



DANSK INSTITUT FOR INTERNATIONALE STUDIER
STRANDGADE 56 • 1401 København K
32 69 87 87 • diis@diis.dk • www.diis.dk

DIIS Brief

Terrorister og kernevåben – et sandsynligt scenarie?

Martin Rødbro
Oktober 2004

Abstract

Konstruktionen af moderne, militære kernevåben er stadig ganske få statslige aktørers prærogativ. Imidlertid kan det ikke udelukkes, at ikke-statslige aktører med den rette kvalitet fissilt materiale og den rette teknologi samt knowhow kan fremstille et primitivt kernevåben (Improvised Nuclear Device – IND). Højt beriget uran (HEU – highly enriched uranium) er det oplagte valg til primitive kernevåbendesign og forefindes i store mængder, især i det tidligere Sovjetunionen, men også i nukleare anlæg og forsøgsreaktorer i andre dele af verden.

Opløsningen af Sovjetunionen har øget risikoen for ulovlig erhvervelse af nukleare materialer fra derværende nukleare anlæg. Med afsløringen af det netværk, der forsynede Libyen med blandt andet berigningskapacitet, synes ydermere også knowhow inden for den nukleare industri at bevæge sig uden for statslige aktørers kontrol.

Det eneste sikre præventive træk er at afskære muligheden for at erhverve HEU. Derfor må den kortsigtede strategi være primært at sikre nukleare anlæg, mens den langsigtede er at afskaffe truslen ved at omdanne HEU til LEU (low enriched uranium).

Martin Rødbro er fuldmægtig, forsker i proliferation og masseødelæggelsesvåben ved Afdelingen for konflikt- og sikkerhedsstudier, DIIS

"We are actually having a race against time which I don't think we can afford. The danger is so imminent... not only with regard to countries acquiring nuclear weapons but also terrorists getting their hands on some of these nuclear materials, uranium or plutonium."

Dr. Mohammed ElBaradei, direktør for IAEA, 21. juni 2004

Terrorister og kernevåben – et sandsynligt scenarie?

Højtstående repræsentanter fra EU, herunder EU-Kommissionen, og NATO samt det Internationale Atomenergiagentur, IAEA, deltog i maj 2004 i Bruxelles i øvelse "Black Dawn"¹, der netop bygger på et af disse scenarier. I øvelsen detonerer al-Qaida-terrorister nær NATO's hovedkvarter et primitivt kernevåben konstrueret med HEU² stjålet fra forsøgsreaktorer³ i den tidligere Sovjetunionen⁴. Simulationen opererer med et våben på adskillige kiloton med 40.000 dødsopfre og 300.000 sårede.

Vestlige lande har efter Murens fald finansieret en række statslige og mellemstatslige initiativer såsom G8's Globale Partnerskab⁵, og Nunn-Lugar-programmet⁶ for at sikre kernevåben og nukleare materialer særligt i det tidligere Sovjetunionen. Det er i rimelig grad lykkedes at inddæmme den nukleare prolifération i forhold til statslige aktører. "Black Dawn" viser, at mikset af hyperterrorisme og nuklear prolifération har fanget de politiske beslutningstageres opmærksomhed, og at denne nu rettes mod ikke-statslige aktører.

¹ Se http://www.sgproject.org/events/2004_May_Brussels.html.

² IAEA definerer dette som: "uranium containing 20% or more of the isotope 235U. HEU is considered a special fissionable material and a direct use material". Jo højere berigningsgrad, desto mindre materiale er nødvendigt; HEU beriget til 93,5% er våbenkvalitet-HEU og særlig velegnet til kernevåben.

³ Der skønnes at være ca. 400 operative forsøgsreaktorer på verdensplan. De fleste anvender i dag 19,7% beriget uran og dermed LEU.

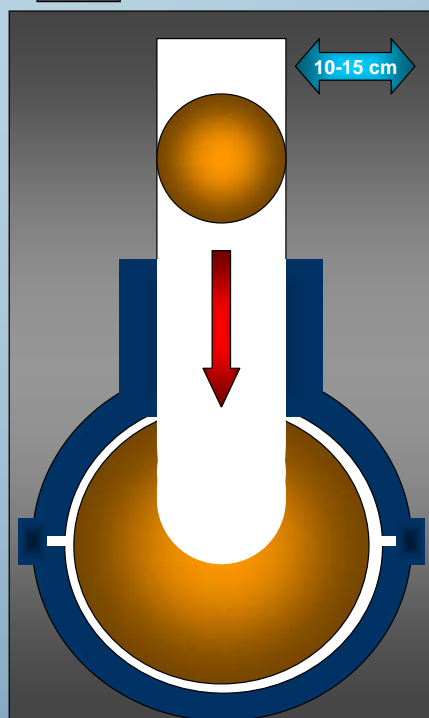
⁴ Særligt mængderne i Rusland giver anledning til bekymring; skøn varierer fra ca. 1.000 til ca. 1.500 tons. Se blandt andet Morten Bremer Mærli, "Crude Nukes on the Loose", *Norwegian Institute of International Affairs* (2004, 66-68) om diskussion heraf.

⁵ G8 vedtog på sit topmøde i Kananaskis, Canada, i juni 2002 the G8 Global Partnership against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction. G8-landene har forpligtet sig til over de næste 10 år at støtte dette partnership med op til 20 mia. dollars.

⁶ To amerikanske senatorer, demokratiske Sam Nunn og republikanske Dick Lugar, er ophavsmændene til "The Nunn-Lugar Cooperative Threat Reduction Program", der blev vedtaget i 1991 som en reaktion på Sovjetunionens sammenbrud og den proliférationstrussel, som dette medførte. Siden har den amerikanske Kongres bevillet ca. 10 mia. dollars til blandt andet nedrustning, sikring af russiske nukleare anlæg og ansættelse af russiske videnskabsmænd med speciale i masseødelæggelsesvåben i fredelige, civile programmer.



En primitiv konstruktion af et fritfalds-fissionskernevåben



Der er mange myter om det massive ødelæggelsespotentiale i fissilt materiale som HEU, men der er ingen tvivl om, at HEU korrekt bearbejdet i selv mindre mængder kan udvikle enormt destruktive kræfter.

I modellen til venstre opereres med en samlet mængde våbenkvalitet HEU på lidt over en kritisk masse forarbejdet til to kugler. Den store kugle er omgivet af en stålkappe, der dels med en foring af eksempelvis grafit skal reflektere neutronstrålingen tilbage i det fissionerende materiale, og dels skal stålet forsinke destruktionsprocessen af anordningen og dermed optimere fissionsprocessen. De to kugler samles mekanisk ved at lade den lille falde ned i udfræsningen eller den støbte fordybning på den store fra så stor højde som muligt.

Om end primitivt, er dette princippet i et fissionsvåben af kanontypen. Yield øges ved 1. at øge hastigheden hvormed de to kugler samles; 2. robustheden i og refleksionsevnen af konstruktionen; 3. forarbejdningen af de to kugler samt; 4. effektiviteten og timingen af en tilføjet neutrongenerator. Hermed øges også effektiviteten af fissionen af det fissile materiale men dermed også i stor grad kompleksiteten af fremstillingen.

Allerede modellen til venstre vil være forbundet med betydelige vanskeligheder; anskaffelsen af så betydelige mængder fissilt materiale vil være yderst bekosteligt og medføre en alarmtilstand og efterfølgende beredskabsforøgelse for at spore og neutralisere et sådant forsøg på at konstruere en primitivt kernevåben. Dette vil skabe et væsentligt tidspres, som vil indvirke negativt på fremstillingen; forarbejdningen af HEU er forbundet med væsentlige især metallurgiske, men også kemiske og fysiske problemer, der vil kræve en omfattende teknologisk infrastruktur og knowhow.

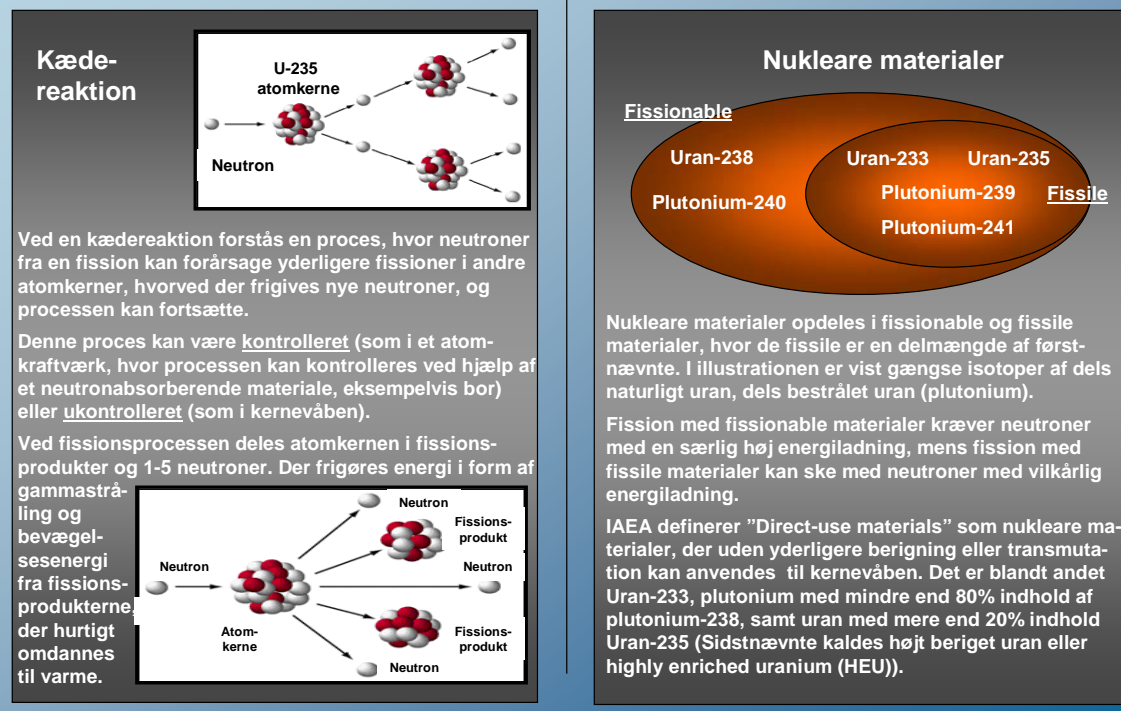
Figur 1.

Hyperterrorisme som terrorangrebene i USA 11. september 2001 vidner om vilje til at gennemføre spektakulære aktioner for at anrette maksimal materiel og menneskelig skade. Al-Qaida, der stod bag 11. september 2001, har erklæret intention om at erhverve masseødelæggelsesvåben, og i mindst to tilfælde har organisationen forsøgt at erhverve HEU eller plutonium⁷, hvor de, antageligvis grundet manglende indsigt, ved begge lejligheder er blevet snydt. En ikke-statslig aktør skal ganske vist jf. figur 1 overvinde særdeles omfattende hindringer for at kunne konstruere et IND, men adgangen til fissile materialer – se figur 2 – er den virkelige flaskehals for en ikke-statslig aktør.

⁷ Se David Albright "Al-Qaida' nuclear program: Through the window of seized documents", *Special Forum 47*, Berkeley, Cal.: Nautilus Institute (November 6, 2002).



Kædereaktion og fissile materialer



Figur 2.

Der er med jævne mellemrum forlydender i presse og medier, at ikke-statslige aktører som terrororganisationer nu relativt nemt kan eller er tæt på at anskaffe sig kernevåben. Dette brief vil illustrere, at der imidlertid er tale om særdeles omfattende teknologiske barrierer, der skal overvindes før dette kan realiseres, men det skal understreges, at der også er tale om teknologi, der i takt med den almindelige globalisering over tid vil blive mere alment tilgængelig. Derfor er afskæringen af udbudssiden i form af fysisk sikring af HEU-depoter eller udarmning – reduktion af berigingsgraden – af HEU til LEU⁸, der ikke kan anvendes i kerne-våben, reelt de eneste muligheder for at forhindre nuklear terrorisme.

Ikke-statslige aktørers indsættelse af nukleare våben

En ikke-statslig aktørs nukleare option omfatter mindst fire scenarier: Sabotage af nukleare anlæg såsom kernekraftværker⁹ eller anlæg til oparbejdning af brugt reaktorbrændsel;

⁸ Lavt beriget uran (LEU) er uran med et indhold af U-235-isotopen på mindre end 20%, hvorfor det ikke kan anvendes i et kernevåben.

⁹ Sabotage af et kernekraftværk vil skulle gennemføres med betydeligt destruktive midler, såsom at flyve et stort fly ind i reaktorbygningen. Selve reaktoren er imidlertid et relativt lille mål og er afskærmet af så massive mængder beton og lignende materialer i reaktorindeslutningen, at der er ringe sandsynlighed for, at tungere dele af flyet såsom jetturbineakslers ville kunne gennemtrænge denne. Der ville være en sandsynlighed for, at sekundær skade i form af ødelagte reaktorkølesystemer ville kunne føre til et vist radioaktivt udslip. Ved et angreb på et kernekraftværk skulle der transporteres meget store mængder sprængstoffer direkte ind i reaktorhallen for at kunne

erhvervelse og spredning af radioaktivt materiale som en radiologisk bombe; erhvervelse af fissilt materiale og konstruktion af et IND¹⁰; og erhvervelse af et operativt kernevåben.

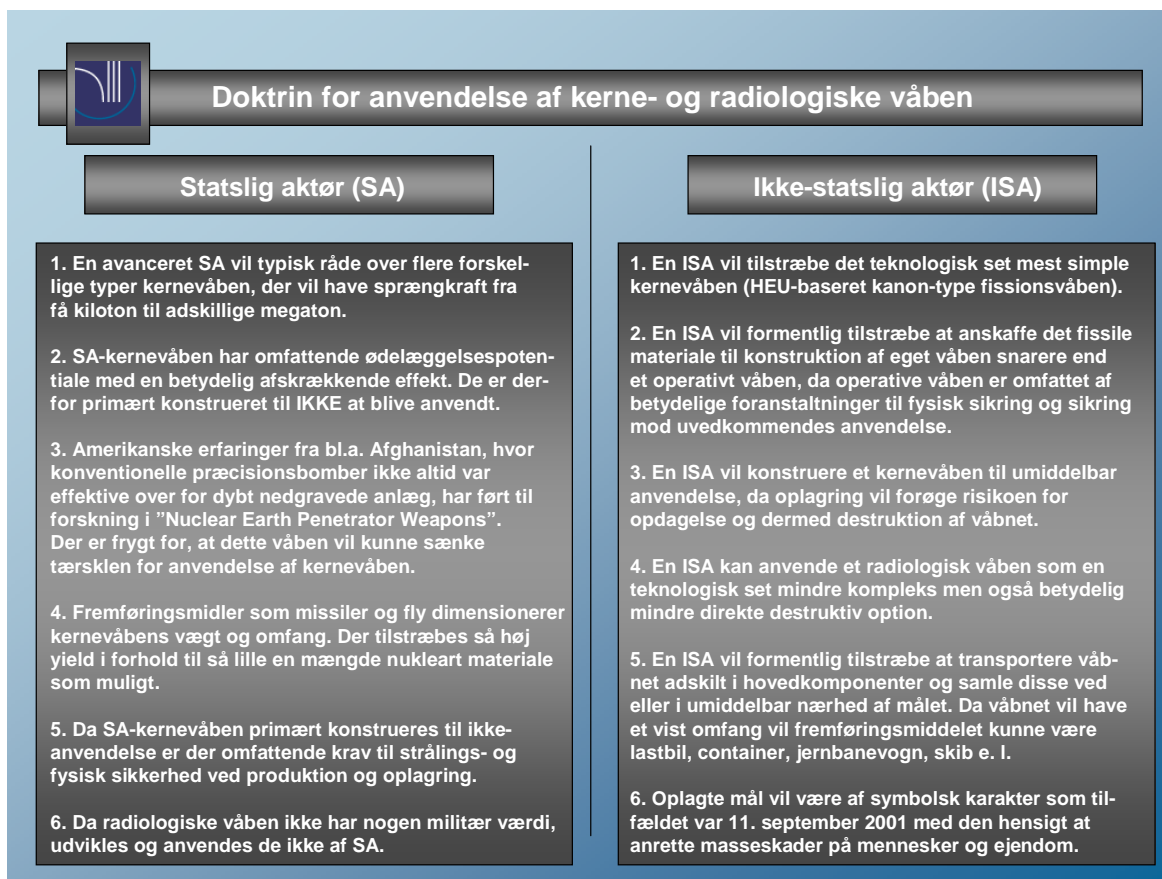
Disse scenarier kan derfor formentlig også kombineres således, at et team indsat til at erobre HEU fra et nukleart anlæg med henblik på kernevåbenfremstilling også er udstyret til at kunne gennemføre en omfattende sabotage af samme anlæg i det tilfælde, at dette team skulle blive forhindret i at undslippe. Det er nærliggende, at et sådant team under flugten fra lokaliteten forbereder sprængningen af det fissile materiale som et primitivt radiologisk våben (radiological dispersion device, RDD), hvis teamet skulle blive standset.

En ikke-statslig aktør skal under udførelsen af en operation med nukleart materiale skulle kunne operere uden logistisk back-up, langt fra eget territorium og/eller netværk og være forberedt på øjeblikkelige og omfattende modforholdsregler, når operationens middel og mål erkendes. Endvidere skal der ageres i et asymmetrisk operativt miljø, der fuldstændigt domineres af en modstander, når den nukleare trussel først er erkendt. Dette vil stille store krav til den ikke-statslige aktørs brug af vildledning samt fleksibilitet.

Der er jf. figur 3 afgørende forskelle mellem statslige aktører og ikke-statslige aktørers anvendelse af kernevåben. Den ikke-statslige aktørs doktrin for indsættelse af et færdigt kerne- eller radiologisk våben vil være karakteriseret af handlekraft og opfindsomhed. I en afvejning mellem destruktions af målet og detonationen af våbnet vil sidstnævnte have prioritet. Skulle pågribelse eller eliminering være umiddelbart forestående, vil våbnet blive forsøgt bragt til detonation. Det vil også være nærliggende, at alle medlemmer af fremførelsesholdet kan iværksætte detonationen.

blotlægge reaktorkernen. Denne fremgangsmåde ville have større sandsynlighed for succes i et reparationsanlæg for brugt reaktorbrændsel. Se bl.a. P. L. Ølgaard "Nuklear terrorisme", *International Kernekraftstatus*, Risø (2002).

¹⁰ Se Carson Mark et al "Can Terrorists Build Nuclear Weapons", *Nuclear Control Institute* (1986).



Figur 3.

Fremføringsmidlet vil være relativt lavteknologisk og skal tilpasses vægt og dimensioner af våbnet. Skøn ansætter disse to faktorer for et primitivt kanon-type-våben til ca. et ton og med dimensioner på mellem 1 og 2,5 meter,¹¹ hvorved konstruktionen vil kunne håndteres af en lille gruppe. Endvidere vil håndteringen kunne foregå relativt upåagtet, og fremføringen vil slutteligt kunne foretages med almindeligt forekommende små køretøjer.

Modstanden i de enkelte mål vil blive afvejet mod målets symbolske værdi. En ikke-statslig aktør vil i sine overvejelser tage højde for egne muligheder for at anvende lokale grupper til logistisk og operativ støtte samt modstanderens beredskab, responstider og evne til detektion af våbnet. Da væsentlige kilder til erhvervelse af HEU ligger i umiddelbar nærhed af Europa, er det nærliggende at formode, at en ikke-statslig aktør efter erhvervelsen af HEU – og den alarmtilstand, som dette burde medføre – henset til tidsaspektet kan vælge at indsætte et våben mod et sted i Europa snarere end lade det transportere til USA.

¹¹ Se Morten Bremer Mærli, "Crude Nukes on the Loose", (2004, 85)

Primitive kernevåben og ikke-statslige aktører

Teknologien bag det mest simple kernevåbendesign stammer fra 1940'erne, og der er blandt forskere generel enighed om, at en ikke-statslig aktør med den rette knowhow og teknologi samt den rette mængde våbenkvalitet HEU ville kunne fremstille og detonere et primitivt kernevåben med en sprængkraft lavt på kilotonskalaen.

Andre nukleare materialer såsom kernebrændsel, radioaktivt affald eller radioaktive isotoper, der anvendes i industrien og sundhedssektoren, kan anvendes i terrorøjemed som radiologiske våben¹². Disse våben vil ikke anrette store materielle skader men formodes at kunne forårsage omfattende panik.

Den største enkeltstående flaskehals for konstruktionen af et primitivt kernevåben er erhvervelsen af fissilt materiale¹³. Behovet for at minimere kompleksiteten af bearbejdningen af det fissile materiale, før dette indsættes i våbnet, betyder, at en ikke-statslig aktør vil koncentrere sig om tilgængeligt "direct-use material"¹⁴ og formentlig vil forsøge at erhverve så stor en mængde HEU som muligt. De fede hvide pile i figur 4 illustrerer den ikke-statslige aktørs primære option.

Et kernevåbens sprængkraft er afhængig af konstruktionens evne til at generere en kædereaktion i en overkritisk masse af fissilt materiale¹⁵ ved for det første meget hurtigt at samle eller komprimere underkritiske masser af fissilt materiale, og for det andet at reflektere

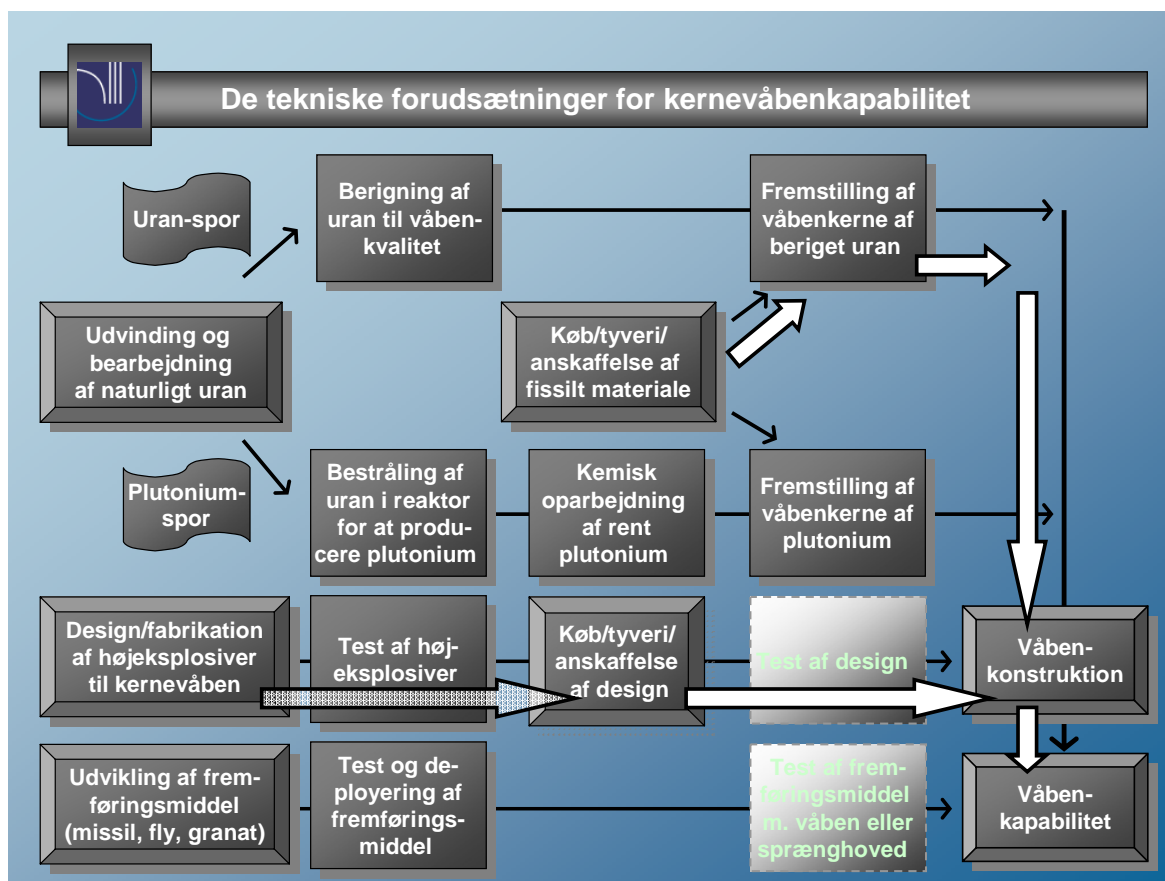
¹² Kernebrændsel – både i form af HEU, men også reaktorkvalitet-plutonium – kan anvendes til fremstilling af kernevåben, men det høje strålingsniveau er problematisk for en ikke-statslig aktør. Se bl.a. Richard L. Garwin, "Reactor-grade Plutonium can be used to make Powerful and Reliable Nuclear Weapons" (Council on Foreign Relations, 1998). Se dog US Department of Energy, "Final Nonproliferation and Arms Control Assessment of Weapons-usable Fissile Material Storage and Excess Plutonium Disposition Alternatives", (1997): "The disadvantage of reactor-grade plutonium is not so much in the effectiveness of the nuclear weapons that can be made from it as in the increased complexity in designing, fabricating, and handling them. The possibility that either a state or a sub-national group would choose to use reactor-grade plutonium, should sufficient stocks of weapon-grade plutonium not be readily available, cannot be discounted. In short, reactor-grade plutonium is weapons-usable, whether by unsophisticated proliferators or by advanced nuclear weapon states. Theft of separated plutonium, whether weapons-grade or reactor-grade, would pose a grave security risk".

¹³ IAEA definerer dette som "Fissionable material — in general, an isotope or a mixture of isotopes capable of nuclear fission. Some fissionable materials are capable of fission only by sufficiently fast neutrons (e.g. neutrons of a kinetic energy above 1 MeV). Isotopes that undergo fission by neutrons of all energies, including slow (thermal) neutrons, are usually referred to as fissile materials or fissile isotopes. For example, isotopes 233U, 235U, 239Pu and 241Pu are referred to as both fissionable and fissile, while 238U and 240Pu are fissionable but not fissile." Se IAEA Safeguards Glossary, 2001 Edition, International Nuclear Verification Series No. 3.

¹⁴ IAEA definerer dette som: "nuclear material that can be used for the manufacture of nuclear explosive devices without transmutation or further enrichment. It includes plutonium containing less than 80% 238Pu, high enriched uranium and 233U. Chemical compounds, mixtures of direct use materials (e.g. mixed oxide (MOX)), and plutonium in spent reactor fuel fall into this category. Unirradiated direct use material is direct use material which does not contain substantial amounts of fission products; it would require less time and effort to be converted to components of nuclear explosive devices than irradiated direct use material (e.g. plutonium in spent reactor fuel) that contains substantial amounts of fission products." Samme kilde som note 13.

¹⁵ Når enhver atomkernefission i gennemsnit fører til mere end en ny atomkernefission, beskrive denne tilstand i fissilt materiale som "overkritisk". En kritisk masse af fissilt materiale opstår, når en atomkernefission i gennemsnit fører til en ny atomkernefission. Dette er en kædereaktion. I sig selv, uden neutronrefleksion og ved normal massefylde, er en kugle 90% -ren plutonium-239 på ca. 10 kg (19,86 gram/ccm ved ca. 20° C) en kritisk masse. Ligeledes er en kugle 94% beriget uran-235 på ca. 52 kg (18,70 gram/ccm ved ca. 20° C) en kritisk masse. Disse mængder kaldes "bare crit". Se Carson Mark et al., "Can Terrorists Build Nuclear Weapons", (1986).

neutronstråling fra fissionsprocessen og evt. en neutrongenerator¹⁶ tilbage i den overkritiske masse.¹⁷ Primært disse to faktorer er afgørende for, hvor meget af det fissile materiale, der rent faktisk fissionerer, før detonationen ødelægger våbnet.¹⁸



Figur 4.

Et primitivt kanontype-kerne våben¹⁹ synes ifølge mange kilder at være en option for en

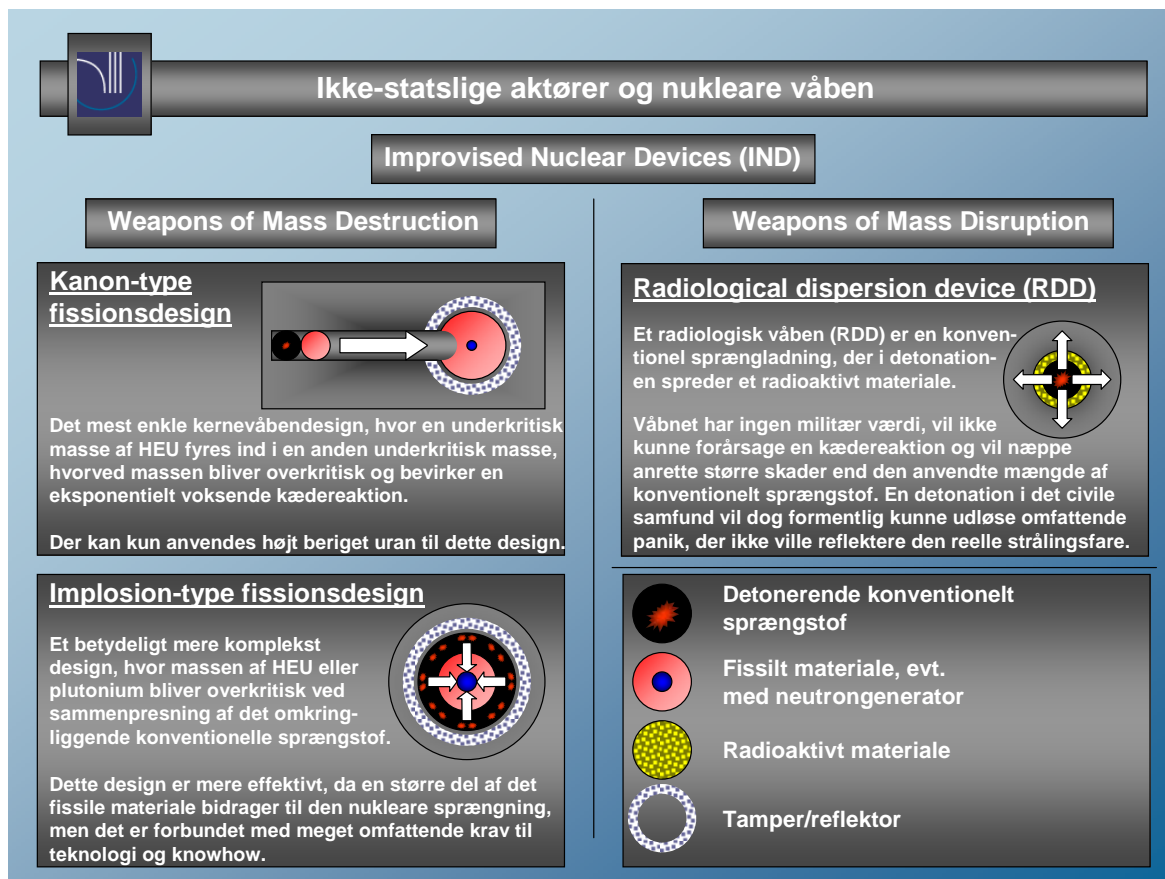
¹⁶ Genereringen af frie neutroner på det rigtige tidspunkt vil accelerere kerneprocessen. En neutrongenerator kan eksempelvis konstrueres ved at lade to små mængder beryllium og polonium-210 samles med de to underkritiske masser af fissilt materiale. Det er ikke strengt nødvendigt i et HEU-baseret kanontypevåben, men tilføjelsen vil øge effektiviteten af konstruktionen, men dermed også kompleksiteten. Se blandt andet <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4.html>.

¹⁷ Neutronstråling fra kædereaktion kan reflekteres tilbage i den overkritiske masse ved anvendelse af en "reflektor", der er en kappe som omgiver det fissile materiale. Materialet hertil skal have et højt spredningstværsnit, hvorfor der ofte anvendes udarmet uran (uran-238). Den øgede neutronstråling i den overkritiske masse vil øge fissionens effektivitet. Samme komponent anvendes også ofte som en "tamper", der ved at fordæmme og dermed i meget kort tid at forsinke konstruktionens ødelæggelse, ligeledes øger fissionens effektivitet. En "tamper" skal fremstilles af materiale med høj massefylde, som eksempelvis udarmet uran (uran-238).

¹⁸ Hiroshima-bomben 6. august 1945 var et kanontype-design med i alt ca. 60 kg HEU, der genererede en sprængkraft svarende til 14,5 kiloton TNT. Virkningsgraden var på ca. 1,5% svarende til, at 1,5% af det fissile materiale fissionerede, før detonationen sprængte våbnet i stykker.

¹⁹ Der er mange versioner af enkelheden i at fremstille et Improved Nuclear Device (IND), når bare en tilstrækkelig mængde HEU er ved hånden. Luis W. Alvarez, Nobelpristager i fysik, der var med til at konstruere USA's første kernevåben, skriver i sin bog "Adventures of a Physicist" (1988): "With modern weapons-grade uranium terrorists, if they had such material, would have a good chance of setting off a high-yield explosion simply by dropping one half of the material onto the other half. Most people seem unaware that if separated HEU is at hand it's a trivial job to set off a nuclear explosion, even a high school kid could make a bomb in short order".

målrettet ikke-statslig aktør med adgang til den rette teknologi.²⁰ Jf. figur 5 genereres en overkritisk masse ved at samle to mængder HEU med konventionelt sprængstof. Generering af overkritikalitet sker relativt langsomt og uensartet, hvorfor effektivitetsgraden af fissionen er lille.²¹ Imidlertid vil designet være attraktivt for en ikke-statslig aktør, da det er teknologisk enkelt og driftssikkert.²²



Figur 5.

I implosions-typen – igen jf. figur 5 – genereres den overkritiske masse ved momentant at komprimere et HEU- eller plutoniumemne med en kappe af konventionelt sprængstof. Designets fordel er, at det udnytter det fissile materiale mere effektivt, hvorfor en mindre mængde af denne knappe ressource er nødvendig.²³ Enkelte forskere mener, at denne

²⁰ Se bl.a. Morten Bremer Mærli, "Crude Nukes on the Loose", (2004); David Albright, "Al-Qa'ida' nuclear program: Through the window of seized documents", (2002); Carson Mark et al, "Can Terrorists Build Nuclear Weapons", Nuclear Control Institute (1986); Graham T. Allison et al, "Avoiding Nuclear Anarchy: Containing the Threat of Loose Russian Nuclear Weapons and Fissile Material", (1996).

²¹ Se note 18.

²² Se Graham T. Allison et al, "Avoiding Nuclear Anarchy: Containing the Threat of Loose Russian Nuclear Weapons and Fissile Material", (1996).

²³ Kernevåbnet, der detonerede over Nagasaki i august 1945, var af implosionstypen og havde en sprængkraft på 20 kiloton TNT genereret med 6,1 kg våbenkvalitet plutonium. Dette gav en effektivitetsgrad på 17%.

option er inden for en ikke-statslig aktørs rækkevidde.²⁴ Imidlertid kræver implosions-typen endnu mere omfattende knowhow og teknologisk infrastruktur, hvor særligt dimensionering og detonationssekvens af sprængstofdappen²⁵ udgør en seriøs teknologisk hindring. Sidstnævnte proces kræver endvidere testning, der vil kunne kompromittere fremstillingen.²⁶

For begge typer gælder, at en ikke-statslig aktør skal have adgang til en omfattende teknologisk infrastruktur for at kunne bearbejde uran eller plutonium til en våbenkomponent. Begge materialer er pyrofore, hvilket betyder, at spåner fra bearbejdning vil spontant kunne bryde i brand ved kontakt med atmosfærisk luft. Bearbejdning skal derfor ske i en inert atmosfære, der vil kræve særlige elektriske ovne og specialdrejebænke. Begge materialer er også polymorfe, hvorfor støbte emner under afkøling bliver anisotropiske og ændrer krystallinsk struktur og dermed eksempelvis kan flække. Slutteligt er plutonium giftigt.²⁷

Manglende tilgængelighed af en tilstrækkelig mængde HEU kunne formodes at få en ikke-statslig aktørs til at forsøge at konstruere et implosionsvåben.²⁸ Dette vil betyde, at både HEU og plutonium vil kunne anvendes, men den større kompleksitet i dette design vil afskrække, ikke mindst da det er mere tidskrævende at tilvirke det fissile materiale til brug i våbnet. Et øget tidsforbrug vil udgøre en trussel mod forehavendets succes.

Ikke-statslige aktørers specifikationer til et Improvised Nuclear Device

Den ikke-statslige aktørs succeskriterium må formodes at være uhindret at konstruere, fremføre og detonere et primitivt kernevåben med størst mulig sprængkraft med et erhvervet fissilt materiale, primært "direct-use"-materiale såsom HEU. Tid til rådighed skal afvejes mod, hvor avanceret våbnet kan/skal gøres. En nuklear detonation, der kun i meget ringe grad udnytter det fissile potentiale (en "fizzle"), vil have begrænset sprængkraft, men vil forårsage radioaktiv forurening og en betydelig panik – og derfor stadig være interessant for terrorister.

²⁴ Se "Avoiding Nuclear Anarchy: Containing the Threat of Loose Russian Nuclear Weapons and Fissile Material", Graham T. Allison et al (1996).

²⁵ Sprængstofdappen skal bestå af et antal eksplosive linser, der alle detoneres fra ydersiden for at opnå en indadrettet chokbølge. Linserne skal være identiske i størrelse og form og skal detoneres nøjagtig samtidig, hvilket kræver omfattende testning for at opnå den ønskede uniforme indadrettede chokbølge. Flere linser giver en mere uniform chokbølge, men øger samtidig kompleksiteten af en i forvejen meget indviklet proces. Designs laves med mellem 12 og 92 linser. Se blandt andet <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-1.html#Nfaq4.1.6.2.2.2>

²⁶ Se blandt andet <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-1.html#Nfaq4.1.6.2>

²⁷ Se blandt andet <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-1.html#Nfaq4.1.7.1>

²⁸ Se "Crude Nukes on the Loose?", Morten Bremer Mærli (2004, 80).

Tre faktorer må antages at være dimensionerende for en ikke-statslig aktørs fremstilling af et IND: Tid til rådighed, afstanden til de enkelte mål samt mængden af fissilt materiale. Tiden vil være en afgørende faktor: Enhver illegal og opdaget erhvervelse af "en signifikant mængde"²⁹ nukleart materiale burde afføde en umiddelbar reaktion i nationer, der kan blive berørt af en sådan hændelse. En ikke-statslig aktør vil sandsynligvis i sin forberedelse af et IND have færdiggjort de ikke-nukleare komponenter og kun mangle at erhverve det fissile materiale, bearbejde og indsætte dette i våbnet.

Forlods konstruktion af de ikke-nukleare komponenter vil være dimensionerende for mængde, form og kvalitet af det fissile materiale. Endvidere er det tænkeligt, at en ikke-statslig aktør frem for at ville erhverve flere delmængder af det fissile materiale, og deraf følgende potentielle problemer med forskellig kvalitet og evt. behov for at samle dette til et emne, vil satse på at kunne erhverve hele den nødvendige mængde i én aktion.

Erhvervelsen kan ske voldeligt eller ikke-voldeligt. En voldelig aktion vil påkalde sig øjeblikkelig opmærksomhed, hvorfor en sådan kræver minutiøs planlægning for at kunne lykkes. En ikke-voldelig erhvervelse såsom køb eller lignende kræver en aktiv deltagelse af en insider på det nukleare anlæg, men er formentlig den mest sandsynlige.³⁰

Figur 6, der er IAEA's værdier for mængder af fissilt materiale, hvor "muligheden for at kunne konstruere et kernevåben ikke kan udelukkes", angiver af "direct-use"-materiale 8 kg plutonium, 8 kg uran-233³¹ eller 25 kg HEU (uran beriget fra 20 % indhold af uran-235 og derover) som "betydelige kvanta". En højere kvalitet vil betyde en mindre mængde, ligesom en anden form (eksempelvis uran-oxid i stedet for uran-metal) vil betyde en ændret mængde. De angivne mængder er blevet påtalt af forskere som sat for højt.³²

²⁹ IAEA definerer dette kvantum som "the approximate amount of nuclear material for which the possibility of manufacturing a nuclear explosive device cannot be excluded. Significant quantities take into account unavoidable losses due to conversion and manufacturing processes and should not be confused with critical masses. Significant quantities are used in establishing the quantity component of the IAEA inspection goal. Significant quantity values currently in use are given in Table II." Se IAEA Safeguards Glossary, 2001 Edition, International Nuclear Verification Series No. 3.

³⁰ Se C. Brousse et al, "IRSN Activities in Physical Protection in Support of the IAEA: The Insider Threats Approach", (2003).

³¹ IAEA definerer dette som: "Uranium-233 — an isotope of uranium which is produced by transmutation of ^{232}Th through irradiating thorium fuel in a reactor. Uranium-233 is considered a special fissionable material and a direct use material." Se IAEA Safeguards Glossary, 2001 Edition, International Nuclear Verification Series No. 3.

³² Se Thomas B. Cochran, "The Amount of Plutonium and HEU needed for Pure Fission Nuclear Weapons, appendix B", (1995, Appendix B skrevet af Owen R. Cote).

HEU er fordelagtigt, da det i forhold til plutonium³³ ikke er så radioaktivt og dermed heller ikke så giftigt. Dette behøver ikke nødvendigvis være relevant for selvmordsterrorister, men kan være af betydning, dersom materialet skal smugles over eksempelvis landegrænser og forbi eventuelle detektionssystemer.³⁴ På grund af materialets lange halveringstid udsendes kun begrænset gammastråling, og ved indpakning af materialet i ca. 1 cm bly kan det være svært at opdage dette.

IAEA's definition af "Betydelig Mængde"	
<u>Significant Quantities (SQ)</u>	
Material	SQ
<u>Direct-use nuclear material</u>	
Plutonium (Pu-238 < 80%)	8 kg Pu
Uranium-233 (U-233)	8 kg U-233
HEU (Uranium-235 ≥ 20%)	25 kg U-235
<u>Indirect-use nuclear material</u>	
Uranium (U-235 < 20%) natural	75 kg U-235 (or 10 t Uranium, or 20 t depleted Uranium)
Thorium	20 t Th

Tabellen til venstre er IAEA's definition af begrebet "Betydelig Mængde". Der er tale om politisk definerede værdier, og der er nogen tvivl om, at disse værdier er sat for lavt.

Det fremgår af tabellen, at der er tale om små mængder materiale, "hvor muligheden for at fremstille et kernevåben ikke kan afvises".

Af de våbenbrugbare isotoper U-233 samt U-235 og Pu-239 samt Pu-241, er U-235 og Pu-239 de mest tilgængelige og bedst anvendelige. Af uranisotoperne U-233 og U-235 er den sidstnævnte i sin berigede form, HEU, mest tilgængelig, da U-233 er meget sjældent anvendt.

Da Pu-239 ved hver fission udsender flere neutroner end U-235 (3 i forhold til 2,5), kan en mindre mængde Pu-239 frembringe et givet niveau i en kædereaktion.

Disse værdier er væsentlige, da de blandt andet danner grundlag for bestemmelser for håndtering af fissilt materiale, herunder IAEA's inspektionsregler.

Figur 6.

Mængden og berigningsgraden af tilgængeligt HEU er dimensionerende for våbnets sprængkraft, mens HEU'ens fysiske form – uranmetal, uranoxid – er af betydning for fremstillingstiden af den nukleare komponent i våbnet. Vægt vil ikke være en decideret begrænsende faktor, idet den samlede vægt formentlig kan holdes på lidt over et ton.³⁵

³³ IAEA definerer dette som: "Plutonium — a radioactive element which occurs only in trace amounts in nature, with atomic number 94 and symbol Pu. As produced by irradiating uranium fuels, plutonium contains varying percentages of the isotopes 238, 239, 240, 241 and 242. Plutonium containing any 239Pu is considered a special fissionable material and, except for plutonium containing 80% or more of 238Pu, a direct use material." Se IAEA Safeguards Glossary, 2001 Edition, International Nuclear Verification Series No. 3.

³⁴ Se Morten Bremer Mærli, "Crude Nukes on the Loose?" (2004).

³⁵ Se Carson Mark et al, "Can Terrorists Build Nuclear Weapons", Nuclear Control Institute (1986).

Konklusion

Den hidtidige ikke-spredningsindsats – i form af enten internationale traktater eller mellemstatsligt samarbejde såsom eksportkontrolregimer – har været rettet mod statslige aktørers forsøg på erhvervelse af den nukleare infrastruktur, der vil kunne understøtte fremstillingen af et kernevåben, herunder fremstillingen af fissilt materiale samt fremstillingen af de ikke-nukleare komponenter og samling af disse til et våben.

Afsløringen af Libyens illegale nukleare program har vist, at den rette knowhow er til stede og til salg via sofistikerede netværk. Kernevåbens ikke-nukleare komponenter kan fremstilles eller erhverves med relativ lethed. Den begrænsende faktor for en ikke-statslig aktør er adgangen til det fissile materiale. Til et primitivt kernevåben, der kan fremstilles af en ikke-statslig aktør, er det oplagte materiale HEU. Adskillige hundrede tons HEU findes i utilstrækkeligt bevogtede nukleare anlæg i det tidligere Sovjetunionen og i forsøgsreaktorer rundt om i verden.³⁶

Skulle en ikke-statslig aktør erhverve fissilt materiale i den rigtige mængde og den rette kvalitet, resterer stadig meget omfattende teknologiske udfordringer, og disse vil skulle overkommes under et voldsomt tidspres. Men de er ikke nødvendigvis uoverstigelige. En væsentlig pointe er også, at den største prioritet for en ikke-statslig aktør er ikke at udnytte det fissile materiale optimalt, men derimod at frembringe noget, der minder om en kerne-sprængning. Enhver diskussion om sprængkraft og effektivitetsgrad vil alligevel drukne i den efterfølgende panik og kaos.

Det beskrevne destruktive potentiale i et primitivt HEU-baseret kernevåben er derfor formentlig ikke uden for rækkevidde af en målrettet ikke-statslig aktør med adgang til den rette knowhow og teknologisk infrastruktur. En knowhow og teknologi, der som også sagen om Khan-netværket fra Pakistan viser, over tid vil blive stadig mere tilgængelig, også for ikke-statslige aktører. Det eneste sikre præventive træk er at afskære muligheden for at erhverve HEU. Derfor må den kortsigtede strategi være primært at sikre nukleare anlæg, mens den langsigtede er at afskaffe truslen ved at omdanne HEU til LEU.³⁷

³⁶ I december 1998 forhindrede den statslige russiske sikkerhedstjeneste et forsøg på at stjæle 18,5 kg HEU fra en russisk nuklear anlæg. Under forudsætning af, at IAEA's minimumsværdier jf. figur 6. ikke er tidssvarende, vil der have været tale om fissilt materiale nok til mindst et primitivt kernevåben. Se "Crude Nukes on the Loose", Morten Bremer Mærli (2004, 64).

³⁷ Lavt beriget uran (LEU) er uran med et indhold af U-235 isotopen lavere end 20%, hvorfor det ikke kan anvendes i et kernevåben.

DIIS's Forsvars- og Sikkerhedspolitiske Studier

Denne DIIS-publikation indgår i de Forsvars- og Sikkerhedspolitiske Studier. Projektet, der er finansieret af Forsvarsministeriet, blev påbegyndt i 2000 og løber frem til 2009.

De Forsvars- og Sikkerhedspolitiske Studier har fokuseret på EU's fælles udenrigs- og sikkerheds-politik, NATO og den såkaldte revolution i militære anliggender.

I en tid, hvor betingelserne for at føre sikkerhedspolitik og opnå sikkerhed forandres, finder DIIS det afgørende, at de forsvars- og sikkerhedspolitiske studier udnytter synergien mellem teoretiske overvejelser om sikkerhedens nye karakter og konkrete analyser af de nye krav til sikkerhedspolitik. Ydermere er det vigtigt at indholdet af en sådan afgørende ny dagsorden bliver formidlet til offentligheden.

Forskningsopgaver formuleres i samarbejde med Forsvars- og Udenrigsministeriet. Forskningen og konklusionerne af denne er uafhængige, og afspejler hverken de involverede ministeriers synspunkter eller en officiel DIIS-holdning til det givne spørgsmål.

Resultaterne af de Forsvars- og Sikkerhedspolitiske Studier tager mange former – fra 'research briefs' til artikler i internationale videnskabelige tidsskrifter – for at leve op til vores mål om at foretage forskning af høj kvalitet og formidle denne til offentligheden.

Fagligt panel

Christopher Coker, Reader, London School of Economics and Political Science

Heather Grabbe, Research Director, Centre for European Reform

Lene Hansen, lektor, Københavns Universitet

Sten Rynning, lektor, Syddansk Universitet

Knud Erik Jørgensen, lektor, Aarhus Universitet

Ole Kværnø, Chef, Institut for Strategi, Forsvarsakademiet

Theo Farrell, Senior Lecturer, University of Exeter

Iver Neumann, seniorrådgiver, det norske udenrigsministerium, forskningsprofessor, NUPI

Mehdi Mozaffari, professor, Aarhus Universitet

Robert C. Nurick, Director, Carnegie Endowment for International Peace, Moscow

Mikkel Vedby Rasmussen, lektor, Københavns Universitet

Terry Terriff, Senior Lecturer and Director of the Graduate School of Political Science and International Studies, University of Birmingham

Ståle Ulriksen, vicedirektør og leder af FN-programmet, NUPI

Michael C. Williams, lecturer, University of Wales at Aberystwyth

Yderligere information

Yderligere information kan fås på DIIS's hjemmeside (www.diis.dk), eller ved at kontakte afdelingsleder Peter Viggo Jakobsen på tlf: 32 69 87 63 eller e-mail pvj@diis.dk.