



**FORSVARETS
FORSKNINGSINSTITUTT**



NO9900084

FFI NOTAT

SUBKRITISKE TESTER – KJERNEVÅPENTESTING UNDER AVTALEN OM FULLSTENDIG PRØVESTANS

HØIBRÅTEN Steinar

FFI/NOTAT-98/05299

30 - 50

Kjeller 22 oktober 1998

**SUBKRITISKE TESTER —
KJERNEVÅPENTESTING UNDER
AVTALEN OM FULLSTENDIG
PRØVESTANS**

HØIBRÅTEN Steinar

FFI/NOTAT-98/05299

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2007 Kjeller, Norge


NORWEGIAN DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT (NDRE)
 FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)

UNCLASSIFIED

POST OFFICE BOX 25
 N-2007 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/NOTAT-98/05299 1a) PROJECT REFERENCE FFIVM/699/136	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE	3) NUMBER OF PAGES 18										
4) TITLE Subkritiske tester — Kjernevåpentesting under avtalen om fullstendig prøvestans (Subcritical tests — Nuclear Weapons Testing under the Comprehensive Test Ban Treaty)												
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) HØIBRÅTEN Steinar												
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)												
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> a) <u>subcritical tests</u></td> <td style="width: 50%; border: none;"> IN NORWEGIAN: a) <u>subkritiske tester</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> b) <u>subcritical experiments</u></td> <td style="border: none;"> b) <u>subkritiske eksperimenter</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> c) <u>nuclear weapons</u></td> <td style="border: none;"> c) <u>kjernevåpen</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> d) <u>plutonium</u></td> <td style="border: none;"> d) <u>plutonium</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> e) <u>Comprehensive Test Ban Treaty</u></td> <td style="border: none;"> e) <u>Avtalen om fullstendig prøvestans</u> </td> </tr> </table>			a) <u>subcritical tests</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>subkritiske tester</u>	b) <u>subcritical experiments</u>	b) <u>subkritiske eksperimenter</u>	c) <u>nuclear weapons</u>	c) <u>kjernevåpen</u>	d) <u>plutonium</u>	d) <u>plutonium</u>	e) <u>Comprehensive Test Ban Treaty</u>	e) <u>Avtalen om fullstendig prøvestans</u>
a) <u>subcritical tests</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>subkritiske tester</u>											
b) <u>subcritical experiments</u>	b) <u>subkritiske eksperimenter</u>											
c) <u>nuclear weapons</u>	c) <u>kjernevåpen</u>											
d) <u>plutonium</u>	d) <u>plutonium</u>											
e) <u>Comprehensive Test Ban Treaty</u>	e) <u>Avtalen om fullstendig prøvestans</u>											
THESAURUS REFERENCE:												
8) ABSTRACT The report discusses possible nuclear weapons related experiments and whether these are permitted under the 1996 Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT). The term "subcritical experiments" as used in the United States includes experiments in which one studies fissile materials (so far only plutonium) under extreme conditions generated by conventional high explosives, and in which a self-sustained chain reaction never develops in the fissile material. The known facts about the American subcritical experiments are presented. There is very little reason to doubt that these experiments were indeed subcritical and therefore permitted under the CTBT. Little is known about the Russian efforts that are being made on subcritical experiments.												
9) DATE 22 October 1998	AUTHORIZED BY This page only  Per Thoresen	POSITION Director of Research										

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	4
1.1	CTBT	4
1.2	<i>Science-Based Stockpile Stewardship Program</i>	5
2	KJERNEVÅPENRELATERTE EKSPERIMENTER	5
2.1	Kjernefysiske prøvesprengninger	5
2.2	Fredelige kjernefysiske prøvesprengninger	6
2.3	Hydronukleære eksperimenter	6
2.4	Hydrodynamiske eksperimenter	6
2.5	Eksperimenter ved høy energitetthet	7
2.6	Våpeneffektstudier	7
2.7	Simulering på datamaskin	8
3	SUBKRITISKE TESTER	8
3.1	<i>Rebound</i> (2 juli 1997)	9
3.2	<i>Holog</i> (18 september 1997)	9
3.3	<i>Stagecoach</i> (25 mars 1998)	10
3.4	<i>Bagpipe</i> (26 september 1998)	10
4	OPPSUMMERING OG KOMMENTARER	10
	APPENDIKS	13
A	DEFINISJONER	13
	Litteratur	15
	Fordelingsliste	17

SUBKRITISKE TESTER — HVA, HVORFOR OG HVORDAN?

1 INNLEDNING

I tiden etter at avtalen om fullstendig prøvestans (*Comprehensive Test Ban Treaty* eller CTBT) ble undertegnet i 1996 har det med ujevne mellomrom dukket opp meldinger i pressen om “subkritiske tester” eller “subkritiske eksperimenter.” Disse er blitt omtalt både som kjernefysiske prøvesprengninger og som helt ufarlige småprosjekter, men de er sjelden beskrevet i tilstrekkelig detalj til at leseren selv kan avgjøre dette. Denne rapporten inneholder et sammendrag av det forfatteren kom over av informasjon under forarbeidet i forbindelse med en invitasjon til å diskutere temaet i et faglig møte hos Statens strålevern i oktober 1998. Enkelte tekniske begreper i teksten er forklart nærmere i appendiks A.

1.1 CTBT

Den fullstendige prøvestansavtalen (CTBT) var klar for undertegning 24 september 1996 og er pr oktober 1998 undertegnet av i alt 150 stater, deriblant Norge (1). For å kunne tre i kraft må avtalen ratifiseres av alle 44 nasjoner som har kjernefysiske anlegg. Fram til oktober 1998 hadde kun 10 av disse statene ratifisert avtalen (i kronologisk rekkefølge Japan, Peru, Slovakia, Østerrike, Frankrike, Storbritannia, Australia, Brasil, Spania og Tyskland). Norge, som er én av disse kjernefysiske nasjonene, hadde ennå ikke ratifisert avtalen. Totalt har 21 stater ratifisert CTBT. Av de 44 statene med kjernefysiske anlegg, er det tre som verken har undertegnet eller ratifisert prøvestansavtalen, nemlig India, Nord-Korea og Pakistan.

Under forhandlingene var det mye diskusjon om hvor grensen skulle gå for hva som kunne tillates av kjernefysisk testing. De etablerte kjernevåpenstatene (USA, Russland, Storbritannia, Frankrike og Kina) var alle interessert i å sette en slik øvre grense for tillatt kjernefysisk sprengkraft at enkelte typer prøvesprengninger stadig kunne gjennomføres.

USA fant i august 1995 å kunne gå med på å forby *alle* kjernefysiske prøvesprengninger, men på hjemmebane er dette avhengig av seks bestemte vilkår (*safeguards*) (2):

1. Gjennomføring av *Science-Based Stockpile Stewardship Program* som skal sørge for at landets kjernevåpen oppfyller alle krav til sikkerhet og pålitelighet.
2. Opprettholdelse av moderne kjernefysiske laboratorier og forskningsprogrammer innen både teoretisk og eksperimentell kjernefysisk teknologi.
3. Opprettholdelse av muligheten til å gjennomføre nye prøvesprengninger.
4. Fortsatt utstrakt forskning og utvikling innen verifikasjon og overvåkning av CTBT.

5. Fortsatt utvikling innen etterretning og analyse.
6. Presidenten, etter konsultasjon med Kongressen, skal kunne trekke landet fra CTBT ved *supreme national interest* dersom forsvars- og energiministrene etter råd fra Kjernevåpenrådet (*Nuclear Weapons Council*), direktørene for våpenlaboratoriene og sjefen for de strategiske styrkene finner at en av våpentypene som er av avgjørende betydning for å opprettholde landets kjernefysiske avskrekkingsevne ikke lenger kan garanteres å oppfylle kravene til sikkerhet og pålitelighet.

CTBT ble til slutt vedtatt med et forbud mot alle kjernefysiske prøvesprengninger (*zero yield*). Avtalen forbyr *any nuclear weapon test explosion or any other nuclear explosion*. Altså er all kjernefysisk virksomhet som fører til en vedvarende (ukontrollert) kjedereaksjon forbudt.

1.2 *Science-Based Stockpile Stewardship Program*

Dette programmet ble startet etter ordre fra USAs president Clinton i 1993. Ved hjelp av en kombinasjon av eksperimenter og avanserte beregninger/simuleringer skal dette programmet sørge for at USAs kjernevåpen forblir sikre og pålitelige også uten at en foretar prøvesprengninger (2). De såkalte "subkritiske eksperimenter" inngår i *Science-Based Stockpile Stewardship Program*. Merk at USAs energidepartement (som er ansvarlig for kjernevåpenutviklingen) *ikke* vil garantere at dette programmet *ikke* også vil omfatte design av nye kjernevåpen (3).

2 KJERNEVÅPENRELATERTE EKSPERIMENTER

Dette kapittelet diskuterer en rekke ulike typer av eksperimenter en kan benytte seg av ved kjernevåpenrelatert forskning og utvikling. Beskrivelsene baserer seg delvis på informasjon fra (4) og (5).

2.1 Kjernefysiske prøvesprengninger

Dette var tidligere standardmetoden for å teste kjernevåpen. Fram til 1963 fant de fleste prøvesprengningene sted i atmosfæren (totalt 530 eksplosjoner, den kraftigste på ca 50 Mt (megatonn eller millioner tonn TNT) på Novaja Zemlja 30 oktober 1961 (11)). Deretter ble de fleste detonert under jorda (totalt 1522 underjordiske prøvesprengninger). I 1974 inngikk USA og Sovjetunionen en avtale om å begrense hver enkelt underjordisk prøvesprengning til maksimalt 150 kt (kilotonn eller tusen tonn TNT).

CTBT forbyr alle kjernefysiske prøvesprengninger.

2.2 Fredelige kjernefysiske prøvesprengninger

Det har gjennom tidene vært gjort en del forsøk på å utnytte kjernefysiske eksplosjoner til fredelige, sivile formål som utgraving av olje- og gassreservoarer, gruver og kanaler. USA har fortatt totalt 27 slike *peaceful nuclear explosions* (PNE) (10) og Sovjetunionen hele 124 (11). Tidlig i forhandlingene om CTBT ønsket Kina at fredelige prøvesprengninger skulle forbli tillatt under den nye prøvestansavtalen. Det sier seg selv at det er svært vanskelig å skjelle mellom sivil og militær utvikling av teknologi for kjernefysiske eksplosjoner, og den endelige CTBT forbyr da også *alle* kjernefysiske eksplosjoner, inkludert de "fredelige."

2.3 Hydronukleære eksperimenter

I hydronukleære eksperimenter inngår spaltbare materialer (høyenriktet uran eller plutonium) i våpenkonfigurasjoner. Vellykkede hydronukleære eksperimenter resulterer i en (svært) liten kjernefysisk eksplosjon i størrelsesorden fra noen få kilogram til flere tonn TNT. Her kan en f eks teste faktiske stridshoder der alt er intakt bortsett fra én parameter som fører til en kraftig reduksjon i sprengkraft. Slike eksperimenter er opplagt svært nyttige både til å studere sikkerhet og pålitelighet av eksisterende kjernevåpen og til å utvikle ny kjernevåpenteknologi. Av sikkerhetsgrunner (faren for for stor sprengkraft) må hydronukleære eksperimenter finne sted under jorda. Små underjordiske eksplosjoner er praktisk talt umulige å verifisere dersom en ikke har observatører tilstede.

I forbindelse med CTBT-forhandlingene diskuterte en om det skulle være en øvre grense for tillatt kjernefysisk sprengkraft. Dersom er slik grense hadde blitt fastsatt til størrelsesorden tonn TNT, ville både de etablerte kjernevåpenstatene og stater foreløpig uten kjernevåpen kunnet gjøre seg stor nytte av slike eksperimenter i sine kjernevåpenrelaterte utviklingsprogrammer.

Hydronukleære eksperimenter er forbudt under CTBT.

2.4 Hydrodynamiske eksperimenter

Hydrodynamiske eksperimenter er sprengninger av kjernevåpen der det spaltbare materialet (høyenriktet uran eller plutonium) er erstattet med et materiale som ikke fører til noen kjernefysisk kjedereaksjon (f eks naturlig eller utarmet uran). En kan da studere detonasjonsmekanismen til kjernevåpenet og også implosjonen og kompresjonen av erstatningsmaterialet. Slike tester er velegnet til studier av sikkerhet og pålitelighet av eksisterende kjernevåpen. Det frigis ikke noen kjernefysisk energi, men ved å studere detaljene i kompresjonen kan en beregne hvor stor sprengkraft en ville ha fått dersom det egentlige våpenmaterialet hadde vært på plass. De fleste moderne kjernevåpen utnytter "boosting" av fisjonsladningen. I denne prosessen økes sprengkraften ved bruk av en

blanding av hydrogenisotopene deuterium og tritium. Dette lar seg ikke teste i hydrodynamiske eksperimenter.

Hydrodynamiske eksperimenter foregår innendørs i spesialanlegg ved kjernevåpenlaboratoriene i USA. Verifikasjon av slike eksperimenter vil nok kreve at en er fysisk tilstede. I realiteten vil derfor hensikten med de enkelte eksperimentene lett kunne skjules for omverdenen.

Forstavelen "hydro" i hydrodynamiske og hydronukleære eksperimenter indikerer at våpenmaterialet (eller erstatningsmaterialet) er under så ekstreme temperatur- og trykkforhold at det oppfører seg som en væske.

Hydrodynamiske eksperimenter fører ikke til noen kjernefysisk kjedereaksjon og er derfor tillatt under CTBT.

2.5 Eksperimenter ved høy energitetthet

I slike eksperimenter kan en studere oppførselen til små mengder av ulike materialer under forhold som tilsvarer dem en finner i en termonukleær eksplosjon (hydrogenbombe, fusjonsbombe). Temperatur og tetthet er da ekstremt høye, og slike forhold kan framskaffes i små materialmengder ved hjelp av bestråling med partikler eller laser. Den mest omtalte teknikken er kjent som *inertial confinement fusion* der de ekstreme forholdene som er nødvendige for fusjonsprosessen oppnås ved intens laserbestråling av materialet. Slike teknikker er velegnet til studier av fusjonsfysikk både i forbindelse med kjernevåpen og sivil utvikling av fusjonskraft. De kan derfor være nyttige til å opprettholde den ønskelige ekspertisen ved kjernevåpenlaboratoriene, men er trolig av svært begrenset nytte for å studere sikkerhet og pålitelighet av dagens kjernevåpen.

På grunn av den sivile interessen for grunnforskning på fusjon, blir det neppe aktuelt å forby slik forskning. Disse eksperimentene er da heller ikke i strid med CTBT.

2.6 Våpeneffektstudier

Med dette menes studier av hvordan kjernevåpen (og annet militært utstyr) påvirkes av de ekstreme forholdene på en kjernefysisk slagmark. I slike studier blir det aktuelle utstyret bestrålt av ulike typer stråling. Slike forsøk vil være i strid med CTBT bare dersom denne strålingen fører til kjernefysiske kjedereaksjoner i det bestrålte materialet, noe som neppe er særlig sannsynlig i de fleste tilfellene.

2.7 Simulering på datamaskin

Dersom en kjenner de grunnleggende fysiske prosessene godt nok, kan kjernefysiske eksplosjoner modelleres på datamaskin. Ved å foreta en rekke simuleringer av ulike parameter- og designforandringer, kan en da bestemme effekten av modifikasjoner på eksisterende kjernevåpen. En kan også til en viss grad designe nye kjernevåpen på datamaskinen, men det er tvilsomt om denne teknikken anses pålitelig nok til at noe land vil ta i bruk et nytt, avansert kjernevåpen uten at det også har vært fysisk testet.

Datamaskinsimuleringer er tillatt under CTBT, men kan nok lett brukes til (videre)utvikling av kjernevåpenteknologi både i etablerte og potensielle kjernevåpenstater.

3 SUBKRITISKE TESTER

Et spaltbart materiale er “kritisk” når en har nok av det til at en kjernefysisk kjedereaksjon kan opprettholdes. En ikke-kritisk eller subkritisk mengde av et spaltbart materiale kan “gå kritisk” ved at en enten tilfører mer av materialet eller komprimerer det (øker tettheten).

I prinsippet er alle eksperimenter med spaltbare materialer “subkritiske” dersom de ikke fører til en vedvarende kjedereaksjon. I språkbruken fra kapittel 2 kan dette være f eks hydronukleære eksperimenter der kjernevåpenet er modifisert så mye at det ikke gir noen sprengkraft (ingen kjedereaksjon i det spaltbare materialet).

I USA brukes betegnelsen “subkritiske eksperimenter” eller “subkritiske tester” om alle eksperimenter som omfatter både konvensjonelt (kjemisk) sprengstoff og spaltbart materiale, og som ikke fører til en vedvarende kjedereaksjon i det spaltbare materialet. Formålet ved disse eksperimentene skal være å

- forbedre kunnskapen om dynamiske prosesser (under ekstreme, kjernevåpenrelaterte forhold) i eldet spaltbart materiale (særlig plutonium), noe som vil gjøre det lettere å anslå effekten av ulike produksjonsmetoder osv på dagens kjernevåpen;
- opprettholde eksisterende ekspertise ved prøvesprengningsanlegget (*Nevada Test Site*) slik at en senere kan gjenoppta kjernefysiske prøvesprengninger om ønskelig;
- framskaffe bedre data til bruk ved simuleringer på datamaskin.

Fram til oktober 1998 har USA foretatt fire subkritiske eksperimenter. Alle har funnet sted om lag 290 m under jorda ved “U1a-komplekset” ved *Nevada Test Site* nær Las Vegas, Nevada. Her er det horisontale tunneler med total lengde på ca 800 m (6), og de enkelte subkritiske eksperimentene finner av personellsikkerhetsmessige grunner sted i permanent avstengte rom. U1a-komplekset ble påbegynt i 1960-årene, var konstruert for hydronukleære eksperimenter og gikk inntil nylig under navnet *Low-Yield Nuclear*

Experimental Research (LYNER) (7) (8). Prøvesprengningen *Ledoux* (våpeneffektstudie med en sprengkraft på “mindre enn 20 kt”) fant sted i en sidetunnel til LYNER 27 september 1990 (7) (10).

I følge rapporter i media arbeider også Russland med subkritiske eksperimenter, men detaljene omkring disse er ikke kjent. Det russiske Atomenergiministeriet bekreftet i 1997 at de da hadde et pågående program med sikte på å kunne gjennomføre subkritiske sprengninger, men at det da ikke foregikk noen slik aktivitet på Novaja Zemlja (9).

De fire amerikanske subkritiske eksperimentene er beskrevet i til dels stor detalj i pressemeldinger osv, og mye av denne informasjonen er listet nedenfor.

3.1 *Rebound* (2 juli 1997)

Dette eksperimentet ble foretatt under ledelse av Los Alamos National Laboratory og bestod av tre separate forsøk som alle hadde til hensikt å undersøke kompresjon av plutonium (Pu) induisert av høytrykks sjokkbølger (7). Prøvematerialet bestod av i alt 1475 g plutonium fordelt på ca 25 biter på størrelse med mynter (den største på 70 g). Forsøkene fant sted i et permanent avstengt rom innerst i en 150 m lang sidetunnel i U1a-komplekset (7). Ett av forsøkene benyttet 13 kg høyksplosivt sprengstoff for å utsette 589 g Pu for et trykk på 0,8 Mbar (1 Mbar er om lag én million atmosfærer), et annet benyttet 23 kg sprengstoff og utsatte 424 g Pu for 1,7 Mbar, og det tredje forsøket benyttet 37 kg sprengstoff for å utsette 462 g Pu for et trykk på 2,3 Mbar (12). I følge Department of Energy var eksperimentet vellykket (7).

3.2 *Holog* (18 september 1997)

Dette eksperimentet ble ledet av Lawrence Livermore National Laboratory. Det bestod av to separate forsøk som søkte å studere partikler som sendes fra overflaten til plutoniumsplater som utsettes for trykksjokk. Målingene ble foretatt med holografiske metoder, derav testnavnet *Holog*. Forsøkene fant sted samtidig i et rom adskilt fra resten av U1a-komplekset med en 60 cm propp av betong og stål (13). Mengdene både av eksplosiver og plutonium var adskillig mindre enn i *Rebound*. Det ene forsøket brukte nesten 50 g høyksplosivt sprengstoff for å utsette en plate dekket med 77,5 g Pu for sjokk, mens det andre brukte 50 g sprengstoff og 50 g Pu (12). Måleapparaturen rundt *Holog* skulle i følge (12) inkludere følsomme detektorer som ville kunne registrere selv en svært liten kjernefysisk sprengkraft dersom en kjernefysisk kjedereaksjon skulle oppstå. Den minste sprengkraft som kan detekteres med dette utstyret er ca 1 nt (nanotonn eller 1 mg TNT). I følge Department of Energy var eksperimentet vellykket (13).

3.3 *Stagecoach* (25 mars 1998)

Her var det igjen Los Alamos National Laboratory som stod for eksperimentet. Hovedformålet var å studere effekter av eldning og ulike produksjonsmetoder i plutonium og generelt øke forståelsen for fysiske prosesser i dette metallet (6). Fire av de fem forsøkene som eksperimentet omfattet hadde dette formålet. Det femte forsøket var en forberedende test av måleutstyr for et framtidig subkritisk eksperiment ved navn *Cimarron*. Forsøkene fant sted i et rom på 4,6 m×15,5 m×3,0 m som var forseglet med en 6 m tykk betongpropp. Samme teknikk som i *Rebound* ble benyttet til å generere svært høyt trykk. Forbruket av høyeksplosivt sprengstoff og plutonium i de fire hovedforsøkene var hhv om lag 13 kg og 110 g, 15 kg og 310 g, 33 kg og 260 g og 41 kg og mindre enn 60 g. Forberedelsene til *Cimarron* bestod av 13 kg sprengstoff og om lag 230 g Pu. Totalt blir dette om lag 115 kg sprengstoff og om lag 970 g plutonium. I følge Department of Energy var eksperimentet vellykket (6).

3.4 *Bagpipe* (26 september 1998)

Dette (foreløpig) siste subkritiske eksperimentet fant sted i regi av Lawrence Livermore National Laboratory og ser ut til å ha hatt samme formål som *Stagecoach*. Det bestod av fire forsøk som undersøkte plutonium av varierende alder. Totalt for alle forsøkene gikk det med ca 2 kg høyeksplosivt sprengstoff og 205 g plutonium.

4 OPPSUMMERING OG KOMMENTARER

Den fullstendige prøvestansavtalen (CTBT) forbyr alle kjernefysiske eksplosjoner, men sier ingenting om eksperimenter på spaltbare materialer så lenge det ikke oppstår en vedvarende kjernefysisk kjedereaksjon i disse (dvs så lenge materialene ikke går kritisk).

I USA har begrepet “subkritiske tester” eller “subkritiske eksperimenter” blitt brukt om alle eksperimenter som omfatter både konvensjonelt (kjemisk) sprengstoff og spaltbart materiale, og som ikke fører til en vedvarende kjedereaksjon i det spaltbare materialet. Pr oktober 1998 har fire slike subkritiske eksperimenter blitt gjennomført. I alle tilfellene har det spaltbare materialet vært plutonium.

De subkritiske eksperimentene fører ikke til spredning av mengder av ulike radioaktive fisjonsprodukter slik en får fra ordinære kjernefysiske prøvesprengninger, men plutoniumet som benyttes blir liggende igjen i den underjordiske tunnelen der eksperimentet foregikk og kan med tid og stunder kanskje tas opp i grunnvannet. Som det framgår av tabell 4.1, har USAs subkritiske eksperimenter så langt etterlatt nesten 3 kg plutonium i U1a-komplekset ved *Nevada Test Site*. Dette er om lag samme mengde plutonium (eller noe mindre) enn det en sannsynligvis finner i et moderne kjernevåpen.

Eksperiment	Dato	Sprengstoff (kg)	Plutonium (kg)
Rebound	1997-07-02	73	1,475
Holog	1997-09-18	0,1	0,1275
Stagecoach	1998-03-25	115	0,97
Bagpipe	1998-09-26	2	0,205
Totalt		190	2,78

Tabell 4.1 Oversikt over USAs subkritiske eksperimenter. Alle har funnet sted i Ula-komplekset ved Nevada Test Site.

Den kritiske massen til plutonium (av våpenkvalitet) er 10 kg (14). Denne kan reduseres noe (kanskje en faktor 2) ved bruk av en nøytronreflektor og "innpakning" i noe tungt som f eks utarmet uran. Den reduseres videre med en faktor på kanskje 5 eller så ved at plutoniumet komprimeres under detonasjonen. Kritisk masse med våpenplutonium kan altså komme ned på i størrelsesorden 1 kg under optimale forhold. Under de subkritiske eksperimentene hadde en neppe slike optimale forhold, og dessuten var plutoniummengden i alle enkeltforsøkene godt under 1 kg. Det er derfor svært liten grunn til å tvile på at disse eksperimentene faktisk *var* subkritiske.

Når det gjelder formålet med de subkritiske eksperimentene, kan en kanskje stille spørsmålstegn ved om de virkelig er så nødvendige for å kunne vurdere sikkerheten og påliteligheten til de eksisterende kjernevåpnene. Uansett er plutonium (som uran) et svært reaktivt metall med en komplisert kjemi slik at en nok kan lære mye fra disse eksperimentene. Planene for de to første subkritiske eksperimentene ble gjennomgått av *JASON*, en rådgivningsgruppe for det amerikanske Forsvarsdepartementet bestående av svært veletablerte fysikere og våpendesignere. I sin rapport skriver de blant annet (12):

- *While we will continue to label these experiments as subcritical, in keeping with accepted use, we note that they are not weapons tests at all, but weapons-related physics tests in which the nuclear properties of plutonium play no role.*
- *There is no claim that the data from these experiments are needed immediately as part of the Science Based Stockpile Stewardship and Management Program (SBSSMP) in order to retain confidence in the reliability and performance of the U.S. stockpile, but they are sensible ones to start with and there is merit in initiating them at existing facilities. The experience gained will help guide the future SBSSMP subcritical experiment program.*
- *We are satisfied, on the basis of evidence presented to us that the experiments Holog and Rebound cannot result in the assembly of a critical configuration of Pu.*

En må vel kunne anta at mens sikkerhet og pålitelighet av dagens kjernevåpen nok er del av motivasjonen for de første subkritiske eksperimentene, så er det ganske sikkert også av stor betydning at de bidrar til å opprettholde den faglige ekspertisen ved våpenlaboratoriene og

en del av infrastrukturen ved *Nevada Test Site*. En kan vel heller ikke utelukke at kunnskapen fra disse eksperimentene kan komme til nytte ved eventuell framtidig design av nye kjernevåpen.

Det har vært hevdet at eksperimentene like gjerne kunne ha foregått i laboratorier over bakken, tilsvarende de en bruker ved hydrodynamiske eksperimenter. Da ville det også ha vært noe lettere for resten av verden å forvise seg om at det ikke foregår eksperimenter som er ulovlige under CTBT. Dette er nok i og for seg riktig, men på den annen side har en at det er mest kostnadseffektivt å benytte eksisterende anlegg, at det vil ta svært lang tid å få de nødvendige tillatelser fra miljømyndighetene til å drive plutoniumeksperimenter over bakkenivå, og, som nevnt i kapittel 1, at det er ønskelig å opprettholde muligheten til å gjennomføre virkelige kjernefysiske prøvesprengninger.

Også fra russisk hold er det uttrykt interesse for subkritiske eksperimenter, men lite konkret er kjent om den russiske innsatsen på dette området.

Mye kan sies om mulige politiske implikasjoner av å bedrive subkritiske eksperimenter. En slik diskusjon faller utenfor rammen for denne rapporten, men kan finnes f eks i (15).

APPENDIKS

A DEFINISJONER

Definisjoner

anrikning	prosess for å øke den relative andelen av uran-235 i en blanding av uranisotoper
atomkjerne	kjernen i et atom (også kalt nuklide); inneholder protoner og nøytroner; antall protoner bestemmer hvilket grunnstoff en har, mens nøytrontallet (som kan variere) avgjør hvilken isotop av dette grunnstoffet en har for seg; nesten hele atommassen ligger i kjernen
deuterium (D)	hydrogenisotop med ett ekstra nøytron
CTBT	Comprehensive Test Ban Treaty (Avtalen om fullstendig prøvestans) fra 1996
fisjon	kjernespløtning, dvs at én (tung) atomkjerne spaltes i (vanligvis to) mindre kjerner og noen nøytroner
fisjonsprodukter	atomkjerner som er dannet ved fisjon av tyngre atomkjerner
fusjon	kjernesammensmeltning, dvs at to lette atomkjerner smelter sammen til én tyngre kjerne
holografi	teknikk som utnytter laserlys til å lage tredimensjonale bilder
isotop	alle grunnstoffer kan forekomme som ulike isotoper; disse har identiske kjemiske egenskaper, men adskiller seg ved forskjellig antall nøytroner i atomkjernen
JASON	konsulentgruppe av veletablerte eksperter som gir råd til det amerikanske Forsvarsdepartementet; tilknyttet MITRE Corporation, McLean, Virginia, USA
kilotonn (kt)	måleenhet for et kjernevåpens sprengkraft; tilsvarer ett tusen tonn TNT (konvensjonelt sprengstoff) eller en energi på $4,184 \cdot 10^{12}$ J
kjedereaksjon	når minst ett av nøytronene fra en fisjon utløser fisjon av en annen atomkjerne osv
kritikalitet	mengden av et spaltbart materiale er <i>kritisk</i> når en vedvarende kjedereaksjon kan settes igang; den er <i>subkritisk</i> (<i>underkritisk</i>) når

	dette ikke er tilfelle og <i>overkritisk</i> dersom den er større enn det som kreves for å sette igang kjedereaksjonen
megabar (Mbar)	måleenhet for trykk; en million bar tilsvarer et trykk på 10^{11} N/m ² eller om lag en million atmosfærer
megatonn (Mt)	måleenhet for et kjernevåpens sprengkraft; tilsvarer en million tonn TNT (konvensjonelt sprengstoff) eller en energi på $4,184 \cdot 10^{15}$ J
nøytron (n)	nøytral elementærpartikkel som finnes i atomkjerner; om lag samme masse som et proton
plutonium (Pu)	tungt grunnstoff med 94 protoner i kjernen; flere isotoper er mulig avhengig av nøytrontallet; i våpen foretrekkes svært rent Pu-239 (der summen av antall protoner og nøytroner, også kjent som <i>massetallet</i> , er 239)
PNE	fredelig kjernefysisk eksplosjon (<i>Peaceful Nuclear Explosion</i>), dvs bruk av kjernefysiske ladninger til ikke-militære oppgaver
proton (p)	positivt ladet elementærpartikkel som finnes i atomkjerner; om lag samme masse som et nøytron
radionuklide	radioaktiv atomkjerne
spaltbart materiale	materiale der atomkjernene kan fisjonere
termonukleær	kjernefysisk prosess som bare kan finne sted ved høy temperatur (f eks en fusjonsbombe)
tritium (T)	hydrogenisotop med to ekstra nøytroner
uran (U)	tyngste naturlig forekommende grunnstoff med 92 protoner i kjernen; flere isotoper er mulig avhengig av nøytrontallet; i våpen brukes svært rent U-235 (der summen av antall protoner og nøytroner, også kjent som <i>massetallet</i> , er 235), men U-233 kan også anvendes; <i>naturlig uran</i> består av 99,3% U-238, <i>høyenriktet uran (HEU)</i> er anriktet til over 20% U-235, <i>utarmet uran</i> er uran der U-235 er fjernet (typisk "anrikning" 0,2%), og <i>uran av våpenkvalitet</i> er HEU med en anrikning på godt over 90%


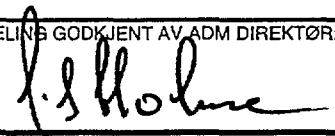
Litteratur

- (1) (1998): <http://www.ctbto.org/>, redigert av Public Information Section of the Legal and External Relations Division of the Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, Wien, Østerrike.
- (2) (1997): *Statement of Frederico Peña, Secretary United States Department of Energy Before the Energy and Water Development Appropriations Subcommittee United States Senate, October 29, 1997*, <http://www.doe.gov/news/testimon/ctbt.htm>.
- (3) Eldredge M (1997): *DOE Roundtable on Subcritical Experiments May 7, 1997*, Military Production Network, <http://www.prop1.org/2000/subcrit/doenotes.htm>.
- (4) Zamora Collina T, Kidder R E (1994): *Shopping Spree Softens Test-Ban Sorrows*, *Bulletin of the Atomic Scientists*, juli/august 1994, 23–29.
- (5) Schaper A (1996): *Subcritical tests and the problem of transparency of a nuclear test ban*, Peace Research Institute Frankfurt, presentert ved *Third Pugwash Workshop on "The Future of the Nuclear Weapon Complexes of Russia and the USA,"* <http://www.rz.uni-frankfurt.de/hsfk/gruppe1/annette/transp.htm>.
- (6) (1998): *Subcritical experiment conducted successfully at the Nevada Test Site U1a Complex* i *Daily Newsbulletin Thursday, March 26, 1998*, Los Alamos National Laboratory, <http://w4.lanl.gov:80/projects/PA/News/032698text.html>.
- (7) (1997): *DOE Successfully Conducts First Subcritical Experiment*, pressemelding fra Department of Energy 2 juli 1997, <http://www.doe.gov/html/doe/whatsnew/pressrel/pr97064.html>.
- (8) von Hippel F, Jones S (1996): *Take a hard look at subcritical tests*, *Bulletin of the Atomic Scientists*, november/desember 1996, 44–47.
- (9) Kudrik I (1997): *Bekrefter pågående program for sub-kritiske atomsprengninger*, Bellona, Oslo, <http://www.bellona.no/n/russia/970829.htm>.
- (10) (1993): *Announced United States Nuclear Tests July 1945 Through December 1992*, rapport UC-700, U.S. Department of Energy.
- (11) Mikhailov *et al* (red) (1996): *USSR Nuclear Weapons Tests and Peaceful Nuclear Explosions 1949 through 1990*, Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy og Ministry of Defence of the Russian Federation, utgitt av RFNC VNIIEF, Sarov, Russland, ISBN 5-85165-062-1.
- (12) Drell S, Dyson F, Eardley D, Garwin R, Jeanloz R, LeLevier R., Panofsky W, Schwitters R, Treiman S (1997): *Subcritical Experiments*, rapport nr JSR-97-300, JASON Program Office, the MITRE Corporation, McLean, VA, USA; se f eks <http://www.fas.org/rlg/jsr97300.htm>.

- (13) (1997): *Second Subcritical Experiment Conducted Successfully at the Department of Energy's Nevada Test Site*, pressemelding fra Department of Energy 18 september 1997, <http://www.fas.org/nuke/control/ctbt/news/pr97094.html>.
- (14) Sublette C (1998): *Nuclear Weapons Frequently Asked Questions*, <http://www.fas.org/nuke/hew/Nwfaq/>.
- (15) Mærli M B (1998): *Subkritiske testsprengninger – prøvestans uten stans?*, *Internasjonal politikk* 56, 4, 557–564.

FORDELINGSLISTE

FFIVM Dato: 22 oktober 1998

RAPPORT TYPE (KRYSS AV)		RAPPORT NR	REFERANSE	RAPPORTENS DATO	
<input type="checkbox"/> RAPP	<input checked="" type="checkbox"/> NOTAT	<input type="checkbox"/> RR	98/05299	FFIVM/699/136	22 oktober 1998
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD			ANTALL EKS UTSTEDT	ANTALL SIDER	
UGRADERT			60	18	
RAPPORTENS TITTEL			FORFATTER(E)		
Subkritiske tester — Kjernevåpentesting under avtalen om fullstendig prøvestans			HØIBRÅTEN Steinar		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF:			FORDELING GODKJENT AV ADM DIREKTØR:		
					

EKSTERN FORDELING

INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		Forsvarsdepartementet	2		FFI-Bibl
1		v/Oddvin Horneland	1		Adm direktør/stabssjef
1		v/Brita Schawllann	1		FFIE
1		v/Jon Fitje	1		FFISYS
1		FO/E	1		FFITOX
3		v/Bente Valstad	1		FFIU
1		FO/S	1		FFIVM
1		v/obit Harald Håvoll	1		Per Thoresen, FFIVM
1		Utenriksdepartementet	1		Odd Harry Arnesen, FFIVM
1		v/Jørg Willy Bronebakk	1		Karl-Ludvig Grønhaug, FFIVM
1		v/Jørn Gjelstad	1		Steinar Høibråten, FFIVM
1		v/Eli Jonsvik	1		Bjørn Johnsen, FFITOX
1		v/Jan A Knutsen	1		Thor Engøy, FFITOX
1		v/Steffen Kongstad	1		Marit Krosshavn, FFITOX
1		Institutt for energiteknikk	1		Oddbjørn Grøtta, FFIS
1		v/Viking Olver Eriksen			
1		v/Ole Morten Parelius			
1		v/Per-Ivar Wethe			
1		Institutt for forsvarsstudier			
1		v/Olav Njølstad			
1		NORSAR			
1		v/Svein Mykkeltveit			
1		v/Frode Ringdal			

FFI-K1

Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.

EKSTERN FORDELING

INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		NUPI			
1		v/Sverre Lodgaard			
1		Statens strålevern			
1		v/Ole Harbitz			
1		v/Morten Bremer Mærli			
1		v/Ole Reistad			
1		v/Erling Stranden			
1		v/Finn Ugletveit			
1		Bellona			
1		v/Nils Bøhmer			
1		Norske leger mot atomvåpen			
1		v/Kirsten Osen			
		Luffartsveien 10			
		0385 OSLO			
1		E-Plan Knut Gussgard			
		Veksthusfløtten 11			
		0594 OSLO			

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT

Fakta om FFI:

FFI er et forvaltningsorgan under Forsvarsdepartementet og har til formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets formål. Instituttet er rådgiver for Forsvarets politiske og militære ledelse i faglige spørsmål.

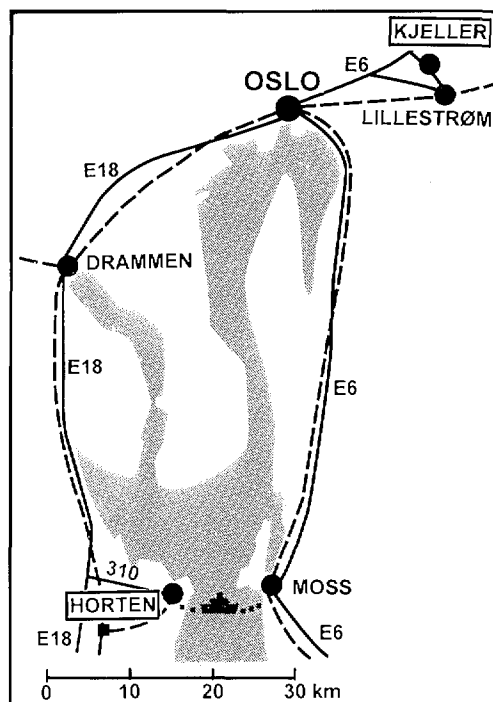
FFI er et tverrfaglig institutt som representerer de fleste ingeniørfag samt fysikk, biologi, medisin, økonomi og statsvitenskap. Instituttet er i aktivt samarbeid med ledende institusjoner og industri i inn- og utland. FFI har ialt ca. 500 medarbeidere og fem fagavdelinger.

Publikasjoner fra FFI:

FFI utgir hvert år en rekke teknisk/vitenskapelige publikasjoner som dekker ulike sider av virksomheten. Oversikt over ugraderete publikasjoner kan bestilles direkte fra FFIs bibliotek som også kan gi nærmere opplysninger.

Telefonnr.: 63 80 71 28

Telefaxnr.: 63 80 71 59



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT

Instituttstaben

Avdeling for elektronikk

Avdeling for miljøtoksikologi

Avdeling for systemanalyse

Avdeling for våpen og materiell

Postboks 25

2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00

Telefax: 63 80 71 15

Avdeling for undervannsforsvar

Postboks 115

Karljohansvern

3191 Horten

Telefon: 33 04 20 81

Telefax: 33 04 78 34