

Irans kjernefysiske program – for kraftproduksjon eller kjernevåpen?

Halvor Kippe

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

1. november 2008

FFI-rapport 2009/00083

1048

P: ISBN 978-82-464-1557-4

E: ISBN 978-82-464-1558-1

Emneord

Iran

Kjernevåpen

Uran

Plutonium

Anrikning

IAEA

Ikke-spredningsavtalen

Godkjent av

Monica Endregard

Prosjektleder

Bjarne Haugstad

Forskningsjef

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Denne rapporten omhandler Irans utvikling av kjernefysisk infrastruktur, og det foretas vurderinger knyttet til hvilket potensiale denne infrastrukturen i nær framtid vil kunne gi Iran til å produsere kjernekraft og/eller utvikle kjernevåpen. De mest betydningsfulle installasjonene går nærmere etter i sømmene, da disse antas å ha en nøkkelrolle enten som del av et rent sivilt kjernekraftprogram, eller ved eventuell produksjon av spaltbare materialer av kjernevåpenkvalitet. Den mulige framtidige kapasiteten til det sistnevnte tallfestes under gitte forutsetninger, både i forhold til en eventuell satsing på uranbaserte kjernevåpen, og i tilfelle Iran skulle velge å produsere plutonium til kjernevåpen.

Rapportens konklusjoner og funn er i første rekke teknologisk forankret. Med det mener vi at samfunnsmessige og politiske analyser ikke er lagt til grunn, men at bildet av Irans atomprogram tegnes opp gjennom beskrivelser og vurderinger av konkrete anlegg og systemer, og hvilke roller disse spiller i den store sammenhengen. Det er ikke konkludert med at Irans atomprogram helt sikkert er enten for kjernevåpen eller for kjernekraft. Hemmeligholdet av noen av de mest sentrale installasjonene, samt mer eller mindre troverdige påstander om rene våpenrelaterte aktiviteter i fortiden, gjør det vanskelig å konkludere med noe annet enn at Iran fram til avsløringene i 2002 forsøkte å komme så langt som overhodet mulig med å utvikle kjernevåpen i det skjulte. Hensikten med dagens atomprogram virker på den annen side mest sannsynlig å være delvis for å bidra til å løse et økende energibehov, selv om betydelige svakheter ved denne strategien påpekes, samtidig som man samler folket om et gedigent prestisjeprosjekt på tross av massivt internasjonalt press. Med på kjøpet får da Iran en mye fryktet evne til raskt å kunne gjøre om driften av noen av sine anlegg og utvikle kjernevåpen i løpet av kanskje så lite som ett år. Bekymring for dette såkalte utbruddsscenarioet, hvor Iran i så fall vil trekke seg fra Ikke-spredningsavtalen for kjernevåpen, gjør at mange av verdens mektigste nasjoner går langt for å overtale Iran til å oppgi sine i utgangspunktet lovlige kjernefysiske aktiviteter.

Når denne rapporten utgis, har Iran fortsatt en vei å gå før infrastrukturen er på plass for å masseprodusere kjernevåpen ved ønske. Men den kanskje vanskeligste av alle teknologiske terskler, anrikning av uran i full skala, virker Iran å være godt på vei til å overstige. Dagens infrastruktur er langt fra tilstrekkelig utbygd til å støtte Irans planlagte kjernekraftutbygging, men det er også mange år til Irans første reaktor med behov for iranskprodusert brensel står ferdig. Imidlertid er de kjente uranforekomstene i Iran så små at en reaktorpark av den størrelsen Iran planlegger (20 GW_e innen 2030) knapt vil rekke å startes opp før landet er avhengig av utenlandsk uran. Landets uranforekomster er på den annen side store nok til å i framtiden kunne danne grunnlaget for flere tusen kjernefysiske stridshoder. Og om den infrastrukturen som i dag er under bygging blir satt inn på nettopp det, vil Iran en dag i teorien kunne produsere mer enn hundre kjernevåpen i året.

English summary

This report addresses the development of a nuclear infrastructure in Iran, and assessments are made on the near-term potential this infrastructure might yield of either nuclear power or nuclear arms production. The most significant facilities are treated in a more elaborate fashion, as these are assumed to have key roles in either a true civilian programme, or in the prospect of weapons-grade fissile material production. The future potential capacity for the latter is calculated under certain presumptions, both in the case that Iran focuses its efforts on uranium-based nuclear weapons, and in the case that it should choose the plutonium path to nuclear weapons.

All the conclusions and findings in this report are based on technological considerations. This means that social or political assessments have not prevailed, rather the picture of Iran's nuclear programme is drawn through descriptions and assessments of facilities and systems, and their role in the bigger context. Definite conclusions have not been made as to whether Iran's nuclear programme currently is aimed towards nuclear arms or nuclear power. The secrecy surrounding some of the most prominent nuclear sites together with more or less credible allegations of purely weapons-related activities in the past, make it hard not to conclude that Iran until the disclosures in 2002 made as great an effort as it could on its way on developing nuclear weapons covertly. The scope of today's nuclear programme seems, on the other hand, most likely to be in part to help relieve the ever-increasing need for energy, although considerable deficits to this strategy are identified, at the same time as the Iranian people are united in a giant, high-prestige project in defiance of massive international pressure. Adding to this is a much-feared ability to rapidly being able to redirect their nuclear efforts, and develop nuclear arms in perhaps as little as one year. This so-called *break-out scenario*, where Iran presumably would withdraw from the Nuclear Non-proliferation Treaty (NPT), has generated enough concern among several of the dominant nations in the world, that they have gone to great lengths to try to dissuade Tehran from the continued pursuit of its in principle legal nuclear activities.

As this report is issued, Iran still has some way ahead before its infrastructure can readily provide it with nuclear weapons on demand. But Iran seems almost to have overcome the presumably highest technological threshold, namely full-scale uranium enrichment. Today's infrastructure is far from sufficiently developed to be able to fully support Iran's planned nuclear power developments, but on the other hand the need for indigenously produced nuclear fuel is also several years ahead, as long as Iran's first self-constructed nuclear power plant is far from completion. The known and assumed uranium deposits, however, are of minute proportions compared to the stated ambitions of their nuclear power programme (20 GW_e within 2030). Iran's future reactors will hardly be able to go online before they become dependent on fuel from abroad. The uranium deposits are, on the other hand, abundant for the future production of several thousands of nuclear weapons. And if the infrastructure that is arising today is actually directed towards that purpose, Iran will in theory some day be able to produce more than a hundred nuclear weapons a year.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Trenger Iran kjernekraft?	9
1.3	Motivasjon for kjernevåpen i Iran	10
1.3.1	Før	10
1.3.2	I dag	11
1.3.3	Vil Irans sikkerhet styrkes med kjernevåpen?	12
2	Oppbyggingen av dagens kjernefysiske infrastruktur	14
2.1	Starten på utviklingen under sjahen	14
2.2	Avsløringene og dagens krise	15
2.3	Uavklarte forhold	20
2.3.1	Samarbeidet med Khan-nettverket	21
2.3.2	Mer avanserte sentrifuger	21
2.3.3	Spor av anriket uran	26
2.3.4	Plutoniumseparasjon	27
2.3.5	"Prosjekt grønt salt" og en mistenkelig laptop	28
3	De strategiske kjernefysiske anleggene	30
3.1	Bushehr – lett vannsreaktor til kraftproduksjon	31
3.2	Isfahan – urankonvertering og brenselfabrikk	34
3.3	Natanz – urananrikning	37
3.3.1	PFEP og FEP	37
3.3.2	Kapasitet og effektivitet	41
3.3.3	Hvor lang tid vil det ta før FEP er fullt utbygd?	42
3.4	Arak – tungtvannsfabrikk og tungtvannsreaktor	44
3.5	Urangruver og uranmøller	51
3.6	Mulige andre strategiske anlegg	53
3.6.1	Parchin	53
3.6.2	Lavizan-Shian	53
4	Potensiale for produksjon av kjernekraft	58
4.1	Ambisjoner og teknologisk grunnlag	58
4.2	Naturlige begrensninger og en alternativ reaktorstrategi	58
5	Potensiale for produksjon av kjernevåpen	63
5.1	Uranveien	63
5.2	Plutoniumsveien	67

5.3	Aktuelle leveringsmidler for kjernevåpen	68
6	Vurderinger, hypoteser og konklusjoner	74
6.1	Vurderinger	74
6.2	Hypoteser	76
6.3	Konklusjoner	78
	Referanser	80
	Forkortelser	86

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Helt siden høsten 2002 har medier over hele verden jevnlig skrevet om Irans kjernefysiske bestrebelser og omverdenens mistanker om at landet forsøker å skaffe seg kjernevåpen. Saken har ført til at Iran har måttet kjempe på to fronter for å rettferdiggjøre og beholde sin utvikling av kjernefysisk teknologi. På den ene siden har de forholdt seg til Det internasjonale atomenergibyrådet (IAEA, se faktaboksen lengre ned på siden) – et FN-organ med mandat til å overvåke og vurdere om nasjoner som er part i Ikke-spredningsavtalen for kjernevåpen (*The Treaty On the Non-Proliferation of Nuclear Weapons – NPT*) faktisk overholder sine forpliktelser i henhold til denne. På den andre siden har landet vært i tøffe forhandlinger med spesielt EUs tre mektigste nasjoner, Frankrike, Storbritannia og Tyskland, om å stanse sin utvikling av en kjernefysisk brenselssyklus. Andre land, med USA i spissen, har regelmessig fordømt Iran og hevdet at landet kun har til hensikt å utvikle kjernevåpen, i strid med NPT. Disse landene har også slått fast at Iran verken har behov for kjernekraft eller nok uranreserver til å ha et selvforsynt kjernekraftprogram. Iran har imidlertid fått støtte fra sentrale land i *Bevegelsen av alliansefrie land* (de såkalte NAM-landene), spesielt Venezuela og Cuba.

Vi vil med denne rapporten se nærmere på hva som er bakgrunnen for konflikten omkring Irans kjernefysiske program.

Spesielt vil vi ta for oss de viktigste delene av den kjernefysiske infrastrukturen og vurdere hvilket potensiale denne vil gi Iran for produksjon av kjernekraft eller kjernevåpen i framtiden. En slik teknisk gjennomgang vil sette oss bedre i stand til å vurdere hva som kan være Irans virkelige hensikter med sitt kjernefysiske program. Vi kommer også i noen grad inn på Irans kampfly og ballistiske missiler, som mulige bærere av kjernevåpen i framtiden. Til slutt drøftes og tolkes



Det internasjonale atomenergibyrådet – IAEA – ble stiftet i 1957. IAEA er et FN-organ med ansvar for å overvåke medlemslandenes etterlevelse av Ikke-spredningsavtalen for kjernevåpen. Byrådet har sitt hovedkontor i Wien (bildet ovenfor). Både kjernevåpenstater, ikke-kjernevåpenstater og *de facto*-kjernevåpenstater som står utenfor Ikke-spredningsavtalen (India og Pakistan) er medlemmer av IAEA. Byrådets tre pilarer er *sikkerhet* (med tanke på ikke-spredning), *trygghet* (knyttet til for eksempel driftssikkerhet ved kjernekraftverk) og *teknologi*. Den siste pilaren henspiller på Ikke-spredningsavtalens artikkel IV om utveksling av kjernefysisk teknologi til fredelig bruk mellom stater som oppfyller sine ikke-spredningsforpliktelser. (Foto: IAEA)

funnene med henblikk på ulike hypoteser om Irans kjernefysiske program: Søker landet den raskeste veien mot kjernevåpen? Kan utvikling av kjernevåpen la seg gjøre med de til nå kjente anleggene under nærværet av inspektørene til Det internasjonale atomenergibyrådet? Hva gjenstår i så fall før Iran kan kalles en atommakt? Eller søker Iran kun å dra nytte av kjernefysisk teknologi til kraftproduksjon og vitenskapelig utvikling? Og kan da det påfallende hemmeligholdet som er kommet for dagen siden 2002 forklares med at press fra den vestlige verden har gjort det nødvendig for Iran å realisere sine lovlige, sivile kjernefysiske ambisjoner for en stor del i det skjulte? Det er ingen enkle svar på disse spørsmålene, men vi håper leseren ser seg bedre rustet til å vurdere disse spørsmålene på en nyansert og godt teknisk forankret måte etter å ha lest denne rapporten.

Studier av denne typen er vesentlige også for å belyse hvordan stater kan bygge opp og utvikle sin kjernefysiske teknologi i det skjulte. Omfanget av det Iran lenge lyktes med å holde skjult har vært en stor tankevekker for IAEA og resten av verden, og overgår trolig den ubehagelige overraskelsen en fikk ved avdekkingen av Iraks kjernevåpenprogram i kjølvannet av Den første gulfkrigen. Forhåpentligvis vil Irans tilfelle føre til at flere land innser behovet for et strengere inspeksjonsregime for partene i NPT. Rapporten inngår som en del av arbeidet i FFI-prosjekt 1048 "Masseødeleggelsesvåpen – trussel og beredskap" – delprosjekt 1 "Nukleære og radiologiske problemstillinger". All informasjon er hentet fra åpne kilder. Nedenfor følger et kart over Iran og dets naboland (Figur 1.1). Helt til slutt i rapporten finnes en liste over forkortelser som kan være nyttig underveis.



Figur 1.1 Kart over deler av Midtøsten med Iran i sentrum. [1]

1.2 Trenger Iran kjernekraft?

Iran er en nasjon med sterk vekst i både befolkning og energiforbruk. Landets befolkning har økt fra litt under 35 millioner under Den islamske revolusjon i 1979 til over 70 millioner i dag.¹ Den årlige befolkningsveksten i perioden 1996 til 2006 var på hele 1,6 %, hvilket tilsvarer mer enn én million mennesker hvert av de siste årene i perioden. Det er opplagt at en så formidabel befolkningsvekst også fører med seg økt elektrisitetsforbruk. Etterspørselen etter elektrisitet forventes å øke med så mye som 6 % i året fram til 2015. I 2007 produserte Iran 33 TWh med elektrisitet ved å brenne olje og hele 132 TWh fra gasskraftverk. Totalt forbrukte de 146 TWh (resten ble eksportert). To år tidligere sto vannkraft for under en åttedel av Irans samlede elektrisitetsproduksjon. Det er ventet at Iran vil satse mer på både vannkraft og gasskraftverk, i tillegg til kjernekraft, for å møte det økende behovet for elektrisitet. [2-4]

Iran er verdens femte største eksportør av olje, men de er kun den 27. største eksportøren av naturgass til tross for at det har de nest største gassforekomstene vi kjenner til etter Russland. Den store produksjonen av naturgass går nesten i sin helhet til eget forbruk. De enorme hydrokarbonforekomstene i Iran brukes gjerne som et argument mot hensiktsmessigheten i å investere i en særdeles kostnadskreven og industrielt og teknologisk krevende kjernefysisk infrastruktur. Vi skal senere i denne rapporten komme tilbake til hvilke forutsetninger Iran har for å bygge ut en storskala kjernekraftindustri, men i dette delkapittelet skal vi fokusere på de strukturelle problemene landet har i sin petrokjemiske industri. [1]

Oljesektoren står for om lag 85 % av Irans samlede inntekter, hvilket gjør landet særdeles sårbart for en eventuell produksjonssvikt eller framtidig uttømming av oljeforekomster. De senere årenes stadig økende oljepris har gitt Iran store ekstraintekter, som langt på vei har kompensert for den ellers svake verdiskapningen landet sliter med (til dels som følge av manglende investeringer fra utenlandske selskaper etter flere sett med sanksjoner i FNs sikkerhetsråd). Bruken av oljeinntektene innenlands har imidlertid bidratt til at inflasjonen har økt til anslagsvis 17,5 % i 2007, samtidig som arbeidsledigheten krøp opp til hele 12,0 %. Til tross for de store inntektene Iran får fra oljeeksport, lider oljeindustrien i Iran under flere problematiske og til dels strukturbestemte forhold. For det første har den et stort etterslep når det gjelder oppgraderinger og effektivisering av eksisterende produksjons- og prosesseringsanlegg. For det andre skjer det altfor få investeringer i ny utvinningsinfrastruktur for å kompensere for den naturlige produksjonsnedgangen i de eksisterende brønnene etter hvert som disse begynner å bli uttømt. For det tredje er ikke landet i nærheten av å ha tilstrekkelig raffinering kapasitet til å dekke behovet for bensin og diesel til sine nesten 70 millioner innbyggere. For det fjerde har den iranske staten gjennom en årrekke subsidiert drivstoffprisene kraftig, slik at forbruket ikke har sunket når prisene i det internasjonale markedet har steget. [1;5]

Konsekvensene av alt dette er at Iran kjøper mer og mer dyrt drivstoff tilbake fra utlandet, samtidig som den stadig økende hjemlige etterspørselen og lave produksjonsveksten gjør at landet

¹ Flere kilder opererer med tall helt ned i 65 millioner for dagens iranske befolkning. Vårt tall er fra en folketelling i 2006, gjengitt av det iranske motstykket til Statistisk sentralbyrå.

er i stand til å eksportere en stadig mindre andel av det som blir produsert. Oftere og oftere mislykkes Iran i å nå sin månedlige OPEC-eksportkvote. Siden 1980 har den hjemlige etterspørselen økt med i gjennomsnitt 6,4 % i året, mens produksjonen bare har vokst med 5,6 %. Prognoser antyder at Iran ikke lenger vil være en nettoeksportør av olje så tidlig som i 2014 eller 2015. Utenlandske investeringer i utvinningsinfrastruktur kunne ha hjulpet Iran med å øke produksjonen, men å kutte subsidiene på drivstoff for å dempe egenforbruket er nærmest en politisk umulighet i Teheran. I en viss forstand kan en derfor faktisk hevde at det enorme presset Iran er utsatt for fra det internasjonale samfunnet i siste instans er med på å styrke landets argumenter for at de behøver kjernekraft, siden konflikten gjør det vanskelig å lokke utenlandsk kapital og teknologi til nødvendige investeringer og satsninger i oljesektoren.² Det langsiktige energibehovet må derfor også møtes med alternative strategier til olje og gass. Da er veien kort til å peke på kjernekraft som et håndgripelig og tilnærmet karbonnøytralt alternativ for et land som produserer det aller meste av sin elektrisitet med fossilt brensel. [1;2;5]

1.3 Motivasjon for kjernevåpen i Iran

1.3.1 Før

Midtøsten og Den persiske golf har i lange perioder vært preget av rivalisering mellom stater og større og mindre konflikter. Krigen mellom Iran og Irak fra 1980 til 1988 forstås av mange som en kamp om hegemoniet i Golfen. Det er også en vanlig oppfatning at Saddam Hussein fryktet at den sjiamuslimske revolusjonen i Iran skulle spre seg til Irak, og at han derfor forsøkte å eliminere denne trusselen før Iran hadde rukket å etablere seg som en betydelig militærmakt. Krigen blir i ettertid sett på som en krig hvor alle midler ble tatt i bruk, spesielt fra irakisk side, hvor selv stridsgasser ble tatt i bruk mot sivile og militære mål. Irak hadde ikke bare et langt utviklet kjemivåpenprogram, men søkte også å utvikle kjernevåpen. Israel satte imidlertid kjernevåpenprogrammet langt tilbake i tid ved bombingene av den såkalte Osirak-atomreaktoren utenfor Bagdad i 1981. Enkelte hevder at denne hendelsen fikk Saddam Hussein til å mangedoble innsatsen for å utvikle kjernevåpen. Denne utviklingen gikk neppe upåaktet hen i Teheran. Et Irak med kjernevåpen ville i praksis bety at Iran ville være sjanseløse til å vinne krigen mot sin nabo i vest. [6]

Etter Den første gulfkrigen (1990 – 1991) kom det fram at Irak hadde kommet langt på sin vei mot kjernevåpen, hele veien foran nesa på inspektører fra IAEA. Dette faktum kan ha utløst to forhold som anses som vesentlige for dagens situasjon:

1. Iran og andre land innså at det var mulig å bygge vesentlige deler av et kjernefysisk program i det skjulte, selv om IAEOs inspektører fikk operere i henhold til gjeldende, ordinære inspeksjonsavtaler.

² Ved enkelte tilfeller har det vakkende forholdet til utenlandske olje- og gasselskaper faktisk ført til at store kontrakter har blitt inngått med mindre kompetente selskaper som er eid av Revolusjonsgarden i Iran.

2. IAEAs medlemsland ble enige om å utvikle en ny protokoll for et strengere inspeksjonsregime, den såkalte *Tilleggsprotokollen*, som ville gi IAEAs inspektører økt og hurtigere tilgang til deklarererte kjernefysiske anlegg. Byrået ville også få muligheten til å anmode nasjoner om tilgang til udeklarererte anlegg ved mistanke om skjulte aktiviteter.

1.3.2 I dag

Dagens strategiske bilde sett med iranske øyne er svært ulikt slik det var før krigen mot internasjonal terrorisme tok til. Betydelige amerikanske styrker befinner seg i nabolandene Afghanistan og Irak, i tillegg til i flere andre land i regionen hvor USA lenge har hatt baser (Bahrain, Israel, Kuwait og Tyrkia). Samtidig er Iran med de to amerikansklede invasjonene kvitt to av sine mest brysomme fiender. Talibanregimet i Afghanistan forfulgte sjiamuslimere, mens Saddam Husseins Irak var selve erkefienden til iranerne. Iran ble i president George W Bush' "State of the Union"-tale i januar 2002 kalt en del av en *Ondskapens akse*, sammen med Nord-Korea og Irak. Historien har vist hvordan amerikanerne håndterte den trusselen de oppfattet fra Irak. Nord-Korea har så langt ikke blitt utsatt for militære aksjoner, tross sitt uttalte kjernevåpenprogram (se [7]). Imidlertid er landet utsatt for sanksjoner fra FNs sikkerhetsråd (*United Nations' Security Council* – UNSC) og et betydelig samlet, diplomatisk press fra verdens dominerende makter. Det er nærliggende å tro at det iranske regimet har vurdert om USA har hatt planer om å "ta for seg" alle tre landene i *Ondskapens akse*. Iranske kjernevåpen kan i det perspektivet synes som et nødvendig avskrekkende middel mot invasjon. Besittelse av kjernevåpen kan også forstås som et viktig middel i Irans antatte kamp for å posisjonere seg som regional hegemon, fortrinnsvis i maktvakuumet etter Saddam Husseins fall og en framtidig amerikansk tilbaketrekking fra Irak.

USA og Israel er ansett for å være Irans to største trusler i dag. USA og Iran har ikke hatt diplomatiske forbindelser på høyt nivå siden Den islamske revolusjon og den årelange gisseltakingen på den amerikanske ambassaden i Teheran, som fulgte i kjølvannet av Khomeinis maktovertakelse i 1979. De få gangene landene kommuniserer gjennom diplomatiske kanaler, foregår det via sveitsiske mellommenn til den amerikanske ambassaden i Bern.³ Forholdet til Israel er om mulig enda kjøligere. Iran nekter å anerkjenne staten Israel. Under militærparader i Teheran kan en se missiler med påskriften "Død over Israel". Den iranske presidenten, Mahmoud Ahmadinejad, har offentlig uttalt at han gjerne så "den sionistiske eksistens" slettet fra kartet. Israel har på sin side hevdet at de aldri vil tillate Iran å utvikle kjernevåpen. Mange tolker dette som at Israel vil gå til ensidige militæraksjoner før Iran har kommet til et punkt hvor de antas å ha operative kjernevåpen. Denne antakelsen styrkes stadig gjennom medieuttalelser og jagerflyøvelser, hvor israelske piloter trener på lange tokt. I tillegg har Iran helt sikkert i bakhodet at Israel har foretatt luftbårne sabotasjeaksjoner mot kjernefysiske anlegg tidligere (mot Syria i 2007 og mot Irak i 1981, som nevnt i avsnitt 1.3.1), og dermed har vist at de ikke går av veien for å utføre folkerettsstridige aksjoner for å ivareta egen sikkerhet. Sjefen for Israels militære etterretningsorganisasjon *Mossad*, Meir Dagan, uttalte i en høring foran en komité for utenriks- og forsvarsrelaterte spørsmål i Knesset (det israelske parlamentet) 17. november 2003 at

³ I 2007 har de to landene imidlertid hatt direkte samtaler på ambassadørnivå om sikkerhetssituasjonen i Irak.

et Iran med kjernevåpen er den største trusselen mot Israels eksistens siden staten Israel ble opprettet i 1948. [8;9]

Det er en vanlig oppfatning at Israel har et avansert kjernevåpenprogram, selv om landet aldri har innrømmet det direkte. Landet har, trolig mest på grunn av sin mangel på strategisk dybde,⁴ lenge operert med en doktrine for forkjøpsangrep. De har altså søkt å eliminere trusler før de har nådd landet. Den kjernefysiske tvetydigheten som Israel står for, har trolig bidratt til å forhindre et nytt massivt angrep fra arabiske naboland. Situasjonen ville imidlertid blitt dramatisk endret om minst ett Israel-fiendtlig land i regionen hadde skaffet seg kjernevåpen. Da ville det bli åpnet for et kjernefysisk gjengjeldelsesangrep om Israel tok i bruk sine kjernevåpen. Av den grunn ser Israel det som tvingende nødvendig å forhindre sine regionale motstandere og fiender i å utvikle kjernevåpen, dersom landet fortsatt skal være sikret et militært overtak. Det er også en utbredt frykt blant israelere at organisasjoner som libanesiske Hizbollah skal få tak i kjernevåpen fra et Israel-fiendtlig, muslimsk land.

Iran beskyldes stadig for å stikke kjepper i hjulene for stabiliseringen av Irak, gjennom sin store innflytelse på Iraks sjiamuslimske ledere. Også i et framtidig stabilt Irak er det derfor naturlig å forvente at Iran vil kunne øve betydelig makt. Mange frykter derfor en sjiadominert blokkdannelse i relativt nær framtid, hvor Iran vil sitte i førersetet, med eller uten kjernevåpen. Den kalde krigens avskrekkingslogikk virker stadig å være gyldig i Midtøsten, der den sikreste garantien mot et angrep fra en fiendtlig stat synes å være å skaffe seg egne kjernevåpen.

1.3.3 Vil Irans sikkerhet styrkes med kjernevåpen?

Det er ikke automatisk gitt at et land styrker sin egen sikkerhet ved å skaffe seg kjernevåpen, selv om det er rimelig å vise til den avskrekkende virkningen kjernevåpen har i forhold til fullskala militære angrep av fiendtlige makter. India og Pakistan kan gjerne brukes som eksempel i denne sammenhengen. Mange peker på begge lands besittelse av kjernevåpen som en direkte årsak til at de to rivalene de senere årene kun har vært i begrensede konfrontasjoner, og at disse ikke har eskalert til regulær krig. For Israels vedkommende kan nok den allmenne oppfatningen om landets kjernevåpenprogram være en avgjørende årsak til at landets mange fiender ikke har gått til invasjon siden 1973. India og Pakistan ble ilagt sanksjoner av verdenssamfunnet etter at de begge prøvesprengte i 1998. Israel har betalt en mindre pris for sine antatte kjernevåpen. Ingen av de tre statene er parter i NPT, så utvikling av kjernevåpen var i seg selv ikke brudd på noen internasjonale avtaler.

Nord-Korea figurerte som nevnt i avsnitt 1.3.2 også på lista over land i Bush' *Ondskapens akse*. Dette landet har konkret vist til behovet for å avskrekke en amerikansk invasjon i sin begrunnelse for at de tidlig i 2003 trakk seg ut av NPT, og gjenopptok utviklingen av kjernevåpen. Det fra før av så isolerte landet har imidlertid måttet betale en høy pris de senere årene i form av brede internasjonale sanksjoner, spesielt etter at de prøvesprengte den 9. oktober 2006. Landets beslutning om å legge ned sitt kjernevåpenprogram kan dermed tolkes som at det hele kostet mer

⁴ Det vil si at landet er så begrenset i geografisk utstrekning at strategisk viktige byer og områder ligger farlig nær grenselinjene og en omgruppering av egne styrker bak en invasjonsfront vanskeliggjøres.

enn det smakte. Dersom Iran skulle velge å følge Nord-Koreas eksempel i framtiden, ved å trekke seg fra NPT og utvikle kjernevåpen, må også Iran regne med å bli utsatt for omfattende isolasjon fra verdenssamfunnet, i hvert fall i noen år framover. Da kan en stille seg spørsmålet om den totale sikkerhetssituasjonen er bedret eller ikke. I det lyset kan det hende at utviklingen av en ”terskelkapabilitet”, det vil si at landet besitter en lovlig, sivil infrastruktur som også gir det evne til å utvikle våpenuran og/eller -plutonium om ønskelig, faktisk vil ses på som tilstrekkelig til å avskrekke regionale rivaler uten at landet må betale prisen for å trekke seg fra NPT.

2 Oppbyggingen av dagens kjernefysiske infrastruktur

2.1 Starten på utviklingen under sjahen

Irans kjernefysiske program kan sies å ha startet for alvor da USA og Iran i 1957 signerte en avtale om samarbeid innen sivil kjernekraft i henhold til det nylig etablerte amerikanske *Atoms for Peace*-programmet. To år senere etablerte Irans atomenergiorganisasjon (*Atomic Energy Organization of Iran – AEOI*) Teheran kjernefysiske forskningscenter (*Tehran Nuclear Research Center – TNRC*), hvor amerikanerne bygde Irans første kjernereaktor. Det var en liten (5 MW_t^5) forskningsreaktor drevet av høyanriket uranbrensel (produsert i Argentina). Reaktoren gikk kritisk første gang i 1967, og den er fremdeles i bruk. Landet signerte og ratifiserte siden Ikke-spredningsavtalen (NPT) i henholdsvis 1968 og 1970, som et av de første landene i verden. NPT forplikter den enkelte stat til å forhandle fram en avtale med IAEA om inspeksjoner av sine kjernefysiske anlegg (blant annet reaktorer, represseringsanlegg og anrikningsanlegg), med unntak av de anerkjente kjernevåpenstatene (Frankrike, Kina, Sovjetunionen/Russland, Storbritannia og USA). De sistnevnte er imidlertid forpliktet til fullstendig nedrustning av sine kjernevåpen. Iran fullførte forhandlingene om, signerte og ratifiserte sin inspeksjonsavtale med IAEA i 1974. Denne er gjengitt i [10]. Sjahen hadde på denne tiden store planer om utbygging av kjernekraft med amerikansk og europeisk hjelp. Det første kraftverket skulle bygges utenfor Bushehr av et tysk selskap (se delkapittel 3.1).

Til tross for Irans tilsynelatende forbilledlige etterlevelse av sine ikke-spredningsforpliktelser, særlig demonstrert gjennom sin samarbeidsvillighet med IAEA, mistenkte enkelte at sjahen hadde et hemmelig, militært kjernevåpenprogram ved siden av det sivile programmet. Bekymringene ble ikke mindre da Khomeini tok over i 1979, og landet ble utsatt for kjemiske våpen i krigen mot Irak. Mange fryktet at Iran da ville søke kjernevåpen for å avskrekke Irak fra igjen å ta i bruk kjemiske våpen. Under sjahen ble Iran medeier i det franske konsortiet *Eurodif*, som bygde et av verdens største anlegg for anrikning av uran til brensel for kjernekraftverk. Avtalen ga Iran rett til å kjøpe ti prosent av det produserte brenselet, men Frankrike nektet etter Den islamske revolusjon å levere noe brensel til Iran. Iran fikk heller ikke refundert sine investeringer på omkring én milliard dollar. Dette førte til en betydelig konflikt mellom de to landene utover på 1980-tallet. [11]

I løpet av 1990-tallet startet Iran opp ytterligere fire små forskningsreaktorer (to nulleffektsreaktorer og to såkalte *critical assemblies*) i Isfahan kjernefysiske teknologisenter (*Esfahan Nuclear Technology Center – ENTC*). Alle fire drives av kinesiskprodusert brensel. Disse reaktorene har ingen relevans i et eventuelt kjernevåpenprogram utover å gi grunnleggende opplæring innen reaktorfysikk og eksperimentell kjernefysikk. Delkapittel 3.2 inneholder mer informasjon om ENTC. [12;13]

⁵ Vi vil i hele rapporten benevne termisk effekt produsert i en kjernereaktor med MW_t og GW_t , mens generert elektrisk effekt vil bli benevnt med MW_e og GW_e .

I årene før avsløringene som preger dagens bilde av og diskusjon omkring Irans kjernefysiske program, var byggingen av reaktoren i Bushehr det store stridstemaet. Dette er nærmere beskrevet i delkapittel 3.1.

2.2 Avsløringene og dagens krise

Den 14. august 2002 påsto den iranske motstandsgruppa *National Council of Resistance* (NCR)⁶ under en pressekonferanse i Washington D.C. at Iran bygde to hemmelige, kjernefysiske anlegg utenfor byene Natanz og Arak. Påstanden var at anlegget nær Natanz skulle bli en uranbrenselfabrikk, mens det utenfor Arak skulle bli en tungtvannsfabrikk. Den 12. desember samme år publiserte den uavhengige amerikanske ”tenketanken” *Institute for Science and International Security* (ISIS) kommersielle satellittbilder fra august og september samme år som viste betydelig byggeaktivitet begge steder. ISIS’ konklusjoner var at satellittbildene samsvarte med bygging av et stort urananrikningsanlegg ved Natanz, men ikke en brenselfabrikk, og at det ved Arak ganske riktig var en langt framskredet tungtvannsfabrikk. Videre slo ISIS fast at Irans små forskningsreaktorer ikke rettferdiggjorde bygging av en stor tungtvannsfabrikk, hvilket ledet til bekymring for at Iran også planla å bygge en mellomstor tungtvannsreaktor for produksjon av plutonium til kjernevåpen. Etter noen runder med bortforklaringer fra iranske myndigheter, innrømmet de i februar 2003 at komplekset ved Natanz var ment å huse et omfattende anlegg for anrikning av uran med gassentrifugeteknologi, og at de ved Arak bygget både en tungtvannsfabrikk og en tungtvannsreaktor. Det har siden kommet for dagen at Iran hadde skaffet seg gassentrifugeteknologi fra et hemmelig nettverk ledet av pakistanske Abdul Qadeer Khan (se avsnitt 2.3.1). Iran forklarte de manglende anleggsdeklarasjonene med at de i henhold til sin inspeksjonsavtale med IAEA [10] kun var forpliktet til å deklare kjernefysiske anlegg innen 180 dager før kjernefysisk materiale blir innført. Formelt sett innebar derfor ikke hemmeligholdet rundt byggingen av disse anleggene brudd på inspeksjonsavtalens bokstavtekst, med mindre man kunne finne spor etter uran eller plutonium på de aktuelle stedene. Som det kommer fram i kapittel 3, har slike anlegg både sivile og militære anvendelser. Deres eksistens er derfor ikke i seg selv noe bevis på at Iran har brutt med artikkel II av NPT om ikke å utvikle kjernevåpen. Hemmeligholdet førte likevel til at svært mange land stilte spørsmål om Irans hensikter kun var sivile, eller om landet i virkeligheten var blitt tatt med buksene nede i et forsøk på å utvikle kjernevåpen i det skjulte. Dette spørsmålet er i skrivende stund svært aktuelt i internasjonal sikkerhetspolitikk, all den tid heller ikke IAEA ser seg i stand til å konkludere med at Irans kjernefysiske program er av rent sivil art. [14]

Avsløringene av anleggene ved Natanz og Arak førte til at Iran raskt ble utsatt for et betydelig press fra IAEA og en rekke stater om å utvise langt større åpenhet omkring sine intensjoner og

⁶ Også kjent som *National Council of Resistance of Iran* – NCRI. Denne politiske paraplyorganisasjonen for eksiliranere, basert i Paris, har nære forbindelser til den militante motstandsgruppa *Mujahedin-e Khalq* (MEK - ”Folkets hær av hellige krigere”). Enkelte beskylder NCR for å være selve ansiktet utad for den ytterliggående gruppa MEK. Begge organisasjonene har figurert på mange staters lister over terrororganisasjoner, og da i særdeleshet MEK. NCR har ved flere anledninger kommet med offentlige påstander om eksistensen av hemmelige anlegg i tilknytning til et påstått iransk kjernevåpenprogram, uten at det alltid har vist seg å holde vann.

planer om å utvikle en full kjernefysisk brenselssyklus. Selv om Iran ved et par anledninger før avsløringene hadde hevdet at de søkte å beherske hele brenselssyklusen (blant annet under IAEAs generalkonferanse i 2002 [15], altså etter påstandene fra NCR, men før offentliggjøringen av satellittbilder fra Natanz og Arak), så kom det som et stort sjokk på de fleste land at Iran hadde klart å komme så langt i byggingen av store, strategiske anlegg uten at IAEA kjente til det.⁷ Går en imidlertid tilbake til 1983, så skal Iran ifølge [16] på det tidspunktet ha søkt IAEA om teknisk assistanse til bygging av et produksjonsanlegg for *uranheksafluorid* (UF₆ – mer omtalt i delkapittel 3.2) på forsøksskala. Det var i så fall et klart signal om at Iran på det tidspunktet ønsket å lære seg kunsten å anrike uran, siden uranheksafluorid er den uranforbindelsen som benyttes i alle former for storskala anrikning.⁸ Stoffet har ingen spesielle andre anvendelser. Søknaden om assistanse skal ifølge samme kilde ha blitt stanset av amerikanske myndigheter. Disse skal også, igjen ifølge samme kilde og [17], ha overtalt både Argentina (1992) og Kina (1997) om å stanse leveranser av brensel til Irans små forskningsreaktorer. Sammen med det Iran opplevde som et stort svik fra Frankrike, beskrevet i delkapittel 2.1, dannet disse hendelsene mye av bakgrunnen for det iranske myndigheter gjentatte ganger har beskrevet som forsøk fra den vestlige verden på å hindre Iran i å rettmessig utvikle sivil kjernefysisk teknologi i henhold til NPTs artikkel IV om fredelig bruk. Det utstrakte hemmeligholdet landet har utøvd, samt argumentasjonen om at de behøver å være fullstendig selvforsynte i sin kjernekraftutvikling, må forstås med bakgrunn også i disse momentene.

Da IAEA, ved generaldirektør Mohamed ElBaradei, første gang besøkte Irans anrikningssenter ved Natanz i februar 2003, kunne han rapportere at det på det tidspunktet var installert noe over hundre sentrifuger i det såkalte *pilotanlegget* (nærmere beskrevet i delkapittel 3.3), mens det forelå deler til flere hundre til. Siden da har Iran hele tiden vært i en bitter drakamp mot verdenssamfunnet, med Frankrike, Storbritannia, Tyskland – den såkalte EU 3-gruppa – og USA i spissen, om framdriften i montering og drift av sentrifuger i Natanz. Iran hevder at landet kun utøver sin ”umistelige rett” (i henhold til NPT) til utvikling av sivil kjernefysisk teknologi. På den andre siden har EU 3 og deres allierte hele veien gjort det klart at Iran må stanse all videre installasjon og drift av sentrifuger, i det minste inntil tilliten til Irans angivelig fredelige intensjoner er gjenopprettet. Det ble derfor reagert med stor skuffelse da Iran i april 2006 erklærte at de nå mestret anrikning av uran på laboratorieskala. I løpet av 2006 kunne IAEA rapportere fra sine inspeksjoner av anrikningssenteret ved Natanz at Iran hadde anriket omkring 40 kg uranheksafluorid til nivåer under 5 %. Delkapittel 3.3 omtaler Irans anrikningssenter ved Natanz i mer detalj, mens delkapittel 5.1 angir hvilken kapasitet dette anlegget vil kunne gi Iran til eventuell framtidig produksjon av uran av kjernevåpenkvalitet. [18-21]

Senere i 2003 og i 2004 dukket det opp ytterligere mistanker om skjulte kjernefysiske aktiviteter i Iran. NCR pekte ut et kompleks i den nordøstlige delen av Teheran, nærmere bestemt i

⁷ Enkelte kilder som FFI ikke vurderer som spesielt pålitelige, hevder riktignok at vestlige etterretningstjenester både kjente til anleggene ved Natanz og Arak før avsløringene og hadde tipset IAEA om disse anleggene før mediene rapporterte om dem.

⁸ Uranmetall brukes i anrikning med bruk av laser, men det har til nå ikke blitt gjort i stor skala.

Lavizan-Shian, som et senter for forskning på såkalt *weaponization* av fissilt materiale. I tillegg fikk IAEA stadig sterkere mistanke til et militært forskningssenter i utkanten av Teheran, kalt Parchin. Begge disse anleggene diskuteres nærmere i avsnittene 3.6.1 og 3.6.2.

Etter at IAEA i 2003 stilte Iran, ved AEOI, stadig mer nærgående spørsmål om de ulike anleggene og tidligere aktiviteter, valgte Iran å legge noen flere kort på bordet. Sent i oktober 2003 mottok IAEA et brev fra Gholamreza Aghazadeh, visepresident i Iran og president i AEOI, hvor han oppklarte en del momenter IAEA hadde søkt avklaring på. Spesielt innrømte Aghazadeh at Iran hadde foretatt tester av enkelte gassentrifuger med importert uranheksafluorid i tidsrommet 1998 – 2002 (i *Kalaye Electric Company*, nærmere beskrevet i avsnitt 2.3.3). Det har senere kommet for dagen at uranheksafluoridet ble importert fra Kina i 1991, sammen med urantetrafluorid (UF₄) og utarmet urandioksid (UO₂). Dette materialet ble blant annet brukt til produksjon av uranyl nitrat (et mellomprodukt ved produksjon av uranheksafluorid fra *yellowcake*, som er et hevdnavn for en blanding av uranoksider, gjennomsnittlig U₃O₈), ammoniumuranylkarbonat (AUC – et mellomprodukt ved produksjon av urandioksid fra uranheksafluorid), uranmetall og pellets av urandioksid. Videre innrømte Aghazadeh at Iran mellom 1991 og 2000 hadde et forskningsprogram for urananrikning med lasere, hvor de benyttet 30 kg uranmetall som de til da ikke hadde deklarerert til IAEA. Som om ikke det var nok, kom det også fram at Iran mellom 1988 og 1992 hadde bestrålt i alt 7 kg urandioksid, for så å ekstrahere små mengder plutonium fra dette (beskrevet i avsnitt 2.3.4). Disse tre forholdene er hver for seg klare brudd på Irans inspeksjonsavtale med IAEA [10]. Nå skal det sies at brudd på inspeksjonsavtalen ikke er det samme som et brudd på NPT, men avsløringene la ikke akkurat en demper på den vestlige verdens beskyldninger mot Iran. [22;23]

Helt siden avsløringene høsten 2002 har IAEA-sekretariatet gjort det de har kunnet for å komme til bunns i forståelsen av Irans kjernefysiske program, noe som gjenspeiles av at generaldirektøren foran hvert eneste styremøte siden juni 2003 har gitt IAEA-styret en rapport om status for verifikasjonsarbeidet i Iran. IAEA har oppfordret Iran til størst mulig åpenhet omkring sine aktiviteter i nåtid og fortid, og de har spesielt oppfordret myndighetene i Teheran til å signere og ratifisere Tilleggsprotokollen (se avsnitt 1.3.1). Iran signerte Tilleggsprotokollen 18. desember 2003, men har foreløpig ikke ratifisert den. Det betyr at Iran ikke er folkerettslig forpliktet til å etterleve den. Imidlertid valgte myndighetene i Iran å forholde seg til Tilleggsprotokollen som om den var trådt i kraft i perioden etter at de signerte den og fram til IAEAs styre i februar 2006 vedtok å oversende Irans sak til FNs sikkerhetsråd. Årsaken til oversendelsen var først og fremst at Iran nektet å stanse sine anrikningsaktiviteter, hvilket IAEA-styret gjentatte ganger hadde krevd, samtidig som det var en rekke utestående spørsmål knyttet til landets intensjoner. IAEA har siden den gangen møtt langt mindre samarbeidsvilje fra Irans side i å skaffe til veie relevant informasjon og tillate inspeksjoner av anlegg byrået har ønsket å se nærmere på. Denne trenden snudde heldigvis sommeren 2007, da Iran gikk i direkte forhandlinger med IAEA for å legge en plan for hvordan de sammen kunne komme til klarhet i de utestående sakene. Oversendelsen av Irans sak til Sikkerhetsrådet har i praksis betydd at IAEA har holdt Sikkerhetsrådet informert om utviklingen i form av rapporter og resolusjoner. Sikkerhetsrådet har et løpende mandat til å

vurdere å innføre folkerettslig bindende sanksjoner for å tvinge Iran til å bøye seg, hvilket i ytterste konsekvens kan bety militære aksjoner med folkeretten i ryggen.

Sikkerhetsrådet har vedtatt i alt fire resolusjoner for å tvinge Iran til å stanse sine anriknings- og reprosesseringsaktiviteter⁹ inntil tilliten til dets atomprogram har blitt gjenopprettet. Den første resolusjonen, SR 1696, ble vedtatt 31. juli 2006. Da hadde de vestlige maktene med fast plass og vetorett i Sikkerhetsrådet (USA, Storbritannia og Frankrike) lenge forsøkt å få de to siste vetonasjonene, Kina og Russland, med på sanksjoner mot Iran. Disse to landene er prinsipielt motstandere av å bruke sanksjoner til å tvinge igjennom andre staters vilje, så resolusjonen ble vedtatt uten sanksjoner mot Iran. I stedet inneholdt den en advarsel om at Sikkerhetsrådet ville forbeholde seg retten til å vedta sanksjoner mot Iran på et senere tidspunkt, dersom landet innen en måned ikke hadde stanset med sine anriknings- og reprosesseringsaktiviteter. Reprosessering var på det tidspunktet av underordnet betydning, da fokuset var på urananrikningssenteret ved Natanz og ingenting tydet på at Iran noe sted var nær ved å etablere noe reprosesseringsanlegg. [24;25]

Da Iran nektet å føye seg etter Sikkerhetsrådets vilje, vedtok Sikkerhetsrådet resolusjon 1737 på lille julaften 2006, hvor de påla Iran å stanse med anrikningsrelaterte aktiviteter og reprosessering, samt å stanse alt tungtvannsrelatert arbeid (inkludert byggingen av reaktoren utenfor Arak). Videre ble stater pålagt å hindre salg av utstyr eller annen form for støtte til de nevnte iranske aktivitetene, samt potensielle leveringsmidler for kjernevåpen (særlig missiler). Resolusjonen inneholdt også en liste med enkeltpersoner og foretak knyttet til missilmiljøet, Revolusjonsgarden og/eller Irans atomprogram, med krav om at medlemslandene skulle beslaglegge bankkonti og øvrig aktiva som disse måtte ha i de respektive land. Sikkerhetsrådet lovte å oppheve disse sanksjonene så snart Iran gjennomførte kravene fra IAEAs styre og fra Sikkerhetsrådet selv. Slik gikk det imidlertid ikke. Den 24. mars 2007 fulgte derfor Sikkerhetsrådet opp med resolusjon 1747, som i praksis slo fast de samme kravene som i SR 1737, men som også la en rekke nye enkeltpersoner og foretak til lista over hvem som skulle rammes av økonomiske sanksjoner. [26;27]

I løpet av sommeren 2007 gikk IAEAs generaldirektør Mohamed ElBaradei i direkte forhandlinger med Irans hovedforhandler i atomsaker, og leder av Irans nasjonale sikkerhetsråd, Ali Larijani (begge to avbildet i Figur 2.1), om en avtale om å komme til bunns i de utestående verifikasjonssakene. ElBaradei ble i den perioden sterkt kritisert i mediene av vestlige makter for uttalelser om at krav om stans i anrikningsaktiviteter var ”gått ut på dato”, fordi Iran var kommet over den vanskeligste teknologiske bøygen. Imidlertid fikk ElBaradei det handlingsrommet han behøvde fra IAEA-styret til å komme fram til en stegvis handlingsplan for å løse Irans utestående verifikasjonssaker. Irans velvillighet i denne prosessen ble av mange observatører tolket som et forsøk på å kjøpe seg litt godvilje hos særlig Russland og Kina, slik at ytterligere sanksjoner ville bli vanskelig å få vedtatt i Sikkerhetsrådet. Handlingsplanen som ElBaradei og Larijani kom fram til ga dessuten Iran en mulighet til å renske dagens atomprogram, ved å la en

⁹ Med reprosessering mener vi kjemisk gjenvinning av uran og plutonium fra bestrålt kjernebrensel. Reprosessering er nødvendig om en skal produsere plutonium til kjernevåpen.

”friskmelding” fra IAEA være gulroten ved enden av prosessen. Enkelte stater kritiserte avtalen for at den fokuserte på kun én sak av gangen. Iran ville dermed få mer tid til å utvikle sitt program enn om alle saker ble søkt løst parallelt. De konkrete utestående sakene blir behandlet noe mer utfyllende i neste delkapittel. Hovedelementene kan i mellomtiden oppsummeres som følgende: [28]

Inspeksjoner:

- a) Forhandle fram enighet om praktisk gjennomføring av inspeksjoner i anrikningssenteret utenfor Natanz.
- b) Tillate inspeksjon av byggeplassen utenfor Arak, hvor Iran bygger en tungtvannsreaktor.
- c) Godta et større antall IAEA-inspektører.
- d) Innvilge multivisum til IAEA-inspektørene, så disse lettere og raskere vil kunne foreta sine inspeksjoner i Iran.

Verifikasjonsspørsmål:

- a) Gjøre rede for tidligere forsøk med separasjon av plutonium fra bestrålte targets.
- b) Gi IAEA mer informasjon om fortidig forskning på P-1- og P-2-sentrifuger.¹⁰
- c) Bringe klarhet i bakgrunnen for funn av partikler av høyenriket uran ved Teherans tekniske universitet.
- d) Gjøre rede for opprinnelsen og betydningen til et kort dokument om støping av uranmetall.
- e) Forklare hensikten med og omfanget av tidligere forsøk med ekstraksjon av polonium.
- f) Redegjøre for driftshistorien og eierforholdene knyttet til urangruven i Gchine.
- g) Kommentere og oppklare påstander om hemmelige prosjekter knyttet til utvikling av kjernevåpendesign, tilpassing av missilneser og produksjon av uranmetall ved reduksjon av urantetrafluorid (UF₄ – ”grønt salt”).

Handlingsplanen tok sikte på å komme til bunns i de utestående sakene innen utgangen av november 2007. De fleste av punktene tok imidlertid noe lengre tid enn stipulert. Forhandlingsklimaet mellom Iran og IAEA ble dessuten betydelig forverret etter at Larijani brått trakk seg som sjefsforhandler i atomsaker og leder av Irans nasjonale sikkerhetsråd, og ble erstattet av den mer kompromissløse Saeed Jalili 20. oktober 2007. I en rapport fra ElBaradei til IAEA-styret datert 22. februar 2008 slo generaldirektøren fast at de aller fleste av de utestående verifikasjonsspørsmålene ble ansett som tilfredsstillende oppklart.¹¹ Unntaket var det som IAEA gjerne omtaler som *de påståtte studiene* (punkt g) under *verifikasjonsspørsmål*). Med det menes

¹⁰ Se blant annet avsnitt 2.3.1 og 2.3.2.

¹¹ Det tas imidlertid forbehold om at IAEA igjen kan tenkes å ta opp igjen enkelte saker ved en senere anledning.

en rekke omstridte indisier for at Iran skal ha drevet rene kjernevåpenrelaterte studier i form av hemmelige prosjekter i fortiden. Vi kommer tilbake til dette i avsnitt 2.3.5. ElBaradei slo for øvrig også fast i samme rapport at IAEA aldri vil kunne garantere at kjernefysisk materiale ikke er på avveie i Iran, så lenge landet ikke har implementert Tilleggsprotokollen. [29]



Figur 2.1 Mohamed ElBaradei og Ali Larijani under en pressekonferanse i Wien 22. juni 2007.
(Foto: Heinz-Peter Bader / Reuters)

Til tross for Irans relative samarbeidsvillighet med implementeringen av handlingsplanen, lyktes EU 3 og USA i å få vedtatt enda en sikkerhetsrådsresolusjon mot Iran 3. mars 2008. I resolusjon 1803 [30] er det igjen lagt til navn og selskaper på lista over personer og organisasjoner medlemslandene i FN pålegges å innføre sanksjoner mot. Blant annet ble Irans banker (den største – *Bank Melli* – ble nevnt eksplisitt) lagt til lista over foretak FNs medlemsland bør vise årvåkenhet i handel med. Denne gangen inkluderte imidlertid resolusjonsteksten enkelte avsnitt med noe mer positive formuleringer enn

tidligere. For det første ble handlingsplanen berømmet, og for det andre ba Sikkerhetsrådet om å få en rapport fra ElBaradei innen 90 dager om hvorvidt Iran har stanset de aktivitetene som Sikkerhetsrådet gjennom sine resolusjoner har pålagt dem å stanse. Sikkerhetsrådet forpliktet seg til å heve samtlige sanksjoner dersom Iran rapporteres å ha gjort som de har blitt pålagt. I månedene som har fulgt siden SR 1803 ble vedtatt, har det ikke vært noen tegn på at Iran har villet bøye seg for Sikkerhetsrådets krav, og det har heller ikke vært mye diplomatisk bevegelse mellom de involverte partene. Alt tyder derfor på at vi også etter 2008 vil se en fortsatt diplomatisk drakamp om Irans kjernefysiske aktiviteter.

2.3 Uavklarte forhold

Etter hvert som IAEA gradvis har forsøkt å nøste opp all relevant informasjon om Irans kjernefysiske aktiviteter, har det kommet flere ting for dagen som i større eller mindre grad har økt mistankene om at Iran også har hatt eller har militære ambisjoner med sitt kjernefysiske program. Dette delkapittelet omhandler en del av de vesentligste momentene som har kommet fram i den forbindelse. Som nevnt i forrige delkapittel, er en del av disse sakene ikke lenger gjenstand for videre undersøkelser fra IAEA. De tas likevel med her fordi de er betydningsfulle for å forstå omfanget av konflikten rundt Irans atomprogram.

2.3.1 Samarbeidet med Khan-nettverket

Da IAEA besøkte anrikningssenteret ved Natanz i 2003, ble de slått av hvor like Irans sentrifuger var tidlige europeiske sentrifuger operert av det britisk-nederlandsk-tyske konsortiet *URENCO*. Byrået konfronterte AEOI med denne observasjonen, samt vurderingen at Iran umulig kunne ha kommet så langt kun basert på informasjon fra åpne kilder, under diskusjoner i august samme år. Det fikk iranerne til å innrømme at beslutningen om å satse på gassentrifuger i realiteten gikk helt tilbake til 1985, i strid med hva de tidligere hadde erklært. Videre innrømte de at de fikk utenlandsk assistanse i form av deler og tegninger allerede i 1987. [23]

Iran innrømmet altså å ha handlet gassentrifugeteknologi på det svarte markedet. I en TV-sending i februar 2004 tilsto pakistanske Abdul Qadeer Khan, ofte kalt ”Den pakistanske bombens far”, at han sto bak omfattende spredning av denne svært sensitive teknologien til Libya, Iran og Nord-Korea. Khan brukte kunnskap, tegninger og kontakter fra sin tid som ingeniør ved *URENCO* til først å bygge opp Pakistans produksjonslinje for anrikt uran, og så til å selge teknologien videre til de nevnte landene.¹² Hovedeksportartikkelen til Khan var de såkalte *P-1-sentrifugene*, som var det IAEA fant både i Libya og i Iran. P-1 henspiller på førstegenerasjons pakistanske sentrifuger.¹³ Khan og hans medarbeidere har i avhør gjort rede for samarbeidet med Iran overfor pakistanske myndigheter. Iran har på sin side forklart seg overfor IAEA. I skrivende stund er det fremdeles noen momenter i denne historien som framstilles ulikt av de to partene. IAEA har gjentatte ganger utfordret Iran til å redegjøre for disse sprikene. Særlig er det uklart i hvilken grad Iran har kjøpt deler og ”know-how” til de mer avanserte, såkalte *P-2-sentrifugene*. Dette spørsmålet drøftes i noe mer detalj i neste avsnitt. Andre uklarheter går hovedsakelig på tidspunkt og hyppighet av møter. Det er verdt å merke seg at det har figurert spekulasjoner om at Iran også mottok et kinesisk, uranbasert stridshodedesign fra 1960-årene, siden det er kommet fram at Libya hadde fått tak i en slik design via Khan-nettverket. [31;33]

2.3.2 Mer avanserte sentrifuger

Khans nære medarbeider Buhary Seyed Abu Tahir har i avhør hevdet at Iran trolig kjøpte tre ferdige eksemplarer av Pakistans andregenerasjons gassentrifuge, kalt *P-2*. Denne typen sentrifuge antas å ha en separasjonsevne på over 5 SWU per år (se forklaring i faktaboksen i slutten av avsnittet). Til sammenlikning har P-1 kun 2 SWU per år i antatt maksimal separasjonsevne. Iran påstår at de aldri har kjøpt annet enn tegninger av P-2-sentrifugen, men Tahir hevder at det var standard prosedyre for Khan å tilby et sett med tre sentrifuger til sine kunder. Det er ingen som kan peke på hvor de tre konkrete sentrifugene som Tahir sikter til befinner seg. Iran har tidligere oppgitt at de la ned sitt P-2-utviklingsprogram i 2003. Det vakte derfor stor oppsikt da president Ahmadinejad i april 2006 i full offentlighet hevdet at Iran driver testing og utvikling av P-2-sentrifuger. Det var på det tidspunktet ikke kjent hvor dette arbeidet eventuelt foregikk. [31;33-36]

¹² Det såkalte *Khan-nettverket* er behandlet i en egen FFI-rapport: [31]

¹³ IAEA har etter hvert begynt å omtale de iranske P-1-sentrifugene som *IR-1-sentrifuger*. Tilsvarende nomenklatur gjelder altså for iranske sentrifuger, hvor det snakkes om både IR-1, IR-2- og IR-3-sentrifuger. ”IR” henspiller trolig på ”Islamic Republic” i denne sammenhengen. [32]

Et av punktene i handlingsplanen mellom IAEA og Iran, tidligere omtalt i delkapittel 2.2, var nettopp å få mer klarhet i Irans arbeid med mer avanserte sentrifuger. I desember 2007 gikk Iran endelig med på å la IAEA inspisere denne delen av landets anrikningsprogram. Betydningen av dette gjennombruddet understrekes ved at IAEA stilte med sine to øverste embedsmenn innen organisasjonens verifikasjonsarbeid, nemlig generaldirektør ElBaradei og visegeneraldirektør med ansvar for verifikasjon, Olli Heinonen, til IAEAs første inspeksjon av Irans utvikling av avanserte sentrifuger 13. januar 2008. Stedet hvor AEOI driver sin forskning på mer effektive sentrifuger viste seg å være Kalaye Electric Company, hvor IAEA fra før visste at Iran hadde testet sine første P-1-sentrifuger (som vi kommer tilbake til i avsnitt 2.3.3). Mange ble overrasket da IAEA kunne rapportere at Iran ikke bare forsket på den pakistanske P-2-sentrifugen i Kalaye Electric Company, men at de faktisk arbeidet med fire ulike design. En av disse designene, kalt *IR-2*, er antatt å kunne oppnå den samme anrikningskapasiteten som en P-2-sentrifuge, nemlig ca 5 SWU i året. Iran har imidlertid hatt store problemer med å lage belgen som deler P-2-sentrifugens rotor¹⁴ i to for å håndtere resonanser. Årsaken er både manglende tilgang til den avanserte stålqualiteten *maraging steel*¹⁵, som belgen og rotoren er lagd av, og at denne belgen er tynnere og dermed vanskeligere å maskinere enn belgene til P-1-sentrifuger. Irans løsning har derfor blitt å gjøre sentrifugen halvparten så høy, lage rotoren i karbonfiber og droppe belgen. Karbonfiberrotorer tåler høyere hastigheter enn rotorer av *maraging steel*, som igjen tåler høyere hastigheter enn rotorer av aluminium, som det er i P-1-sentrifuger. På den måten kan *IR-2*-sentrifugen i prinsippet oppnå hele 5 SWU i året, selv om den altså er lavere enn P-2-sentrifugen. Det gjør også Iran noe mindre avhengig av import av *maraging steel*, siden *IR-2*-sentrifugene trolig kun trenger dette materialet til rotorenes endekapsler. Men Iran vil fortsatt trenge å importere karbonfiber og spesielle magneter. [29;37;38]

Figur 2.2 viser en rotor til en *IR-2*-sentrifuge og det som kan se ut som nettopp en belg av oksidert *maraging steel* – oksidert for å være mer korrosjonsbestandig overfor UF₆. Dersom den siste antakelsen stemmer, så kan det tyde på at Iran etter hvert har kommet langt i å overkomme problemene med å produsere belger av *maraging steel* selv. Det har dessuten figurert påstander om at Iran på et ukjent tidspunkt skal ha importert hele 67 tonn med *maraging steel* i det skjulte fra en ikke navngitt aktør i Storbritannia. Dersom dette stemmer, så har de i så fall nok av dette materialet til ca 100 000 belger, som er tilstrekkelig til for eksempel 33 000 P-1-sentrifuger, dersom alt utnyttes til det formålet. Figur 2.3 viser en testkaskade med *IR-2*-sentrifuger ved pilotskalaanrikningsanlegget *PFEP* (beskrevet i delkapittel 3.3). [38]

To dager etter ElBaradei og Heinonens besøk i Kalaye Electric Company i januar 2008 informerte Iran IAEA om at de hadde begynt å installere de første *IR-2*-sentrifugene i *PFEP*. IAEA har siden rapportert at Iran har testet enkeltstående *IR-2*-sentrifuger, en kaskade med ti *IR-2*-sentrifuger samt to såkalte *IR-3-sentrifuger* med lave konsentrasjoner med UF₆ ved *PFEP*, samt installert blant annet flere enkeltstående *IR-3*-sentrifuger og en lengre, til nå ukjent sentrifugemodell. Se Figur 2.4. *IR-3*-sentrifugene er nesten lik *IR-2*-sentrifugene. Forskjellene

¹⁴ Rotoren i en gassentrifuge er selve røret som inneholder UF₆, og som spinner rundt inne i en evakuert, sylindrisk kapsling som står i ro.

¹⁵ Noen steder omtales *maraging steel* som *mareldet stål* på norsk, men det er ikke et veletablert uttrykk.

er antakelig i hovedsak to: IR-3 er noe lengre og temperaturprofilen noe annerledes, hvilket synes ved den noe ulike kjøleviklingen på utsiden av sentrifugekapslingen. Den ekstra lengden skyldes enten lengre rotor eller kraftigere oppheng. Det sistnevnte kan bety at sentrifugen er bygd for høyere hastigheter enn IR-2. Uansett kan den ekstra lengden bety større kapasitet. Begge modellene er såkalt *subkritiske*. Det betyr at de ikke roterer så fort at det oppstår bøyingsresonanser som kan føre til brist i rotoren. *Superkritiske* sentrifuger er konstruert for å overvinne slike resonanser, i hovedsak ved hjelp av belger som deler rotoren i flere deler. Det er ikke kjent hvilken kapasitet Iran venter å kunne oppnå med IR-3-modellen, men det er rimelig å anta at den vil være noe over IR-2 sin kapasitet på grunn av den ekstra lengden og muligens temperaturprofilen. Vi regner med at verken IR-2 eller IR-3 er testet godt nok til å kunne gi svar på hva den maksimale kapasiteten er, men siden vi antar at IR-2 er designet for å gi minst samme kapasitet som P-2, så kan vi gå ut fra at denne vil kunne gi 5 SWU i året. [32;39]

Mye tyder på at Iran til nå har utsatt beslutningen om hvilken sentrifugetype de skal masseprodusere til størsteparten av produksjonshallene ved fullskalaanlegget FEP (beskrevet i delkapittel 3.3). Det kan også tenkes at de lærer seg full drift av kaskader med for eksempel IR-2- eller IR-3-sentrifuger samtidig som de går videre med superkritiske eller på andre måter mer avanserte modeller, slik at de i framtiden kan masseprodusere, installere og drifte mer enn én type sentrifuger ved FEP.



Figur 2.2 Deler til gassentrifuger. Delen som holdes opp til venstre i bildet er en belg, trolig lagd av oksidert maraging steel til sentrifuger som har mer enn én rotor. I midten av bildet holder president Ahmadinejad en karbonfiberrotor til en IR-2-sentrifuge. Bildet er fra presidentens besøk ved anrikningscenteret utenfor Natanz 8. april 2008. [39] (Foto: Iran's Presidency Office Handout)



Figur 2.3 En testkaskade med IR-2-sentrifuger i PFEP. (Foto: Iran's Presidency Office Handout)

Vi vet ikke hvilken produksjonsrate Iran til enhver tid har for de ulike sentrifugetypene, men framdriften i installering og testing med og uten UF_6 ved FEP og PFEP oppsummeres regelmessig i rapportene fra ElBaradei til IAEA-styret før hvert styremøte. Det er derfor både usikkert hvor lang tid det vil ta før Iran behersker nær optimal drift av de mer avanserte sentrifugene enkeltvis og i kaskader, og hvor mange år de trenger på å fylle størsteparten av sitt fullskala anrikningsanlegg med slike sentrifuger. Dette kommer vi i noen grad inn på også i avsnitt 3.3.3. Vi kommer i delkapittel 5.1 nærmere inn på hvilket potensiale fullt operative kaskader av P-1- og IR-2-sentrifuger kan gi Iran i eventuell framtidig produksjon av uran av våpenkvalitet. Det er foreløpig ikke mulig å gjøre tilsvarende forutsigelser for IR-3 eller den lengre, ukjente sentrifugemodellen ved PFEP, siden vi ikke kjenner den teoretisk maksimale kapasiteten til hver sentrifuge.



Figur 2.4 Eksperimentelle sentrifuger ved PFEP. Øverst: Trolig to IR-3-sentrifuger. Nederst: P-1-sentrifuger til venstre og en antatt mer avansert modell av ukjent designasjon til høyre. Sistnevnte framstår som noe tykkere enn P-1. Lengden ser ut til å være omtrent som for P-1, og den er dermed vesentlig lengre enn IR-2 og IR-3. [39] (Foto: Iran's Presidency Office Handout)

Separative Work Units – en måleenhet for anrikningskapasitet

Med anrikning av uran mener vi å øke andelen av den spaltbare isotopen uran-235 på bekostning av andre naturlig forekommende isotoper. I naturen er det bare 0,7 % uran-235. Resten er så å si bare uran-238. Siden isotopers kjemiske egenskaper er de samme, utnytter en isteden den lille masseforskjellen det er mellom de ulike isotopene. Urananrikning kan utføres med en rekke ulike teknologier. Kjente eksempler er *gassentrifuger* (bildet), *gassdiffusjon*, *elektromagnetisk isotopseparasjon* (EMIS), *atomær gass laserisotopseparasjon* (AVLIS – ”V” står for ”vapour”) og *molekylær laserisotopseparasjon* (MLIS). Et systems kapasitet til å anrike uran måles i såkalte *Separative Work Units*, eller *SWU*. Den rigorøse definisjonen av denne enheten er svært omfattende, så vi forholder oss her til eksempler. Det kreves ca 5000 SWU for å produsere 25 kg uran anriket til 90 % (våpenkvalitet). Da er konsentrasjonen av uran-235 i restproduktet (utarmet uran) 0,3 %. Denne konsentrasjonen er dimensjonerende for hvor store mengder naturlig uran som kreves for å anrike en gitt mengde uran til en gitt grad. Jo mer utarmet restproduktet er, jo mindre naturlig uran kreves det. Det behøves grovt sett 100 000 SWU i året for å levere nok lavanriket brensel (typisk 3 – 5 % uran-235) til en kraftproduserende lettvannsreaktor med 1 GW elektrisk effekt. [40]



Amerikanske gassentrifuger (Foto: U.S. Department of Energy).

2.3.3 Spor av anriket uran

I kjølvannet av avsløringene av anleggene ved Natanz og Arak i 2002 fulgte en rekke større og mindre avsløringer av og påstander om udeklarte aktiviteter i Iran. En av påstandene gikk ut på at Iran hadde gjort tester i liten skala av urananrikning med gassentrifuger i en bygning forkledd som en klokkefabrikk, kalt *Kalaye Electric Company*. Etter gjentatte forespørsler tillot iranske myndigheter IAEA å foreta miljøprøver inne i bygningen i august 2003. Flere rom var da helt tydelig oppusset etter at IAEA først hadde vært på befarings i mars samme år, noe enkelte av IAEOs inspektører senere offentlig ga uttrykk for at de tolket som et mulig tegn på forsøk på å

skjule spor av sensitive materialer. Spor av uran i et udeklart anlegg ville i prinsippet være bevis på at Iran hadde brutt med sine forpliktelser i henhold til sin inspeksjonsavtale med IAEA. Nå viste det seg at IAEA fant partikler av både lavanriket uran (*low-enriched uranium* – LEU) og høyanriket uran (*highly enriched uranium* – HEU)¹⁶ flere steder hvor Iran hadde arbeidet med gassentrifuger, fortrinnsvis i Kalaye Electric Company og i bygninger i anlegget ved Natanz. Iran har overfor IAEA nektet for at disse sporene stammet fra anrikning de selv har utført. Forsøkene med enkeltentrifuger – omtalt i delkapittel 2.2 – skulle ikke kunne gi de anrikningsgradene som IAEA målte. Iran har isteden hevdet at partiklene stammet fra tidligere bruk av sentrifugene i opprinnelseslandet. Som det er beskrevet i større detalj i avsnitt 2.3.1, viste det seg raskt at dette opprinnelseslandet var Pakistan. Etter omfattende diplomatisk virksomhet fikk IAEA i 2005 tillatelse til å foreta målinger på tilsvarende sentrifuger og sentrifugekomponenter fra Pakistan. Resultatene var langt fra entydige, men IAEA-ekspertenes vurdering per dags dato er at partiklene funnet i forbindelse med Irans anrikningsprogram kan ha fulgt med utstyret som Iran kjøpte på det svarte markedet. [22;23;41]

I neste avsnitt omtales funn IAEA har gjort av høyanriket uran et annet sted i Iran, i forbindelse med oppklaring av et verifikasjonsspørsmål knyttet til plutonium. Vi kommer også tilbake til nok et funn av uranpartikler i avsnittet om forskningssenteret i Lavizan-Shian i Teheran (avsnitt 3.6.2).

2.3.4 Plutoniumseparasjon

Iran har deklartert til IAEA at de har eksperimentert med separasjon av plutonium fra bestrålte targets av utarmet urandioksid (produsert i Isfahan) fra 1988 til 1992, og at all forskning på dette opphørte i 1993. Targetene¹⁷ ble bestrålt i forskningsreaktoren i Teheran. Spektroskopiske målinger av flasker med plutoniumnitratløsninger som IAEA foretok i 2004 og tidligere, indikerte imidlertid at separasjonen av plutonium var foretatt senere enn i 1993. Iran forklarte denne uoverensstemmelsen med at de ikke hadde foretatt noen ytterligere bestråling av targets etter 1993, men at selve separasjonen av plutonium var foretatt i 1998. Noe av plutoniumet ble brukt til å lage små skiver av plutoniummetall, som etter sigende skulle brukes til alfaspetspektroskopi. Destruktive analyser IAEA foretok av disse skivene viste at isotopsammensetningen ikke stemte overens med isotopsammensetningen i plutoniumnitratløsningene som skulle være opphavet til plutoniumet. Rent konkret var andelen av plutonium-240 langt lavere i åtte av skivene enn tilsvarende i plutoniumnitratløsningene. Det tyder på en kortere bestrålingstid for targetene som var opphav til disse plutoniumskivene. Plutonium med en lav andel av plutonium-240 er mer egnet til kjernevåpen enn plutonium med mye plutonium-240. [22;25;42]

Beholderne med resten av de bestrålte targetene var lagret i *Karaj avfallslager*. Ved inspeksjon av beholderne oppdaget IAEA at antallet bestrålte targets var langt høyere enn det Iran først hadde deklartert. Dessuten, og av langt større betydning, viste miljøprøver tatt fra en av

¹⁶ Lavanriket uran er uran hvor andelen av den spaltbare isotopen uran-235 er økt fra 0,7 % (vekt) og inntil 20 %. Høyanriket uran er uran med en uran-235-andel på 20 % eller mer.

¹⁷ Med ”targets” mener vi her ikke-radioaktive stoffer som plasseres mellom uranbrenselet, slik at nye, i hovedsak radioaktive stoffer oppstår som følge av nøytronbestråling.

beholderne spor av høyanriket uran. Etter hvert har det kommet fram at disse uranpartiklene trolig stammet fra argentinskprodusert høyanriket uranbrensel til forskningsreaktoren i Teheran, siden noen av beholderne med bestrålte targets tidligere ble brukt som mellomlager for brukt brensel fra denne reaktoren. IAEA ser ut til å feste lit til denne forklaringen. I motsatt fall ville en ha grunn til å tro at Iran selv hadde anriket uranet i et til nå udeklart anlegg, hvilket ville bety mye for verifikasjonssituasjonen i landet. [43;44]

De siste uklarhetene omkring Irans forsøk med plutonium ble oppklart i august 2007. Da oppga Iran, både gjennom et brev til IAEA og i et møte med IAEA på teknisk nivå i Teheran, detaljert informasjon om driftshistorien til reaktoren i Teheran i perioden forsøkene med bestråling av utarmet urandioksid fant sted. Særlig informasjon om fordeling av nøytronfluks i reaktorkjernen, plassering av reflektorer/moderatorer (grafitt i tillegg til primærkjølekretsen med lettvann) og tidlige målinger av nøytronfluks gjorde det mulig for IAEA å forstå årsaken til den høye andelen av plutonium-240 i plutoniumnitratløsningene. "Plutoniumsaken" ble derfor i praksis lagt død i generaldirektør ElBaradeis rapport til IAEA-styret 30. august 2007, etter å ha vært en gjenganger i alle slike rapporter siden november 2003. [28]

2.3.5 "Prosjekt grønt salt" og en mistenkelig laptop

I midten av juli 2005 møttes amerikanske etterretningsoffiserer og flere av de øverste lederne i IAEA, inkludert generaldirektør Mohamed ElBaradei, i hemmelighet i IAEA-hovedkvarteret i Wien. Amerikanerne hevdet de hadde med seg beviser for at Iran hadde en militær dimensjon i sitt kjernefysiske program. Bevisene var i form av en laptop full av dokumenter på farsi (persisk), som amerikanerne skulle ha fått tak i fra en iransk statsborger i Tyrkia ca et år tidligere. Omfanget av dokumenter skal ha vært så stort at det må ha stått en hel gruppe mennesker bak. Europeiske etterretningstjenester skal ha fått tilgang til laptopen før den ble framlagt for IAEA, uten at de skal ha funnet bevis for at den har vært fabrikkert. Flere av dokumentene skal ha sett ut til å dreie seg om utvikling av kjernefysiske implosjonsstridshoder, selv om ordet "kjernefysisk" visstnok ikke skal forekomme i noen av dokumentene. Ett sted sto det at optimal detonasjonshøyde var omkring 600 meter over bakken, noe som er typisk for et første generasjons kjernevåpen. Det meste som skal ha omhandlet stridshodeutvikling, skal imidlertid ha vært basert på datasimuleringer, selv om det skal ha vært visse indikasjoner på at det har vært utført noe laboratoriearbeid. Mer spesifikt skal flere av dokumentene ha tatt for seg hvordan en kan lage et kuleskall av konvensjonelle høyeksplosiver, samt hvordan en best kan plassere en tung kule i et missilstridshode uten å ødelegge stabiliteten til missilet. Begge disse problemstillingene er typiske for kjernefysiske implosjonsstridshoder. [25;45;46]

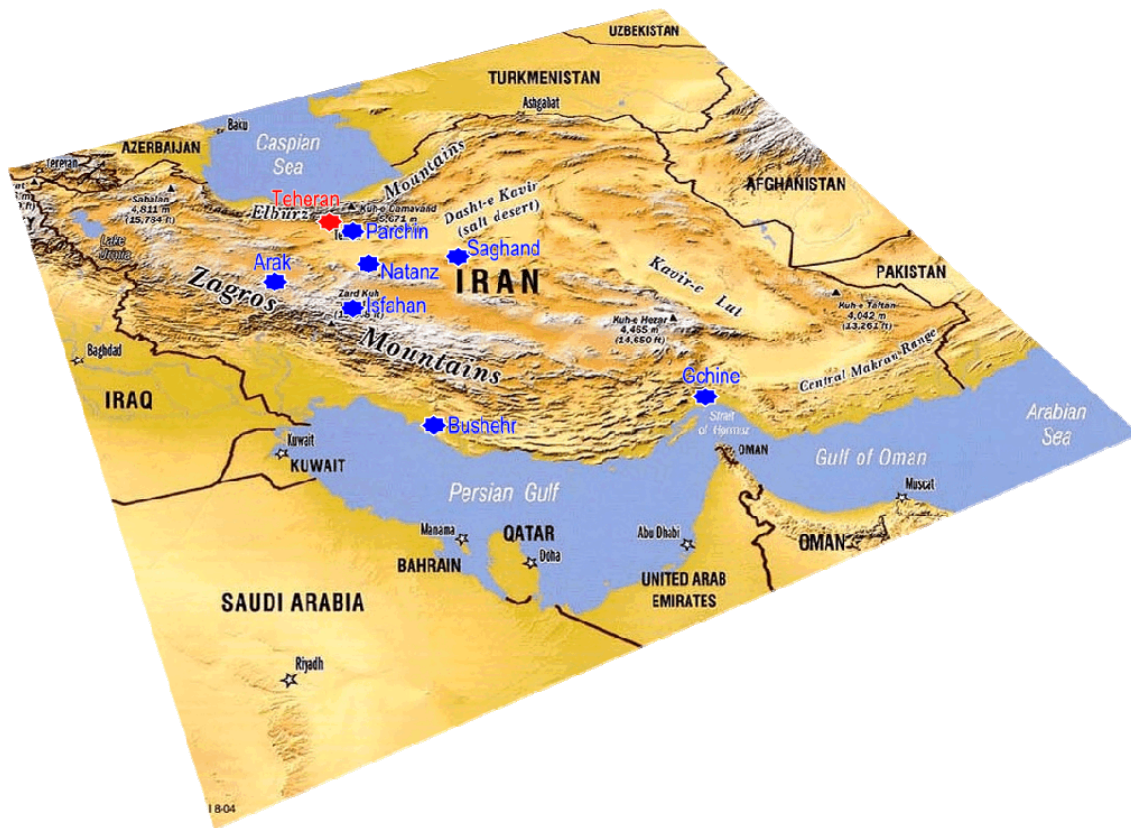
Videre skal dokumenter ha antydnet organisatoriske koblinger mellom kjente personer i det iranske missilteknologimiljøet (særlig offiseren Mohsen Fakrizadeh, som amerikanerne hevder leder et utviklingsprosjekt for atomraketter) og kjernefysikkmiljøet, noe som i så fall ville styrke inntrykket av at Irans kjernefysiske program også har et militært formål. Andre dokumenter skal ha omhandlet et såkalt *Prosjekt grønt salt*. Grønt salt er et hevdnavn for urantetrafluorid (UF₄). Et lite firma kalt *Kimeya Madon*, hvis eneste kunde skal ha vært Revolusjonsgarden, skal ifølge dokumenter på laptopen ha begynt å forberede bygging av et urankonverteringsanlegg i liten

skala i utkanten av Teheran i 2001. Firmaet skal ha blitt avviklet i 2003. Et uranconverteringsanlegg ville kunne brukes til produksjon av grønt salt. Når en reduserer urandioksid til uranmetall, går en via UF₄ i den kjemiske prosessen. Hensikten med å produsere uranmetall kan i Irans tilfelle enten ha vært å gjøre forsøk med laseranrikning (som nevnt i delkapittel 2.2) for sivile eller militære formål, eller å lære seg å støpe uranmetall i fasonger relevant for kjernevåpen. Da tenker vi spesielt på hule halvkuler. Et annet mulig formål med skjult produksjon av grønt salt, kan ha vært å fluorisere det til uranheksafluorid til et skjult gassentrifugeanlegg i et eventuelt militært anrikningsprogram. [25;45;46]

Iran har så langt nektet å forholde seg seriøst til påstandene som har vært knyttet til innholdet på den nevnte laptopen, så lenge de ikke får tilgang til disse dokumentene selv. Landets holdning har simpelthen vært at innholdet på laptopen og påstandene som er lagt fram i den forbindelse er fabrikkert, og at IAEA ikke har noen rett til innsyn i deres konvensjonelle militære aktiviteter (som for eksempel missilutvikling). IAEA har på sin side lenge nektet Iran tilgang til laptopen, helt til Iran og IAEA ble enige om handlingsplanen som er omtalt i slutten av delkapittel 2.2. I sin rapport til IAEA-styret 22. februar 2008 gjorde ElBaradei det klart at nettopp disse ”påståtte studiene” på det tidspunktet var den eneste utestående saken i IAEAs arbeid med å komme til bunns i Irans fortidige aktiviteter. Alvoret i IAEAs bekymringer kom ytterligere til syne 25. februar samme år. Da ledet IAEAs visegeneraldirektør med ansvar for verifikasjon – Olli Heinonen – et møte med eksperter og ambassadører til IAEA fra et titalls nasjoner i IAEAs lokaler i Wien, hvor han i mer enn to timer la fram en stor mengde nylig nedgradert etterretningsinformasjon. Heinonen gjorde det klart at informasjonen stammet fra flere medlemsstater samt IAEAs egne innsamlingskanaler. Mediarapporter har mer enn antydnet at det i hovedsak var basert på og relatert til dokumenter og annet fra den omtalte laptopen. Noe av det mest oppsiktsvekkende for de frammøtte skal ha vært et videoklipp som viste hvordan eksperter jobbet med å designe et stridshode det ville være mulig å plassere på et Shahab-3-missil (senere omtalt i delkapittel 5.3). Videoklipppet stammet tilsynelatende fra et iransk militært forskningslaboratorium. IAEA vurderte etterretningsinformasjonen til ikke å kunne dreie seg om noe annet enn kjernevåpenrelatert virksomhet. Heinonen trakk imidlertid ingen konklusjoner om Irans nåværende kjernefysiske aktiviteter i sine uttalelser, men han understreket at IAEA ikke var i stand til å komme til bunns i disse spørsmålene så lenge Iran fortsatte å nekte IAEAs inspektører tilgang til flere mistenkte, udeklarte anlegg og til å intervju Mohsen Fakrizadeh, som Heinonen omtalte som Irans militære leder for de kjernefysiske aktivitetene. Denne saken står nå som den siste, avgjørende brikken som må på plass før IAEA kan si seg fornøyd med Irans forklaringer knyttet til hva de har gjort i fortiden. [28;29;47]

3 De strategiske kjernefysiske anleggene

Iran har som nevnt et uttalt ønske å beherske hele den kjernefysiske brenselssyklusen. Flere av de da nødvendige anleggene fungerer slik at de også ville være av strategisk betydning i forbindelse med produksjon av spaltbare materialer til et eventuelt kjernevåpenprogram. I dette kapitlet ser vi nærmere på de anleggene vi vet har eller vil kunne få en strategisk betydning, som del i et sivilt program og/eller i et eventuelt militært program. Vi går også i noen grad inn på to omstridte, potensielt strategiske installasjoner hvis rolle ikke kan sies å være helt avklart. Kapitlet inneholder ikke en full gjennomgang av alle Irans kjernefysiske anlegg, da flere av disse ikke anses å spille noen avgjørende rolle verken for et sivilt eller et militært program. Noen av anleggene vi ikke gir en spesiell behandling her, er likevel allerede nevnt i kapittel 2 (for eksempel *Kalaye Electric Company*, avfallslageret i Karaj og de små forskningsreaktorene). Figur 3.1 angir hvor i Iran de fleste av de kjernefysiske installasjonene som vil bli omtalt i dette kapitlet befinner seg.



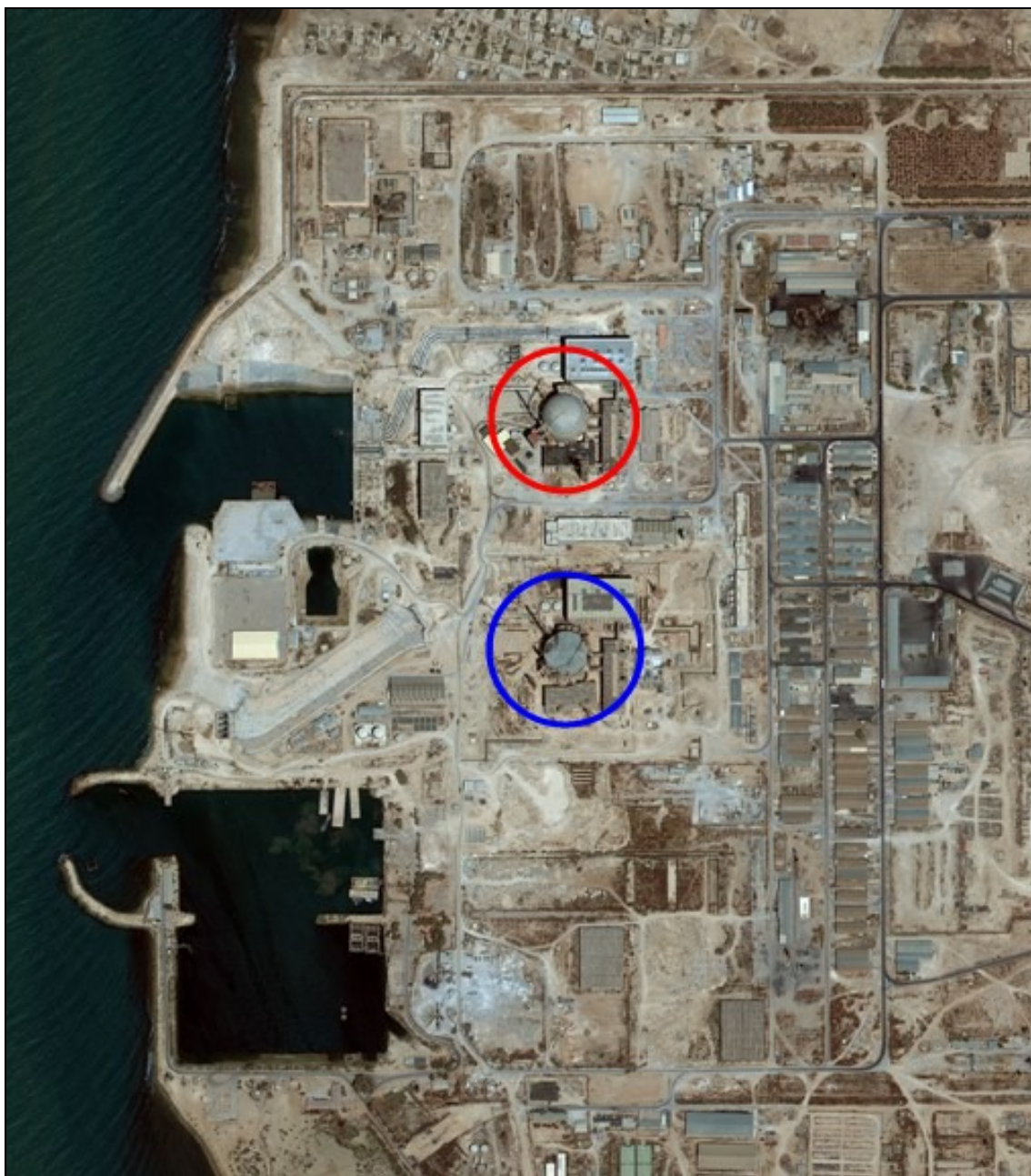
Figur 3.1 Kart som viser beliggenheten til de viktigste kjernefysiske installasjonene i Iran. (Tilpasset fra et kart fra CIA – www.cia.gov)

3.1 Bushehr – lett vannsreaktor til kraftproduksjon

I utkanten av den store havnebyen Bushehr har iranske myndigheter helt siden sjahens tid jobbet med å få bygget et kjernekraftverk (Figur 3.2). Det tyske kjernekraftselskapet *Kraftwerk Union AG*, eid av *AEG Telefunken* og *Siemens AG*, signerte den første kontrakten om bygging av to lett vannsmodererte kjernereaktorer der i 1975, men planene ble lagt på is etter Den islamske revolusjon i 1979. Tyskerne var da kommet relativt langt i byggingen. Det er trolig flere årsaker til at det nye regimet la prosjektet til side. En av årsakene kan være den store strømmen av kompetent personell ut av Iran etter revolusjonen. Økonomi kan også ha spilt en vesentlig rolle. I alle tilfeller ble anlegget bombet gjentatte ganger av Irak under krigen mellom de to landene på 1980-tallet. Byggeprosjektet i Bushehr lå brakk helt til 1992, da Russland og Iran signerte en avtale om at Russland skulle fullføre byggingen av den ene av de to reaktorene (se Figur 3.3). Det har tatt mange år, men i november 2008 gjenstår det nesten bare en periode med tester før reaktoren kan startes. Politiske føringer har gjort at ferdigstillingen har tatt mye lenger tid enn nødvendig. Når reaktoren en dag blir operativ, vil den kunne produsere 1 GW_e i maksimal effekt. Uenighet om finansieringsbetingelsene, samt at noe av det moderne, russiske utstyret ikke passet så godt sammen med det gamle, tyskproduserte utstyret, er den offisielle begrunnelsen for at Russland gjentatte ganger utsatte den første leveransen av brensel til reaktoren i Bushehr. Det er imidlertid nærliggende at også utilfredshet fra russisk side med at Iran så langt ikke har føyd seg etter kravene fra FNs sikkerhetsråd og IAEA har vært en sterkt medvirkende årsak til forsinkelsen. Den 17. desember 2007, etter at Iran i en periode hadde vist større grad av samarbeidsvilje med IAEA, nådde endelig den første leveransen av russisk kjernebrensel fram til Bushehr. På det tidspunktet ble oppstart av reaktoren stipulert til omkring august 2008. Den siste leveransen av de i alt 82 tonnene med uranbrensel ble levert i slutten av januar 2008. Det ble rapportert at brenselet var anriket til 3,6 % i uran-235. [11;48-51]



Figur 3.2 Bilde av det uferdige kjernekraftverket i Bushehr vinteren 2006.
(Foto: Raheb Homavandi / Reuters)



Figur 3.3 Satellittbilde av anleggsområdet hvor kjernekraftverket i Bushehr bygges (tatt 6. juli 2002). Den røde sirkelen viser reaktoren som er under ferdigstilling, mens den blå sirkelen viser den andre reaktoren Kraftwerk Union påbegynte i 1970-årene, men som ikke skal bygges ferdig. (Digital Globe)

I løpet av 1990-tallet var forhandlinger om russisk assistanse til byggingen av reaktoren i Bushehr en verkebyll i forholdet mellom USA og Russland. Amerikanerne mistenkte at iranerne ville misbruke reaktoren til produksjon av plutonium til kjernevåpen. I realiteten er en reaktor av denne typen lite egnet til produksjon av plutonium av våpenkvalitet. Årsaken er at lettvannsmodererte reaktorer behøver anriket brensel. Anriket brensel gir ved bestråling i en reaktor opphav til blant annet isotopen plutonium-238, som forringer kvaliteten på separert

plutonium i våpenøyemed. Plutonium-238 kan ikke på en overkommelig måte skilles fra de tyngre isotopene av plutonium. I kjernevåpen ønsker en plutonium som består av minst 93 % plutonium-239 og nær null andel plutonium-238. I alle kraftproduserende reaktorer ønsker en dessuten å kjøre med så høy utbrenning som mulig. Høy utbrenning betyr å skifte brenselet sjelden, hvilket er økonomisk lønnsomt både på grunn av lavere uranforbruk, men også fordi en da har mindre nedetid. Det betyr også at mengden plutonium i brenselet blir høy, men av en kvalitet som gjør det nesten umulig å bruke til våpen. Årsaken er at andelen av plutonium-238 og plutoniumisotoper tyngre enn plutonium-239 øker. Flere av disse, samt americium-241, som er et datterprodukt av plutonium-241, gir en høy bakgrunn av spontane fisjonsnøytroner, som medfører økt risiko for predetonasjon i et kjernevåpen, og dessuten fører til en betydelig varmeutvikling først og fremst som følge av alfastråling. Varmeutvikling i plutonium kan medføre problemer særlig i forhold til smelting og deformering av sprengstoffet i eksplosivlinsa i et implosjonskjernevåpen. Raten av spontane fisjonsnøytroner og den spesifikke varmeutviklingen i de aktuelle isotopene av plutonium og americium er gjengitt i Tabell 3.1. Her ser vi at særlig plutonium-238, plutonium-240 og plutonium-242 vil forringe et kjernevåpen ved å øke sannsynligheten for predetonasjon, mens plutonium-238 og americium-241 vil gi de største problemene med varmeutvikling. Plutonium-239 kommer best ut i begge henseende. Det er ikke dermed sagt at det er umulig å lage et kjernevåpen av ”reaktorkvalitet” plutonium (altså av en isotopsammensetning som avviker vesentlig fra plutonium av våpenkvalitet), men det vil være langt vanskeligere å oppnå høy virkningsgrad og lav sannsynlighet for predetonasjon. Temaet er for øvrig omstridt, siden det er gjort få vellykkede kjernevåpenforsøk med ”reaktorkvalitet” plutonium. En stat vil i alle fall neppe starte med reaktorplutonium om den ønsker å lage sine første kjernevåpen.

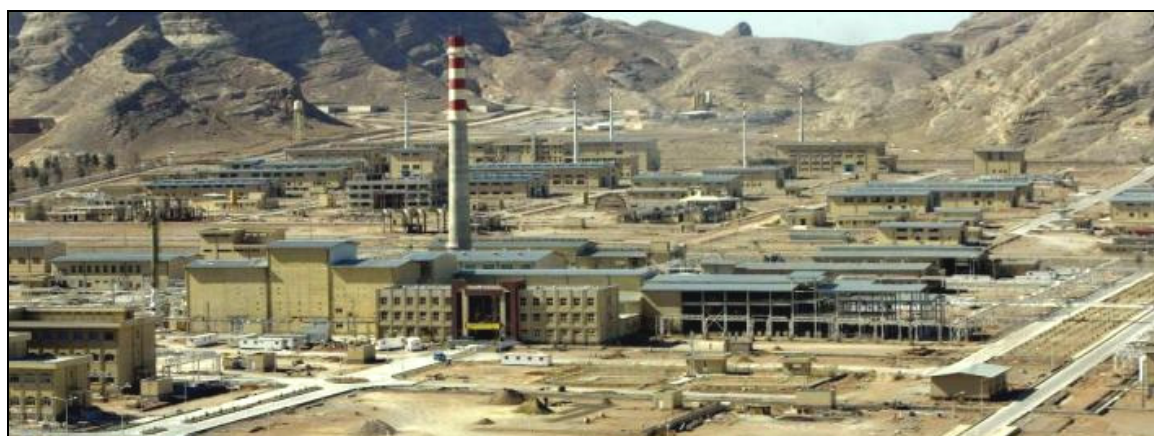
Diskusjonen ovenfor dreier seg om mulighetene for å produsere plutonium av våpenkvalitet av det ordinære brenselet. I teorien kan en for øvrig også produsere slikt plutonium på en annen måte. En kan erstatte noen av de anrikede brenselelementer med utarmet eller naturlig uran, men da må en også erstatte de resterende elementene med noe høyere anriket brensel for å kompensere for tapet i nøytronfluks. Bestråling av de førstnevnte elementene vil da gi opphav til plutonium av våpenkvalitet, dersom en skifter disse ofte nok. Denne formen for plutoniumproduksjon lar seg ikke gjøre i skjul, så lenge reaktoren er underlagt IAEA-inspeksjoner. Det er heller ikke kjent om noen stater har valgt en slik måte å produsere våpenplutonium på. Således kan dette ses på som en mulighet kun i et scenario hvor Iran bryter ut av Ikke-spredningsavtalen og IAEAs inspeksjonsregime, og utvikler kjernevåpen i ”full åpenhet”.

Delvis av økonomiske årsaker og delvis som følge av ikke-spredningsbekymringer, krever Russland full kontroll over brenselssyklusen til reaktoren i Bushehr de første tjue årene. Det innebærer at alt brensel produseres i Russland, og at det returneres dit igjen etter at det er ferdig bestrålt i reaktoren, tatt ut og kjølt ned i et lokalt mellomlager (vannbasseng). Imidlertid har iranerne uttalt at de i framtiden selv vil beherske hele brenselssyklusen til sine kjernereaktorer, inkludert reaktoren i Bushehr. Vi går noe nærmere inn på Irans framtidige behov for og evne til å produsere sitt eget kjernefysiske brensel i delkapittel 1.2 og i kapittel 4.

Tabell 3.1 Bakgrunn av spontane fisjonsnøytroner og varmeutvikling i plutonium og americium. [52]

Isotop	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242	Am-241
Antall spontane fisjonsnøytroner per kilogram per sekund	$2,6 \cdot 10^6$	22	$9,1 \cdot 10^5$	49	$1,7 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^3$
Spesifikk varmeutvikling (W/kg)	560	1,9	6,8	4,2	0,1	114

3.2 Isfahan – urankonvertering og brenselfabrikk



Figur 3.4 Foto av Isfahan urankonverteringsanlegg. (Foto: Henghameh Fahimi / AFP Photo)

Ni kilometer utenfor den iranske millionbyen Isfahan ligger et av de største og mest sentrale kompleksene i Irans kjernefysiske infrastruktur, nemlig *Isfahan kjernefysiske senter*. Det viktigste anlegget her (Figur 3.4) omtales gjerne som et *urankonverteringsanlegg* (*Uranium Conversion Facility – UCF*), men det er også meningen å fabrikkere reaktorbrensel der i framtiden. Senteret inneholder også fire små forskningsreaktorer. Det er til UCF at yellowcake (forklart i delkapittel 2.2) blir sendt fra uranmøllene. Yellowcake blir kjemisk bearbeidet (reduert og fluorisert) til *uranheksafluorid* (UF_6), som er en svært etsende gass. UF_6 er den forbindelsen uran må være i når stoffet mates inn i gassentrifuger for anrikning. Med et kokepunkt på $56,5\text{ °C}$ ved normalt trykk, kan stoffet bringes til gassform ved hjelp av autoklaver før det skal anrikes.

Når anrikningsanlegget i Natanz og brenselfabrikken i Isfahan blir fullt operative, skal anriket UF_6 transporteres tilbake fra Natanz til Isfahan, hvor det skal omdannes til urandioksid (UO_2), som så formes til brenselstaver. Kraftproduserende lettvannsreaktorer av den typen som bygges i Bushehr, er nødt til å drives av anriket uranbrensel. Tungtvannsreaktorer, som den som bygges i Arak, kan drives av naturlig (ikke anriket) uranbrensel. Et land som ønsker kjernekraft og full

kontroll over hele brenselssyklusen, vil derfor trenge både et urankonverteringsanlegg og en brenselfabrikk.¹⁸ [53-55]

Tidlig på 1990-tallet diskuterte Iran og Kina mulighetene for at Kina kunne bygge det som nå er et operativt urankonverteringsanlegg i Isfahan. Etter omfattende press fra USA valgte imidlertid Kina å droppe disse planene i 1998. Det er likevel en vanlig oppfatning at Iran har bygd urankonverteringsanlegget basert på kinesiske plantegninger. Omfanget av kinesisk assistanse er imidlertid uklart, og det behøver ikke nødvendigvis å medføre noe brudd på ikke-spredningsforpliktelsene til noen av landene. IAEA ble av Iran gjort kjent med planene om å bygge Isfahan UCF i juli 2000, og har siden gjennomført såkalt *Design Information Verification* (DIV), som handler om å verifisere at et anlegg faktisk bygges som eller brukes til det eierlandet har deklarerert, både gjennom byggeperioden og etter oppstart. I den første deklarasjonen av planene for urankonverteringsanlegget, oppga Iran at UF₆ produsert der skulle sendes til utlandet for anrikning. Etter avsløringene av det omfattende anrikningsprogrammet i 2002, innrømte Iran like etterpå at de hadde planer om å anrike uran basert på UF₆ produsert i Isfahan UCF. [42;56]



Figur 3.5 Til venstre: Bilde av en iransk tekniker ved Isfahan UCF, tatt under et besøk av representanter fra Den alliansefrie bevegelse og G77-landene 3. februar 2007. Til høyre: Fjerning av en tønne med yellowcake, forseglet av IAEA (tatt 8. august 2005) (Begge bilder: Behrouz Mehri / AFP Photo)

Så sent som i 2006 ble det enkelte steder rapportert at UF₆ fra Isfahan UCF hadde for mye urenheter av tungmetaller, og da spesielt molybden. Molybden har en tendens til å danne en liknende forbindelse som uran med fluor, nemlig *molybdenheksafluorid* (MoF₆). Dette stoffet fester seg lettere til vegger enn UF₆, hvilket kan føre til tetting av rør og i verste fall kollaps av operative gassentrifuger. Iran skal ha slitt med dette i de første operative fasene av anrikningsanleggene sine (FEP og PFEP, se spesielt delkapittel 3.3). Som vi skal komme inn på senere, så tyder det meste nå på at Iran har lyktes i å løse disse problemene. [56]

Den første fullskala produksjonen av UF₆ ved Isfahan UCF ble startet i august 2005. Fram til november samme år ble 37 tonn yellowcake konvertert til UF₆. Siden har anlegget operert mer

¹⁸ En behøver imidlertid ikke å kunne produsere UF₆ om en ikke skal anrike brenselet. Et konverteringsanlegg er allikevel nødvendig for å produsere uranoksidpulver til brenselfabrikken.

eller mindre kontinuerlig. IAEA har installert kameraovervåking og forseglet alle tønner med uranforbindelser, for å ha mest mulig kontroll på det sensitive materialet. IAEA foretok en såkalt *Physical Inventory Verification (PIV)* av Isfahan UCF senest 8. mars 2008, hvilket er en årlig foreteelse. Byrået slo i sin styrerapport 15. september 2008 fast at den totale mengden med UF₆ produsert ved Isfahan UCF fram til 3. august 2008 var 342 tonn. Matingen av UF₆ i kaskadene av sentrifuger i anrikningsanlegget i Natanz var i første halvdel av 2007 på i størrelsesorden 100 kg per måned, så Iran har trolig et betydelig restlager av UF₆ til anrikning. Behovet ventes imidlertid å øke betraktelig framover, både som følge av at Irans sentrifugeeksperter gradvis vil klare å mate sentrifugene med mer materiale, og fordi det stadig installeres flere sentrifuger. [22;28;57;58]

Iran behersker produksjon av urandioksidbrensel med zirkoniumkapsling på laboratorieskala, men de begynte først i 2004 å bygge en brenselfabrikk i full skala i forbindelse med urankonverteringsanlegget i Isfahan. Det er ikke klart når brenselfabrikken blir fullt operativ, selv om den ved deklarasjon til IAEA ble oppgitt å skulle bli klar til oppstart i 2007. Gholamreza Aghazadeh, presidenten i AEOI, erklærte imidlertid den 24. november 2007 at brenselfabrikken i Isfahan hadde produsert de første brenselpelletene¹⁹ av naturlig uran til tungtvannsreaktoren i Arak. Han hevdet da at alt brenselet til den første kjernen til denne reaktoren ville være ferdigprodusert i september 2008. Det er for øvrig ennå en stund til landet har nok lavanrikt UF₆ til at det ville være aktuelt å produsere anrikt brensel i betydelige mengder. Dessuten er det mangfoldige år til Iran har et kjernekraftverk som behøver iranskprodusert brensel, siden Russland skal levere brenselet til reaktoren i Bushehr de første tjue driftsårene. Iran har likevel vist til et ønske om å produsere og lagre brensel til reaktoren i Bushehr, trolig for å være sikret i tilfelle relasjonene til Russland skulle forverres. [36;59]

Det er også et uttalt mål for Iran å produsere lavanrikt brensel til sine framtidige, egenproduserte kraftreaktorer, så brenselfabrikken vil, i kombinasjon med resten av uranproduksjonslinja i Iran, ha hendene fulle i årene fram mot åpningen av de første iranskproduserte kjernekraftverkene. Den første reaktoren som kan ventes å bruke brensel fra Isfahan, blir altså etter alt å dømme den nevnte forskningsreaktoren som bygges utenfor Arak (beskrevet i delkapittel 3.4). Det naturlige (i betydningen ikke anrikede) uranbrenselet til denne kan produseres uavhengig av om anrikningsanlegget i Natanz er operativt eller ikke. Brenselfabrikken i Isfahan er oppgitt å skulle nå en kapasitet på 40 tonn urandioksidbrensel per år, mens zirkoniumfabrikken, som bygges på samme sted, skal kunne produsere 10 tonn i året til kapsling av brenselet. Denne vil trolig bli ferdig omtrent samtidig som selve brenselfabrikken, siden sistnevnte er avhengig av tilgang til zirkonium. Iran vil i framtiden bli nødt til å mangedoble produksjonskapasiteten for kjernebrensel, siden den årlige kapasiteten ved brenselfabrikken i Isfahan tilsvarer under halvparten av en fersk reaktorkjerne til en reaktor som den som bygges i Bushehr, og som vil kreve et årlig gjennomsnittlig påfyll av 25 tonn urandioksidbrensel ved normal drift. Det blir åpenbart altfor lite om Iran følger opp sine store ambisjoner om kjernekraftutbygging i årene framover. Dette vil vi komme tilbake til i større detalj i kapittel 4. [36;36;59]

¹⁹ Moderne kjernereaktor brensel består gjerne av rør (kapsling) av aluminium eller en zirkoniumlegering som inneholder urandioksidpellets lagt oppå hverandre.

3.3 Natanz – urananrikning

Mellom småbyene Natanz og Kashan ligger det mest sentrale og omstridte av alle Irans kjernefysiske anlegg. Området befinner seg sentralt i landet, omtrent midt mellom to av Irans største byer, hovedstaden Teheran og den gamle kulturbyen Isfahan. I delkapittel 2.2 beskrev vi hvordan det i 2002 kom fram at Iran her var kommet godt i gang med å etablere et anrikningsanlegg for uran ved bruk av gassentrifugeteknologi (beskrevet i blant annet [31] og [40]). Anrikning betyr i denne sammenhengen å øke andelen av uran-235 på bekostning av uran-238. Moderne kjernekraftverk bruker brensel som typisk er anrikt til 3 – 5 % i uran-235, mens uran i kjernevåpen som regel er anrikt til over 90 %. Sistnevnte kaller vi derfor gjerne *uran av våpenkvalitet*. Urananrikning er allment oppfattet å være den mest krevende delen av den kjernefysiske brenselssyklusen. Det er imidlertid ikke vanskeligere å anrike uran til våpenkvalitet enn det er å anrike det til brenselkvalitet, men det krever mer separasjonsarbeid og dermed mer tid i anlegget. Anrikningsteknologi er av den grunn svært sensitiv. De fleste stater som behersker anrikning er særdeles tilbakeholdne med å eksportere denne kunnskapen til andre stater, siden det i så fall kan ta bort den største teknologiske terskelen for å utvikle kjernevåpen. Anrikningsteknologi er svært ressurskrevende og komplekst å utvikle på egenhånd, så de færreste land har funnet det verdt innsatsen å forsøke å skaffe seg denne kapasiteten. De fleste importerer isteden ferdig anrikt uran fra anrikningsanlegg i utlandet.

Anrikningssenteret utenfor Natanz består av et testanlegg på overflatenivå og et fullskala produksjonsanlegg under bakken. De tre neste avsnittene tar for seg disse to hoveddelene av Irans anrikningssenter, hvilken anrikningskapasitet vi regner med Iran har i dag, og hvilken kapasitet de kan tenkes å oppnå i framtiden. Hva denne kapasiteten kan tenkes å bli brukt til diskuteres nærmere i kapitlene 4 og 5.

3.3.1 PFEP og FEP

Figur 3.6 viser et av de første satellittbildene som det uavhengige instituttet ISIS publiserte fra Irans anrikningssenter. På bildet ser vi blant annet en bygning som huser et såkalt pilotskala anrikningsanlegg (*Pilot Fuel Enrichment Plant – PFEP*) og to undergrunnshaller som er ment å romme et fullskala anrikningsanlegg (*Fuel Enrichment Plant – FEP*). PFEP befinner seg i en nokså ordinær bygning på overflaten, som vist i Figur 3.7. Manuelle målinger på satellittbilder tyder på at bygningens ytre mål er på ca 42 ganger 61 meter. PFEP kan romme seks hele såkalte *kaskader*²⁰ med 164 sentrifuger i hver, i tillegg til noen små testkaskader og enkeltstående sentrifuger. To av P-1-kaskadene i FEP er vist i Figur 3.8 nedenfor. Totalt er det plass til omkring tusen sentrifuger i PFEP. Hensikten med PFEP er å teste ulike sentrifugemodeller enkeltvis og i kaskader på alt fra ti til 164 sentrifuger, både med vakuum og med UF₆. De ulike sentrifugedelene produseres en rekke forskjellige steder, og nye modeller utvikles i stor grad ved Kalaye Electric Company, men det er altså i PFEP at Iran gjør tester av spinnende sentrifuger. Inspeksjoner av aktiviteten her gir dermed en god pekepinn på hvor godt Iran behersker de ulike

²⁰ *Kaskader* er i denne sammenhengen en betegnelse på en samling av sentrifuger som er koblet sammen i serie og i parallell, og som virker som en selvstendig enhet med felles fylling og tapping av UF₆. Antall sentrifuger i en kaskade kan variere. Iran opererer med 164 sentrifuger i hver kaskade, hvilket er lavere enn i de fleste tilsvarende anlegg.

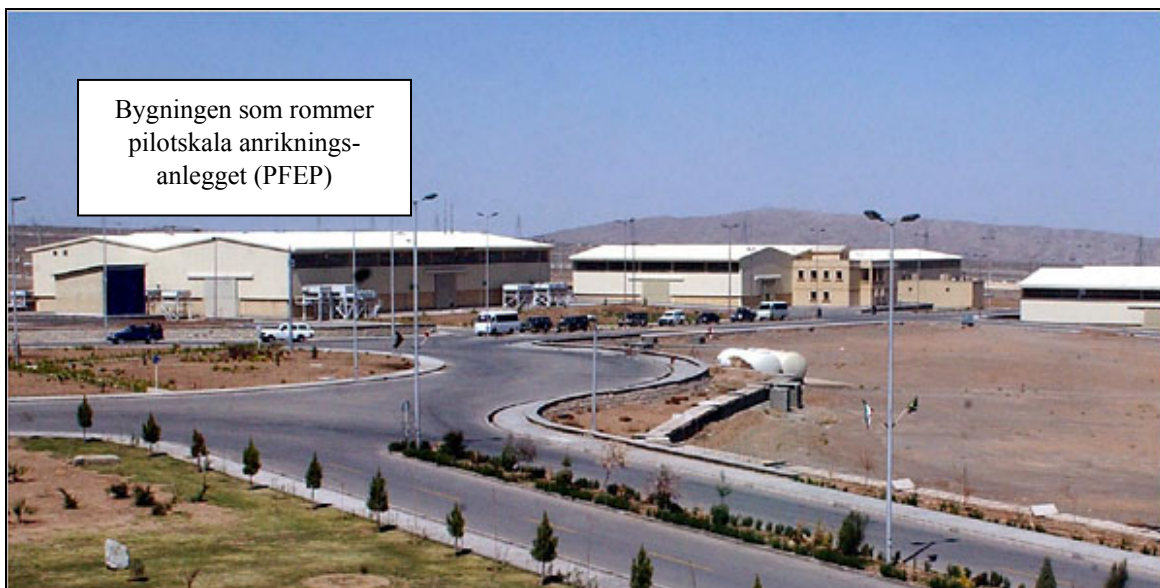
sentrifugemodellene (særlig beskrevet i avsnitt 2.3.2), og på hvilke nye modeller som er på trappene. I avsnitt 2.3.2 beskrev vi hvilke sentrifugemodeller som vi vet har blitt testet ved PFEP så sent som våren 2008. Kun små mengder med UF₆ har blitt matet inn i testkaskadene og enkeltsentrifugene ved PFEP. [38]

Irans fullskala anrikningsanlegg, FEP, befinner seg som nevnt i to enorme underjordiske haller. Manuelle målinger på satellittbilder forteller oss at hver av hallene er omkring 160 meter ganger 170 meter. Et slikt anlegg ville dermed vært i stor fare for å bli oppdaget om det ble bygd på overflaten. En kan spekulere i om Iran hadde som hensikt både å skjule og beskytte dette anrikningsanlegget da beslutningen ble tatt om å legge det under bakken. Det faktum at FEP er lagt mer enn femten meter under bakken, dekket med flere lag med armert betong og jord, og at hele senteret er omkranset av et stort antall luftvernstillinger (blant annet det avanserte russiske systemet *Tor-M1*, også kalt *SA-15*), støtter i hvert fall antakelsen om at Iran har tatt lærdom av Israels bombeangrep mot den irakiske reaktoren i 1981, som vi var inne på i avsnitt 1.3.1. FEP representerer et særdeles robust mål for eventuelle bombeangrep. [60-62]

Figur 3.9 viser et satellittbilde fra februar 2003. Det viser hvordan hver av de to store hallene i FEP er delt inn i tre ganger tre kvadratiske haller på omkring 50 ganger 50 meter, i tillegg til tre smalere rom, hvor det ikke antas å skulle bli installert sentrifuger. Mellom de to hovedhallene befinner det seg en rektangulær, underjordisk bygning. Denne rommer trolig blant annet kontrollsystemer, autoklaver til å bringe uranheksafluorid over i gassform og systemer for innføring og uttak av uranheksafluorid. Iran opererer også i FEP kaskader med 164 sentrifuger. Hver av de kvadratiske hallene skal kunne romme 18 slike kaskader, koblet sammen til moduler på i alt 2952 sentrifuger. Hver modul mates med uranheksafluorid i et felles punkt, som er koblet med tynne rør til hver enkelt kaskade. Kaskadene opererer da parallelt med hverandre, og produktet hentes ut av et tynt rør fra hver kaskade, som igjen møtes i et felles punkt for hele modulen. Om Iran bygger ut alle de 18 hallene i FEP med identiske kaskader av P-1-sentrifuger, vil anlegget totalt romme 53 136 sentrifuger den dagen det er ferdig. Det er i prinsippet mulig, men lite sannsynlig, at Iran også inkluderer seks kaskader på i alt 984 sentrifuger i PFEP til ordinær produksjon, men det er nok langt mer sannsynlig at PFEP i framtiden forbeholdes tester av for eksempel mer avanserte sentrifuger som IR-2, IR-3 og andre. [61;62]



Figur 3.6 Et av de første satellittbildene av Irans store senter for anrikning av uran. Vi ser tydelig omfattende byggeaktivitet og de to store undergrunnshallene som huser fullskala anrikningsanlegget (FEP). Bildet er tatt 16. september 2002, men ble ikke publisert før i desember samme år. (Foto: ISIS / Digital Globe)



Figur 3.7 Bygningen som pilotskala anrikningsanlegget befinner seg i. Bildet er tatt i 2005. (Foto: Vahid Salemi / AP Photo)



Figur 3.8 Bilde tatt under president Mahmoud Ahmadinejads besøk ved FEP og PFEP 8. april 2008. Presidenten og hans følge går mellom to kaskader med P-1-sentrifuger i FEP. (Foto: Iran's Presidency Office Handout)



Figur 3.9 Kommersielt satellittbilde fra februar 2003, som viser to store undergrunnshaller som dekkes med betong. Begge hallene er delt inn i ni like store, kvadratiske rom på omkring 50 ganger 50 meter, pluss tre og tre langt smalere rom. (Foto: ISIS / Digital Globe)

3.3.2 Kapasitet og effektivitet

Den maksimale nominelle anrikningskapasiteten FEP ventes å kunne oppnå, og hva denne kapasiteten kan tenkes å bli brukt til, er behandlet i kapittel 4 og kapittel 5 om Irans potensiale for produksjon av henholdsvis kjernekraft og kjernevåpen. Dagens kapasitet er best angitt av de regelmessige rapportene IAEAs generaldirektør skriver til IAEAs styre i forkant av hvert styremøte. I rapporten fra september 2008 slås det fast at Iran på det tidspunktet opererte atten kaskader i modul A24 og fem kaskader i modul A26 med uranheksafluorid (i alt 3772 sentrifuger), samt at installasjonsarbeid pågikk i tre andre moduler i FEP. De mestret imidlertid ennå ikke å drive sentrifugene på helt optimalt vis, det vil si med så høy konsentrasjon av uranheksafluorid og så høy rotasjonshastighet på sentrifugene som mulig. Den totale mengden anriket uran var på det tidspunktet 480 kg, hvor alt var anriket til under 5 %. [58]

Mye tyder imidlertid på at Iran i løpet av perioden fra midten av 2007 til høsten 2008 gjorde store framskritt i å beherske effektiv drift av P-1-sentrifuger i fulle kaskader. I midten av 2007 produserte modul A24 i FEP kun omkring 14 kg lavanriktet uran per måned. Til sammenlikning skal pakistanske P-1-sentrifuger i et tidsrom ha produsert inntil 90 kg uran per måned anriktet til 3,5 % med en modul med kun ca 2000 sentrifuger (tilsvarende 2 SWU per sentrifuge per år og 0,4 % uran-235 i restproduktet). Den teoretiske maksimale kapasiteten er ifølge en ekspert ved URENCO inntil 3 SWU per sentrifuge per år, som i så fall ville gi ca 140 kg uran anriktet til 3,5 % per måned med 2000 sentrifuger, hvilket er noe færre enn det antallet Iran hadde til disposisjon i den aktuelle perioden. Nå ble det i Iran anriktet til noe høyere grad enn 3,5 %. På dette grunnlaget kan vi si at modul A24 i FEP fra tidlig på sommeren og fram til litt utpå høsten 2007 ble drevet med noe over 10 % av maksimal kapasitet. [32;39;40;62;63]

Et år senere kunne ElBaradei rapportere at Iran i perioden 12. desember 2007 til 30. august 2008 innførte hele 5930 kg UF₆ i de operative kaskadene i FEP. I første del av denne perioden var det 18 operative kaskader, men på et tidspunkt i løpet av våren 2008 kom nye kaskader i drift, fram til i alt 23 kaskader ved periodens slutt (30. august 2008). Det kan tyde på at Iran har installert én ny P-1-kaskade per måned siden Sikkerhetsrådsresolusjon 1803 ble vedtatt 3. mars 2008, hvilket gir et gjennomsnitt på ca 19,7 operative kaskader gjennom perioden. Iran har selv hevdet at hver kaskade skal kunne mates med 70 gram UF₆ per time ved maksimal kapasitet.²¹ Det ville i så fall bety et forbruk på nesten 8700 kg i det aktuelle tidsrommet (avhengig av nøyaktig når hver kaskade ble matet med uran første gang). I det perspektivet kan vi derfor anslå at Iran i første halvdel av 2008 drev sine operative kaskader med P-1-sentrifuger til gjennomsnittlig nesten 70 % av maksimal kapasitet. Siden begynnelsen av mai 2008 og til 30. august har Iran matet i gjennomsnitt 21,5 kaskader med 3630 kg UF₆, hvilket tilsvarer i overkant av 85 % av maksimal kapasitet. Det er derfor rimelig å slå fast at Iran fra høsten 2007 til høsten 2008 langt på vei har overvunnet problemene med å drive kaskader med P-1-sentrifuger stabilt over lengre tid. [32;58;64]

Det er for øvrig ikke rimelig å forvente at Iran i overskuelig framtid vil beherske drift av P-1-sentrifuger bedre enn det Pakistan gjorde i det nevnte eksempelet. Klarer de imidlertid å oppnå 2 SWU per sentrifuge, vil de kunne produsere i overkant av 130 kg av 3,5 % lavanriktet uran per måned i hver ferdigstilte modul. En fullt operativ FEP vil dermed kunne levere rundt 2,3 tonn per måned, tilsvarende omkring 28 tonn lavanriktet uranheksafluorid i året. Det tilsvarer litt mer enn det årlige behovet i en reaktor av typen som bygges i Bushehr (1 GW_e).

3.3.3 Hvor lang tid vil det ta før FEP er fullt utbygd?

Alt tyder på at anrikningssenteret ved Natanz vil være i sentrum for konflikten mellom Iran og omverdenen også framover, og anlegget vil ha en nøkkelrolle i Irans atomprogram enten formålet er rent sivilt eller også militært (til produksjon av våpenuran). IAEA har i dag god oversikt over alle anrikningsaktiviteter som foregår i FEP og PFEP, så under dagens inspeksjonsregime vil ikke

²¹ Her kan vi ikke si at all UF₆ kun fordeles på hver av de 164 sentrifugene, siden en betydelig andel til enhver tid befinner seg i de tynne rørene mellom sentrifugene og de ytre tilkoblingene. Det vil derfor være et "fast tap" av UF₆ før en får tomt hele systemet for gass etter en kjøring.

Iran kunne anrike uran til våpenkvalitet der uten at det blir oppdaget. Det som derimot er bekymringsverdig for IAEA og andre som ser med et kritisk øye på Irans mildt sagt hemmelighetsfulle kjernefysiske fortid, er at IAEA ikke har tilgang til eller oversikt over de anleggene hvor Iran produserer de omkring hundre delene som hver P-1-sentrifuge består av, heller ikke der hvor delene monteres sammen til ferdige sentrifuger (delene til sentrifugene i FEP settes sammen lokalt i bygninger på overflaten). Denne tilgangen mistet IAEA da Iran opphevet den midlertidige ikrafttredelsen av Tilleggsprotokollen i februar 2006. Vi vet derfor ikke hvor mange deler som produseres, og dermed heller ikke hvor mange sentrifuger Iran produserer hver måned. Utenforstående kan derfor ikke konkludere med at Iran ikke bygger opp ett eller flere til nå skjulte anrikningsanlegg andre steder i landet. Videre antas det at Iran nå produserer alle delene til P-1-sentrifugene selv, men at de importerer visse materialer og utstyr. Disse forholdene gjør at en må ta høyde for muligheten for at Iran kan komme til å anrike uran i det skjulte i nær framtid, dersom landet har som hensikt å utvikle kjernevåpen uten å bryte ut av NPT. Vi understreker imidlertid at det i åpne kilder ikke finnes noe som bekrefter eksistensen av noen andre anrikningsanlegg i Iran enn FEP og PFEP, og det er rimelig å anta at Iran har konsentrert alle ressursene i sitt anrikningsprogram for å bygge opp disse, i hvert fall fram til avsløringen høsten 2002. Eventuelle andre, skjulte anlegg kan dermed antas å ha blitt påbegynt først etter disse avsløringene. Antar vi videre at Iran har utviklet og drevet kaskadene i FEP så effektivt de til enhver tid har klart, så kan de neppe ha rukket å etablere en skjult, operativ anrikningskapasitet av betydning ved siden av FEP per utgangen av 2008. En reell, skjult anrikningskapasitet behøver imidlertid ikke være mange måneder unna dersom produksjonen av sentrifuger er betydelig større enn det som byggingen av FEP påkrever.

Før IAEA mistet innsyn i produksjonen av sentrifugedeler, så det ut til at produksjonen av ferdige sentrifuger var på mellom 70 og 100 per måned, hovedsakelig begrenset av produksjonen av rotorser. Det overraskende høye tempoet i monteringen av sentrifuger i FEP i 2006 og 2007 – Iran ser ut til å ha gått fra ca 800 sentrifuger i begynnelsen av 2006 til ca 3000 i slutten av 2007 – antyder imidlertid at Iran etter hvert må ha produsert flere enn 100 sentrifuger i måneden. Det kan enten forklares med høyere innsats i de eksisterende produksjonsanleggene (særlig der de lager rotorser), eller at flere personer og/eller nye anlegg er involvert. Et beskjedent anslag vil trolig være ca 150 sentrifuger i måneden per utgangen av 2007. Lenge gikk mange av de nye sentrifugene med til å erstatte feilede sentrifuger i de operative kaskadene. Den økte produksjonskapasiteten i FEP fra 2007 til 2008, beskrevet i forrige avsnitt, betyr etter alt å dømme at Iran etter hvert har fått mer eller mindre bukt med problemene de har hatt med sentrifuger som bryter sammen. Netto tilgjengelig produksjonskapasitet for P-1-sentrifuger kan derfor høsten 2008 godt ha vært på over 200 sentrifuger per måned dersom Iran faktisk fortsatt satte ressurser inn på masseproduksjon av P-1-sentrifuger. [65]

Den trolige hovedårsaken til de tidligere hyppige sammenbruddene er kvaliteten på belgene som forbinder de fire rotorseksjonene i hver sentrifuge. Belgene er nødvendige for å håndtere resonanser under oppstart og stans. Disse lages som nevnt av maraging steel, som Iran så langt ikke mestrer å produsere selv. Iran har først i de senere år lært seg å produsere slike belger med utstyr og materialer kjøpt fra utlandet. Tidligere har de benyttet brukte belger kjøpt fra Khan-

nettverket. Både disse og trolig de iranskproduserte belgene skal være av svært varierende kvalitet. Forbedret kvalitet på belgene, samt større kapasitet til produksjon av rotor, vil trolig være det som betyr mest for framtidig økt produksjon av sentrifuger i Iran. [65]

Hvor lang tid vil så Iran trenge på å bygge ut alle modulene i FEP med P-1-sentrifuger? Igjen vil landets evne til å produsere nok belger av høy kvalitet være avgjørende. Installasjonen av én ny kaskade med sentrifuger per måned i midten av 2008 kan ha vært muliggjort av en fortsatt produksjon og lagring av sentrifuger i hele perioden da Iran ikke installerte flere sentrifuger i FEP. Men hvis vi antar at de klarer og ønsker å opprettholde denne takten, så vil de gjenstående drøyt 45 000 sentrifugene i 270 kaskader likevel ikke stå ferdige før om over 20 år. I mellomtiden vil de ferdigstilte kaskadene imidlertid kunne settes i drift. Dessuten kan det godt tenkes at Iran vil kunne skalere opp produksjonen av sentrifuger betydelig, dersom de på et tidspunkt skulle få tilgang til nok råmaterialer og utstyr. Et mer realistisk anslag vil derfor trolig være mellom fem og ti år, hvilket forutsetter en evne til å produsere og installere 350 – 700 sentrifuger per måned.

Vi var i avsnitt 2.3.2 inne på mer avanserte sentrifugetyper. Siden alle disse antas å kunne oppnå større anrikningskapasitet per sentrifuge enn P-1, og det ikke er rapportert om like store problemer med sammenbrudd som for P-1-sentrifuger, er det rimelig å anta at Iran i det følgende fokuserer sine ressurser på å mestre effektiv drift av kaskader med bedre sentrifuger enn P-1. Det kan derfor tenkes at Iran ikke kommer til å øke produksjonen av P-1-sentrifuger framover. Vi kjenner imidlertid ikke til hvor mange sentrifuger Iran er i stand til å produsere per måned av de mer avanserte sentrifugetyperne, eller hvor langt landet har kommet i å mestre drift av disse i kaskader. Derfor har vi fokusert på produksjon av P-1-sentrifuger i dette delkapittelet. Men det er ingen tvil om at Iran i 2008 er mange år unna å ha bygd ut FEP fullstendig, enten de satser på P-1, IR-2 eller andre sentrifugetyper.

Betraktningene ovenfor gjør at vi kan konkludere med at et av de viktigste stegene Iran kan foreta seg for ytterligere å styrke tilliten til sine fredelige intensjoner, er å gi IAEA tilgang til å verifisere produksjonen av deler og sammensetningen av sentrifuger. Aller helst bør det skje gjennom implementering av Tilleggsprotokollen, men trolig vil selv en *ad hoc*-avtale om disse anleggene være av enorm betydning for verifikasjonssituasjonen i Iran.

3.4 Arak – tungtvannsfabrikk og tungtvannsreaktor

I delkapittel 2.2 beskrev vi hvordan det i 2002 kom fram at Iran bygde både en tungtvannsfabrikk og senere også en tungtvannsreaktor i Arak. Vi vil her se nærmere på disse to anleggene, og ikke minst drøfte hvilken rolle de vil kunne anta i et sivilt eller et militært kjernefysisk program. De to omtalte anleggene som gjerne sies å ligge i Arak, ligger mer presist i utkanten av landsbyen Khondab, omkring 50 km nordvest for den langt større byen Arak. Arak ligger i sin tur ca 250 km sørvest for Teheran (se Figur 3.1). Figur 3.10 viser hvordan anleggene er plassert langs hovedveien til Khondab, kun fem kilometer sørøst for landsbyens sentrum. Med en beliggenhet så nær et befolket område kan ikke Iran ha regnet med å holde anleggene hemmelige særlig lenge.

Kjernereaktorer skiller seg spesielt ut med ofte karakteristiske inneslutninger og kjøletårn. Tungtvannsfabrikken og reaktoren som er under bygging ligger innenfor det samme komplekset, kun atskilt av gjerder og en vei. Komplekset som sådan er omkranset av høye gjerder og vaktposter. Figur 3.11 viser et av de første bildene som ble publisert fra tungtvannsfabrikken, mens Figur 3.12 viser en oversikt over hele komplekset, inkludert en anvisning av hvor tungtvannsreaktoren siden ble påbegynt. Et nyere satellittbilde er gjengitt i Figur 3.13, som viser tungtvannsreaktoren i en senere byggefase. I slutten av delkapittelet vises bilder fra tungtvannsfabrikken på bakkenivå i Figur 3.14 og Figur 3.15.



Figur 3.10 Oversiktsbilde som viser hvor tungtvannsfabrikken (rød ring) og -reaktoren (blå ring) ligger i forhold til landsbyen Khondab (grønn ring). (Foto: Google Earth)



Figur 3.11 Et av de første satellittbildene som ble offentliggjort av tungtvannsfabrikken i Arak. Bildet ble tatt 26. september 2002. (Foto: GlobalSecurity.org / Digital Globe)



Figur 3.12 Satellittbilde tatt rett etter avsløringene høsten 2002, nærmere bestemt 26. september. Tungtvannsfabrikken er lett synlig. Det lysebrune feltet til venstre og litt ovenfor tungtvannsfabrikken er der hvor tungtvannsreaktoren siden ble påbegynt. (Foto: GlobalSecurity.org / DigitalGlobe)



Figur 3.13 Satellittbilde tatt i 2008 fra tungtvannsfabrikken og byggingen av tungtvannsreaktoren utenfor Khondab. (Foto: Google Earth)

Den eneste hensikten med tungtvannsfabrikken i Arak er å levere tungtvann til reaktoren som er under bygging like ved siden av. Reaktoren kalles ofte *IR-40*, hvilket står for *Iranian Nuclear Research Reactor*, hvor 40 henpeiler på den maksimale effekten på 40 MW_t. Tungtvann er et eksportkontrollbelagt stoff i de fleste utviklede land, på grunn av sin anvendelighet i reaktorer egnet til produksjon av plutonium til kjernevåpen. Hva tungtvann er forklares i faktaboksen

nedenfor, mens tungtvannsreaktorer beskrives i neste avsnitt. Gruppen av de mest utviklede statene med hensyn til kjernefysisk teknologi, den såkalte *Nuclear Suppliers Group* (NSG), har plassert tungtvann og utstyr for produksjon av tungtvann på sin liste over stoffer og utstyr som anses som sensitive når det gjelder mulighetene til misbruk i ikke-sivile anvendelser, og som derfor normalt ikke bør eksporteres til ikke-kjernevåpenstater. Stater som ønsker å drive tungtvannsreaktorer har et behov for mangfoldige tonn tungtvann ved oppstart, og siden behøver de jevnlig påfyll etter hvert som tungtvannet fordamper fra primærkjølekretsen. Det er derfor logisk at Iran, gitt landets vanskelige forhold til flere av landene i NSG, ser et klart behov for å produsere sitt eget tungtvann. Iran har gjennom offentlige uttalelser og et brev til IAEA i august 2003 estimert det årlige behovet for tungtvann til IR-40 til litt under ett tonn, mens mengden de behøver ved oppstart er stipulert til mellom 80 og 90 tonn. Kapasiteten til tungtvannsfabrikken er ment å nå 16 tonn i året når de to planlagte produksjonslinjene er operative. For tiden er kun den ene i drift. Metoden de bruker er den såkalte *Girdler-sulfid-metoden*, som er basert på destillasjon.²² Tungtvannsfabrikken kom i delvis drift i august 2006. Reaktoren ble av iranske myndigheter i 2005 stipulert til å komme i drift først i 2014, men president Ahmadinejad hevdet under åpningen av tungtvannsfabrikken at reaktoren skulle komme i gang så tidlig som i 2009. Å bygge og starte opp en ny reaktor er forbundet med mange tekniske utfordringer, så det er lite trolig at reaktoren kommer i gang så tidlig som Ahmadinejad anslo. [11;22;42;67;68]

Hva er egentlig tungtvann?

Tungtvann er vann hvor hydrogenatomene har et nøytron knyttet til seg i atomkjernen. Slikt hydrogen kalles *deuterium*. Tungtvann kalles derfor også *deuteriumoksid* (D_2O). Hydrogen med to nøytroner i kjernen kalles *tritium*, og er et radioaktivt stoff med halveringstid på drøye tolv år. Blandingsvarianten DHO kalles av og til *semitungtvann*. Vanlig vann kalles i kjernekraftsammenheng ofte for *lettvann* (selv om det naturlig inneholder en liten

andel av tungtvann og semitungtvann). Tungtvann er ca 11 % tyngre enn vanlig vann. Norsk Hydro ble i 1934 verdens første produsent av tungtvann i industriell skala. Tungtvann kan produseres enten ved energikrevende destillasjons- eller elektrolyseprosesser, eller ved ulike kjemiske metoder (alle basert på prinsippet om såkalt *kinetisk isotopeffekt*, som går ut på å skille isotoper ved deres ulike kjemiske reaksjonshastighet). [66]

²² Tungtvann har et kokepunkt på 101,4 °C. [66]

Hva er det så som er så spesielt med tungtvannsreaktorer? Ved spalting av uran frigjøres det energi og hurtige (det vil si høyenergetiske) nøytroner. Langsommere (lavenergetiske) nøytroner kalles *termiske*. Termiske nøytroner har mye større sannsynlighet for å spalte uran enn de hurtige. I en kjernereaktor må derfor nøytronene bremses, eller *modereres*, for å oppnå en kontrollert kjedereaksjon. Det er derfor vanlig å dele brenselet inn i staver (og av og til plater)²³, med et stoff som virker som moderator imellom. Alle moderatorer kan også absorbere nøytroner, så mengde og tykkelse av moderatoren må beregnes nøye for å få reaksjonen til å gå. De fleste kjernekraftverk består av lettvannsmodererte reaktorer, som Bushehr-reaktoren beskrevet i delkapittel 3.1. Lettvann har en betydelig evne til å moderere nøytroner, men siden det også i stor grad absorberer nøytroner ved at hydrogen omdannes til deuterium, så kan det ikke være for mye vann mellom hver brenselstav. Det fører til at brenselet må pakkes tett i reaktorkjernen, og en behøver dessuten anriket uran for å få nok nøytroner til at reaktoren går. Tungtvann modererer noe dårligere enn lettvann, men til gjengjeld er nøytrontapet langt mindre. Det førstnevnte gjør at det behøves større avstand mellom brenselstavene enn i en lettvannsreaktor. Allikevel blir nøytrontapet i moderatoren så lite at en ikke behøver anriket brensel for å få reaksjonen til å gå.

I forskningsreaktorer er fordelene med tungtvannsmoderatorer at en kan bruke noe av plassen mellom brenselstavene til å putte andre stoffer inn for bestråling, for eksempel for å produsere isotoper til medisinske eller industrielle anvendelser. I kjernevåpenprogrammer er det to betydelige fordeler med tungtvannsreaktorer. Den ene er at tungtvann danner små mengder av tritium ved nøytronbestråling.²⁴ Tritium har en rolle i såkalt *boostede fisjonsvåpen*, samt at det brukes i enkelte nøytronkilder i mange typer moderne kjernevåpen. Den andre fordelene er at nøytronbestråling av naturlig uran gir opphav til langt renere plutonium enn bestråling av anriket uran (som vi forklarte i delkapittel 3.1). Dersom en skifter brensel ofte i en tungtvannsreaktor, det vil si opererer med lav utbrenningsgrad, kan en separere ut plutonium av våpenkvalitet fra det brukte brenselet. Plutonium av våpenkvalitet bør ha en andel av plutonium-239 på 93 % eller mer.

Vi vil i delkapittel 5.2 komme nærmere inn på hvilket potensiale tungtvannsreaktoren i Arak vil ha til eventuell framtidig produksjon av våpenplutonium. I dette kapitlet vil vi nøye oss med å slå fast at tungtvannsreaktorer gjennom historien har hatt en nøkkelrolle i de aller fleste kjernevåpenprogrammer vi kjenner til. Dessuten har tungtvannsreaktorer med militære formål ofte vært av omtrent samme størrelse som den som bygges i Arak. Eksempler på dette er Pakistans reaktor i Khushab, Israels reaktor i Dimona og de indiske reaktorene Cirus og Dhruva. Alle disse er tungtvannsmodererte reaktorer på mellom 20 og 100 MW_t, og de er generelt antatt å ha produsert plutonium til kjernevåpen. Det er imidlertid ikke noe bevis på at Iran har de samme intensjonene med sin reaktor. Tvert imot hevder landet at de behøver en reaktor av denne typen fordi den gamle forskningsreaktoren de har i Teheran ikke lenger får forsyninger av anriket brensel fra Argentina (som følge av press fra USA, tidligere omtalt i delkapitlene 2.1 og 2.2). I

²³ Deling av brenselet er også hensiktsmessig for å sikre best mulig varmetransport ut av reaktorkjernen.

²⁴ Tritium kan også produseres ved bestråling av litium i reaktorkjernen, men det vil i så fall til en viss grad gå på bekostning av plutoniumproduksjonen, siden litiumtargetet dermed vil oppta plasser i reaktorkjernen som ellers ville blitt brukt til uran.

en presentasjon for IAEA i juli 2003 slo iranske representanter fast at de behøver en reaktor med en nøytronfluks på $10^{13} - 10^{14}$ nøytroner per kvadratcentimeter per sekund til isotopproduksjon, hvilket gjør at en tungtvannsreaktor nødvendigvis må være på mellom 30 og 40 MW_t effekt dersom den ikke skal drives av anriket brensel. Videre ble det hevdet at Iran flere ganger hadde forsøkt å kjøpe en forskningsreaktor fra utlandet (blant annet fra Argentina, Kina, India og Sovjetunionen, ifølge [63]) for å erstatte forskningsreaktoren i Teheran, og for å produsere tilstrekkelige mengder med isotoper til medisinsk og industriell bruk, uten å lykkes. De besluttet derfor på midten av nittitallet å bygge en tungtvannsreaktor av egen design. Irans utsending til IAEA, Ali Asghar Soltanieh, sa i juli 2007 at alternativet ville være å anrike uran til høyere nivåer i FEP (Natanz), for å sikre videre drift av den gamle forskningsreaktoren. Det første brenselet i forskningsreaktoren i Teheran var anriket til hele 93 %, som tilsvarer våpenkvalitet. Reaktoren ble siden konvertert og drevet med 20 % anriket brensel, hvilket skal være det laveste brukbare nivået for denne reaktoren. Logikken til Soltanieh var at Vesten enten må akseptere at Iran anriker til høyere nivå (det vil i praksis si omkring 20 %), eller at de bygger en tungtvannsreaktor tilsvarende den i Arak. I det sistnevnte tilfellet vil altså Iran være selvhjulpen med brensel produsert i Isfahan. [17;23;69]

En reaktor hvis eksistens blir rettferdiggjort med behovet for å produsere isotoper til medisinske og industrielle formål, gir ikke mening om en ikke også etablerer en evne til å kjemisk separere ut de ønskede isotopene. Iran har, så vidt vi vet, ingen planer om å bygge et fullskala reprosesseringsanlegg for gjenvinning av uran og plutonium fra bestrålt brensel. Derimot har landet siden avsløringen av planene om å bygge IR-40, vært åpne på at de vil bygge flere såkalte *hot cells*, hvor de vil kunne skille ut de isotopene de ønsker fra bestrålte targets. Plutonium vil også kunne skilles ut på denne måten, men da i svært begrensede mengder sammenliknet med et fullskala reprosesseringsanlegg.²⁵ Hot cells består av kamre med tykke vegger og blyglassvinduer (for å skjerme mot strålingen) hvor de kjemiske prosessene styres fra utsiden ved hjelp av en slags robotarmer kalt *manipulatorer*. Både riktig type blyglass og manipulatorer har vist seg vanskelig for Iran å få tak i utenlands. I et brev til IAEA 21. oktober 2003, samt i et møte med byrået 1. november samme år, gjorde Iran det klart at de hadde til hensikt å bygge fire hot cells for produksjon av medisinske isotoper (trolig i hovedsak molybden-99, jod-131 og kanskje xenon-133), to for produksjon av kobolt-60 og iridium-192 (begge med utallige industrielle anvendelser), samt tre for avfallshåndtering. Det er mest sannsynlig at avfallshåndteringen vil begrense seg til restene av de bestrålte targetene, og at brenselet fra reaktoren kun vil mellomlagres lokalt og siden deponeres. [42]

²⁵ Også i fullskala reprosesseringsanlegg benyttes hot cells, da i den første delen av plutoniumsseparasjonsprosessen, hvor brenselet kuttes opp og løses i syre. I fullskala reprosessering er imidlertid volumene større og antall trinn flere. [70]



Figur 3.14 Bilde fra tungtvannsfabrikken i Khondab utenfor Arak, tatt under innvielsen 26. august 2006. (Foto: Arash Khamoushi, ISNA / AP Photo)



Figur 3.15 Bilde fra innsiden av tungtvannsfabrikken tatt i forbindelse med en omvisning for iranske og utenlandske journalister 27. oktober 2004. (Foto: Fars News / Reuters)

IAEA kan gjennom *design information verification* (DIV – forklart i delkapittel 3.1) og visuelle inspeksjoner ved IR-40 og tilstøtende hot cells slå fast at det for tiden ikke foregår separasjon av plutonium i disse anleggene. Disse verifikasjonstiltakene er for tiden frivillige fra Irans side, da den gjeldende inspeksjonsavtalen ikke gir IAEA tilgang til inspeksjoner før 180 dager før ”kjernefysisk materiale”, det vil si uran, plutonium eller andre spaltbare materialer, innføres i anleggene. Etter dette vil byrået imidlertid ha krav på å foreta både DIV og *physical inventory verification* (PIV – også forklart i delkapittel 3.1), for å være sikre på at ikke noe spaltbart

materiale kommer på avveie. I perioder etter at Iran suspenderte den midlertidige ikrafttreddelsen av Tilleggsprotokollen (februar 2006) har IAEAs eneste åpne informasjonskilde til byggingen av IR-40 vært kommersielt tilgjengelige satellittbilder. IAEA og Iran har gått mange runder med forhandlinger om når, hvorvidt og hvor ofte førstnevnte skulle få inspisere byggeplassen. Iran har etter hvert gitt IAEAs inspektører mer regelmessig innsyn som et frivillig, tillitsskapende tiltak. IAEA har imidlertid ingen tilgang til tungtvannsfabrikken i Arak, så lenge Iran ikke signerer og ratifiserer Tilleggsprotokollen (nevnt i avsnitt 1.3.1), og må her kun forholde seg til informasjon fra satellittbilder som indikerer om anlegget er i drift eller ikke. Det har lenge vært uenighet mellom IAEA og Iran om tolkningen av Irans forpliktelser i henhold til gjeldende inspeksjonsavtale, da IAEA anser det som norm at stater tillater DIV-inspeksjoner langt tidligere enn 180 dager før innføring av fissilt materiale, så snart detaljerte planer foreligger. Iran viser på sin side til bokstavteksten i en subsidiær avtale fra 1976, to år etter den opprinnelige *Comprehensive Safeguards*-avtalen, og avviser med det IAEAs tolkning. [63;71]

At en stat ønsker å bygge en tungtvannsreaktor som den i Arak, representerer på sett og vis NPTs ivoende dilemma satt på spissen. Årsaken er slike reaktors åpnebare fortrinn både til sivile og militære anvendelser. En stat kan dermed vise til retten til å utnytte kjernefysisk teknologi til sivil bruk, samtidig som muligheten for misbruk til plutoniumsproduksjon er høyst reell. Problemer av den typen er med på å øke spenningene hver gang en stat bygger et kjernefysisk anlegg med flerbruksmuligheter.

Sikkerhetsrådets resolusjoner, som beskrevet i delkapittel 2.2, pålegger Iran å stanse all byggeaktivitet på IR-40, samt legge ned driften av tungtvannsfabrikken. Iran har så langt ikke tatt dette til følge, og fortsetter uførtroent med utvikling og drift av disse anleggene i strid med Sikkerhetsrådets folkerettslig bindende pålegg, med henvisning til sin ”umistelige rett til fredelig kjernefysisk teknologi” (Artikkel IV i NPT).

3.5 Urangruver og uranmøller

Den kjernefysiske brenselssyklusen starter alltid med utvinning av uranholdig malm fra gruver. Her hentes malm (med typisk under 0,2 % uran) ut av dagbrudd eller underjordiske gruver. Malmen knuses deretter i uranmøller, hvor uranforbindelser så skilles fra resten av malmen ved bruk av syrer og fellingsreaksjoner. Ulike former for uranoksid (gjennomsnittlig U_3O_8) utgjør såkalt *yellowcake*, som sendes videre fra mølla til et konverteringsanlegg (i Irans tilfelle i Isfahan), hvor uranet som regel enten gjøres til naturlig uranbrensel (oftest av uranoksidet UO_2) eller til uranheksafluorid (UF_6) for anrikning (se delkapittel 3.2). Dersom et land som er under IAEAs inspeksjonsregime skulle etablere en skjult produksjonslinje for kjernevåpen, ville landet måtte snike unna spaltbart materiale et eller annet sted i brenselssyklusen. Det er derfor helt vesentlig at IAEAs inspektører også har oversikt over all utvinning av uran fra gruver, slik at byrået har muligheten til å holde regnskap med hvor mye uran et land har for hånda. For eksempel ville et hemmelig anrikningsanlegg være meningsløst om en ikke også har tilgang til uranheksafluorid fra udeklarte kilder (for eksempel import eller fra udeklarte gruver og konverteringsanlegg). [72]

Iran har flere kjente uranforekomster, men kun to gruveanlegg er i aktiv drift i dag. Det største ligger i Saghand, som er i Yazd-provinsen sentralt i Iran (se kartet i Figur 3.1). De to 357 meter dype gruvesjaktene i Saghand er estimert til å inneholde 1,58 millioner tonn uranmalm, med et gjennomsnittlig uraninnhold på 553 gram per tonn. Gruvedriften skal ha startet i 2005. Malmen derfra fraktes til et produksjonsanlegg for yellowcake i Ardakan, ca 110 km unna. Den årlige produksjonskapasiteten for yellowcake i Ardakan er på omtrent 65 tonn (tilsvarende ca 50 tonn uran), hvilket svarer til utvinningskapasiteten til de to gruvesjaktene i Saghand. Det må hele 120 000 tonn malm til for å produsere 65 tonn yellowcake. Det vil ta anslagsvis 17 år å tømme graven i Saghand for dens kjente, lønnsomme forekomster. Iran har ytterligere en yellowcake-fabrikk (uranmølle) i Gchine, ved siden av en flyplass utenfor havnebyen Bandar Abbas ved det strategisk viktige Hormuz-stredet. Denne vil trolig oppnå en maksimal kapasitet på 25 tonn yellowcake (drøyt 20 tonn uran) i året. Fabrikken, som skal ha startet full drift sent i 2004 eller tidlig i 2005, får malm fra en samlokalisert gruve. Gruven i Gchine, som ifølge Iran skal ha startet opp i 2004, er den andre av Irans to operative uranruver. Anleggene i Gchine er omstridte som følge av en del uklarheter omkring eierskap og en påfallende rask mestring av det som i realiteten er et pilotanlegg for produksjon av yellowcake. Mer spesifikt var det et selskap som tilsynelatende ikke hadde noen erfaring med uran som startet byggingen av mølla i 2000. Allerede året etter kunne selskapet teste en produksjonslinje med suksess, før AEOI tok over driften i 2002. Ved nærmere undersøkelser av dokumenter knyttet til design av produksjonslinjen, viste det seg at navn på personer som hadde kvalitetssikret tegningene, samt på et annet selskap som hadde skaffet tegningene, var sensurert bort. AEOI viste til behovet for å beskytte industrihemmeligheter. Da det såkalte "laptop-beviset" siden kom for dagen (omtalt i avsnitt 2.3.5), viste det seg at et av selskapene som ble pekt ut til å være tilknyttet det såkalte "Prosjekt grønt salt" var det samme som sto for designen av yellowcake-fabrikken i Gchine (også kalt *Bandar Abbas Uranium Processing Plant*). [22;36;55;73;74]

IAEA søker i 2008 fremdeles å komme til bunns i rollene de ulike selskapene har hatt i forbindelse med anleggene i Gchine, og særlig om det har eksistert en militær kobling til disse, i tråd med påstandene knyttet til "laptop-beviset". Det er også uklart for IAEA hvorvidt det var aktiviteter i Gchine fra 1993 til 2000, i en periode hvor det ble utført mange eksperimenter med konvertering av uran til en rekke kjemiske former ved Isfahan kjernefysiske senter. Dette uranet skal ha stammet fra Gchine. Revolusjonsgarden i Iran eier en lang rekke entreprenørselskaper, i tillegg til rene militærindustrielle foretak. Iranske motstandsfolk publiserer relativt ofte påstander om at navngitte entreprenørselskaper som er involvert i prosjekter knyttet til landets kjernefysiske infrastruktur, i realiteten er eid av Revolusjonsgarden. En slik kobling er i seg selv ikke noe bevis på et kjernevåpenprogram, men kan tolkes som et indisium på en militær dimensjon. [32]

I tillegg til forekomstene i Saghand og Gchine utforsker AEOI mulige forekomster på stedene Narigan, Khoshoumi, Zarigan, Chah, Juleh, Esfordi, Lakeh Siah og Ariz. De fleste av disse stedene befinner seg sentralt i landet. De så langt kjente uranforekomstene ble i 2005 estimert til mellom 2000 og 3000 tonn rent uran. På samme tidspunkt ble de uutforskede ressursene (på de nevnte stedene) estimert til i underkant av 15 000 tonn uran. Til sammenlikning har et land som Australia over én million tonn uranreserver. Ifølge OECDs *Nuclear Energy Agency* (NEA) er

ingen av Irans kjente eller forventede uranreserver kommersielt lønnsomme dersom uranprisen er under 80 USD per kilo. Og for priser under 130 USD per kilo uran anslås kun 378 tonn uran å være kommersielt utvinnbare forekomster, av totalt ca 3,3 millioner tonn på verdensbasis. Det betyr imidlertid ikke at de iranske forekomstene ikke kan utvinnes ved lavere priser, så lenge staten subsidierer utvinningen. En reaktor av størrelse og type som den som bygges i Bushehr (en trykkvannsreaktor på ca 1000 MW_e), vil ha et årlig forbruk på omkring 22 tonn lavanriket uran, hvilket igjen vil kreve ca 150 – 200 tonn naturlig uran. Med en så massiv utbygging av kjernekraft som den Iran har erklært at de skal gå i gang med, så er det åpenbart at AEOI ønsker å identifisere nye, og helst mer lønnsomme forekomster av uranmalm. Vi kommer tilbake til dette i kapittel 4. [55;73]

3.6 Mulige andre strategiske anlegg

Vi har til nå i kapittelet sett nærmere på ulike sentre og anlegg som spiller nøkkelroller i Irans kjernefysiske infrastruktur, enten hensiktene er sivile og/eller militære. Til slutt i kapittelet vil vi kort gå inn på to anlegg som i 2003 ble påstått å være sentrale i utviklingen av kjernevåpen i Iran. Tittelen på delkapittelet gjenspeiler at disse påstandene langt fra er ansett som bevist av IAEA (som er den mest troverdige kilden i denne sammenhengen). Ulike omstendigheter gjør allikevel at det er interessant å ta en nærmere kikk på disse to.

3.6.1 Parchin

Rundt 30 kilometer sørøst for Teheran ligger et stort militærindustrielt senter kalt Parchin. Her utvikles og produseres det blant annet eksplosiver, missiler og ammunisjon. Stedet har derfor vært en naturlig kandidat for IAEA å se nærmere på i lys av mistankene om et kjernevåpenprogram. Særlig er kompetansen knyttet til høyeksplosiver svært relevant om en skal utvikle kjernevåpen. Allerede høsten 2004 ba IAEA Iran om å få inspisere Parchin, for å bli overbevist om at det ikke foregikk udeklarte kjernefysiske aktiviteter der. De møtte til å begynne med stor skepsis og motstand fra Iran, siden senteret i alle tilfeller åpenbart inneholdt betydelige mengder sensitiv informasjon knyttet til militær teknologi. Byrået fikk allikevel i januar og november 2005 tilgang til en håndfull bygninger i Parchin (etter eget valg), og fikk muligheten til å ta miljøprøver for om mulig å påvise kjernefysisk materiale. Analysene viste ingen slike spor, så IAEA har på sett og vis derfor ”frikjent” Parchin for mistankene om at det foregikk hemmelige, kjernefysiske aktiviteter der, til tross for påstander fra den iranske motstandsgruppa NCR i mars 2005 om at det i Parchin ble utført forsøk med urananrikning ved hjelp av lasere i et hemmelig, underjordisk anlegg. Figur 3.16 viser en oversikt over senteret. [22;25;28;36;75;76]

3.6.2 Lavizan-Shian

I mai 2003 kom NCR med påstander om at det iranske forsvarsdepartementet utviklet biologiske våpen i et militært forskningssenter i Lavizan-Shian i Teheran, kalt *Lavizan-Shian tekniske forskningssenter*. På det tidspunktet var det ingen grunn til å hevde at det foregikk noen kjernefysikkrelaterte aktiviteter i det aktuelle området, men da IAEA litt senere fikk informasjon om at det var blitt kjøpt inn et apparat for å måle helkroppsstråledoser der, vakte det raskt



Figur 3.16 Oversiktsbilde av Parchin militærindustrielle forskningscenter fra august 2004. (ISIS / Digital Globe)

mistanker om at det i Lavizan-Shian faktisk ble forsket på kjernevåpen i all hemmelighet. Før IAEA rakk å summe seg, nærmere bestemt mellom november 2003 og mai 2004, valgte Iran å legge ned hele forskningssenteret i Lavizan-Shian, rive alle bygninger og omregulere hele området til sivil bruk (se Figur 3.17 og Figur 3.18). Det ble av regimemotstandere (inkludert amerikanske myndigheter) dessuten påstått at iranske myndigheter fjernet de øverste 15 centimeterne med jord og la på ny jord for å skjule mulige spor av udeklarte aktiviteter. Denne påstanden er imidlertid omstridt. IAEA fikk tilgang til Lavizan-Shian under et besøk av inspektører i Teheran i slutten av juni 2004. Inspektørene fikk ta miljøprøver, som siden viste seg å være negative for spor etter radioaktive materialer, og de fikk se to helkroppsdosemålere. Den ene av disse skal ha vært montert i en trailer, som ledd i det iranerne oppga var et atomberedskapssenter i Lavizan-Shian i tilfelle angrep med kjernevåpen eller andre hendelser med spredning av radioaktivitet. Den andre skal ha vært stasjonert i Isfahan. Iran ga IAEA en oversikt over ulike aktiviteter som hadde funnet sted i Lavizan-Shian og forklarte den mistenkelige rivingen av bygninger med at det var en konflikt mellom Teheran kommune og forsvarsdepartementet i forbindelse med overtakelse av området. [36;77-80]

Til tross for den relativt store samarbeidsvilligheten fra iransk side i forhold til å bringe klarhet i hensikten med Lavizan-Shian, har IAEA til nå ikke sett seg i stand til å konkludere med at det kun har foregått fredelige aktiviteter der. Årsaken er at IAEA i 2006 fant noen få partikler av naturlig og høyanriktet uran på utstyr som var kjøpt inn av en professor ved et teknisk universitet i Teheran. Vedkommende var direktør ved fysikkforskningscenteret som var en del av forskningscenteret i Lavizan-Shian. Det nevnte utstyret skal ha vært høypresisjonsutstyr som kan settes i sammenheng med forskning på urananrikningsteknologi (blant annet balanseringsmaskiner, massespektrometre, spesielle magneter og utstyr for å håndtere fluorforbindelser). Professoren skal ha forklart at han kjøpte inn dette utstyret i kraft av sin stilling ved Lavizan-Shian, men at det var ment for det tekniske universitetet hvor han også jobbet. Iran har siden vært svært tilbakeholdne med å la IAEA få gjøre ytterligere intervjuer av professoren og prøvetaking på det nevnte utstyret. De har også til nå nektet IAEA å intervju en annen tidligere direktør ved fysikkforskningscenteret i Lavizan-Shian, nemlig revolusjonsgardeoffiseren Mohsen Fakrizadeh (omtalt i avsnitt 2.3.5), som IAEA skal ha forsøkt å få i tale i lengre tid uten å få tillatelse fra iranske myndigheter. I henhold til handlingsplanen mellom IAEA og Iran, omtalt i slutten av delkapittel 2.2, skulle Iran innen utgangen av 2007 ha bistått IAEA ved å besvare alle utestående spørsmål knyttet til flerbruksutstyret og de nevnte uranpartiklene knyttet til Lavizan-Shian, samt ha gitt byråets inspektører adgang til å intervju de personene byrået anser å være relevante i den sammenheng. Det har de altså ikke oppfylt når det gjelder Fakrizadeh. IAEA har i sine offentlige uttalelser lagt stor vekt på ønsket om å intervju nettopp Fakrizadeh, og det levnes ingen tvil om at det er det såkalte "laptop-beviset" og annen samsvarende etterretningsinformasjon som er bakgrunnen for at byrået ser på dette som et vesentlig moment for å komme til bunns i Irans fortidige aktiviteter. [63;81;82]

I november 2007 offentliggjorde det samlede amerikanske etterretningsmiljøet en kort rapport med sine sentrale vurderinger av det iranske atomprogrammet. I dette såkalte *National Intelligence Estimate* (NIE) kom det fram at flertallet av etterretningsorganisasjonene konkluderte at Iran la ned våpendelen av sitt kjernefysiske program høsten 2003 etter stort internasjonalt press. De var kun "moderat sikre" på at disse aktivitetene ikke var startet opp igjen i det skjulte. Rapporten vakte enorm oppsikt siden den gikk på tvers av helt ferske påstander fra både president Bush og visepresident Cheney om at Iran stadig utviklet kjernevåpen. Det står ikke spesifikt i NIE-en, men det er nærliggende å tolke det dithen at Lavizan-Shian ble vurdert til å være den spisse enden av Irans kjernevåpenprogram, og at nedleggelsen av aktivitetene der høsten 2003 representerte en foreløpig slutt på utviklingen av kjernevåpen i Iran. NCR og andre bestrider dette, og hevder at aktivitetene raskt ble gjenopptatt i navngitte fasiliteter i nærheten av det opprinnelige senteret. Det er vanskelig å konkludere med sikkerhet om Iran har hatt kjernevåpenrelaterte aktiviteter i Lavizan-Shian, og vi har ingen konkrete holdepunkter utover påstandene fra NCR om at Iran skal ha gjenopptatt eventuelle slike aktiviteter etter at anlegget ble forlatt i 2003. Imidlertid vurderer vi det som sannsynlig at visse personer og aktiviteter som skal være beskrevet i etterretningsinformasjonen som er omtalt i avsnitt 2.3.5, har vært tilknyttet det nedlagte senteret i Lavizan-Shian. [83]



Figur 3.17 Satellittbilder av det mistenkelige senteret i Lavizan-Shian før og etter riving, henholdsvis i mai 2003 og mai 2004. (Foto: ISIS / Digital Globe)



Figur 3.18 Satellittbilde fra Lavizan-Shian tatt i mars 2008. Bildet viser park- og idrettsanlegg der det påståtte kjernevåpenrelaterte senteret lå før. (Foto: Google Earth)

4 Potensiale for produksjon av kjernekraft

4.1 Ambisjoner og teknologisk grunnlag

Iran er i ferd med å bygge en fullstendig brenselssyklus for kjernekraft. Det er imidlertid uklart hva landet har tenkt å gjøre med brukt reaktorbrensel. Vi kjenner ikke til planer om å bygge verken reprosesseringsanlegg eller geologiske deponier, så i øyeblikket ser det ut til at Iran vil komme til å mellomlagre bestrålt brensel nær de enkelte reaktorene, og ikke gjenvinne uranet til ny bruk. Det vil kreve en anrikningskapasitet på ca 100 000 SWU (se faktaboksen i avsnitt 2.3.2) i året å anrike nok brensel til en reaktor med 1 GW_e effekt, som reaktoren i Bushehr.

P-1-sentrifugene antas å kunne nå en anrikningskapasitet på omkring 2 SWU i året hver. Fullt utbygd vil FEP som nevnt kunne romme 53 136 P-1-sentrifuger. Det vil maksimalt gi en årlig anrikningskapasitet på drøyt 100 000 SWU, dersom det kun benyttes P-1-sentrifuger. Det er så vidt nok til å levere lavanriket brensel til reaktoren i Bushehr. Iran har imidlertid hevdet at de har planer om å bygge kjernekraftreaktorer med en samlet kapasitet (inkludert Bushehr) på 7 GW_e innen 2020 og 20 GW_e innen 2030. Den første egenproduserte kraftreaktoren, med en effekt på 360 MW_e, skal ha blitt påbegynt i mars 2007 i Darkhovin innerst i Den persiske golf. [58;60;73;84-86]

Som nevnt i delkapittel 3.1, krever Russland full kontroll med brenselet som skal brukes de første tjue årene i Bushehr. Det vil trolig ta over fem år før Iran har flere reaktorer som behøver brensel, men Iran bør bruke denne tiden godt hvis de skal rekke å produsere tilstrekkelige mengder med brensel til sine nye reaktorer. I øyeblikket har ingen deler av Irans infrastruktur for brenselproduksjon stor nok kapasitet til å levere brensel til så mye som 6 GW_e (som altså er målsettingen i 2020 når vi ikke tar med Bushehr), så det er rimelig å anta at Iran vil bygge ut både anrikningskapasiteten og brenselfabrikasjonskapasiteten (inkludert både konvertering av uran og produksjon av zirkonium, om det skal brukes til kapsling også av brenselet til de framtidige reaktorene). Dessuten bør Iran sørge for en langt høyere utvinning av uran enn landet har i dag. Iran kan fort komme i en situasjon hvor landet blir avhengig av å importere uranmalm fra utlandet, om de skulle bygge ut kjernekraftindustrien i den skalaen de har angitt. Vi vil i det følgende se nærmere på hvilke begrensninger de små uranforekomstene faktisk legger på en storkala utbygging av kjernekraft i Iran, delvis sett bort fra de begrensningene som andre deler av infrastrukturen vil gi (inkludert de betydelige problemene landet har med å få tak i nødvendige sensitive materialer og teknologi i utlandet).

4.2 Naturlige begrensninger og en alternativ reaktorstrategi

Om vi antar at alle kraftreaktorene som Iran planlegger å bygge vil være trykkvannsreaktorer av noenlunde samme type som den som bygges i Bushehr, vil det årlige behovet for lavanriket uran (typisk 3 – 5 % uran-235) være på ca 22 tonn per GW_e (forutsatt en utbrenningsgrad på omkring

40 $\text{GW}_t\text{d/tU}$,²⁶ hvilket er rimelig å anta for slike reaktorer).²⁷ Forutsetter vi at anrikningskapasiteten er tilstrekkelig, at alt uran utvinnes i tide, at ikke noe uran går tapt i konverteringsprosessen, samt at Iran ikke gjenvinner noe uran fra bestrålt brensel, kan vi grovt anslå hvor langt Irans kjente og rimelig antatte uranforekomster teoretisk sett rekker til de planlagte reaktorene. Som nevnt er særlig antakelsen om en tilstrekkelig anrikningskapasitet i rimelig framtid høyst tvilsom, og gjøres her bare for å identifisere hvilken begrensning uranforekomstene i seg selv utgjør. Nye reaktorer er dessuten så langt fram i tid at vi kan tillate oss en del antakelser om den øvrige infrastrukturen. Uranforekomstene utgjør som beskrevet i delkapittel 3.5 ca 3000 tonn kjente pluss ca 15 000 tonn potensielle forekomster, til sammen omtrent 18 000 tonn uran, dersom vi fester mest lit til AEOIs nokså optimistiske anslag. Ved anrikning til 3,6 % uran-235 (som for reaktoren i Bushehr) med 0,3 % uran-235 i restproduktet kreves det ca 8 kg naturlig uran for hvert kilogram anrikt brensel. Ved 0,2 % uran-235 i restproduktet kreves det 6,7 kg naturlig uran for hvert kilogram av 3,6 % anrikt brensel, men da tar anrikningen mer tid og energi (det vil si krever flere SWU). Det betyr at dersom Iran antas å ha tilstrekkelig anrikningskapasitet, slik at de kan anrike til 3,6 % med bare 0,2 % i restproduktet, så vil de faktiske og forventede uranforekomstene (18 000 tonn) gi opphav til omkring 2700 tonn lavanrikt brensel. De kjente forekomstene (3000 tonn) vil dermed ikke gi mer enn skarve 450 tonn lavanrikt uran. [40;55;73]

Vi kan da gjøre følgende to enkle beregninger:

Eksempel 1: Iran oppfylder målsettingen om å ha en samlet elektrisk effekt på 7 GW_e fra kjernekraft i 2020. Dersom de søker å være selvforsynte med brensel til alle reaktorene unntatt den i Bushehr, og vi antar at alle de andre reaktorene kommer i drift samtidig, må Iran selv produsere brensel til en strømproduksjon på 6 GW_e . Det tilsvarer et behov for drøyt 130 tonn uran i året etter første driftsår, om vi også her antar at hver GW_e krever omtrent 22 tonn uran per år. Dessuten behøver disse reaktorene ca 82 tonn uran per GW_e ved oppstart, hvilket utgjør ca 490 tonn uran. Irans kjente forekomster (nok til 450 tonn anrikt brensel) er dermed ikke tilstrekkelige til engang å starte opp mange nok reaktorer til å produsere 6 GW_e med iranskprodusert brensel. Tar vi imidlertid med de antatte forekomstene (nok til i alt 2700 tonn anrikt brensel), så vil Iran kunne drive disse reaktorene i omkring 18 år.

Eksempel 2: Iran oppfylder målsettingen om å ha en samlet kjernekraftproduksjon på 20 GW_e i 2030. De må selv stå for brenselet til 19 GW_e (selv om den tjueårige avtalen om brenselleveranser til Bushehr trolig er utgått den dagen dette måtte bli aktuelt). Det krever en årlig produksjon av lavanrikt uran på ca 420 tonn. Ved oppstart behøves nesten 1600 tonn brensel til de ferske reaktorkjernene. Det er langt mer enn de kjente forekomstene kan gi opphav til. Tar vi med de antatte forekomstene, så sitter Iran igjen med ca 1100 tonn uran til bruk i

²⁶ Utbrenningsgraden er et mål på hvor mye energi som er hentet ut av brenselet. Anrikt brensel inneholder mer energi enn naturlig brensel, og kan derfor bestråles til høyere utbrenningsgrader. Måleenheten $\text{GW}_t\text{d/tU}$ ("gigawatt dager per tonn uran") tilsvarer antall dager en har kjørt en reaktor med gjennomsnittlig 1 GW_t effekt per tonn med uran i reaktorkjernen.

²⁷ Mer spesifikt har Iran hevdet at det årlige forbruket av lavanrikt UO_2 -brensel i Bushehr (1 GW_e) vil være på ca 25 tonn, hvilket gir et rent uranforbruk på ca 22 tonn. [36]

framtidige brenselkifter etter første oppstart. Da rekker uranforekomstene bare til i overkant av tre og et halvt års drift. [40;55;73]

I begge eksemplene ovenfor har vi valgt optimistiske anslag og nærmest urealistiske antakelser med hensyn til produksjonskapasitet fra gruve til reaktor, bare for å se på forholdet mellom ambisjoner om selvforsynt kjernekraftproduksjon og tilgjengelig uran i Iran. Konklusjonen er entydig: Irans kjente og antatte ressurser er svært langt fra å være tilstrekkelige til over flere år å kunne levere anriktet brensel til en lettvannsbasert reaktorpark av den størrelsen som AEOI har planer om å bygge. Løsningen på dette betydelige underskuddet kan tenkes å være en kombinasjon av følgende tre faktorer:

1. AEOI lykkes i å identifisere flere praktisk (om ikke økonomisk) utvinnbare uranforekomster av relevant størrelsesorden (helst flere tusen tonn uran) innen få år.
2. Iran lykkes i å etablere langsiktige avtaler om leveranser av uranbrensel fra for eksempel Russland eller andre internasjonale aktører til flesteparten av sine framtidige reaktorer. De må dermed gå bort fra sin uttalte målsetting om å beherske brenselssyklusen selv.
3. AEOI tar konsekvensen av manglende uranforekomster og anrikningskapasitet, og velger å bygge ut tungtvannsreaktorer i stor skala (for eksempel tilsvarende trykkungtvannsreaktorene av typen CANDU, utbredt i blant annet Canada og India), siden disse kan drives av naturlig uranbrensel. Hensikten ville være å unngå det store tapet av uran i anrikningsprosessen.

Det tredje alternativet vil kreve en betydelig mangedobling av tungtvannsproduksjonen (antatt at Iran ikke ønsker eller får tilgang til å kjøpe tungtvann fra utlandet). Reactorer som drives av naturlig uranbrensel tåler dessuten ikke like høye utbrenningsgrader som lettvannsreaktorer gjør (siden det er mindre uran-235 i det), så med bruk av naturlig uran i tungtvannsreaktorer vil brenselforbruket øke drastisk sammenliknet med en lettvannsreaktor drevet av anriktet brensel. Eksempelvis kan utbrenningsgraden til en typisk CANDU-reaktor være $7,5 \text{ GW}_t/\text{tU}$, mens de mest moderne lettvannsreaktorene (trykk- eller kokvannsreaktorer) kan kjøres til hele $50 \text{ GW}_t/\text{tU}$. Reaktoren i Bushehr kan som nevnt ventes å nå en utbrenningsgrad på ca $40 \text{ GW}_t/\text{tU}$. Sammenliknet med dette vil dermed brenselforbruket ved bruk av naturlig uran være omkring 5,3 ganger større ved $7,5 \text{ GW}_t/\text{tU}$, nemlig rundt 120 tonn uran i året per GW_e . Da vil mesteparten av det uranet en måtte spare ved å droppe anrikningsprosessen allikevel forsvinne i det økte forbruket av brensel. Iran vil imidlertid kunne komme til et ”uranøkonomisk” kompromiss ved å anrike brenselet til tungtvannsreaktorene til for eksempel 1 % (kalt *slightly enriched uranium* – SEU). Tapet i anrikningsprosessen vil da være ca 36 % (om vi antar en konsentrasjon av uran-235 på 0,2 % i restproduktet), men til gjengjeld vil brenselet trolig tåle to til tre ganger høyere utbrenning, det vil si $15 - 23 \text{ GW}_t/\text{tU}$ [87]. Det vil igjen gjøre forbruket i reaktorene tilsvarende lavere, nemlig til omkring 38 – 60 tonn per GW_e . Vi må også her se på hvor mye uran som behøves ved oppstart av hver reaktor. Reactorer som drives av naturlig eller svært lavt anriktet uran har mye lavere energitetthet i reaktorkjernen enn for eksempel en trykkvannsreaktor med 3,6 % anriktet brensel.

Så hvor mye uran må til ved oppstart per GW_e i vårt tilfelle? Vi bruker den kanadiske Bruce-1-reaktoren (CANDU) som eksempel [88]. Den har en effekt på 746 MW_e og en virkningsgrad på 30 %. Det betyr at den termiske effekten er på omkring 2490 MW_t . Reaktorkjernen inneholder ca 129 tonn naturlig urandioksidbrensel, som er ca 12 % tyngre enn uranet i seg selv (på grunn av oksygeninnholdet). Dermed er uraninnholdet i kjernen omtrent 114 tonn. Det gir oss at en CANDU-reaktor av denne typen inneholder omtrent $45,8$ tonn uran per GW_t . Om vi overfører det til vårt foreslåtte reaktorkonsept, betyr det at for hver GW_e trenger en ca 164 tonn uran i hver reaktorkjerne (her har vi antatt en mer typisk virkningsgrad for CANDU-reaktorer på 28 %). Det er i realiteten et konservativt anslag, siden reaktorer med anriket brensel som nevnt har mer kompakte kjerner, og dermed høyere energitetthet, enn de som drives av naturlig uran. Uranregnskapet vårt blir da som følger: Ved samtidig oppstart av 6 GW_e kjernekraft med bruk av CANDU-liknende trykkungtvannsreaktorer med 1 % anriket brensel, behøver en 984 tonn uran ved oppstart og 230 – 360 tonn uran etterfylt hvert år (avhengig av utbrenningsgraden). Da vil Irans antatte 18 000 tonn med uran, som altså blir til omtrent 11 500 tonn etter anrikning til 1 %, ²⁸ rekke til ca 30 – 45 års drift. I tilfellet med 19 GW_e vil Iran på denne måten behøve omtrent 3120 tonn uran ved oppstart og 720 – 1140 tonn etterfylt hvert år. Det skulle rekke til 8 – 13 års drift.

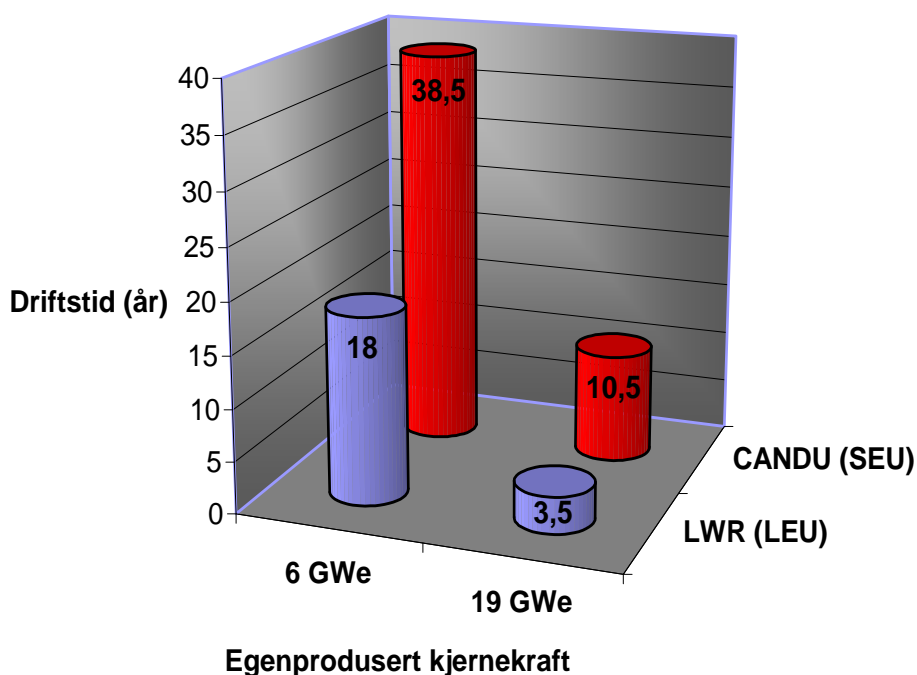
Forskjellene mellom en lettvannsreaktorbasert, selvforsynt kjernekraftstrategi og en basert på CANDU-reaktorer med SEU-brensel er illustrert av diagrammet i Figur 4.1 nedenfor.

Det bør imidlertid understrekes at disse betraktningene forutsetter at Iran legger all vekt på å få mest mulig strømproduksjon ut av sine egne uranreserver, hvilket ikke nødvendigvis er den mest økonomisk lønnsomme strategien. Men om landet ønsker å rettferdiggjøre behovet for anrikningskapasitet og samtidig bevise realismen i sine kjernekraftambisjoner, så kunne denne strategien være en utvei for å sikre selvforsyning i noe lengre tid enn om de baserer seg på lettvannsreaktorer. Bygging av CANDU-reaktorer i Iran vil for øvrig vekke langt større bekymring blant andre land enn lettvannsreaktorer gjør. Årsaken er først og fremst at CANDU-reaktorene er godt egnet til produksjon av våpenplutonium, både på grunn av det naturlige (eller i vårt forslag svært lavt anrikede) uranbrenselet og fordi en kan skifte brensel uten å stanse reaktoren. Det sistnevnte gir muligheten til å ta ut noe av brenselet mens utbrenningsgraden fortsatt er så lav at plutoniumet holder våpenkvalitet. Behovet for innsyn blir dermed av langt større betydning. En annen årsak til bekymring er rent sikkerhetsmessige hensyn, siden CANDU-reaktorer har en noe større sannsynlighet for å komme ut av kontroll enn lettvannsreaktorer. ²⁹ En massiv utbygging av CANDU-reaktorer kan derfor vekke en viss bekymring for en kjernekraftkatastrofe i regionen.

²⁸ Selv ved så lav anrikningsgrad vil slike mengder uran kreve over 4 millioner SWU i separasjonsarbeid, hvilket tilsvarer mer enn åtte års kontinuerlig drift av 100 000 IR-2-sentrifuger.

²⁹ Mer spesifikt er CANDU-reaktorer bygd på en måte som under visse betingelser kan gi en såkalt *positiv void-koeffisient*. Det betyr at tap av primærkjølevæske medfører økt reaktivitet og dermed økt effekt. For lettvannsreaktorer vil tap av primærkjølevæske (lettvann) være det samme som tap av moderator, og reaktiviteten (og effekten) vil derfor synke. I CANDU-reaktorer er primærkjølekretsen trykksatt tungtvann som strømmer gjennom en trykflaske med brensel i, mens moderatoren er tungtvann under normalt trykk mellom hver trykflaske. Tap av kjølevæske betyr dermed ikke et tilsvarende tap av moderator. [89]

Driftsvarighet av selvforsynt kjernekraft i Iran



Figur 4.1 Beregnet driftsvarighet av Irans planlagte reaktorpark, antatt tilstrekkelig anriknings- og brenselfabrikasjonskapasitet og at de samlede uranreservene er på 18 000 tonn. To ulike reaktorstrategier legges til grunn: Lettvannsreaktorer (LWR) med 3,6 % anriket brensel (LEU) og CANDU-reaktorer med 1,0 % anriket brensel (SEU). Driftsvarigheten for sistnevnte reaktorstrategi er oppgitt i middelverdier av de beregnede verdiene angitt tidligere i delkapittelet.

Det er viktig å huske på at utvikling av kjernekraft handler om mer enn energisikkerhet og økonomi. Forhold som selvforsyning, selvstendighet og stolthet spiller helt sikkert også inn. I stadig større grad refereres det dessuten til hvilke fordeler kjernekraft har i klimasammenheng sammenliknet med fossilt brensel. En kan derfor ikke sette seg ned og regne ut om det er hensiktsmessig for et land som Iran å utvikle kjernekraft eller ikke. Et slikt regnestykke må dessuten inkludere gode gjetninger på prisen på både uran i det globale markedet (i den grad Iran vil få tilgang til det), olje og gass i flere tiårs perspektiv, siden olje og gass for tiden er Irans mest åpenbare og håndgripelige alternativ.

5 Potensiale for produksjon av kjernevåpen

I dette kapittelet ser vi på hvilket potensiale Irans kjente kjernefysiske infrastruktur har for produksjon av våpenuran eller våpenplutonium, gitt at de ulike anleggene er operative. Irans infrastruktur, når og hvis den blir ferdigstilt, vil gi landet muligheten til å utvikle kjernevåpen både basert på uran og på plutonium. Vi skal først se på den veien til kjernevåpen som ligger Iran nærmest i tid og evne, nemlig uran.

5.1 Uranveien

Vi anslo i delkapittel 3.5 at Irans kjente og antatte uranreserver beløper seg til nærmere 18 000 tonn. Selv om det er svært lite til å levere brensel til en storskala kjernekraftindustri, så skal vi i dette delkapittelet se at det er mer enn nok til å utvikle et betydelig kjernevåpenarsenal. Hvis vi antar at all denne uranen anrikes til 90 % i uran-235 (våpenkvalitet) i FEP og eventuelle andre, framtidige anrikningsanlegg, så får vi at Iran kan produsere store mengder våpenuran, gitt tilstrekkelig tid og anrikningskapasitet. Som vi ser av Tabell 5.1, varierer den produserte mengden veldig med hvilken konsentrasjon en tillater restproduktet (det vil si utarmet uran) fra anrikningsprosessen å ha. Det er derfor ikke noe entydig svar på hvor mye våpenuran en gitt mengde naturlig uran kan gi. Følgende formel er lagt til grunn for beregningen av verdiene i Tabell 5.1:

$$\frac{T}{P} = \frac{C_p - C_r}{C_t - C_r} \quad (5.1)$$

der T er tilførselen av uran (kg eller tonn), P er mengden anriktet uran (produktet), C_p er konsentrasjonen av uran-235 i produktet (i prosent), C_r er konsentrasjonen av uran-235 i restproduktet og C_t er konsentrasjonen av uran-235 i tilførselen (0,711 % i vårt tilfelle med naturlig uran).

Tabell 5.1 Potensiell mengde uran av våpenkvalitet for ulike konsentrasjoner av uran-235 i restproduktet fra anrikningen, gitt en tilførsel på 18 000 tonn naturlig uran.

Konsentrasjon av uran-235 i restproduktet (%)	0,1	0,3	0,5
Produsert mengde 90 % anriktet uran (tonn)	122	82	42

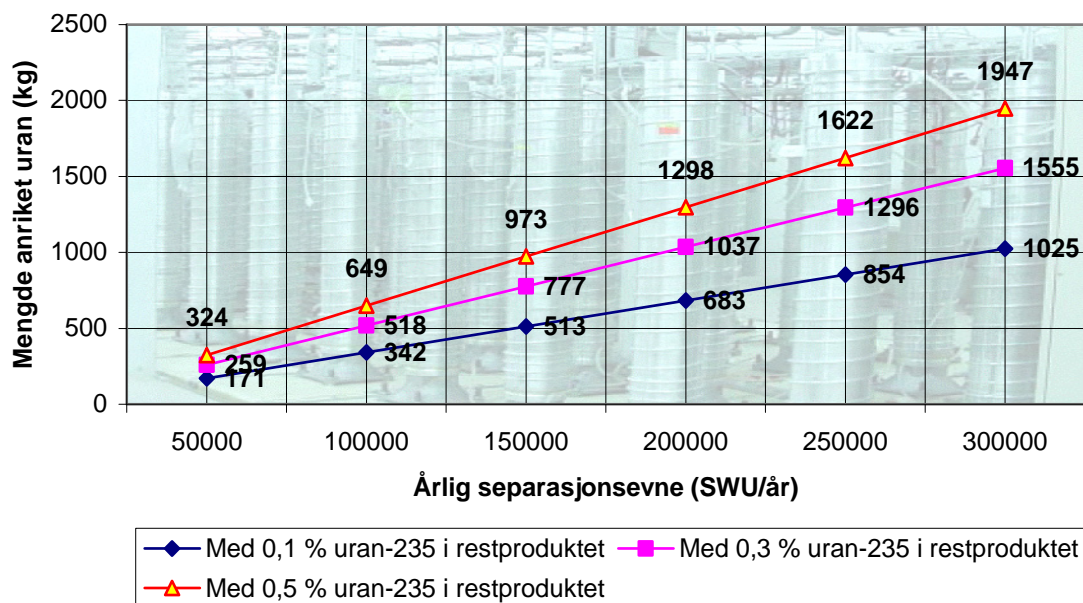
Vi antar at en aspirerende kjernevåpenstat vil kunne lage et kjernevåpen av mellom 15 og 20 kg våpenuran. Dersom vi antar at lite går tapt i kjemisk og metallurgisk prosessering fra anrikning til uranets endelige form, kan vi anslå fra Tabell 5.1 at Irans kjente og antatte uranreserver i teorien er nok til mellom to tusen og åtte tusen kjernevåpen, avhengig av konsentrasjonen av uran-235 i restproduktet i anrikningen og hvor mye uran som faktisk brukes per våpen. Lav konsentrasjon i restproduktet betyr økonomisk god utnyttelse av uranreservene, men det vil kreve en lengre (og dermed mer kostbar) anrikningsprosess. Uranreservene er uansett mer enn store nok til å danne grunnlaget for et i global sammenheng enormt kjernevåpenarsenal, kun overgått av Russland og USA i antall våpen.

Det finnes ikke noe kort svar på hvor mye våpenuran Iran potensielt kan produsere ved anrikning i FEP. I tillegg til begrensningen i uranforekomster og den store variasjonen med hvilken konsentrasjon en vil ha i restproduktet (det vil si hvor utarmet det utarmede uranet er), så er det selvsagt helt avgjørende hvor mange sentrifuger Iran har i drift, hva slags sentrifuger det er, og hvor effektivt Iran makter å operere disse. I FEP er det to produksjonshaller med plass til i alt 53 136 P-1-sentrifuger, dersom begge hallene bygges ut med ni fulle moduler hver.³⁰ Én modul rommer 18 kaskader á 164 P-1-sentrifuger. Vi antar at IR-2-sentrifuger og andre sentrifugemodeller ikke tar større gulvplass enn P-1-sentrifuger. Da kan vi se på et spenn av mulige måter Iran kan bygge ut sin anrikningskapasitet på i framtiden, fra å bare benytte P-1-sentrifuger i den ene produksjonshallen (hvilket virker usannsynlig gitt det faktum at de har gjort store framskritt med mer effektive sentrifuger) til å bygge ut begge hallene helt med IR-2-sentrifuger. Det gir oss et mer nyansert bilde på hva den framtidige produksjonskapasiteten for våpenuran i FEP kan bli, som illustrert i Figur 5.1 og Figur 5.2. Vi ser også der at produksjonen faktisk vil variere med nesten en faktor to for en gitt årlig anrikningskapasitet, dersom en varierer ”utarmingsgraden” fra 0,1 til 0,5 % uran-235 i restproduktet. Forutsigelser av produksjonskapasiteten er altså svært sensitive overfor hvilke konsentrasjoner en antar at restproduktet (utarmet uran) vil ha.

Dersom omstendigheter skulle føre til at Iran en gang i framtiden tar den drastiske beslutningen om å trekke seg fra NPT, så kan landet få en vesentlig forkortet vei mot sine første kjernevåpen om de på forhånd har lagret betydelige mengder med lavanriket uranheksafluorid, for det er de første prosentene av anrikningen som er de mest krevende. Vi kan for eksempel se på en tenkt situasjon hvor Iran har produsert 100 tonn uranheksafluorid anrikt til 3,5 %, som er rimelig om hensikten i utgangspunktet er å bruke det til kraftreaktorbrensel, og hvor dette ligger lagret i påvente av ledig kapasitet til brenselfabrikasjon i Isfahan. Det vil da kreve bare drøyt 170 000 SWU å anrike dette videre til 90 % (vi antar 0,3 % uran-235 i restproduktet i hele dette avsnittet). Om FEP da er fullt utbygd med IR-2-sentrifuger med nær maksimal kapasitet, betyr det at Iran har over 260 000 SWU til rådighet per år, og det vil da ikke ta mer enn litt under åtte måneders kjøring i FEP, samt fortløpende konvertering fra uranheksafluorid til metall i Isfahan, før Iran har skaffet seg 2,4 tonn med 90 % anrikt uranmetall, hvilket er nok til mellom 120 og 160 kjernevåpen. På under et år vil dermed Iran kunne ha utviklet et betydelig kjernevåpenarsenal i både regional og global sammenheng, så sant vi antar at landets militærindustrielle foretak relativt raskt vil kunne ha en brukbar kjernevåpendesign for hånda. Det sistnevnte anses ikke å være en uoverstigelig utfordring for et relativt teknologisk avansert land som Iran. Om Iran skulle ha produsert den samme mengden våpenuran direkte fra naturlig uran, ville det ha krevd mer enn 460 000 SWU, eller over 20 måneders kjøring med maksimal kapasitet i FEP. Derfor er det grunn til å være bekymret dersom IAEA i framtiden skulle registrere en slik bunkring av lavanriket uranheksafluorid uten at det er en åpenbar årsak til det. Et slikt scenario er imidlertid mange år unna å være realistisk, siden Iran fortsatt bare har bygd ut en liten del av FEP.

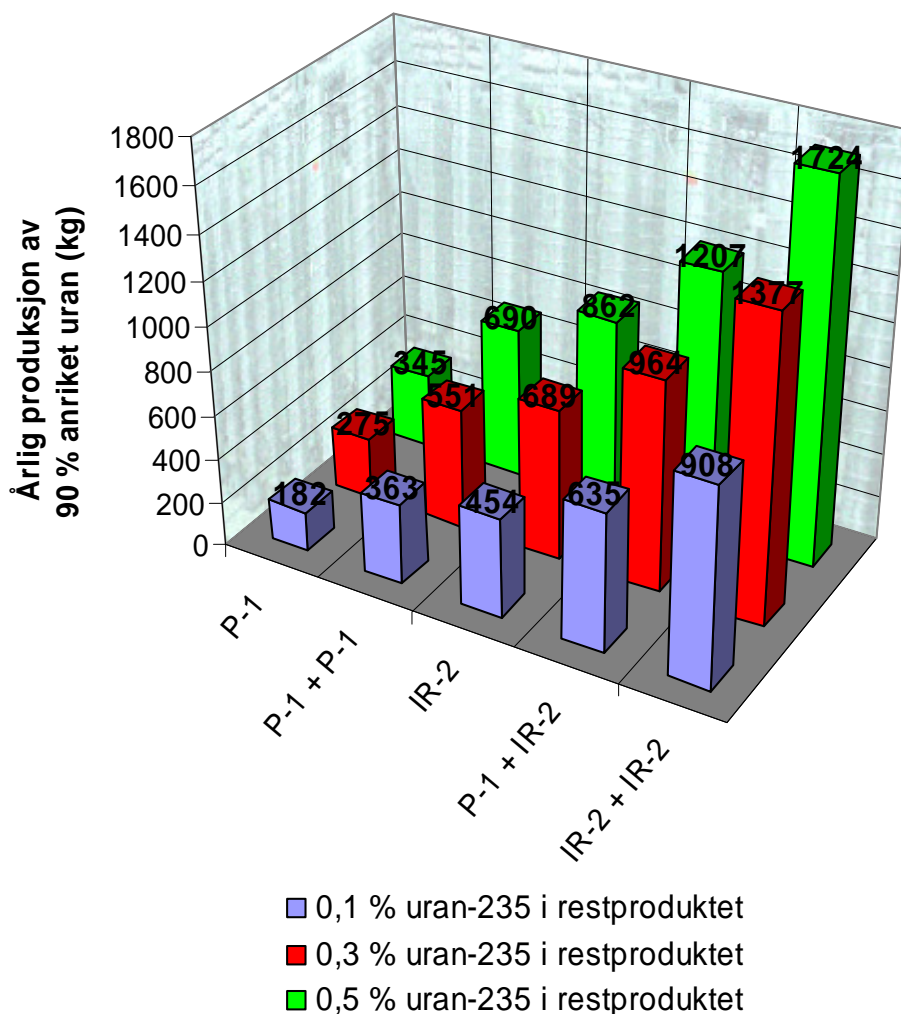
³⁰ Nå har riktignok Iran i sin designdeklarasjon av FEP hevdet at de kun tar sikte på å bygge åtte moduler i produksjonshall A, men siden det er plass til ni moduler i hver hall opererer vi med det i våre anslag av potensiell, framtidig produksjonskapasitet. [32]

Årlig produksjon av 90 % anriket uran (antatt naturlig uran som tilførsel)



Figur 5.1 Potensiell framtidig, årlig produksjon av uran av våpenkvalitet i Irans anrikningscenter FEP. De tre grafene gjelder for ulike konsentrasjoner av uran-235 i restproduktet. Høy konsentrasjon i restproduktet betyr hurtig produksjon av anriket uran, men også desto høyere forbruk av tilført uran.

Vel så bekymringsverdig som det såkalte utbruddsscenariet diskutert ovenfor, er om Iran skulle søke å utvikle uranbaserte kjernevåpen helt i det skjulte, med bruk av til nå ukjente anrikningsanlegg. Siden anlegg som det som bygges ved Natanz (FEP) som regel er enorme i omfang, vil det være rimelig at en skjult produksjonslinje for våpenuran vil være i desentralisert form, fordelt over et antall anlegg av mindre oppsiktsvekkende størrelse (for eksempel i lagerhaller eller tidligere fabrikker av ulik art). For å erstatte alle 18 rommene i FEP, vil en for eksempel kunne bygge ti mindre anrikningsanlegg på ca 45 ganger 100 meter hver. For å kun produsere nok våpenuran til ett kjernevåpen i året, behøver en ikke mer enn 3000 – 4000 SWU anrikningskapasitet per år. Det kan leveres av 1500 – 2000 P-1-sentrifuger (antatt 2 SWU/år per sentrifuge) eller 600 – 800 IR-2-sentrifuger (antatt 5 SWU/år per sentrifuge). Enten en velger P-1-sentrifuger eller IR-2-sentrifuger, vil det være fullt mulig å romme et slikt hemmelig anrikningsanlegg i en normal lagerbygning. Det er derfor, som nevnt tidligere, helt avgjørende at IAEA har kontroll på alt spaltbart materiale, og at Iran ikke får anledning til å etablere skjulte, udeklarete uranruver og konverteringsanlegg. Trolig er det langt vanskeligere å skjule en slik produksjonslinje fra uranmalm til uranheksafluorid enn det er å skjule byggingen av et par tusen sentrifuger.



Figur 5.2 I FEP vil det være plass til i alt 53136 P-1-sentrifuger fordelt på to produksjonshaller, A og B, dersom begge hallene bygges ut for fullt med ni moduler med 18 kaskader i hver. Én kaskade inneholder 164 sentrifuger. Figuren viser potensiell, framtidig årlig produksjonskapasitet for 90 % anriket uran, gitt at FEP er fylt med henholdsvis kun P-1-sentrifuger i den ene av de to produksjonshallene, P-1-sentrifuger i begge, IR-2-sentrifuger i én av hallene, P-1-sentrifuger i den ene og IR-2-sentrifuger i den andre, og IR-2-sentrifuger i begge. Tallene er beregnet på bakgrunn av formler for anrikning gitt blant annet i [40], og er gjort med antakelser om at hver P-1-sentrifuge kan oppnå 2 SWU og IR-2-sentrifuger 5 SWU i årlig separasjonsarbeid. Det er også antatt at tilførselen kun er naturlig (ikke anriket) uran.

Dette scenariet er som utbruddsscenarioet først realistisk noen år fram i tid. Det vil ikke kreve at FEP er fullt utbygd, men at Iran behersker drift av sine sentrifuger på en langt mer effektiv måte enn de har gjort til nå. Den dagen de iranske anrikningseksperterne demonstrerer at de kan kjøre kaskader med IR-2-sentrifuger med nær optimal kapasitet, så har de også evnen til å etablere et skjult anrikningsanlegg stort nok til mer enn ett kjernevåpen i året, gitt at de også lykkes med å

stikke til side nødvendige mengder med uranheksafluorid. Får derimot IAEA tilgang til å inspisere alle deler av Irans sentrifugeproduksjon til PFEP og FEP, så vil det være langt lettere å oppdage et forsøk på å etablere et hemmelig anrikningsanlegg, siden en da har mulighet til å oppdage og følge anskaffelser av relevant materiell (særlig maraging steel), og dermed undersøke om dette går til den deklarererte produksjonen eller ikke.

5.2 Plutoniumsveien

Tungtvannsreaktoren i nærheten av Arak (IR-40) vil som tidligere nevnt egne seg til produksjon av våpenplutonium. Dersom dette er hensikten med reaktoren, må den kjøres med lav utbrenningsgrad. For å tallfeste hvor mye våpenplutonium som kan produseres i reaktoren hvert år, antar vi i det videre at reaktoren kjøres med en utbrenning på 1000 MW_td/tU (termiske megawatt dager per tonn uranbrensel). Det vil gi omtrent 0,9 g Pu/MW_td (gram plutonium per termisk megawatt dag). Plutoniumet vil da inneholde 93,8 % plutonium-239, hvilket er våpenkvalitet. Videre antar vi at en fersk reaktorkjerne vil inneholde ca ni tonn uran (basert på en sammenlikning med den israelske Dimona-reaktoren, som antas å ha produsert plutonium til kjernevåpen [40]). En utbrenning på 1000 MW_td/tU betyr at hvert brenselement i snitt skiftes etter 225 dager (ca 7,5 måneder). Årlig produksjon av plutonium i en kjernereaktor er generelt gitt av følgende formel:

$$M_{Pu} = P_t \times K \times 365d \times F \quad (5.2)$$

Her er M_{Pu} plutoniumsmengde i antall gram, P_t er termisk effekt, K er den såkalte *kapasitetsfaktoren*, som tilsvarende hvor stor andel av året reaktoren kjøres med full kapasitet, og F er en konverteringsfaktor som er spesifikk for utbrenningsgrad, reaktor- og brenseltype.

Tungtvannsmodererte reaktorer med naturlig uranbrensel har en konverteringsfaktor på om lag 0,9 g/MW_td ved lav utbrenning. Kapasitetsfaktoren er det derimot vanskeligere å tallfeste, siden denne er avhengig av mange forhold. Blant annet vil rutinene for skifte av brensel være av betydning. Reaktorer som kan skifte brensel mens de kjører (for eksempel Magnox- og CANDU-reaktorer) vil naturlig nok ha høyere kapasitetsfaktor enn reaktorer som må stenges ned ved brenselskifte. Vi har foreløpig ingen grunn til å tro at IR-40 vil ha denne egenskapen. Andre ting som spiller inn går på hvor vellykket reaktoren drives, for eksempel om det ofte oppstår feil i brenselet. Det er en rekke former for driftsavvik som vil kunne trekke gjennomsnittseffekten og ”oppetiden” ned. Vi antar derfor i det følgende at IR-40 vil ha en kapasitetsfaktor på mellom 60 og 80 %, hvor 60 % antas å gjelde for de første driftsårene. Det gir en årlig produksjon av plutonium på 8 – 11 kg. [40;90]

Enkelte eksperter opererer med 6 kg plutonium per stridshode for førstegenerasjons kjernevåpen. Andre antar at moderne stater vil kunne lage fungerende stridshoder med så lite som 4 – 5 kg på første forsøk. Vi antar derfor at Iran eventuelt vil benytte 6 kg plutonium i sine første kjernevåpen, og etter hvert gå ned til 4 kg. Anslagsvis vil dermed IR-40 kunne produsere plutonium til seks til åtte kjernevåpen (40 – 50 kg plutonium) de første fem driftsårene. Siden vil reaktoren kunne produsere nok plutonium til i overkant av to kjernevåpen per år. I alle tilfeller må imidlertid det bestrålte brenselet kjøles i et vannbasseng nær reaktoren i flere uker før det kan

tas videre til reprosessering.³¹ Det er vesentlig å merke seg at vi ikke kjenner til noen planer om å bygge et fullskala reprosesseringsanlegg i Iran. Et slikt anlegg er en forutsetning dersom en skal ha et plutoniumsbasert kjernevåpenprogram. Derfor vil eventuelle framtidige planer om et reprosesseringsanlegg i Iran være et tydelig faresignal for dem som frykter iranske, plutoniumsbaserte kjernevåpen. [40]

5.3 Aktuelle leveringsmidler for kjernevåpen

Et operativt kjernevåpen består av ett eller flere stridshoder og et leveringsmiddel. Leveringsmiddelet kan være flere slags systemer, men de mest opplagte og utbredte leveringsmidlene for kjernevåpen er gravitasjonsbomber (sluppet fra fly) og missiler. For en fersk kjernevåpenstat er miniatyrisering av stridshoder som regel en betydelig utfordring, så kryssermissiler er hovedsakelig aktuelle for mer avanserte kjernevåpenstater (siden dimensjonene på slike missiler som regel ikke tillater store stridshoder). I de aller fleste aspirerende og ferske kjernevåpenstater er det derfor fly og ballistiske missiler avfyrt fra bakken som anses som de mest hensiktsmessige leveringsmidlene. De bakkebaserte ballistiske missilene avfyres som regel fra siloer eller fra mobile utskytningsramper av typen *Mobile Erector Launcher* (MEL) eller *Transporter Erector Launcher* (TEL).³² Forskjellen på MEL og TEL er at førstnevnte er et kjøretøy med en rampe på, mens sistnevnte er en rampe på en tilhenger som kan trekkes av et kjøretøy. Ubåtlevete ballistiske missiler (*Submarine-Launched Ballistic Missiles* – SLBMer) er langt mer komplisert å få til, og beherskes trolig bare av de anerkjente kjernevåpenstatene (Frankrike, Kina, Russland, Storbritannia og USA) og muligens Israel.³³ I Irans tilfelle kobles eventuelle framtidige kjernevåpen nesten uten unntak til landets ballistiske missiler av *Shahab*-familien.³⁴ Faktaboksen nedenfor gir en kort beskrivelse av hva vi mener med ballistiske missiler og et eksempel på en kategoriinndeling etter rekkevidde.

I dette delkapittelet vil hovedfokuset være på ballistiske missiler. En av årsakene er Irans mangeårige problemer med å skaffe originaldeler til sine kampfly (blant annet 20 amerikanske F-14 og 35 russiske MiG-29 jagerfly), som ellers kunne tenkes å være aktuelle kjernevåpenbærere. Det er knyttet stor usikkerhet til det iranske flyvåpenets operative kapasitet. Dessuten er missiler generelt ansett som sikrere leveringsmidler, siden de er vanskeligere å skyte ned enn fly. I tillegg har missiler ikke de samme begrensningene i rekkevidde som fly har. På grunn av vanskelighetene med å skaffe deler utenlands, begynte Iran på 1980-tallet å produsere egne deler til sine importerte fly. Sent på 1990-tallet skal landet dessuten ha startet å produsere sine første egenproduserte kampfly, nemlig *Azarakhsh* (basert på teknologi fra amerikanske F-4, F-5 og F-14), *Saeqeh* (basert på *Azarakhsh*) og *Shafaq* (utviklet i samarbeid med Russland). De

³¹ Kjøletiden vil være kortere for brensel med så lav utbrenning som vi antar her, sammenliknet med brukt brensel fra kommersielle, kraftproduserende reaktorer. Årsaken er at mengden av høyaktive stoffer i brenselet øker med utbrenningen. Kortvarig bestrålt brensel vil derfor være langt mindre radioaktivt enn langvarig bestrålt brensel.

³² Russland og India opererer dessuten med ramper montert i togvogner, såkalte *Rail-Mobile Launchers* (RMLer).

³³ Mediarapporter tyder for øvrig på at India er nær ved å bli den neste nasjonen som har operative SLBMer. [91]

³⁴ Betyr *meteor/stjerneskudd*. Med ulik transskribering også omtalt som *Shihab* eller *Shehab*. [92]

to førstnevnte er trolig produsert i svært lave antall, mens sistnevnte modell så vidt vi vet ikke er testet ennå. [93]

Iran har, i likhet med flere av sine naboland i Midtøsten, hundrevis av ballistiske missiler med konvensjonelle (og muligens kjemiske) stridshoder. Utgangspunktet for de fleste av disse missilene er etter alt å dømme en videreutvikling av det gamle sovjetrussiske missilet *Scud-B* (SRBM med en rekkevidde på ca 300 km med ett tonns nyttelast), trolig med motorteknologi fra et sovjetrussisk SLBM kalt *SS-N-4*. Nord-Korea skal ha utviklet en familie med mer avanserte Scud-varianter, samt det noe større *No-dong*-missilet (omtalt i [7;94]). Iran har gjennom mange år kjøpt ballistiske missiler og produksjonsutstyr for slike av Nord-Korea. I Nord-Korea kalles Scud-familien *Hwasong*, mens den i Iran har fått navnet *Shahab* (meteor). *Shahab-1* og *Shahab-2* tilsvarer Scud-B og Scud-C (rekkevidde 500 – 600 km med kun 600 – 800 kg nyttelast), mens *Shahab-3* er ekvivalent med Nord-Koreas *No-dong* og de pakistanske *Ghauri-II*-missilene (omtalt i [95]). Sistnevnte antas å være kjernevåpenbærer i Pakistan. Et bilde av et *Shahab-3*-missil som fraktes under en parade i Teheran er gjengitt i Figur 5.3. [96]

Flere kilder oppgir at Iran kjøpte sine første Scud-B-missiler fra Libya under krigen mot Irak (1980 – 1988), men at de like etter kjøpte hele produksjonslinjer for Scud-B og Scud-C fra Nord-Korea. Iran antas nå å ha under 300 *Shahab-1*, men muligens så mange som 450 *Shahab-2*. Lengden på alle Scud-missilene er mellom 10 og 13 meter, mens avledninger av *No-dong*, inkludert *Shahab-3*, skal være omkring 15 – 16 meter lange. Diameteren på alle Scud-variantene er 0,88 m, mens *No-dong* og dens pakistanske og iranske kopier har en diameter på 1,3 m. Det mest langtrekkende av Irans operative ballistiske missiler er trolig *Shahab-3*. Dette missilet regnes som et mellomdistansemissil (MRBM), og den ordinære utgaven antas å ha en rekkevidde på 1300 – 1600 km med en nyttelast på mellom 760 og 1000 kg.³⁵ Ulike kilder anslår større eller mindre grad av kinesisk og/eller russisk bistand i utviklingen av *Shahab-3* med utgangspunkt i *No-dong*. Alle de ovennevnte missilene har kun ett trinn med flytende drivstoff som må fylles opp før avfiring, hvilket betyr at de har lengre klargjøringstid enn missiler med forhåndslagret flytende eller fast drivstoff. Én kilde oppgir en responstid på hele 60 minutter for missiler i *No-dong*-familien. [92;96]

Iran testet *Shahab-3* første gang i juli 1998 uten særlig hell. Missilet har siden blitt testet et titalls ganger med noe varierende grad av suksess (illustrert i Figur 5.5). En modifisert variant av *Shahab-3* ble testet første gang i august 2004. Det var første gangen offentligheten fikk se et *Shahab*-missil med en nese med karakteristisk trikonisk ”tåteflaskefasong” (synlig i Figur 5.4), i motsetning til den rent koniske fasongen som kjenner seg til Scud-missiler og en del av deres avledede systemer. Under en militærparade i september 2007 ble et missil kalt *Ghadr* for første gang presentert for offentligheten. Dette missilet antas å kunne nå så langt som 1800 km, og flere kilder hevder at missilet har fast drivstoff, hvilket vil gi langt kortere klargjøringstid enn ordinære *Shahab-3* har. I november samme år hevdet forsvarsminister og general Mostafa Mohammad Najjar at Iran har utviklet et enda mer langtrekkende missil, kalt *Ashoura*, som ble sagt å skulle ha en rekkevidde på hele 2000 km og som også skulle benytte fast

³⁵ Både rekkevidde, nyttelast og kategori/betegnelse (MRBM/IRBM) varierer en del fra kilde til kilde.

Kategorier av ballistiske missiler

Ballistiske missiler (BM) er missiler som får sin framdrift fra rakettmotorer i en tidlig fase av flukten, den såkalte *boostfasen*, og som ikke får noen oppdrift fra vinger eller tilsvarende (slik for eksempel kryssermissiler gjør). Ballistiske missiler er derfor i tilnærmet fritt fall mesteparten av flukttiden, med unntak av eventuelle små kursjusteringer. Vi deler gjerne ballistiske missiler inn i flere kategorier. Den groveste inndelingen er *taktiske* (også kalt *teater-*) *ballistiske missiler* (TBM) og *strategiske*. Førstnevnte har gjerne en rekkevidde på noen hundre kilometer, mens de sistnevnte kan nå tusenvis av kilometer med stor nyttelast. Et eksempel på en finere inndeling av landbaserte ballistiske missiler er som følger:³⁶ [97]

<i>Kategori</i>	<i>Typisk rekkevidde (km)</i>
<i>Short-Range Ballistic Missile (SRBM)</i>	<i>Under 1000</i>
<i>Medium-Range Ballistic Missile (MRBM)</i>	<i>1000 – 3000</i>
<i>Intermediate-Range Ballistic Missile (IRBM)</i>	<i>3000 – 5500</i>
<i>Intercontinental Ballistic Missile (ICBM)</i>	<i>Over 5500</i>

drivstoff. En slik rekkevidde er tilstrekkelig til å kunne true hele Midtøsten samt Tyrkia og en rekke land i det sørøstlige Europa. Både Ghadr og Ashoura er etter alt å dømme modifiserte utgaver av Shahab-3, hvilket de ofte også omtales som. Det er uklart hva som eventuelt skiller Ghadr og Ashoura, men det kan være forskjeller i både motorteknologi og navigasjons- og styringssystemer. [92;98;99]

Med de modifiserte Shahab-3-variantenes forbedrede navigasjons- og styringssystemer har det fra iransk hold blitt hevdet at de har en treffsikkerhet på helt ned i 190 – 250 meter CEP.³⁷ Det lave antallet vellykkede tester gjør imidlertid at det foreløpig er god grunn til å tvile på denne høye treffsikkerheten. Mer sannsynlig er det at Shahab-3 og dets modifiserte varianter har en CEP på over en kilometer. En kan da spørre seg hvilken taktisk rolle slike missiler vil kunne spille dersom de er utstyrt med konvensjonelle høyeksplosiver, annet enn som et rent terrorvåpen. [92;99-101]

Det er uklart hvor mange operative Shahab-3-missiler Iran har. Missilet har på ingen måte blitt grundig og vellykket nok testet til å anses som pålitelig, men siden de iranske styrkene har hatt systemet i sin besittelse i flere år allerede, er det rimelig å anta at missilet er deployert og integrert i Irans væpnede styrker (først og fremst i Revolusjonsgarden). Den store vekten Iran legger på å utvikle, teste og vise fram Shahab-3 i dets ulike former, samt det faktum at Ghauri-II regnes som kjernevåpenbærer i Pakistan, gjør at de fleste regner med at Shahab-3 vil kunne spille en

³⁶ Enkelte opererer også med en kategori mellom IRBM og ICBM, nemlig *Long-Range Ballistic Missile* (LRBM), mens andre igjen bruker LRBM istedenfor IRBM.

³⁷ *Circular Error Probable* (CEP). Det vil si at halvparten av missilene i gjennomsnitt vil treffe innenfor en sirkel med en radius på 190 – 250 meter.

nøkkelrolle som leveringsmiddel dersom Iran i relativt nær framtid skaffer seg kjernevåpen. Missilet vil i så fall kunne levere et uranbasert implosjonsstridshode på 500 kg og under 1 m i diameter, tilsvarende en kinesisk design IAEA fant i Libya i 2004 (10 kilotonn sprengstyrke og 435 kg vekt), som ble skaffet gjennom Khan-nettverket. [31;95;102]



Figur 5.3 Et Shahab-3-missil vist fram under en militærparade i Teheran 21. september 2003 til minne om krigen mot Irak. (Foto: Caren Firouz / Reuters)



Figur 5.4 Et bilde som viser det trikoniske nesepartiet til den modifiserte Shahab-3, tatt under en militærparade 22. september 2005. I bakgrunnen ser vi et bilde av Øverste leder, Ayatollah Ali Khamenei. (Foto: Abedin Taherkenareh / EPA)

I tillegg til de nevnte missilene, som vi regner med er operative, så blir det regelmessig spekulert i og rapportert om utvikling av stadig mer langtrekkende og avanserte missiler i Iran. Blant annet har modeller som *Shahab-4*, *Shahab-5*, *Shahab-6* (av og til kalt enten *Kossar*, *Cossar*, *Koussar* eller *Kowsar*) og *BM-25* blitt nevnt, uten at det er konkrete grunner til å tro at noen av disse er operative. De tre førstnevnte har blitt påstått å skulle kunne bli betydelig mer langtrekkende enn *Shahab-3*, med rekkevidder på så mye som 5000 km. *BM-25* er et nordkoreansk missil, utviklet

(og gjort landbasert) fra det sovjetrussiske SLBM-missilet *SS-N-6 Serb*, med en påstått rekkevidde på 2500 – 3500 km. Den opprinnelige utgaven var utrustet med tre uavhengige stridshoder (*MIRV: Multiple, Independently targetable Re-entry Vehicles*). Da Iran i mars 2006 hevdet å ha foretatt en vellykket oppskyting av et missil kalt *Fajr-3* (Fajr betyr ”seier”) med evne til å slå ut flere mål samtidig, var det enkelte som trakk konklusjonen at dette i realiteten dreide seg om et BM-25-missil. Det understrekes imidlertid at det hersker betydelige usikkerheter rundt disse påstandene. [96;100;103]



Figur 5.5 Oppskyting av et Shahab-3-missil utenfor den hellige byen Qom 9. juli 2008. (Foto: Fars News Agency – handout / EPA)

De senere årene har Iran ved flere anledninger hevdet ambisjoner om å skaffe en selvstendig evne til å sende satellitter i bane rundt jorda. Russland bistod landet med å få dets første satellitt i bane 27. oktober 2005, men Iran har stadig til gode å gjøre dette med egne bæreraketter. Mye tyder imidlertid på at de nærmer seg dette målet, særlig etter en påstått vellykket testoppskyting av en potensiell bærerakett 4. februar 2008. Den 17. august samme år forsøkte de for første gang å skyte opp en totrinns bærerakett, men vestlige kilder hevdet at forsøket var mislykket. Det er åpenbart nære bånd mellom Irans romprogram og det militære missilprogrammet, og framgang

med bæreraketter til romprogrammet vitner om framgang også i landets evne til å utvikle langtrevkende ballistiske missiler. [104;105]

Iranske ballistiske missiler omtales på svært varierende måter i ulike kilder. Særlig er typebetegnelser, anslått rekkevidde og treffsikkerhet på framtidige utgaver, samt teknologisk opphav gjenstand for mye spekulasjon og mer eller mindre funderte påstander. Det er derfor nødvendig å ta visse forbehold når en forsøker å beskrive disse potensielle, strategiske våpnene. Vi har her forsøkt å reflektere noe av spennet i de ulike kildene som sirkulerer med hensyn til en del av de nevnte egenskapene ved iranske missiler.

6 Vurderinger, hypoteser og konklusjoner

I det siste kapittelet vil vi først foreta noen overordnede vurderinger basert på den beskrivelsen og de funnene som er gjort tidligere i rapporten. Deretter vil vi presentere og drøfte fire hypoteser for hva som kan ligge til grunn for Irans kjernefysiske program i nåtid og fortid. Til slutt vil vi trekke noen hovedkonklusjoner.

6.1 Vurderinger

Vi har med denne rapporten presentert en teknisk beskrivelse av Irans kjernefysiske utvikling, og lagt denne til grunn for de tolkninger og vurderinger som presenteres. Det er opplagt andre innfallsvinkler en kunne valgt for å søke å forstå Irans faktiske intensjoner, for eksempel rene strategiske/sikkerhetspolitiske eller religiøse og doktrinmessige betraktninger. Langs disse retningene vektlegges åpenbart et helt annet empirisk grunnlag enn det vi har lagt fram her. Vi skal ikke gå inn på disse i særlig grad, men nøye oss med å peke på at det virker å være rom for debatt om hvorvidt den rådende ideologien i Iran ville tillate utvikling og bruk av kjernevåpen. Flere høyerestående iranske tjenestemenn har i offentlige uttalelser entydig slått fast at kjernevåpen er forbudt i deres forståelse av islam. Tidligere sjefsforhandler i atomsaker, Ali Larijani, hevdet i 2006 til og med at det helt fra Khomeinis tid har foreligget en såkalt *fatwa* (religiøs domsavsigelse) som forbød kjernevåpen spesielt, og masseødeleggelsesvåpen generelt, i Iran. Allikevel har det blant enkelte religiøse autoriteter vært åpnet for muligheten for å lempe på dette forbudet under visse omstendigheter, særlig om landet selv skulle bli utsatt for et angrep med masseødeleggelsesvåpen (jf. krigen mot Irak, hvor mange hevder Iran etter hvert tok i bruk kjemiske våpen som svar på Iraks bruk av slike [106]). I det perspektivet er det vanskelig å konkludere med at kjernevåpen vil forbli et fullstendig tabu i Iran i overskuelig framtid, selv om det i de senere årene har vært lagt stor politisk vekt på nettopp dette. [107]

Iran er med kjernekraftverket i Bushehr svært nær ved å realisere den første milepælen i sine kjernekraftambisjoner. Landets neste kjernekraftverk, som etter planen skal bli egenprodusert, er imidlertid mange år unna å bidra til å møte det stadig voksende energibehovet i Iran. Derimot begynner mesteparten av den nødvendige infrastrukturen for egenprodusert kjernebrensel å ta form, hvorav anrikningsanlegget i Natanz er den viktigste bestanddelen, men også det anlegget som er lengst unna full operativ drift. Anlegget er for øvrig allerede i delvis drift, og selv om mye gjenstår før det drives nær maksimal kapasitet, så ser Iran ut til å ha overvunnet de største teknologiske hindrene på veien mot å beherske den fulle kjernefysiske brenselssyklusen. Denne infrastrukturen er per høsten 2008 tilstrekkelig til å kunne produsere nok våpenuran til ett kjernevåpen innen ett år, dersom produksjonen legges om med det for øyet. Hyppige IAEA-inspeksjoner gir oss imidlertid nødvendige forsikringer om at det ikke er slik anlegget i Natanz drives i dag.

Det ville være av stor betydning for verifikasjonssituasjonen i Iran om IAEA fikk mest mulig regelmessig innsyn i produksjon og montering av alle sentrifugedeler til anrikningsprogrammet.

De ulike delene produseres mange forskjellige steder, men settes sammen i Natanz. IAEA jobber systematisk med å holde oversikt over hvor alt deklarerert spaltbart materiale til enhver tid befinner seg i Iran. Men det er nesten like viktig at inspektørene får god kontroll på hele produksjonslinja for sentrifuger. For om Iran skulle lykkes i å etablere et skjult anrikningsanlegg, så ville det ikke kreve mer enn litt under fem tonn naturlig UF₆ og ett års kjøring med ca 600 IR-2-sentrifuger før landet har nok uran av våpenkvalitet til sitt første kjernevåpen. Et så lite anrikningsanlegg ville få plass i en vanlig lagerbygning.

Etter mange års verbal krig, hvor Iran hele veien hardnakket har hevdet at deres atomprogram kun er fredelig innrettet, er det vanskelig å se for seg at Iran uten videre vil velge å bryte med ikke-spredningsregimet, prøvesprengning og så erklære seg som en kjernevåpenstat. Men det er samtidig all grunn til å ta på alvor den forståelige frykten og usikkerheten blant folk ellers i Midtøsten og i Vesten for hva Irans ledere vil bruke den etter hvert omfattende kjernefysiske infrastrukturen til. Realiteten er at Iran, uansett intensjoner, allerede nå drar nytte av en økt status som regional stormakt.

Flere og flere kommentatorer og eksperter tar til orde for at vi nå må ta inn over oss at Iran behersker anrikning av uran på stor skala, og at det er umulig å ta fra landet denne kompetansen. Mange fester derfor nå sin lit til at Iran vil forsøke å tre inn i rollen som en ansvarlig, regional stormakt, som på sikt vil kunne dele av sin nyervervede kompetanse innen kjernekraftutvikling og kapasitet til kjernebrenselproduksjon. Både India og Pakistan opplevde flere år med internasjonale sanksjoner etter at begge land prøvesprengte i 1998. Situasjonen i India og Pakistan i dag, hvor stormaktene står i kø for å bistå med å utvikle kjernekraftverk, kan helt sikkert bidra til å styrke Irans håp om å bli akseptert som en betydelig og legitim kjernekraftaktør, så snart den politiske stormen stilner. Så får vi håpe at Iran ikke går så langt som India og Pakistan, men avstår fra å utvikle og prøvesprengning kjernevåpen. Det er langt mer politisk fallhøyde forbundet med å prøvesprengning for en stat som er part i NPT enn for stater som India og Pakistan, som hele tiden har stått utenfor denne traktaten. En eventuell iransk prøvesprengning vil utvilsomt ryste det allerede skjøre ikke-spredningsregimet ved sine grunnvoller.

Iran kan også godt tenkes å skule til Nord-Koreas situasjon. Nord-Korea valgte å prøvesprengning sin første kjernefysiske ladning i oktober 2006. Det markerte dermed slutten på all tvil om intensjonene knyttet til dets atomprogram. Lærdommen fra Nord-Koreas videre skjebne kan sies å være noe tvetydig: På den ene siden har landet blant annet oppnådd betydelige forsyninger av olje og annen bistand gjennom den såkalte Seksnasjonsprosessen.³⁸ På den andre siden var det tydelig at relasjonene til Kina, som i mange år forsvarte og ufarliggjorde det nordkoreanske atomprosjektet, nærmest umiddelbart ble vesentlig svekket etter prøvesprengningen (og en rekke missiltester i tiden like før).

Både India, Pakistan og Nord-Korea var allment antatt å være mer eller mindre i stand til å foreta en prøvesprengning på det tidspunktet de valgte å gjøre det. En kan derfor spørre seg om den

³⁸ Seksnasjonsprosessen er en serie med samtaler mellom Nord-Korea, Sør-Korea, Japan, Kina, Russland og USA siden høsten 2003, hvor hovedtemaet er førstnevntes atomprogram.

langsiktige, antatte statusøkningen prøvesprengningene medførte veide opp for de negative konsekvensene disse statene opplevde på kort og mellomlang sikt. Iran vil helt sikkert foreta liknende betraktninger før de i framtiden eventuelt beslutter om de vil prøvesprengning eller ikke. Her kan selvsagt spesielle trusler spille inn som en utløsende faktor, som for eksempel Indias prøvesprengninger i 1998 gjorde det for Pakistan og den amerikanske invasjonstrusselen Nord-Korea opplevde at de sto overfor da de valgte å bryte ut av NPT i 2003.

Dersom relasjonene mellom IAEA og Iran i framtiden forverres i en slik grad at det internasjonale samfunnet mister innsyn i det iranske atomprogrammet, så kan en risikere at landet vil oppnå en liknende status som *de facto* kjernevåpenstat som Israel gjør i dag, uten at landet har verken prøvesprengt eller erklært seg som kjernevåpenstat. Vi håper utvilsomt på at det motsatte vil forbli tilfellet, at IAEA i all overskuelig framtid vil være i stand til å forsikre oss om at Iran setter sine ressurser inn mot fredelig kjernekraftutvikling og ikke mot kjernevåpen.

6.2 Hypoteser

Det er ikke enkelt å entydig konkludere med hva den virkelige hensikten med Irans kjernefysiske bestrebelser er og har vært. Observasjonene av infrastrukturen og måten landet har forholdt seg til IAEA og resten av verden på, kan tolkes på flere måter. Vi vil presentere og vurdere noen av de mest nærliggende tolkningene i et sett med fire ulike hypoteser.

Hypotese 1: Et sivilt program med nødvendig hemmelighold

Dersom Iran fra starten av kun har hatt sivile anvendelser i tankene, kan det påfallende hemmeligholdet og handelen med Khan-nettverket forstås som en dyd av nødvendighet, gitt at Iran har opplevd en reell frykt for at fremmede makter skulle stikke betydelige kjepper i hjulene for dem. Når så de sentrale elementene i den kjernefysiske utviklingen (anleggene i Arak og Natanz samt handelen med Khan-nettverket) kom for dagen, kan det tenkes at Iran faktisk valgte å legge alle vesentlige kort på bordet. For ikke å tape ansikt overfor egen befolkning og resten av verden, har det da muligens vært sett på som nødvendig å heller hause opp sine prestasjoner innenfor kjernefysisk utvikling, snarere enn å fortsette med å dekke over mest mulig.

To forhold av betydning svekker denne tolkningen. Det ene er Irans mildt sagt nølende og lite samarbeidsvillige holdning til IAEA etter at spørsmålene om de udeklarete anleggene begynte å dukke opp. Det andre er den etter hvert framtreddende mosaikken av indisier og påstander om rene våpenrelaterte aktiviteter i tilknytning til den kjernefysiske utviklingen. Begge disse forholdene mer enn antyder at Iran vanskelig kunne stå ved alle sine kjernefysiske bestrebelser uten å framstå som en klar overtredelse av Ikke-spredningsavtalens artikkel II om å ikke skaffe eller utvikle kjernevåpen. Vi vurderer det derfor som usannsynlig at det kjernefysiske programmet vi kjenner til i dag hele veien har vært entydig definert som rent sivilt uten militære opsjoner.

Hypotese 2: Et militært program som ble skrinlagt etter avsløringene

En annen og mer nærliggende tolkning av observasjonene er at Iran faktisk hadde et offensivt kjernevåpenprogram fram til avsløringene i 2002, men at de deretter valgte å satse rent sivilt, siden ”katta var ute av sekken”. Antakelsen om at den rent militære dimensjonen faktisk er lagt på is hviler i stor grad på om man antar at det forskningsmiljøet som påstås å ha drevet med blant annet utvikling av kjernevåpendesign i Lavizan-Shian, ikke har gjenopptatt sine aktiviteter andre steder. I et verifikasjonsperspektiv er det vanskelig å forsikre seg om det sistnevnte, siden det i stor grad dreier seg om forskning som ikke behøver å ta stor plass. Det er derfor av stor betydning at IAEA faktisk får nødvendig tilgang til å intervju de aktørene som er identifisert som sentrale skikkelser i Lavizan-Shian og i de ”påståtte studiene”.

Hypotese 3: Et nedskalert, skjult og desentralisert program

Enten Iran har fortsatt sine mistenkte, rene kjernevåpenrelaterte aktiviteter i det skjulte eller ikke, så er det også naturlig å ta på alvor muligheten for at de etter avsløringene har forsøkt å etablere en fordekt produksjonslinje for våpenuran parallelt med anleggene i Isfahan og Natanz. En slik produksjonslinje vil kunne la Iran produsere våpenuran uten at IAEA oppdager det, og det vil kunne gi landet en langt kortere vei mot leveringsklare eller testklare kjernevåpen enn om de hadde måttet rekonfigurere driften i anrikningsanlegget i Natanz og la dette kjøre en tid for å produsere våpenuran. Et fullskala anrikningsanlegg er imidlertid ingen enkel sak å skjule. Eventuelle skjulte anrikningsanlegg kan derfor tenkes å være desentralisert i et lite antall mindre anlegg. Disse behøver ikke å være større enn helt vanlige lagerhaller eller fabrikker, og kunne derfor være kamuflert som nettopp dette.

To momenter som svekker denne hypotesen er følgende: For det første vil det kreve at Iran har mulighet til å levere uran i det skjulte helt fra gruve til ferdig våpenmateriale. Den manglende deklarasjonen av graven i Gchine kan tolkes som et ledd i et forsøk på nettopp dette. Uansett vil det medføre en stor risiko for å bli oppdaget. For det andre vil gevinsten kun være betydelig flere år fram i tid, om de skulle lykkes i å produsere store mengder våpenuran. I løpet av denne tiden vil anrikningsanlegget i Natanz trolig i alle fall være så produktivt at en rekonfigurering av driften her ville kunne gi mer enn tilstrekkelige mengder våpenuran i løpet av noen få uker, dersom Iran var villig til å håndtere det politiske nedfallet som garantert ville følge av å bryte fullstendig ut av IAEAAs verifikasjonsregime. Anrikningssenteret i Natanz er dessuten i seg selv særdeles ressurskrevende. Det synes derfor mest rimelig at det er her Iran setter inn alle sine ressurser hva gjelder faktiske anrikningsanlegg, og at eventuelle skjulte anlegg i så fall har blitt påbegynt etter avsløringene i 2002.

Hypotese 4: Et sivilt program i dag, men med en utbruddsopsjon

Ethvert land som behersker alle sider ved den kjernefysiske brenselssyklusen kan sies å være en ”virtuell kjernevåpenstat”. Med det mener vi at landet på relativt kort tid (gjærne måneder eller et år eller to) ville kunne bruke sine kjernefysiske anlegg til å produsere betydelige mengder med

uran og/eller plutonium av våpenkvalitet. Da vil veien til kjernevåpen kun bestå av å utvikle selve ladningen (stridshodet eller bomben), hvilket avanserte stater forventes å kunne mestre på overkommelig tid, samt å skaffe til veie et egnet leveringsmiddel (typisk bombefly eller missiler). Av den grunn vil det være problematisk for Irans rivaler at landet utvikler kjernefysisk brenselssyklussteknologi, selv om det skulle foregå i full åpenhet og under IAEAs overvåking. Denne muligheten gjør også at en stat som Iran faktisk langt på vei vil kunne oppnå mye av den samme statusen og respekten blant sine regionale rivaler som en prøvesprengning og/eller en erklæring av kjernevåpenbesittelse ville gitt dem. *Iran behøver altså ikke å ha tatt en endelig beslutning om de ønsker å utvikle kjernevåpen eller ikke.* Dette poenget er helt sentralt for å forstå det enorme presset Iran fortsatt er utsatt for fra verdens dominerende makter. Inntil håndfaste bevis for at Iran har (gjenopptatt) et aktivt kjernevåpenprogram kommer på bordet, så virker denne siste hypotesen å være den mest troverdige. Den er for øvrig ikke nødvendigvis i konflikt med de to første hypotesene.

6.3 Konklusjoner

Iran har utvilsomt tatt steget opp i den eksklusive gruppen av nasjoner som behersker anrikning av uran i stor skala. Landets store anrikningsanlegg i Natanz er langt fra fullt operativt, men det har allerede gitt Iran en opsjon på å utvikle uranbaserte kjernevåpen i løpet av kanskje så lite som et år. Det krever imidlertid at de er villige til å bryte med sine forpliktelser i henhold til Ikke-spredningsavtalen og bryte ut av IAEAs verifikasjonsregime. Iran kan nemlig ikke anrike uran til våpenkvalitet i Natanz så lenge IAEA får fortsette med sine inspeksjoner. Eventuelle plutoniumbaserte våpen ligger ytterligere flere år fram i tid.

Beskrivelsen av Irans atomprosjekt i nåtid og fortid slik den er presentert her, gir ikke grunnlag for å entydig konkludere med *hva som er intensjonene i dag.* Tre hovedkonklusjoner kan imidlertid trekkes:

Den første og viktigste konklusjonen er at Irans atomprogram nå er så modent at en eventuell beslutning om på kort tid å utvikle den første kjernefysiske ladningen i prinsippet kan tas når som helst. Produksjon av kjernevåpen i store antall ligger derimot fortsatt flere år fram i tid.

Den andre hovedkonklusjonen er at Iran etter alt å dømme har hatt ambisjoner om kjernevåpenutvikling i fortiden. Alle avsløringene og påstandene som IAEA har fått bekreftet siden 2002, sammen med til nå ubekreftede ”bevis” fra vestlige etterretningstjenester om utvikling av kjernevåpendesign og tilpassing av missiler for levering av kjernevåpen, tegner til sammen et bilde av en stat som i det skjulte satset tungt på å etablere alle tre deler av et kjernevåpenprogram: Produksjon av spaltbart materiale av våpenkvalitet, utvikling av kjernevåpendesign og anskaffelse av leveringsmidler for kjernevåpen.

Den siste hovedkonklusjonen er at den infrastrukturen vi ser Iran bygge opp i dag samsvarer i funksjon med et selvforsynt kjernekraftprogram uten mulighet for gjenvinning av brensel. Landets tilfang av uran er derimot for lite til å opprettholde en storstilt og selvforsynt

kjernekraftindustri over flere tiår. Iran vil dermed før eller siden måtte belage seg på å kjøpe uran fra utlandet, med mindre de lykkes i å identifisere og realisere til nå ukjente uranreserver av stort omfang.

Til tross for at Iran i all sin retorikk fullstendig avviser at landet har ambisjoner om å utvikle kjernevåpen, er det grunn til å ta på alvor den trusselen denne muligheten faktisk utgjør. Reaksjoner fra utlandet kan føre til aggresjon og tilspissing av situasjonen, og kanskje også til militære aksjoner i et forsøk på å stanse det omstridte atomprosjektet med makt. Mange tar allerede til orde for at tidsvinduet for militære aksjoner allerede er lukket. Andre frykter et regionalt kjernevåpenkappløp som følge av Irans ambisjoner, hvilket forsterkes av at mange stater i Golfregionen de senere år har uttrykt vilje til å satse på utbygging av kjernekraft.

Det hviler et betydelig ansvar på Iran for å dempe bekymringene knyttet til landets atomprogram. Landets tidligere hemmelighold og halvhjertede samarbeid med IAEA har medført en stor mangel på tillit. De fleste er enige om at mest mulig innsyn og samarbeidsvilje overfor IAEA er veien å gå for Iran for å forsikre resten av verden om landets fredelige hensikter.

Referanser

- [1] "CIA - The World Factbook," Central Intelligence Agency, <http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>.
- [2] "Key World Energy Statistics 2007," International Energy Agency.
- [3] "Statistical Centre of Iran," i *Vice-Presidency for Strategic Planning and Supervision*, 04.09.2008, <http://www.sci.org.ir>.
- [4] "Iran Energy Data, Statistics and Analysis," i *Country Analysis Briefs*, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, 01.10.2007.
- [5] R.Stern, "The Iranian petroleum crisis and United States national security," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, no. 2, pp. 377-382, January 2007.
- [6] U.Mahnaimi og S.Baxter, "Focus: Mission Iran" i *The Sunday Times Online*, 07.01.2007.
- [7] H.Kippe, "Nord-Koreas kjernevåpenprogram," FFI/RAPPORT-2003/00942, 2003.
- [8] I.Faxx, "Mossad Chief: Nuclear Iran is Worst-Ever Threat to Israel," 18.11.2003.
- [9] "The Zionist Entity and Iran," 2007, www.globalsecurity.org.
- [10] IAEA, "INFCIRC/214: Agreement between Iran and The International Atomic Energy Agency for the application of safeguards in connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons," 1974.
- [11] "Nuclear Program of Iran," i *Wikipedia*, 2007, http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_program_of_Iran.
- [12] C.Mayer, "National Security to Nationalist Myth: Why Iran Wants Nuclear Weapons." Master Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, USA, September 2004.
- [13] "Nuclear Research Reactors in the World," i *IAEA Research Reactor Database*, 2007, <http://www.iaea.org/worldatom/rrdb>.
- [14] D.Albright og C.Hinderstein, "Iran Building Nuclear Fuel Cycle Facilities: International Transparency Needed," i *ISIS Issue Brief*, 12.12.2002, <http://www.isis-online.org/publications/iran/iranimages.html>.
- [15] IAEA, "Forty-sixth (2002) regular session - Record of the first plenary meeting," i *International Atomic Energy Agency General Conference*, 01.10.2002, p. 22.
- [16] S.Varadarajan, "Little Chance of Nuclear Compromise" i *The Hindu*, 22.08.2006.
- [17] G.Porter, "Argentina's Iranian Nuke Connection" i *Asia Times*, 15.11.2006.
- [18] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 06.06.2003.
- [19] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 14.11.2006.

- [20] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 31.08.2006.
- [21] N.Fathi, D.Sanger, og W.Broad, "Iran Says It Is Making Nuclear Fuel, Defying U.N." i *The New York Times*, 12.04.2006.
- [22] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 02.09.2005.
- [23] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 26.08.2003.
- [24] "United Nations Security Council Resolution 1696," United Nations, 31.07.2006.
- [25] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 27.02.2006.
- [26] "United Nations Security Council Resolution 1737," United Nations, 23.12.2006.
- [27] "United Nations Security Council Resolution 1747," United Nations, 24.03.2007.
- [28] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006) and 1747 (2007) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 30.08.2007.
- [29] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006) and 1747 (2007) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 22.02.2008.
- [30] "United Nations Security Council Resolution 1803," United Nations, 03.03.2008.
- [31] H.Breivik og H.K.Toft, "The A.Q. Khan network," i *FFI-rapport 2007/00535*, Forsvarets forskningsinstitutt, 27.02.2007.
- [32] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006), 1747 (2007) and 1803 (2008) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 26.05.2008.
- [33] "The A.Q. Khan Network: Case Closed?," i *Hearing Before the Subcommittee on International Terrorism and Nonproliferation of the Committee on International Relations*, 2006.
- [34] D.Albright og C.Hinderstein, "The Centrifuge Connection," i *Bulletin of the Atomic Scientists*, 60 ed 01.04.2004.
- [35] N.Fathi og D.Sanger, "Meeting Yields No Progress on Curbing Iran's Nuclear Bid" i *The New York Times*, 14.04.2006.
- [36] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 15.11.2004.

- [37] D.Albright og J.Shire, "Iran Installing More Advanced Centrifuges at Natanz Pilot Enrichment Plant: Factsheet on the P-2/IR-2 Centrifuge," *ISIS*, 07.02.2008.
- [38] D.Albright, P.Brannan, og J.Shire, "Can military strikes destroy Iran's gas centrifuge program? Probably not.," i *ISIS Report*, *ISIS*, 07.08.2008.
- [39] D.Albright, J.Shire, og P.Brannan, "May 26, 2008 IAEA Safeguards Report on Iran: Centrifuge Operation Improving and Cooperation Lacking on Weaponization Issues," i *ISIS Report*, *ISIS*, 29.05.2008.
- [40] D.Albright, F.Berkhout, og W.Walker, "Plutonium And Highly Enriched Uranium 1996," i *World Inventories, Capabilities and Policies*, Oxford University Press: SIPRI.
- [41] D.Albright og C.Hinderstein, "The Centrifuge Connection," i *Bulletin of the Atomic Scientists*, 60 ed 01.04.2004.
- [42] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 10.11.2003.
- [43] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 14.11.2006.
- [44] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 31.08.2006.
- [45] W.Broad og D.Sanger, "Relying on Computer, U.S. Seeks to Prove Iran's Nuclear Aims" i *The New York Times*, 13.11.2005.
- [46] D.Linzer, "Strong Leads and Dead Ends in Nuclear Case Against Iran" i *The Washington Post*, 08.02.2006.
- [47] W.Broad og D.Sanger, "Meeting on Arms Data Reignites Iran Nuclear Debate" i *New York Times*, 03.03.2008.
- [48] J.Boureston og C.D.Ferguson, "Schooling Iran's Atom Squad," 60 ed 01.05.2004, pp. 31-35.
- [49] A.Timoshik, "Bushehr nuclear power plant launch delayed over new crisis in Russia-Iran relations" i *Pravda*, 27.07.2007.
- [50] "Iran Gets First Nuclear Fuel," i *Global Security Newswire*, Nuclear Threat Initiative, 17.12.2007.
- [51] "Iran receives final shipment of fuel for Bushehr," i *World Nuclear News*, 28.01.2008.
- [52] J.C.Mark, "Explosive Properties of Reactor-Grade Plutonium," i *Science & Global Security*, 4 ed Gordon and Breach Science Publishers S.A., 1993, pp. 111-128.
- [53] D.Albright, "When Could Iran Get the Bomb?," 62 ed 01.08.2006, pp. 26-33.
- [54] "Compounds of uranium," i *WebElements periodic table*, 2007, www.webelements.com.
- [55] M.Saeidi, "Nuclear Fuel Cycle Activities in Iran," i *Presentasjon under World Nuclear Association Annual Symposium (London)*, 07.09.2005.

- [56] R.Stone, "Iran's Trouble With Molybdenum May Give Diplomacy a Second Chance," i *Science*, 311 ed AAAS, 13.01.2006.
- [57] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *GOV/2007/22*, 23.05.2007.
- [58] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006), 1747 (2007) and 1803 (2008) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 15.09.2008.
- [59] "Nuclear Fuel Produced for Arak Reactor, Iran Says," i *Global Security Newswire*, Nuclear Threat Initiative, 27.11.2007.
- [60] F.Barnaby, "Would Air Strikes Work? Understanding Iran's nuclear programme and the possible consequences of a military strike," Oxford Research Group, 01.03.2007.
- [61] P.Brannan og D.Albright, "New Activities at the Esfahan and Natanz Nuclear Sites in Iran," i *ISIS Imagery Brief*, ISIS, 14.04.2006.
- [62] D.Albright og J.Shire, "A Witches' Brew? Evaluating Iran's Uranium-Enrichment Progress," 01.11.2007.
- [63] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006) and 1747 (2007) in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 15.11.2007.
- [64] D.Albright, J.Shire, og P.Brannan, "IAEA Report on Iran: Centrifuge Operation Significantly Improving; Gridlock on Alleged Weaponization Issues," i *ISIS Report*, ISIS, 15.09.2008.
- [65] D.Albright og C.Hinderstein, "The Clock is Ticking, But How Fast?," i *ISIS Issue Brief*, 27.03.2006.
- [66] "Heavy Water," i *Wikipedia*, 2008, http://en.wikipedia.org/wiki/Heavy_water.
- [67] "Arak," i *Iran Special Weapons Facilities*, GlobalSecurity.org, 2008, <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/arak.htm>.
- [68] D.Albright og P.Brannan, "Further Construction at Arak 40 MW Heavy Water Reactor," i *ISIS Imagery Brief*, ISIS, 20.03.2007.
- [69] "Iran Open to Hearing New Nuclear Proposals," i *Global Security Newswire*, Nuclear Threat Initiative, 02.07.2007.
- [70] "Hot cell," i *Wikipedia*, 2008, http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_cell.
- [71] A.A.Soltanieh, "Communication dated 29 March 2007 from the Resident Representative of the Islamic Republic of Iran and the Secretariat's Response," i *GOV/INF/2008/8 (Restricted Distribution)*, IAEA, 30.03.2007.
- [72] M.Benedict, T.Pigford, og H.W.Levi, "Nuclear Chemical Engineering (2nd Edition)," Hemisphere Publishing Corporation, 1981.

- [73] NEA og IAEA, "Uranium 2005: Resources, Production and Demand," 2005.
- [74] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 28.04.2006.
- [75] D.Albright og C.Hinderstein, "Parchin: Possible Nuclear Weapons-Related Site in Iran," i *ISIS Issue Brief*, ISIS, 15.09.2004.
- [76] A.Jafarzadeh, "Ali Jafarzadeh Web Page," i *Expert on Iraq, Iran's nuclear weapons & terrorism*, 2008, <http://www.alirezajafarzadeh.org>.
- [77] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 01.09.2004.
- [78] "No Signs of Nuke Work at Suspect Iran Site - Diplomats" i *Reuters*, 30.09.2004.
- [79] J.Shire, "Is Iran Still Hiding Nuclear Activities?" i *ABC News*, 18.06.2004.
- [80] "Destruction at Iranian Site Raises New Questions About Iran's Nuclear Activities," i *ISIS Imagery Brief*, 17.06.2004.
- [81] M.ElBaradei, "Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran," i *Report by the Director General to the IAEA Board of Governors*, 31.08.2006.
- [82] J.Warrick, "U.N. Alleges Nuclear Work By Iran's Civilian Scientists" i *The Washington Post*, 11.03.2008.
- [83] "Iran: Nuclear Intentions and Capabilities," i *National Intelligence Estimate*, National Intelligence Council, 01.11.2007.
- [84] D.Albright og C.Hinderstein, "The Iranian Gas Centrifuge Uranium Enrichment Plant at Natanz: Drawing from Commercial Satellite Images," *The Institute for Science and International Security (ISIS)*, 14.03.2003.
- [85] D.Albright og C.Hinderstein, "The Centrifuge Connection," i *Bulletin of the Atomic Scientists*, 60 ed 01.04.2004.
- [86] "Iran eyes sites for new nuclear power plants" i *Khaleej Times Online*, 12.03.2007.
- [87] R. Duffey and K. Hedges, "Future CANDU Reactor Development," Atomic Energy of Canada Ltd, 1999.
- [88] G.Choppin, J.-O.Liljenzin, and J.Rydberg, *Radiochemistry and Nuclear Chemistry*, 2nd ed. Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 1995, 0 7506 2300 4.
- [89] B.Rouben, "Introduction to Reactor Physics," Atomic Energy of Canada Ltd, 01.09.2002.
- [90] D.Wright og L.Gronlund, "Estimating China's Weapons Plutonium Production," i *Science and Global Security*, 11 ed Taylor & Francis, 2003, pp. 61-80.
- [91] R.Pandit, "India ready to join elite N-strike club" i *The Times of India*, 19.02.2008.
- [92] C.P.Vick, "Shahab-3, 3A / Zelzal-3," i *Weapons of Mass Destruction (WMD)*, GlobalSecurity.org, 15.02.2007, <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/shahab-3.htm>.

- [93] "Islamic Republic of Iran Air Force," i *Wikipedia*, 2008, http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_program_of_Iran.
- [94] D.Wright og T.Kadyshev, "An Analysis of the North Korean Nodong Missile," i *Science & Global Security*, 4 ed Gordon and Breach Science Publishers S.A., 1994, pp. 129-160.
- [95] H.K.Toft, "Pakistans kjernevåpenprogram," i *FFI-rapport 2004/00113*, Forsvarets forskningsinstitutt, 07.05.2004.
- [96] S.A.Hildreth, "Iran's Ballistic Missile Programs: An Overview," i *CRS Report for Congress*, Congressional Research Service, 08.11.2007.
- [97] A.Feickert, "Missile Survey: Ballistic and Cruise Missiles of Foreign Countries," i *CRS Report for Congress*, Congressional Research Service, 05.03.2004.
- [98] M.Tran, "Iran unveils long-range missile" i *Guardian Unlimited*, 27.11.2007.
- [99] C.P.Vick, "The Operational Shahab-4/No-dong-B Flight Tested in Iran for Iran & North Korea Confirmed," i *Weapons of Mass Destruction (WMD)*, GlobalSecurity.org, 04.10.2007.
- [100] U.Rubin, "The Global Reach of Iran's Ballistic Missiles," Institute for National Security Studies, Tel Aviv University, 01.11.2006, <http://www.tau.ac.il/jcss/>.
- [101] C.P.Vick, "No-dong-A Flight Test Record," i *Weapons of Mass Destruction (WMD)*, GlobalSecurity.org, 03.01.2007.
- [102] D.Albright og C.Hinderstein, "Iran: Countdown to Showdown," 60 ed 01.11.2004, pp. 67-72.
- [103] A.A.Dareini, "Iran reports missile success" i *Houston Chronicle*, 01.04.2006.
- [104] "Iranian Space Program Tests Rocket," i *Global Security Newswire*, Nuclear Threat Initiative, 04.02.2008.
- [105] "Iran Tests Rocket for Transporting Satellite," i *Global Security Newswire*, Nuclear Threat Initiative, 18.08.2008.
- [106] E.Croddy, C.Perez-Armendariz, and J.Hart, *Chemical and Biological Warfare*, 1 ed. Copernicus Books, 2002, 0-387-95076-1, pp. 42-43.
- [107] K.Vick, "Iran's Gray Area on Nuclear Arms" i *The Washington Post*, 21.06.2006.

Forkortelser

Forkortelse	Betydning	Norsk navn eller hevdnavn
AEOI	Atomic Energy Organization of Iran	Irans atomenergiorganisasjon
AUC	Ammonium Uranyl Carbonate	Ammoniumuranylkarbonat
CEP	Circular Error Probable	Sirkulær treffsikkerhetsmargin
DIV	Design Information Verification	Verifikasjon av et anleggs formål
ENTC	Esfahan Nuclear Technology Center	Isfahans senter for kjernefysisk teknologi
EU 3	Frankrike, Storbritannia og Tyskland	
FEP	Fuel Enrichment Plant	Fullskala urananrikningsanlegg
GW _e /GW _t	Gigawatt elektrisk/termisk effekt	
HEU	Highly enriched uranium	Høyenriktet uran (≥ 20 % U-235)
IAEA	International Atomic Energy Agency	Det internasjonale atomenergibyrået
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile	Interkontinentalt ballistisk missil (over 5500 km)
IRBM	Intermediate-Range Ballistic Missile	Mellomdistanse ballistisk missil (3000 – 5500 km)
ISIS	Institute for Science and International Security	
LEU	Low-enriched uranium	Lavanriktet uran (< 20 % U-235)
MEK	Mujahedin-e Khalq	Folkets hær av hellige krigere
MEL	Mobile Erector Launcher	Mobil missilutskytningsrampe
MIRV	Multiple, Independently targetable Re-entry Vehicles	Flere uavhengig styrbare stridshoder
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile	Mellomdistanse ballistisk missil (1000 – 3000 km)
NCR	National Council of Resistance	Irans nasjonale motstandsråd
NIE	National Intelligence Estimate	Amerikansk etterretningsrapport
NPT	(Nuclear) Non-Proliferation Treaty	Ikke-spredningsavtalen
NSG	Nuclear Suppliers Group	Gruppen av kjernefysiske leverandørstater
PFEP	Pilot Fuel Enrichment Plant	Pilotskala urananrikningsanlegg
PIV	Physical Inventory Verification	Verifikasjon av beholdning (av f.eks. uran)
Pu	Plutonium	
SEU	Slightly Enriched Uranium	Lett anriktet uran (ca. 1 % U-235)
SLBM	Submarine-Launched Ballistic Missile	Ubåtlevet ballistisk missil
SR	Sikkerhetsrådsresolusjon	
SRBM	Short-Range Ballistic Missile	Kortdistanse ballistisk missil (under 1000 km)
SWU	Separative Work Unit	Enhet for separasjonsarbeid
TBM	Taktiske (teater-) ballistiske missiler	
TEL	Transporter Erector Launcher	Missilutskytningsrampe på en tilhenger

TNRC	Tehran Nuclear Research Center	Teherans kjernefysiske forskningssenter
TWh	Terawattimer	
U	Uran	
U ₃ O ₈	Uranoksid	Yellowcake
UCF	Uranium Conversion Facility	Urankonverteringsanlegg
UF ₄	Urantetrafluorid	Grønt salt
UF ₆	Uranheksafluorid	
UNSC	United Nations Security Council	FNs sikkerhetsråd, Sikkerhetsrådet
URENCO	Britisk-nederlands-tysk konsortium som produserer anriket uran	