anlegg er imidlertid bygd med inneslutninger som også skal tåle styrt av store passasjerfly, og dermed unngå at hendelsen medfører betydelige utslipp. Etter angrepet på World Trade Center i New York 11. september 2001 har imidlertid myndighetene i enkelte land gjennomført vurderinger av hva reaktorinneslutningene kan motstå. I Sverige viser vurderingene at inneslutningene vil kunne motstå styrt av mindre fly.

Store eksplosjoner eller branner, for eksempel som følge av en flystyrt, vil kunne føre til tap av kjølevann med påfølgende nedsmelting av reaktorkjernen. Noen øst-europeiske kjernekraftverk antas å være mer utsatt ved slike hendelser enn øvrige kjernekraftverk. Blant annet vil følgene av en initiert brann i grafittmodererte reaktorer kunne føre til større utslipp enn hva tilfellet er for lett vanns reaktorer. Øst-europeiske kjernekraftverk mangler også generelt sikkerhetsinneslutning rundt reaktorene. Kjernekraftverk og andre atomanlegg med lagre med store mengder radioaktivt materiale kan også være utsatt.

En flystyrt i Kola kjernekraftverk vil kunne føre til et vesentlig større utslipp enn skissert tidligere, der blant annet fraværet av brennbart materiale i reaktoren har bidratt til å begrense utslippene. En flystyrt vil føre til at flere barrierer kan bli brutt og gi større mulighet for utslipp til atmosfæren, samt gi en mer effektiv spredning av et utslipp gjennom brann. En forsiktig vurdering vil være en fordobling av de tidligere beregnede utslippene av flyktige radioaktive stoffer, noe som vil kunne gi alvorlige konsekvenser for norske områder. I tillegg kan det være utslipp av brenselpartikler som kan transporteres og avsettes i Norge (Bartnicki 2005).

Se også Statens strålevern 2001.

3.2 Norske forskningsreaktorer

Det finnes to forskningsreaktorer i Norge, én på Kjeller og én i Halden. Begge drives av Institutt for Energiteknikk (IFE).

Reaktoren på Kjeller (JEEP II) har en termisk effekt på 2 MWt og har en energiproduksjon som tilsvarer omtrent 0,1 prosent av et gjennomsnittlig kommersielt kjernekraftverk. Reaktoren er frittstående og omsluttet av et stålhus, som fungerer som sikkerhetsinneslutning. Reaktoren brukes hovedsaklig til grunnforskning i fysikk og nøytronbestråling.

Haldenreaktoren har en maksimal termisk effekt på 25 MWt, og har en energiproduksjon som tilsvarer 1 prosent av et gjennomsnittlig kommersielt kjernekraftverk. Den er bygd 50 meter inn i fjell. Fjelloverbygningen fungerer som sikkerhetsinneslutning for reaktoren. IFE er ansvarlig for det internasjonale forskningsprogrammet OECD Halden Reactor Project (Haldenprosjektet). Forskningsområdene ved Haldenreaktoren er reaktorsikkerhet og pålitelighet.

IFE leverte i desember 2004 en konsekvensutredning i henhold til Plan og bygningsloven for flere konsesjonspliktige anlegg, herunder også forskningsreaktorene JEEP II på Kjeller og Haldenreaktoren. Konsekvensutredningen bygger på sikkerhetsanalysene som ligger til grunn for Statens stråleverns anbefalinger om fornyet konsesjon i 1999, og kongelig resolusjon av 21. desember 1999 hvor IFE ble gitt konsesjon fram til 2009. Det vises også til endelig utredningsprogram for Konsekvensutredningen gitt av Statens strålevern i mai 2003.

3.2.1 Svikt i kjølesystem ved reaktoren på Kjeller (JEEP II)

IFE har gjennomført konsekvensutredning for anlegget på Kjeller, og har vurdert forskjellige alvorlige hendelser og ulykker (IFE 2004). Den ulykken som vil gi de største utslippene av radioaktive fisjonsprodukter, vil være et hurtig og fullstendig tap av reaktorens kjølevann. Hvis de øvrige nødkjølesystemene skulle svikte, dvs. samtidig svikt i JEEP IIs ordinære nødkjølesystem og kommunens vannforsyning til reaktoren, vil brenselkapslingen smelte og gassformige fisjonsprodukter vil trenge ut i stålhuset. Stålhuset har et undertrykk og anses for å være tilnærmet gasstett. IFE estimerer

(også basert på målinger) at lekkasjehastigheten kan være opptil 0,1 prosent av volumet til stålhuset hvert døgn. Konsekvensene som følge av en slik ulykke ved reaktoren på Kjeller vil være beskjedne og vil ikke gi akutte stråleskader. Doser til befolkningen i nærområdet vil først og fremst skyldes direkte bestråling fra stålhuset. Utslipet, i form av lekkasje fra stålhuset, vil i første rekke føre til doser som følge av inhalasjon av radioaktivt jod-131. Den totale dosen til den nærmeste befolkningen kan komme opp imot 20 mSv, dersom tiltak ikke settes inn. Utslipet vil også forurense området rundt, noe som kan få betydning for matvareproduksjon i nærområdet (opptil en avstand på rundt 1 km) i inntil 14 dager.

Skal konsekvensene av et uhell ved JEEP II bli større enn de som er beskrevet over, må det bli brudd i stålhuset samtidig som det blir brudd i alle kjøle- og nødkjølesystemer. Sannsynligheten for dette er lavere enn for referanseuhellet. Primærsystemet er beskyttet av meterdykke betongvegger, som i tillegg til å fungere som skjerming beskytter kjølesystemene mot ytre påkjenninger.

En brann vil etter IFEs vurdering ikke selv kunne utløse referanseuhellet, siden brannbelastningen er lav. En brann i stålhuset vil ikke gi konsekvenser for omgivelsene utover referanseuhellet.

3.2.2 Svikt i kjølesystem ved reaktoren i Halden

IFE har på samme måte som for Kjelleranlegget gjennomført en konsekvensutredning av anlegget i Halden, og har vurdert forskjellige alvorlige hendelser og ulykker. I likhet med Kjellerreaktoren, vil en delvis nedsmelting av reaktorkjernen som følge av tap av kjølevann og svikt i nødkjølesystemene (referanseuhellet) gi de største konsekvensene for omgivelsene. Konsekvensene vil bli beskjedne, og vil ikke gi noen akutte stråleskader. Utslipet vil i hovedsak bestå av edelgasser og radioaktivt jod som siver ut gjennom sprekker i fjellet omkring reaktoren. Imidlertid viser forsøk at leirmassen som fyller sprekken i fjellet i stor grad vil filtrere gassene, noe som i stor grad reduserer utslippet til atmosfæren. Dette utslippet vil pågå så lenge det er overtrykk i reaktorhallen, og gradvis avta mot null det første døgnet.

Utslipet vil bevege seg med vindretningen og gi stråledoser både i form av direkte stråling og gjennom inhalasjon av radioaktiv jod. Den totale effektive stråledosen utendørs i en avstand på 400 m i vindretningen har blitt beregnet til å være mellom 2 og 3 mSv i løpet av hele utslippet dersom tiltak ikke settes inn. Dosen skyldes i første rekke direkte bestråling fra radioaktiv luft. Utslipet vil også føre til forurensning av områdene omkring reaktor-anlegget. Stråledosene til nærmeste beboende eller ansatte i nærliggende industri som følge av direkte bestråling fra dette nedfallet vil imidlertid være neglisjerbare. Nedfallet vil kunne føre til begrensinger på matvareproduksjon i nærområdet opptil en avstand på rundt 4 – 5 km) i 2 ukers tid.

Siden Haldenreaktoren er lagt inn i fjellet og derved har god fysisk sikring, anses den for å være sikker når det gjelder ytre påvirkning.

En brann vil ikke selv kunne utløse referanseuhellet, siden brannbelastningen er lav. En brann i reaktorhallen vil derfor ikke gi konsekvenser for omgivelsene utover referanseuhellet.

NOU 1992:5 estimerer at de alvorligste ulykkene ved Haldenreaktoren statistisk kan gi 1 – 2 dødsfall som følge av kreft i en periode på 50 år etter ulykken hvis det ikke gjennomføres noen tiltak.

3.3 Reaktordrevne fartøy

Norge grenser til farvann som tradisjonelt har hatt stor trafikk av reaktordrevne fartøy. Havområdene i nord er av stor strategisk betydning for Russland, og et stort antall reaktordrevne fartøy er knyttet til den russiske Nordflåten og den tilhørende strategiske ubåtflåten. I tillegg til de operative fartøyene, er store deler av flåten under utfasing, og et stort antall utrangerte ubåter ligger ved kai i påvente av opphugging. Mesteparten av disse ubåtene har fortsatt brukt reaktorbrensel ombord. I tillegg til marinefartøyene, er det stasjonert reaktordrevne sivile isbrytere i Murmansk for å sikre adkomsten til byen vinterstid. Disse isbryterne har også blitt brukt blant annet til turisttrafikk til Nordpolen.

Norge mottar i tillegg jevnlig flåtebesøk med allierte militære reaktordrevne fartøy. Disse anløpene skjer ved forhåndsgodkjente havner: Olavsværn utenfor Tromsø, Haakonsværn

utenfor Bergen og unntaksvis Rennesøy utenfor Stavanger. Fra og med 1. januar 2009 vil Olavsværn ikke lenger være en anløpshavn. Det har blitt utviklet egne beredskapsplaner for disse havnene. Alle anløp konsesjonbehandles, og nasjonene som anløper havnene har et selvstendig ansvar for sikkerheten ombord. Forsvarets fellesoperative hovedkvarter (FOHK) og havnepersonell har ansvar for styrkebeskyttelse i havnen og rundt fartøyet, i et gitt område rundt fartøyet etter anmodning fra flaggstaten.

Det kan unntaksvis forekomme anløp av sivile reaktordrevne fartøy til Norge. Det finnes i dag ikke noen forhåndsgodkjente sivile havner for reaktordrevne fartøy i Norge, og beredskapen rundt slike anløp vil bli vurdert for hvert tilfelle.

Reaktorene ombord på reaktordrevne fartøyene har en effekt på omtrent 10 prosent av reaktorene som benyttes i kjernekraftindustrien. Ved vindretninger mot norsk territorium kan et alvorlig reaktorhavari i et fartøy i nærheten av den norske kysten gi betydelige konsekvenser for kystområdene nærmest havaristen. En kritikalitetsulykke som fører til en kjernesmelting vil gi de største konsekvensene og samtidig skje raskt. NOU 1992:5 har vurdert konsekvensene som følge av et totalt reaktorhavari i avstander på 35 km og 1 km fra kysten. Hvis utslippet lekker ut av havaristen, vil det bli ført med vinden og kan komme inn over kystområdene i løpet av kort tid. Stråledoser vil oppstå som følge av direkte bestråling fra radioaktiv luft, inhalasjon av radioaktivt jod og nedfall i området. Det kan bli nødvendig med opphold innendørs og stans i bruk av lokale matvarer. Med svært korte avstander til havaristen kan det forekomme akutte stråleskader. I avstander over 50 km vil konsekvensene være begrenset, men nedfallet vil kunne være målbart (Ølgaard 2001). Reaktorhavari i ubåter i neddykket tilstand ventes ikke å utgjøre fare for norske landområder.

En NATO-studie (NATO/CCMS 1998) har vurdert konsekvensene som følge av et realistisk verst tenkelig scenario som involverer en kritikalitetsulykke i en utrangert ubåt fortøyd i Arabukta på Kolahalvøya i Russland, ca. 75 km fra Norge. Scenariet er også representativt for ubåter fortøyd andre steder i nærområdet. Studien har beregnet

omtrentlige stråledoser for befolkningen i Kirkenes (omtrent 110 km fra kilden) og Øst-Finnmark forøvrig (300 – 400 km fra kilden). De totale stråledosene for ubeskyttede individer ble anslått til å være i størrelsesorden rundt henholdsvis 3 og 5 mSv i løpet av det første året ved våtdeposisjon.

Det har tidligere forekommet havarier av reaktordrevne ubåter i havområdene i nord. Utslipp til marint miljø som følge av slike havarier utenfor den norske 200-milsgrensen ventes ikke å ha noen betydning for norsk marint miljø.

Foruten uhell med reaktorer på utrangerte fartøy eller fartøy i tjeneste, kan reaktordrevne fartøy også bli utsatt for angrep eller kapring, jf. kapittel 2.2.

3.4 Anlegg for produksjon og behandling av reaktorbrensel eller annet spaltbart materiale

Utslipp som følge av atomhendelser ved utenlandske anlegg for behandling av reaktorbrensel kan få konsekvenser for Norge. Viktigst i denne sammenhengen er gjenvinningsanleggene ved Sellafield i Storbritannia og La Hague i Frankrike, samt de russiske anleggene Majak PA ved Ozyorsk (tidligere Tsjelabinsk-65), Siberian Chemical Combine ved Seversk (tidligere Tomsk-7) og Mining and Chemical Industrial Complex ved Zheleznogorsk (tidligere Krasnojarsk-26).

3.4.1 Anleggene ved Sellafield og La Hague

På oppdrag fra EU-parlamentet har det blitt gjort en vurdering av sikkerheten ved La Hague og Sellafield. De største truslene ved både La Hague og Sellafield er knyttet til hendelser ved lagertankene for flytende høyaktivt avfall. Dette avfallet avgir varme, noe som gjør det nødvendig med stadig kjøling. Hvis kjølingen forsvinner, vil avfallet etter hvert koke, noe som vil gi utslipp av flyktige radioaktive stoffer som cesium-137 til luft. Hvis utslippet er langvarig, vil omfanget av utslippet bli langt større en tilfellet var for Tsjernobylulykken. Hvis et fly styrter i en av lagertankene, vil den etterfølgende brannen og tap av kjøling føre til at svært store mengder radioaktive stoffer kommer ut i atmosfæren. For begge anleggene vil dette kunne medføre

store konsekvenser for Norge, avhengig av vær- og vindforhold.

3.4.2 Anlegg i Russland

De russiske gjenvinningsanleggene Majak PA, Siberian Chemical Combine (SCC) og Mining and Chemical Industrial Complex (MCIC) ligger alle i dreneringsområdene for elvene Ob og Jenisej, som begge har utløp i Karahavet. Den norsk-russiske ekspertgruppen har vurdert mulige konsekvensene som følge av noen ulykkescenarier knyttet til anlegget på Majak PA (JNREG 2004), knyttet til reservoarene ved anlegget og knyttet til grunnvannstransport fra Karachay-innsjøen. Det er imidlertid ikke foretatt noen vurderinger av konsekvenser av mulige hendelser knyttet til driften av selve anlegget eller de store mengdene plutonium som er lagret der.

Studien viste at selv om konsekvensene kunne bli svært alvorlige for den lokale befolkningen og omliggende økosystemer, ville de potensielle dosene til arktisk miljø og befolkning generelt bli svært lave. Ekspertgruppen har også vurdert mulige konsekvenser som følge av forskjellige ulykkescenarier ved anleggene ved Zheleznogorsk (tidligere Krasnojarsk-26). Denne studien viste at de verst tenkelige konsekvensene av de vurderte scenariene ville gi neglisjerbar økning i de totale stråledosene til den arktiske befolkningen.

3.5 Anlegg for lagring av brukt brensel og annet radioaktivt avfall

I Norge har vi et deponi for lav- og middelaktivt avfall i Himdalen. I tillegg fikk et anlegg for deponering av lavaktivt avfall fra oljeindustrien i Gulen kommune godkjenning fra norske myndigheter i mars 2008. Dette avfallet har til nå blitt midlertidig lagret ved de forskjellige produksjonsanleggene. Institutt for energiteknikk (IFE) lagrer det brukte reaktorbrenselet sitt på anleggsområdene på Kjeller og i Halden. Et framtidig anlegg for mellomlagring av dette høyaktivt avfallet er under utredning.

Sabotasjeaksjoner ved lageret i Himdalen ventes ikke å gi vesentlige konsekvenser. Imidlertid har trusler mot anlegget blitt framsatt tidligere, før anlegget ble satt i drift.

På Kolahalvøya finnes det flere anlegg hvor brukt reaktorbrensel fra den russiske Nordflåten blir lagret under svært utilfredsstillende forhold. Av disse er det den tidligere marinebasen i Andrejevabukta som er av størst bekymring for Norge. Her er det store lagre av brukt brensel (130 PBq), særlig fra dekommissionerte ubåter og store mengder fast og flytende avfall. Andrejeva ligger omtrent seks mil fra den norske grensen, og tilstanden til anlegget er ikke tilfredsstillende. Norske myndigheter samarbeider Russland og øvrige land for å bedre forholdene ved anlegget. Tilsvarende anlegg ligger også ved Gremikha, øst på Kolahalvøya.

En kritikalitetsulykke i en av lagertankene med brukt brensel i Andrejeva utgjør den største atomrusselen knyttet til avfallslagrene på Kola. En kan ikke utelukke at kritikalitet kan oppstå og at utslipp til luft kan medføre konsekvenser i Øst-Finnmark. En eventuell lekkasje fra de øvrige lagrene på Kolahalvøya vil sannsynligvis være av liten betydning for norsk havmiljø, men kan føre til en generell økning av forurensningsnivåene i Barentshavet og kan medføre en belastning for norske næringsinteresser.

3.6 Strålekilder i bruk i industri, helsevesen og forskning

Radioaktive kilder blir brukt til mange ulike formål i Norge innen helsevesen, industri, undervisning og forskning. IAEA har inndelt slike strålekilder kategorier etter potensiell risiko (Tabell 2.3).

Radioaktive kilder i bruk i det norske samfunnet er underlagt forvaltningsmessig kontroll, og slike kilder er godkjennings- eller meldingspliktige.

Konsekvenser av hendelser med strålekilder vil både være avhengige av hvor sterke strålekildene er, den innebygde sikkerheten i dem og kjemisk form til det radioaktive stoffet. Kapslede strålekilder vil generelt være tryggere enn åpne strålekilder. Strålekilder i form av pulver vil lettere bli spredt i omgivelsene og kan forårsake langt større skade enn kompakte strålekilder, særlig hvis pulveret er finkornet og lett å innånde.

Brann og eksplosjoner vil bidra til spre radioaktivt materiale fra strålekilder. Sterke strålekilder generelt som brukes i Norge blir

derfor konstruert for å tåle store belastninger, og har en kjemisk og fysisk form som i størst mulig grad hindrer spredning.

Angrep på anlegg med kraftige kilder vil kunne føre til spredning av radioaktivitet lokalt som følge av brann eller eksplosjon. Dette gjelder blant annet bestrålingsanlegg eller anlegg med andre store kilder. De største konsekvensene av angrep på anlegg med kraftige kilder antas først og fremst å være i skader forbindelse med selve brannen eller eksplosjonen, og i mindre grad stråling fra det radioaktive materialet. Jf. forøvrig kapittel 2.5.

Jf. også Statens strålevern, 2002a.

3.6.1 Kilder på avveie

Kraftige kilder på avveie kan innebære store konsekvenser for mennesker og miljø. Det har vært flere eksempler på slike hendelser tidligere, både hvor strålekilden har vært intakt og gitt store doser til enkeltindivider og hvor strålekilden har blitt ødelagt og spredt til omgivelsene. I 1987 ble for eksempel en usikret kilde fra et fraflyttet privat stråleterapisenter i Goiânia i Brasil fjernet som skrapmetall og demontert, og det radioaktive innholdet ble spredt til omgivelsene. Dette førte til fire dødsfall som følge av akutt stråleskade, flere hundre personer ble forurenset, opprydningsarbeidet var svært ressurskrevende, og den psykologiske belastningen var stor. Jf. IAEA 1988.

Hvis strålekilder på avveie feilaktig blir tatt for å være vanlig skrapmetall, kan den føre til forurensning av store mengder metall når den smeltes ned sammen med vanlig skrapmetall. Dette har hendt tidligere, også i Norge. Flere avfallsfirmaer har derfor gått til anskaffelse av portaler for å oppdage radioaktivt materiale ved mottak av skrapmetall.

Det er også en mulighet for at kilder på avveie kan bli brukt av uvedkommende i terrorøymed, enten ved at kilden plasseres ut for å bestråle en del av befolkningen eller at det radioaktive materialet blir spredt til omgivelsene på flere forskjellige måter. De mest omtalte metodene er skitne bomber, hvor radioaktivt materiale blir spredt ved hjelp av konvensjonelt sprengstoff, eller forurensning av næringsmidler eller drikkevann. Se forøvrig kapittel 2.5.

Flere land bruker strålekilder som er sterkere enn de vi har i Norge. Sterke strålekilder fra land med utilfredsstillende tilsyn og kontroll med slike strålekilder kan bli smuglet inn i Norge. Det er særlig bekymring knyttet til sterke strålekilder i Russland, som for eksempel radiotermiske generatorer (RTG'er) og svært store radiografikilder. Norske myndigheter har av denne grunn valgt å ha portaler ved den norsk-russiske grensen for å oppdage radioaktivt materiale som føres inn i landet.

3.7 Transport av brukt brensel og annet radioaktivt materiale av omfang

3.7.1 Transport av radioaktivt materiale i Norge

Transportforpakninger og transport av radioaktivt materiale reguleres av bestemmelser utarbeidet av IAEA og av internasjonale bestemmelser angående land-, sjø-, jernbane- og flytransport.

I Norge transporterer Institutt for energiteknikk (IFE) både brukt brensel og annet radioaktivt materiale. IFE transporterer bestrålt brensel mellom Halden og Kjeller med den såkalte Kjellerflasken, en sertifisert type B-beholder. Slike beholdere er konstruert for blant annet å tåle fall fra 9 meters høyde og brann på 800 °C i 30 minutter uten at innholdet av radioaktivt materiale lekker ut.

Instituttet gjennomfører årlig 6 – 10 transporter av bestrålt brensel med Kjellerflasken. Utover dette transporterer IFE ubestrålt brensel, radiofarmaka, radioaktive kilder for industrielle anvendelser og radioaktivt avfall, hvor det største transportvolumet er radiofarmaka med omtrent 2000 transporter årlig. Ubestrålt brensel transporteres 10 – 20 ganger årlig, radioaktivt avfall til blant annet deponiet i Himdalen rundt 30 – 50 ganger årlig og radioaktive kilder i underkant av 100 ganger årlig. Alle transporter gjennomføres med godkjente transportbeholdere.

Uhell med transport av brukt brensel har et skadepotensial som er større enn ved uhell med andre typer transporter som IFE gjennomfører.

Konsekvensene dersom Kjellerflasken utsettes for en brann utover testbetingelsene for beholderen har blitt analysert. Scenariet er en

brann på 1000 °C i to timer og utslipp av radioaktive stoffer antas da å starte etter en halv time og vedvarer i én og en halv time. I Konsekvensutredningen er analysen gjennomført på en transport hvor flasken inneholder 25 prosent mer radioaktive stoffer enn det som har vært transportert de siste 10 årene. IFEs beregninger viser at stråledose til utsatt befolkning under selve utslippet er langt under 1 mSv. Integrert dose fra bakkeforurensningen over 20 år vil også være under 1 mSv. Skjer ulykken i et landbruksområde vil restriksjoner på bruk av området måtte påregnes. Avhengig av om transportflasken inneholder urandioksid eller MOX-brensel, vil restriksjonsområdet være fra 4000 til 22000 m² hvis det ikke blir iverksatt noen tiltak. Etter 2 til 3 år vil området være ca 2000 m² og da vil bare forurensning av ¹³⁷Cs være av betydning.

Dersom Kjellerflasken ved en ulykke havner i vann, vil brenselet ikke kunne gå kritisk på grunn av den begrensede mengde nukleært materiale som er tillatt å transportere med Kjellerflasken (maksimalt 50 prosent av minste kritiske masse). Det vil heller ikke bli noe utslipp av radioaktive stoffer, da flasken er utstyrt med barrierer.

Det forekommer ofte transport av radioaktive strålekilder i Norge, blant annet med loggekilder, radiografikilder, kilder til bruk ved sykehus eller radiofarmaka. Denne transporten er ikke kartlagt spesielt. Atomhendelser knyttet til transport av strålekilder har generelt et mindre skadepotensiale enn hendelser knyttet til transport av brukt brensel.

3.7.2 Transport av radioaktivt materiale til havs

IAEA har gjort en analyse av mulige hendelser ved transport av høyaktivt avfall (IAEA 2001b), hvor en konkluderer med at sannsynligheten for at det skal inntreffe alvorlige uhell til havs med en slik transport er svært lav og at de resulterende stråledosene hvis det skjer også vil være svært lave.

En norsk studie fra 2007 viser at selv for svært konservative scenarier vil stråledoser til personer ikke overstige 1,1 mSv pr. år (Statens strålevern 2007). Konsentrasjoner i enkelte marine organismer kan overstige veiledende grenseverdier.

I tillegg kan norsk territorium bli berørt av havari eller utslipp fra fartøy som smugler radioaktivt materiale ut fra Russland.

3.8 Styrte av satellitt med radioaktivt materiale

Radioaktivt materiale har blitt brukt i satellitter av flere grunner. Radioisotopiske termoelektriske generatorer (RTG'er) har blitt brukt som kraftkilde i satellitter som skal gå i svært lave baner eller i romfarkoster som skal gå langt ut i verdensrommet, hvor det ikke er tilstrekkelig med solenergi til å dekke kraftbehovet. Det meste brukte radioaktive stoffet i slike RTG'er er plutonium-238.

I de tilfellene hvor kraftbehovet har utelukket bruk av RTG'er, har det vært aktuelt å bruke kjernefysiske reaktorer. En typisk reaktor til satellittbruk har en termisk effekt på omlag 100 kW og benytter som regel høyanriket uranbrensel. Det radioaktive innholdet i reaktoren øker med driftstiden og alderen til farkosten eller satellitten. I tillegg vil innfangning av nøytroner fra reaktorkjernen danne aktiveringsprodukter i de bærende konstruksjonene til reaktoren.

I noen tilfeller har mindre radioaktive kilder også blitt brukt ombord på slike farkoster, blant annet for å avgi varme for å sikre drift av instrumenter.

Etter bruk har satellitter med RTG'er eller reaktorer ombord rutinemessig blitt parkert i høye jordbaner, hvor de kan forbli i flere hundre år. Imidlertid blir fortsatt romsonder av og til sendt opp med radioaktivt materiale ombord. Det har tidligere skjedd at satellitter har falt ned og frigjort radioaktive stoffer.

Reaktorer har i hovedsak blitt brukt av det tidligere Sovjetunionen i COSMOS-satellitter for overvåkning av havområder med radar i lave baner, og det har tidligere vært tre ulykker hvor slike satellitter har styrtet ned. I 1978 styrtet Cosmos 954 ned over Canada, og forårsaket forurensning av store landområder. Deler av reaktoren falt ned som radioaktive metallfragmenter over et ca. 600 km langt og 50 km bredt belte, og en del av brenselet falt ned som partikler over et område med en utstrekning på omlag 100 000 km². De to øvrige tilfellene var i 1983, da en Cosmos-satellitt styrtet i det Indiske hav, og i 1988, da en Cosmos-satellitt styrtet i Atlanterhavet.

En amerikansk satellitt (SNAP) med en RTG ombord styrtet i 1964, noe som førte til at rundt ett kg plutonium ble frigjort i atmosfæren og bidro til global forurensning av plutonium. Dette førte til at de amerikanske RTG'ene nå er innkapslet for å kunne tåle å falle ned uten å frigi radioaktive stoffer.

NOU 1992:5 beskriver styrte av RTG'er med hel eller delvis pulverisering i atmosfæren og styrte av satellittreaktorer. Ved en eventuell styrte av en RTG med plutonium vil den største strålerisikoen innenfor nedfallsområdet skyldes inhalasjon av plutoniumpartikler etter sammenstøtet med bakken. Plutoniumpartikler kan føre til forurensende jordbruksartikler, mens kjøtt- og melkeproduksjon vil være mindre utsatt. Plutoniumbrensel er lite løselig, men ved høy temperatur kan plutonium i brenselpartiklene oksideres og bli mobilt. Over tid kan derfor plutonium og datterproduktet americium overføres i økosystemene, noe som gjør det nødvendig å gjennomføre omfattende dekontaminering av berørte områder. Plutoniumfragmenter kan gi bestrålingsskader til både dyr og mennesker. Det berørte området blir anslått til å kunne være rundt 50 000 km².

Ved en styrte av en satellitt med en reaktor vil ekstern bestråling fra radioaktive fragmenter utgjøre den største faren. Hvis brenselstavene i reaktoren delvis går i oppløsning ved sammenstøtet med bakken vil dette føre til utslipp av edelgasser, andre flyktige fisjonsprodukter og brenselpartikler til atmosfæren. Ved inhalasjon kan disse produktene gi betydelige stråledoser til dem som oppholder seg i nedslagområdet. Radioaktive fragmenter og partikler vil også forurense området rundt nedslaget. Delvis eller helt intakte brenselstaver vil representere store strålekilder som kan gi betydelige doser. Slike staver kan antas å spre seg over en stripe på flere hundre km. Uranbrenselet vil i likhet med plutoniumbrensel være lite løselig, men ved høy temperatur kan uran i brenselpartiklene oksideres og bli mobilt. Over tid kan derfor uran overføres i økosystemene, noe som gjør det nødvendig å gjennomføre omfattende dekontaminering av berørte områder. Hvis det totale innholdet av radioaktivitet i en reaktor på 100 kW spres som små partikler over et areal på 100 000 km², vil dosen til befolkningen i området øke i så liten grad (10 prosent i forhold til den naturlige bakgrunns-

strålingen) at konsekvensene vil være neglisjerbare.

Se også IAEA 1996.

Nyere forskning kan imidlertid medføre at denne vurderingen må revideres (IAEA 2001a).

3.9 Kjernevåpen

Kjernevåpen står i en særstilling. Det anses som svært lite sannsynlig at norsk territorium vil bli berørt av en kjernefysisk detonasjon. Imidlertid kan konsekvensene være øyeblikkelige og enorme.

3.9.1 Detonasjon av kjernevåpen i Norge

Sannsynligheten for at noen med hensikt skal gjennomføre et angrep med kjernevåpen mot Norge anses for å være ekstremt liten. Konsekvensene av en slik handling vil imidlertid være øyeblikkelige og enorme.

Et kjernevåpen med høy sprengkraft detonert over en storby vil gi de største konsekvensene. I tillegg til en total ødeleggelse på selve detonasjonsstedet, kan detonasjonen forårsake betydelige mengder radioaktivt nedfall i regionen, avhengig av værforholdene og størrelsen på våpenet.

Elektromagnetisk puls fra en kjernefysisk detonasjon kan ha lang rekkevidde. Den kan medføre at all elektronisk kommunikasjon og infrastruktur over hele landet faller ut eller blir skadet dersom det ikke er spesielt beskyttet.

3.9.2 Utilsiktet eller uautorisert detonasjon av kjernevåpen på Kolahalvøya

Den største kjernevåpentrusselfen mot Norge i dag er trolig lagrede kjernevåpen på Kolahalvøya. Det antas at det fortsatt befinner seg et tusentalls kjernefysiske stridshoder på Kolahalvøya. Sannsynligheten for utilsiktet eller uautorisert detonasjon av russiske kjernevåpen anses som svært liten. Årsaken er at det russiske kommando- og kontrollsystemet er vurdert som tilfredsstillende (NOU 2000:24).

Konsekvensene av en eventuell kjernevåpen-detonasjon på Kolahalvøya kan være dramatiske for Norge. Det er godt under ett hundre kilometer fra enkelte baser til norske

byer. Hvis vindretningen er mot Norge, kan det føre til radioaktivt nedfall over Finnmark. Ubeskyttede personer i åpent terreng i grensenære områder kan motta stråledoser som er så høye at det er lite sannsynlig at de vil kunne overleve. Det kan være nødvendig å fraflytte rammede områder i lang tid, og innstille all landbruksproduksjon og reindrift.

3.9.3 Russiske underjordiske kjernefysiske prøvesprengninger

Russland har gjennom internasjonalt avtaleverk forpliktet seg til å begrense den kjernefysiske prøvesprengningsaktiviteten sin til underjordiske prøver av våpen med enn spengkraft på 150 kilotonn eller lavere, og å gjennomføre sprengningen slik at den ikke har noen grenseoverskridende virkninger.

Russland har i dag bare ett område som er utbygd for kjernefysiske prøvesprengninger, det såkalte *Northern Test Site* på Novaja Semlja, ca. 900 km øst-nordøst for Norge. Den siste russiske prøvesprengningen fant sted i 1990.

Det har vært diskusjoner i Russland om å gjenoppta prøvesprengningene. Det kan forekomme uventede lekkasjer ved underjordiske prøvesprengninger, og Norge kan motta nedfall som følge av utslipp fra framtidige russiske prøvesprengninger. Det har tidligere blitt målt radioaktive stoffer i Norge som følge av lekkasjer fra underjordiske prøvesprengninger i daværende Sovjetunionen.

Konsekvensene av nye prøvesprengninger forventes imidlertid å være små og sammenlignbare med konsekvensene av nedfallet fra enkeltvis atmosfæriske prøvesprengninger på 1950- og 60-tallet.

3.9.4 Kjernevåpen internasjonalt og kjernefysisk krig

Antallet kjernevåpen i verden er blitt betydelig redusert fra over 60 000 på slutten av 1980-tallet til om lag 27 000 i dag (Norris 2006). Det er likevel mange risikofaktorer som fører til at verden langt fra er trygg. IAEAs generaldirektør Mohamed ElBaradei har uttalt at risikoen for at et kjernevåpen skal tas i bruk, enten av stater eller terrorister, aldri har vært større enn nå.

Nedrustningen i de fem anerkjente kjernevåpenstatene (Frankrike, Kina, Russland,

Storbritannia og USA) er for tiden mangelfull eller fraværende. Tre land med kjernevåpen (India, Israel og Pakistan) står utenfor ikke-spredningsregimet og er ikke anerkjente som kjernevåpenstater. I tillegg har Nord-Korea gjennomført en prøvesprengning. Flere av disse landene har meget anspente forhold til andre land. India og Pakistan har tre ganger vært i krig med hverandre. Både Russland og USA må antas fremdeles å ha høy beredskap på sine strategiske kjernevåpen, og begge land har åpnet for førstebruk av kjernevåpen.

Dersom en kjernevåpenkrig med et relativt lite antall kjernefysiske eksplosjoner finner sted langt fra Norge (noen tusen kilometer), blir ikke de helse- og miljømessige konsekvensene i Norge større enn de som ble forårsaket av det radioaktive nedfallet i etterkant av de atmosfæriske prøvesprengningene på 1950- og 1960-tallet. Nordmenn i utlandet kan imidlertid bli drept eller skadet dersom de oppholder seg i nærheten av en kjernefysisk detonasjon, og norske interesser i de aktuelle områdene kan bli skadelidende.

Dersom et høyt antall kjernefysiske eksplosjoner finner sted i løpet av kort tid, kan vi risikere, i tillegg til de virkningene vi kjenner fra selve kjernevåpnene, å få store klimaendringer og miljøskader. Slike klimaendringer kan gi store skader på avlinger, plantenes fotosyntese, og dyre- og planteliv. Menneskene vil direkte bli rammet av blant annet stråleskader, sult og sykdom.

3.9.5 Terrorisme og kjernevåpen

Norge kan bli utsatt for terrorangrep med kjernevåpen, og flere ikke-statlige aktører har gitt uttrykk for interesse for å anskaffe slike våpen. En gruppering med ambisjoner om å detonere et kjernevåpen, kan skaffe seg et slikt våpen enten ved tyveri eller kjøp, eller ved å konstruere det selv. Kjernevåpenarsenal er imidlertid underlagt strenge sikkerhetsregimer, og det er mest naturlig å forvente at et eventuelt kjernevåpen som blir brukt i terrorøyemed vil være et improvisert våpen. Konstruksjon og design av lavteknologiske kjernevåpen er beskrevet i åpne kilder, og er i hovedsak begrenset av tilgangen til spaltbart materiale av våpenkvalitet. Det antas derfor at konstruksjon av kjernevåpen vil være for krevende for de aller fleste organisasjoner.

Det antas at et improvisert kjernevåpen vil ha en ytelse på omtrent samme størrelse som de første konstruerte kjernevåpnene, rundt 10-20 kilotonn. Konsekvensene av bruken av slike våpen vil tilsvare bombene som ble brukt over Hiroshima og Nagasaki i 1945, eventuelt mindre hvis våpenet ikke er feilfritt. Men selv et relativt mislykket kjernevåpen kan gi dramatiske skadevirkninger.

Se også Mærli 2000, Mærli 2003a, Gormley 2004 og Ferguson 2004b.

3.9.6 Besøk fra allierte kjernevåpenstater

Norge er alliert i NATO med tre kjernevåpenstater, Frankrike, Storbritannia og USA, og får jevnlig besøk av fly, skip og ubåter fra disse landene. Daværende statsminister Trygve Bratteli slo fast i Stortinget 22. oktober 1975 at forutsetningen ved anløp av fremmede marinefartøy har vært og er at kjernevåpen ikke medføres om bord ("Bratteli-doktrinen"). Norske myndigheter legger til grunn derfor at besøk av allierte finner sted uten slike våpen.

4 Oppsummering

Tabell 4.1 på de følgende sidene oppsummerer kilder, scenarier og de konsekvensene de kan medføre.

Tabellen er delt i flere kolonner:

- *Berørt geografisk område i Norge;* dette angir hvorvidt det området som blir berørt av de beskrevne konsekvensene er på størrelse med en eller noen få kommuner (lokalt), et eller flere fylker (regionalt) eller på nasjonalt plan. Med havområder menes områder innenfor norsk økonomisk sone.
- *Antatt transporttid for radioaktive stoffer til Norge;* dette angir antatt kortest mulig tid før et eventuelt utslipp vil nå norsk territorium. Dette kan være umiddelbart, svært kort (opptil noen få timer), noen timer, noen dager, uker, måneder eller år.
- *Helsemessige konsekvenser;* dette beskriver akutte stråleskader, senskader og psykologiske effekter.

-
- *Miljømessige konsekvenser*; dette beskriver kort- og langtidseffekter i terrestrisk miljø i de berørte områdene i Norge, samt langtidseffekter i norsk marint miljø.
 - *Øvrige samfunnsmessige konsekvenser*; dette beskriver andre konsekvenser, slik som materielle ødeleggelser, tap av infrastruktur, konsekvenser for næringsmiddelproduksjon og andre næringer, og lignende.
 - *Særskilte konsekvenser for norske interesser og statsborgere i utlandet*; dette beskriver konsekvenser for norske interesser og statsborgere i nærheten av en atomhendelse i utlandet.

Tabell 4.1: Scenarier og konsekvenser

Scenario	Berørt geografisk område i Norge	Antatt transporttid for radioaktive stoffer til Norge	Konsekvenser			Særskilte konsekvenser for norske interesser og statsborgere i utlandet
			Heisemessige for befolkningen	Miljømessige	Øvrige samfunnsmessige konsekvenser	
Utenlandske kjernekraftverk						
Alvorlig hendelse ved Kola, Leningrad eller Ignalina kjernekraftverk, eller kjernekraftverk i Sverige, Finland, Storbritannia eller Tyskland	Nasjonalt.	Få timer.	Vil ikke gi akutte stråleskader i Norge, men kan medføre betydelige senskader. Kan gi betydelige psykologiske effekter.	Kan føre til betydelig nasjonalt nedfall. Kan gi langtids effekter for det terrestre miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for nasjonal næringsmiddelproduksjon. Kan medføre store konsekvenser for andre næringer. Vil medføre noe samfunnsmessig uro.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nær-området. Vil medføre betydelige psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Alvorlig hendelse ved øvrige kjernekraftverk	Nasjonalt.	Flere timer eller dager.	Vil ikke gi akutte stråleskader i Norge, men kan medføre senskader for norsk befolkning. Kan gi psykologiske effekter.	Kan føre til betydelig nasjonalt nedfall. Kan gi langtids effekter for det terrestre miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for nasjonal næringsmiddelproduksjon. Kan medføre store konsekvenser for andre næringer. Vil medføre noe samfunnsmessig uro.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nær-området. Vil medføre betydelige psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Norske forskningsreaktorer						
Alvorlig hendelse ved JEEP II på Kjeller eller Halden-reaktoren	Lokalt.	Umiddelbart.	Vil ikke gi noen akutte stråleskader, kan gi noen senskader i befolkningen i nærområdet. Vil medføre psykologiske effekter.	Kan gi lokalt nedfall og langtids effekter for lokalt miljø.	Kan gi konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon i en periode. Vil medføre en viss samfunnsmessig uro. Kan ha øvrige samfunnsmessige konsekvenser.	Ubetydelig.

Angrep eller flystyrt mot JEEP II på Kjeller eller Halden-reaktoren	Lokalt eller regionalt.	Umiddelbart.	Kan gi noen akutte stråleskader, kan gi noen senskader. Vil medføre betydelige psykologiske effekter.	Vil gi lokalt og eventuelt regionalt nedfall, samt kort- og langtidseffekter for lokalt miljø.	Kan gi konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon i en periode. Vil medføre samfunnsmessig uro. Kan ha øvrige samfunnsmessige konsekvenser.	Kan medføre noen psykologiske effekter.
Reaktordrevne fartøy						
Kritikalitetsulykke om bord reaktordrevet fartøy i nærheten av norsk økonomisk sone, som for eksempel ved russisk havn på Kolahalvøya	Kan ha regionale konsekvenser (spesielt Finnmark).	Timer.	Vil trolig ikke gi akutte stråleskader i Norge, men kan medføre senskader for regional befolkning. Kan medføre psykologiske effekter.	Kan medføre noe regionalt eller lokalt nedfall, med langtidseffekter for det terrestre miljø.	Kan medføre konsekvenser for lokal eller regional næringsmiddelproduksjon.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nærområdet. Kan medføre psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Havari eller forlis av reaktordrevet fartøy i nordlige havområder utenfor norsk økonomisk sone	Havområder.	Uker, måneder eller år.	Ingen helsemessige effekter.	Kan føre til forurenning av marint miljø.	Kan medføre konsekvenser for fiskerinæring. Kan til en viss grad også berøre andre næringer.	Ubetydelig.
Reaktorhavari eller -utslipp fra reaktordrevet fartøy i overflateposisjon i norsk farvann (mer enn 50 km fra kysten)	Lokalt eller regionalt.	Timer.	Vil trolig ikke gi akutte stråleskader, men kan forårsake senskader for befolkning i berørte områder. Vi gi psykologiske effekter.	Kan medføre lokalt eller regionalt nedfall, med langtidseffekter for det terrestre miljø.	Kan medføre konsekvenser for lokal eller regional næringsmiddelproduksjon.	Ubetydelig.
Reaktorhavari eller -utslipp fra reaktordrevet fartøy i overflateposisjon like ved norsk kyst	Lokalt eller regionalt.	Umiddelbart.	Kan medføre akutte stråleskader lokalt og senskader lokalt og regionalt. Vil medføre betydelige psykologiske effekter.	Vil medføre lokalt og mulig regionalt nedfall, med både korttids- og langtidseffekter for det terrestre miljø. Forurenning kan bli betydelig.	Vil medføre konsekvenser for lokal og mulig regional næringsmiddelproduksjon. Vil trolig medføre konsekvenser for andre lokale næringer. Kan medføre konsekvenser for infrastruktur i nærområdet. Vil medføre betydelig lokal samfunnsmessig uro.	Kan i viss grad medføre psykologiske effekter.

Anlegg for produksjon og behandling av reaktorbrønsel eller annet spaltbart materiale

Alvorlig hendelse ved vest-europeiske anlegg (Sellafield eller La Hague) med utslipp til luft	Nasjonalt.	Timer eller dager.	Vil ikke gi akutte stråleskader, men kan medføre betydelige senskader. Kan gi betydelige psykologiske effekter.	Kan gi betydelig nedfall over Norge, med langtids effekter for det terrestre miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for næringsmiddelproduksjon, kan medføre konsekvenser for andre næringer.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nærområdet. Vil medføre betydelige psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Alvorlig hendelse ved vest-europeisk anlegg (Sellafield eller La Hague) med utslipp til hav	Havområder.	Måneder eller år.	Ingen helsemessige effekter.	Vil føre til forurensning av norsk marint miljø.	Kan medføre konsekvenser for fiskeri-næring. Kan til en viss grad også berøre andre næringer.	Betydelig.
Alvorlig hendelse ved russisk anlegg (Ozyorsk, Seversk eller Zhelengorsk) med utslipp til luft	Nasjonalt.	Dager.	Vil ikke gi noen akutte stråleskader, vil trolig gi svært få om noen senskader. Vil trolig gi få psykologiske effekter.	Kan føre til noe nedfall over Norge, men med ubetydelige langtids-effekter for det terrestre miljø.	Kan medføre konsekvenser for næringsmiddelproduksjon.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nærområdet. Vil medføre betydelige psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Alvorlig hendelse ved russisk anlegg (Ozyorsk, Seversk eller Zhelengorsk) med utslipp til russiske elver	Havområder.	År.	Ingen helsemessige effekter.	Forurensning vil trolig ikke i noen betydelige grad bli spredt til norsk marint miljø.	Kan medføre en belastning for fiskeri-næringen.	Kan medføre akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nærområdet. Vil medføre betydelige psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.

Anlegg for lagring av brukt brensel og annet radioaktivt avfall

Alvorlig hendelse ved deponi for lav- og middelaktivt avfall i Norge	Lokalt.	Dager, uker eller år.	Ingen helsemessige effekter.	Kan medføre en viss lokal forurensning.	Kan medføre konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon og andre lokale næringer.	Ubetydelig.
Alvorlig hendelse ved anlegg for lagring av brukt brensel på Kolahalvøya med utslipp til luft	Lokalt eller regionalt.	Timer eller dager.	Vil trolig ikke gi akutte stråleskader, men kan forårsake senskader for befolkning i regionen. Kan gi betydelige psykologiske effekter.	Kan gi regionalt nedfall, med langtids effekter for det terrestre miljø.	Kan medføre konsekvenser for lokal og regional næringsmiddelproduksjon. Kan medføre konsekvenser for andre næringer.	Kan medføre betydelige akutte stråleskader og senskader for norske statsborgere i nærområdet. Vil medføre psykologiske effekter i nærområdet. Norske interesser i området kan bli berørt.
Lekkasje fra anlegg for lagring av brukt brensel på Kolahalvøya	Havområder.	Måneder eller år.	Kan medføre noen psykologiske effekter, ellers ingen helsemessige effekter.	Vil gi en generell økning av forurensningsnivåene i Barentshavet, men vil være av liten betydning for norsk marint miljø.	Vil medføre en belastning for fiskerinæringen.	Norske interesser i området kan bli berørt.

Strålekilder i bruk i industri, helsevesen og forskning

Utplassering av radioaktive strålekilder på offentlig sted i Norge i terrorøyemed	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan medføre akutte stråleskader eller senskader for enkeltpersoner. Vil gi betydelige psykologiske effekter når hendelsen blir kjent.	Kan gi korttidseffekter i nærmiljøet.	Kan medføre store konsekvenser for andre næringer.	Ubetydelig.
Strålekilde på avveie dukker opp.	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan medføre akutte stråleskader eller senskader for enkeltpersoner. Hvis strålekilden blir uforvarlig håndtert og spredt i omgivelsene, kan den forårsake flere dødsfall og betydelige senskader. Kan gi betydelige psykologiske effekter.	Kan gi både korttids- og langtids effekter i nærmiljøet.	Hvis strålekilden blir spredt i omgivelse kan dette medføre betydelige økonomiske utgifter i form av nødvendige kontrollmålinger og dekontaminering.	Ubetydelig.

Bruk av radiologiske våpen (som skitne bomber) eller spredning av radioaktivitet på andre måter	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan medføre noen senskader for utsatte personer, men akutte stråleskader er lite trolig blant overlevende etter en eventuell eksplosjon. De største helsemessige effektene vil være som følge av en eventuell konvensjonell eksplosjon. Vil gi betydelige psykologiske effekter.	Kan gi både korttids- og langtidseffekter i nærmiljøet.	Materielle ødeleggelse som følge av en eventuell konvensjonell eksplosjon. Vil medføre betydelige konsekvenser for andre næringer og i form av nødvendig opprydning. Kan få konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon. Vil medføre samfunnsmessig uro.	Kan medføre psykologiske effekter.
Forurensning av næringsmidler i terrorøymed	Lokalt, regionalt eller nasjonalt.	Umiddelbart.	Kan gi både akutte stråleskader og senskader. Vil gi betydelige psykologiske effekter hvis kjent.	Ubetydelig.	Vil medføre betydelige konsekvenser for andre næringer. Vil medføre store konsekvenser for næringsmiddelomsetning.	Kan medføre psykologiske effekter.
Alvorlig hendelse ved anlegg med kraftig bestrålingskilde	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan gi både akutte stråleskader og senskader for personer i nærområdet. Vil gi betydelige psykologiske effekter.	Kan gi betydelig lokalt nedfall, med både korttids- og langtidseffekter i nærmiljøet.	Kan i en periode og konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon og eventuelt for andre næringer. Vil få konsekvenser som følge av nødvendig opprydning.	Ubetydelig.
Import eller nedsmelting av kraftig strålekilde	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan gi både akutte stråleskader og senskader for personer som uforvarende kommer i kontakt med det radioaktive materialet. Kan gi psykologiske effekter hvis kjent.	Kan gi lokal forurensning, som kan gi både korttids- og langtidseffekter i miljøet.	Kan gi store konsekvenser for berørte næringer. Kan medføre betydelig opprydningsarbeide.	Ubetydelig.
Smugling av kraftig strålekilde inn i Norge	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan gi både akutte stråleskader og senskader for personer som uforvarende kommer i kontakt med det radioaktive materialet eller hvis den blir brukt i terrorøymed. Kan gi psykologiske effekter hvis kjent.	Kan gi lokal forurensning, som kan gi både korttids- og langtidseffekter i miljøet.	Kan gi store konsekvenser hvis den blir brukt i terrorøymed i Norge.	Kan medføre psykologiske effekter.

Transport av brukt brensel og annet radioaktivt materiale av omfang

Hendelse ved transport av radioaktivt materiale i Norge	Lokalt.	Umiddelbart.	Ingen helsemessige effekter.	Vil medføre en viss lokal forurensning, som kan gi både korttids- og langtids effekter i nærmiljøet.	Kan medføre konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon.	Ubetydelig.
Hendelse ved transport av brukt brensel sjøveien mer enn 50 km fra kysten av Norge	Havområder.	Timer.	Ingen helsemessige effekter.	Kan medføre forurensning av marint miljø.	Kan medføre konsekvenser for fiskeri-næring.	Ubetydelig.
Styrt av fly som transporterer radioaktivt materiale i luftrom over Norge.	Lokalt, eventuelt regionalt.	Umiddelbart.	Kan medføre akutte stråleskader for personer i nærområdet. Kan eventuelt medføre senskader i befolkningen regionalt. Vil medføre psykologiske effekter.	Vil medføre betydelig lokal forurensning i det terrestre miljø, kan gi både korttids- og langtids effekter i miljøet. Hvis materialet blir tilstrekkelig spredt kan konsekvensene bli regionale.	Kan medføre konsekvenser for lokal og regional næringsmiddelproduksjon. Kan medføre konsekvenser for andre næringer. Kan medføre konsekvenser for infrastruktur i området. Kan medføre en viss samfunnsmessig uro.	Kan medføre psykologiske effekter.

Styrt av satellitt med radioaktivt materiale

Styrt av satellitt med reaktor over Norge	Regionalt, det berørte området kan strekke seg over en stripe på flere hundre km.	Mange dager.	Akutte stråleskader eller senskader til personer i nærheten av reaktorfragmenter. Hvis reaktormaterialet blir tilstrekkelig pulverisert og spredt over et stort nok område kan de helsemessige konsekvensene bli ubetydelige. Vil medføre psykologiske effekter.	Regional forurensning av spaltbart materiale, med liten økologisk mobilitet. Flere reaktorfragmenter kan være i miljøet. Kan medføre korttids- og langtids effekter for dyr og miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for regional næringsmiddelproduksjon og andre regionale næringer. Vil nødvendiggjøre fragmentsøk og opprydning.	Kan medføre psykologiske effekter.
Styrt av satellitt med annet radioaktivt materiale (for eksempel RTG) over Norge	Regionalt, det berørte området kan utgjøre over 50 000 km ² .	Mange dager.	Akutte stråleskader eller senskader til personer i nærheten av radioaktive fragmenter. Vil medføre psykologiske effekter.	Regional forurensning med radioaktivt materiale, mest trolig med liten økologisk mobilitet. Kan medføre korttids- og langtids effekter for dyr og miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for regional næringsmiddelproduksjon og andre regionale næringer. Vil nødvendiggjøre fragmentsøk og opprydning.	Kan medføre psykologiske effekter.

Kjernevåpen

Detonasjon av statlig kjernevåpen i Norge	Nasjonalt.	Umiddelbart.	Vil medføre svært mange dødsfall og akutte stråleskader, spesielt hvis et befolkningsentrum blir berørt. Vil medføre svært mange senskader. Vil medføre svært betydelige psykologiske effekter.	Betydelig lokalt eller regionalt nedfall, både korttids- og langtids-effekter i det terrestre miljøet.	Enorme materielle ødeleggelse, kan medføre store konsekvenser for lokal eller regional næringsmiddelproduksjon. Vil få betydelige konsekvenser for andre næringer. Kan medføre konsekvenser for infrastruktur i nærområdet. Vil føre til generell samfunnsmessig uro.	Vil medføre betydelige psykologiske effekter.
Uhell med kjernevåpen i Norge uten kjernefysisk detonasjon	Lokalt.	Umiddelbart.	Kan medføre senskader for personer i nærområdet, endog akutte stråleskader for spesielt utsatte. Vil medføre betydelige psykologiske effekter.	Vil medføre lokal forurensning av spaltbart materiale i det terrestre miljø, med liten økologisk mobilitet.	Kun små materielle ødeleggelse, kan medføre konsekvenser for lokal næringsmiddelproduksjon. Vil føre til generell samfunnsmessig uro.	Ubetydelig.
Utlisikket eller uautorisert detonasjon av kjernevåpen på Kolahalvøya	Lokalt eller regionalt.	Svært kort.	Kan medføre akutte stråleskader og senskader i regionen (spesielt Finnmark). Vil medføre betydelige psykologiske effekter.	Kan medføre betydelig nedfall over regionen, med både korttids- og langtids-effekter i det terrestre miljø.	Kan medføre betydelige konsekvenser for regional næringsmiddelproduksjon. Reindrift i Finnmark er spesielt utsatt. Kan medføre betydelige konsekvenser for andre næringer. Vil medføre generell samfunnsmessig uro i regionen.	Kan ha betydelige konsekvenser for norske interesser og statsborgere på Kola-halvøya
Lekkasje fra eventuelle nye russiske underjordiske kjernefysiske prøvesprengninger	Nasjonalt.	Timer eller dager.	Ingen akutte stråleskader, og ingen eller svært få senskader. Ubetydelige psykologiske effekter.	Norge kan motta noe lokalt eller regionalt nedfall.	I verst tenkelige tilfeller kan det være nødvendig med restriksjoner i lokal næringsmiddelproduksjon i en kort periode.	Kan medføre noen senskader for norske statsborgere i nærområdet, ellers ubetydelig.

Krig med bruk av kjernevåpen med relativt få kjernefysiske detonasjoner og i stor avstand fra Norge (noen tusen km)	Nasjonalt.	Måneder eller år.	Ingen akutte stråleskader, og ingen eller svært få senskader. De helsemessige konsekvensene vil ikke være større enn dem som ble forårsaket av de atomsfæriske prøvesprengningene på 1950- og 60-tallet. Vil likevel medføre psykologiske effekter.	Norge kan motta noe globalt nedfall, men ikke mer enn hva tilfellet var under de atmosfæriske prøvesprengningene på 1950- og 60-tallet.	Ingen direkte samfunnsmessige konsekvenser, men bruk av kjernevåpen i en konflikt vil medføre noe samfunnsmessig uro	Vil medføre svært betydelige konsekvenser for norske statsborgere i nærheten av detonasjoner. Norske interesser i utlandet kan bli svært skadelidende.
Kjernevåpenkrig med høyt antall kjernefysiske detonasjoner	Nasjonalt.	Timer eller dager.	Vil medføre svært omfattende akutte stråleskader og senskader. Klimaendringer og manglende samfunnsstyring kan medføre sekundære helseeffekter som følge av sult og sykdom. Vi medføre enorme psykologiske effekter.	Vil medføre enorme miljømessige konsekvenser, med betydelige mengder radioaktiv nedfall. Klimaendringer kan oppstå som følge av store deler suspendert materiale i atmosfæren eller som følge av endringer i det kjemiske miljøet i atmosfæren.	Vil medføre enorme materielle ødeleggelse. Vil medføre enorme konsekvenser for næringsmiddelproduksjon, og vil medføre betydelige konsekvenser for øvrige næringer. Vil medføre enormt tap av infrastruktur. Samfunnet som helhet vil være truet.	Vil medføre enorme konsekvenser på alle områder.
Detonasjon av primitivt kjernevåpen i Norge	Nasjonalt.	Umiddelbart.	Vil medføre mange dødsfall og stråleskader, spesielt hvis et befolkningsentrum blir berørt. Vil medføre mange senskader. Vil medføre svært betydelige psykologiske effekter.	Betydelig lokalt eller regionalt nedfall, både korttids- og langtids-effekter i de terrestriske miljø.	Betydelige materielle ødeleggelse, kan medføre store konsekvenser for lokal eller regional næringsmiddelproduksjon. Vil få betydelige konsekvenser for andre næringer. Kan medføre konsekvenser for infrastruktur i nærområdet. Vil føre til generell samfunnsmessig uro.	Kan medføre noen psykologiske effekter.

5 Referanser

AMAP 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1998.

AMAP 2004. AMAP Assessment 2002: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2004.

Arnesen 2005. Arnesen SA et al. Hva gjør Norge utsatt for terrorisme? Trusselscenarier og norsk sårbarhetsforvaltning. NUPI notat nr. 673-2005. Norsk utenrikspolitiske institutt, 2005.

Bartnicki 2005. Bartnicki et al. Atmospheric Transport and Deposition of Radioactive Particles from Potential Accidents at Kola Nuclear Power Plant. Re-analysis of worst case scenarios. Met.no report no. 10/2005. Det norske meteorologiske institutt, 2005.

Ferguson 2004a. Ferguson CD et al. The Four Faces of Nuclear Terrorism. Routledge, 2004.

Ferguson 2004b. Ferguson CD, Potter WC. Improvised Nuclear Devices and Nuclear Terrorism. The Weapons of Mass Destruction Commission (WMDC), no. 2, 2004.

Glasstone 1977. Glasstone S, Dolan PJ (red.). The Effects of Nuclear Weapons. United States Department of Defense and the Energy Research and Development Administration, 1977.

Gormley 2004. Gormley DM. On Not Confusing the Unfamiliar with the Improbable: Low-Technology Means of Delivering Weapons of Mass Destruction. The Weapons of Mass Destruction Commission (WMDC), no. 25, 2004.

IAEA 1988. The Radiological Accident in Goiânia. STI/PUB/815. Det internasjonale atomenergibyrådet, 1988.

IAEA 1996. Emergency Planning and Preparedness for Re-entry of a Nuclear Powered Satellite. IAEA Safety Series No. 119. Det internasjonale atomenergibyrådet, 1996.

IAEA 2001a. Co-ordinated Research Programme on radioactive particle. RCM

Report. Det internasjonale atomenergibyrådet, 2001.

IAEA 2001b. Severity, probability and risk of accidents during maritime transport of radioactive material. IAEA-TECDOC-1231. Det internasjonale atomenergibyrådet, 2001.

IAEA 2002. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. Safety standard series no. GS-R-2. Det internasjonale atomenergibyrådet, 2002.

IAEA 2003. Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency. Det internasjonale atomenergibyrådet. EPR-METHOD 2003.

IAEA 2005. Categorization of Radioactive Sources. Safety standard RS-G-1.9. Det internasjonale atomenergibyrådet, 2005.

ICRP 1993. ICRP Publication 63. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Pergamon Press 1993.

IFE 2004. Konsekvensutredning av videre drift av konsesjonsunderlagte anlegg ved Institutt for energiteknikk. Institutt for energiteknikk, 2004.

IPPNW 1996. Crude Nuclear Weapons. Proliferation and the Terrorist Threat. IPPNW Global Health Watch, Report no. 1. International Physicians for the Prevention of Nuclear War, 1996.

JNREG 2002. Long-term consequences of potential radioactive contamination in the Northern areas - Northern Norway. Den norsk-russiske ekspertgruppen for undersøkelse av radioaktiv forurensning i nordområdene, 2002.

JNREG 2004. Impacts on man and the environment in northern areas from hypothetical accidents at "Mayak" PA, Urals, Russia. Den norsk-russiske ekspertgruppen for undersøkelse av radioaktiv forurensning i nordområdene, 2004

Lauritzen 2004. Lauritzen B et al. Kernekraft og nuklear sikkerhet 2004. Risø R-rapport Risø-T-1502(DA). Forskningscenter Risø, 2004.

Mærli 1999. Mærli MB. Atomterrorisme. Norsk utenrikspolitiske institutt, 1999.

Mærli 2000. Mærli MB. Relearning the ABCs: Terrorists and "Weapons of Mass

Destruction". The Nonproliferation Review, vol. 7 no. 2, 2000.

Mærli 2003a. Mærli MB. The Characteristics of Nuclear Terrorist Weapons. American Behaviour Scientist, vol. 46 no. 6, 2003.

Mærli 2003b. Mærli MB, Holo EN, Reistad O. Establishing "Design Basis Threat" in Norway. Österreichische Militärische Zeitschrift. Spesialutgave 2003.

Mærli 2004. Mærli MB. Crude Nukes on the Loose?. Universitetet i Oslo, 2004.

NATO/CCMS 1998. Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities. NATO/CCMS Report nr. 227, 1998.

Norris 2006. Norris RS, Kristensen HM. Global nuclear stockpiles, 1945-2006. Natural Resources Defense Council: Nuclear Notebook. Bulletin of the atomic scientists, vol. 62 nr. 4, 2006.

NOU 1992:5. Tiltak mot atomulykker - Anbefalinger om videre styrking av norsk beredskap mot atomulykker. Norsk offentlig utredning 1992:5. Statens forvaltningstjeneste, 1992.

NOU 2000:24. Et sårbart samfunn - Utfordringer for sikkerhets- og beredskapsarbeidet i samfunnet. Norsk offentlig utredning 2000:24. Statens forvaltningstjeneste, 2000.

NOU 2007:15. Et styrket forsvar. Norsk offentlig utredning 2007:15. Departementenes servicesenter. Informasjonsforvaltning. Oslo 2007.

PST 2008. Ugradert trusselvurdering 2008. Politiets sikkerhetstjeneste, 2008.

Salbu 2005. Salbu B, Lind OC. Radioactive particles released from various nuclear sources. Radioprotection. Suppl. 1, vol. 40, s. 27-32, 2005.

Sandnes 1985. Sandnes T. Kjernevåpen og skadevirkninger. FFI/NOTAT-85/4029. Forsvarets forskningsinstitutt, 1985.

Statens strålevern 1999. Kola konsekvensanalyse. StrålevernRapport 1999:10. Statens strålevern, 1999.

Statens strålevern 2000. Atomtrusselen mot Norge - Kilder, risikofaktorer og beredskap.

StrålevernRapport 2000:12. Statens strålevern, 2000.

Statens strålevern 2001. Trusselbildet - en oppdatering. Intern rapport ref. 2001/00911/600/ENH, u.off. Statens strålevern, 2001.

Statens strålevern 2002a. Mulig spredning av radioaktive kilder - Sikkerhet og beredskap. Notat ref. 2002/00020/621 dok. 027. Statens strålevern, 2002.

Statens strålevern 2002b. Kriseutvalgets langtidsplan for oppgradering av norsk atomulykkeberedskap (2003-2012). Ref. 2001/00260/622/ENH. Statens strålevern, 2002.

Statens strålevern 2006a. Atomberedskap - sentral og regional organisering; Kgl. res. av 17. februar 2006. StrålevernHefte 29. Statens strålevern, 2006.

Statens strålevern 2006b. Sikkerhet ved russiske RBMK-reaktorer - En oppdatert gjennomgang av status. StrålevernRapport 2006:5. Statens strålevern, 2006.

Statens strålevern 2006c. Kola kjernekraftverk - En gjennomgang av dagens sikkerhetsnivå. StrålevernRapport 2006:22. Statens strålevern, 2006.

Statens strålevern 2007. Radioecological consequences of a potential accident during transport of radioactive materials along the Norwegian coastline. StrålevernRapport 2007:3. Statens strålevern, 2007.

Ølgaard 2001. Ølgaard PL. The potential risks from Russian nuclear ships. NKS-57. Nordisk kjernesikkerhetsforskning, 2001.

Åtland 2003. Åtland K. Russisk nordområdepolitikk etter den kalde krigen: Forholdet mellom næringsinteresser og militærstrategiske interesser. FFI/RAPPORT-2003/00713. Forsvarets forskningsinstitutt, 2003.

A Noen begreper

A.1 Forsvar i dybden, Design Basis Accident og Beyond Design Basis Accident

For å kompensere for mulige menneskelige, mekaniske og andre tekniske feil, har IAEA anbefalt at atomanlegg konstrueres, bygges, drives og vedlikeholdes etter et konsept basert

på at flere beskyttelsesnivåer, inkludert flere fysiske barrierer, skal hindre utslipp av radioaktive stoffer til omgivelsene ("Forsvar i dybden"). Konseptet inkluderer også beskyttelse av barrierene ved å forhindre skade på dem, og inkluderer også tiltak for å beskytte allmennheten og miljøet mot skader hvis barrierene ikke er fullstendig effektive.

Ved å benytte konseptet Forsvar i dybden, skal dette sikre at de tre grunnleggende sikkerhetsfunksjonene kontroll av effekt (kritikalitet), kjøling av brensel og inneslutning av radioaktivt materiale blir ivaretatt.

Forsvar i dybden består av fire uavhengige barrierer og fem beskyttelsesnivåer.

De fysiske barrierene består av:

- Brenselmatriksen
- Brenselkapslingen
- Det primære kjølesystemet
- Reaktorinneslutningen

Beskyttelsesnivåene består av:

- Konstruksjonen, som skal være konservativ med blant annet innebygd sikkerhet (såkalt *inherent safety*), kvalitetsstyring og sikkerhetskultur
- Kontroll av unormale driftssituasjoner og deteksjon og analyse av feil, for å sikre integritet av barrierene
- Sikkerhets- og beskyttelsessystemer, som skal forhindre at utstyrfeil eller menneskelig svikt utvikler seg til Design Basis Accident (DBA, se nedenfor) og DBA til mer alvorlige ulykker (Beyond Design Basis Accident (BDBA))
- Ulykkeshåndtering for å beskytte inneslutningene for radioaktivt materiale. Hensikten med nivået er å kontrollere alvorlige anleggstilstander, som omfatter å hindre eskalering av en ulykke og å redusere konsekvensene av en eventuell alvorlig ulykke (BDBA)
- Beredskapstiltak utenfor anlegget, for å redusere konsekvensene av radioaktive utslipp (BDBA)

IAEA har anbefalt at atomanlegg skal kunne håndtere en ulykke innenfor de krav

myndighetene har satt til anlegget (DBA). I analyse av DBA anbefales det at det tas hensyn til at de sikkerhetssystemer og konsekvensreducerende systemer som er installert fungerer som forutsatt. Dette følger av tankegangen bak Forsvar i dybden. DBA kan forårsakes av interne forhold (for eksempel korrosjon, aldring, utstyrsvikt) eller eksterne forhold (for eksempel jordskjelv, meteorologiske forhold, oversvømmelse).

Skulle ett eller flere av sikkerhetssystemene eller de konsekvensreducerende systemene svikte, slik at dette medfører behov for konsekvensreducerende tiltak utenfor anlegget, er dette å anse som en alvorlig ulykke (BDBA). IAEA har anbefalt at analyse av slike ulykker benyttes i planleggingen av beredskapen.

A.2 Design Basis Threat

På samme måte som det foretas en analyse av Design Basis Accident (DBA) for å avgjøre hvilke uhell et atomanlegg skal være konstruert for å kunne håndtere, har det også blitt vanlig å gjennomføre en analyse av såkalt Design Basis Threat (DBT) for å avgjøre hvilke vilde handlinger et anlegg skal være konstruert for å kunne håndtere.

En analyse av DBT baserer seg på vurderinger av faren for uautorisert fjerning av kjernefysisk materiale og/eller sabotasje eller angrep mot et atomanlegg.

Jf. også Mærli 2003b.

A.3 Ordforklaringer

Atomanlegg: Se kjernefysisk anlegg/instal-lasjon.

Atomberedskapsorganisasjonen: Kriseutvalget for atomberedskap, Kriseutvalgets rådgivere, Kriseutvalgets sekretariat (Statens strålevern), Kriseutvalgets informasjonsgruppe, berørte departementer, fylkesmenn, kommuner og øvrige ytre etater med ansvar innenfor atomberedskap.

Atomhendelse: En hvilken som helst ulykke eller annen hendelse med nukleær eller radiologisk tilknytning. Uttrykket brukes om alle mulige hendelser, fra små og ubetydelige til de katastrofale.

Atomterrorisme: Terrorisme hvor det inngår bruk eller trussel om bruk av radiologiske eller nukleære midler. Dette gjelder både bruk av slie midler, eller angrep, sabotasje eller kapring av radiologiske eller nukleære mål.

Dekontaminering: Opprensning av radioaktiv forurensning.

Gjenvinning: Prosess hvor uran og plutonium separeres fra radioaktive spaltningsprodukter i brukt reaktorbrensel.

Hendelse: Se atomhendelse.

Høyaktivt avfall: Hovedsakelig brukt reaktorbrensel som inneholder spaltningsprodukter og andre stoffer som dannes i reaktorbrenselet under kjernefysiske prosesser.

Høyenriktet uran: Uran hvor andelen av ^{235}U er økt til over 20 prosent.

Kilde: Anlegg eller virksomhet som involverer bruk av radioaktivt materiale og som kan gi opphav til atomhendelser. Ordet blir også brukt om strålekilder.

Kjernefysisk anlegg/intallasjon: Et anlegg eller en installasjon der det blir håndtert kjernefysisk (nukleært) materiale. Eksempler er kjernekraftverk, lagre for brukt brensel, gjenvinningsanlegg, havner for reaktordrevne fartøy og så videre.

Kontaminering: Forurensning med radioaktive stoffer.

Konvensjonell: I denne sammenhengen menes noe som ikke er relatert til radiologiske eller nukleære virkninger. En konvensjonell detonasjon er en ikke-kjernefysisk eksplosjon.

Nukleært anlegg eller nukleært materiale: Det samme som kjernefysisk anlegg eller spaltbart materiale.

Nukleært våpen: Kjernevåpen.

Lavaktivt avfall: Avfall som inneholder små mengder radioaktivt materiale.

Lavanriktet uran: Uran hvor andelen av ^{235}U er under 20 prosent.

Middels aktivt avfall: Radioaktivt avfall som kan ha høyt innhold av radioaktive stoffer. Det er nødvendig med skjerming, men ikke avkjøling. Består vanligvis av prosessavfall og ionebytttemasse fra kjernereaktorer.

Plutonium (Pu): Tungt radioaktivt grunnstoff som dannes ved nøytronbestråling av uran i

kjernereaktorer. Plutonium kan bli brukt i reaktorbrensel eller kjernevåpen.

Radiologisk materiale: Radioaktivt materiale som ikke er spaltbart.

Radiologisk våpen: Våpen som sprer eller bruker radioaktivt materiale på annen måte, uten at det skjer en kjernefysisk detonasjon.

Strålekilde: Fysisk objekt som sender ut ioniserende stråling.

Uran, U: Tungt radioaktivt metallisk grunnstoff som finnes i naturen. Naturlig forekommende uran inneholder de radioaktive stoffene ^{234}U , ^{235}U og ^{238}U . ^{235}U er spaltbart og kan nyttes i kjernereaktorer og kjernevåpen.



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

StrålevernRapport 2008:1

Virksomhetsplan 2008

StrålevernRapport 2008:2

Совершенствование Российской нормативной базы в области обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации и утилизации радиоизотопных термоэлектрических генераторов

StrålevernRapport 2008:3

Mayak Health Report. Dose assessments and health of riverside residents close to "Mayak" PA

StrålevernRapport 2008:4

Bruk av laser og sterke optiske kilder til medisinske og kosmetiske formål

StrålevernRapport 2008:5

Strålevernets overvåking av radioaktivitet i luft – beskrivelse og resultater for 2000-2004

StrålevernRapport 2008:6

Strålevernet si overvåking av radioaktivitet i luft – resultatrapport for luftfilterstasjonar 2005-2006

StrålevernRapport 2008:7

Regulatory improvements related to the radiation and environmental protection during remediation of the nuclear legacy sites in North West Russia. Final report of work completed by FMBA and NRPA in 2007

StrålevernRapport 2008:8

Усовершенствование законодательного регулирования в области радиационной защиты и охраны окружающей среды при проведении реабилитационных работ в местах расположения объектов ядерного наследия на северо-западе России. Окончательный отчет по работам, выполненным ФМБА и НРПА в 2007 г

StrålevernRapport 2008:9

Indoor Tanning in Norway. Regulations and inspections

StrålevernRapport 2008:10

Miljøkonsekvenser og regulering av potensiell thoriumrelatert industri i Norge

StrålevernRapport 2008:11

Atomtrusler